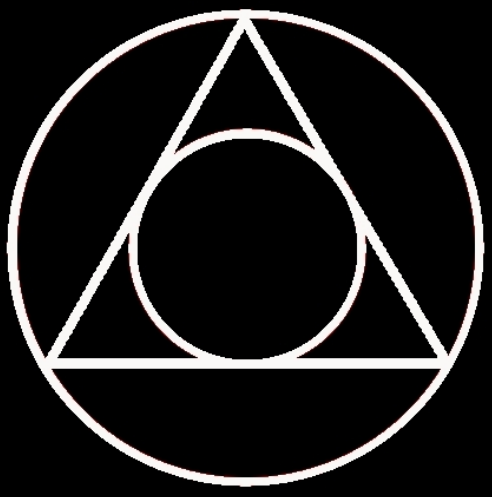
Annales Astronomiae Novae



Tom 1

Kraków 2020

ANNALES

Astronomiae Novae

2020

Volumin 1

Redakcja

Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz

Wersja elektroniczna pisma jest dostępna na stronach

www.astronomianova.org

oraz

www.oa.uj.edu.pl

Annales Astronomiae Novae

Redakcja

Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz

Autorzy przyczynków:

Ivan Andronov
Kateryna Andrych
Vitaly Breus
Lidia Chinarova
Pavol Dubovsky
Krzysztof Głód
Gábor Horváth
Marek Jamrozy
Renáta Kolivošková
Agata Kołodziejczyk
Jacek Kruk
Larisa Kudashkina
Violetta Kulynska
Agnieszka Kuźmicz
Jerzy Machalski
Vladyslava Marsakova
Jan Masłowski
Józef Masłowski
Krzysztof Maślanka
Adam Michalec
Janusz Nicewicz
Marek Nowak
Karol Petrik
Michał Ptak
Judit Slíz-Balogh
Piotr Strzelczyk
Virginia Trimble
Dmytro Tvardovskyi
Anna Wójtowicz
Bogdan Wszołek
Stanisław Zoła



Stowarzyszenie Astronomia Nova

Kraków 2020

Komitet naukowy

Ivan L. Andronov, Marek Biesiada, Bożena Czerny, Włodzimierz Godłowski, Marek Jamrozy, Krzysztof Maślanka, Grzegorz Michałek, Agnieszka Pollo, Marian Soida, Virginia Trimble, Stanisław Zoła

Redakcja

Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz

Korektorzy

Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz, Magdalena Wszołek

Projekt okładki

Agnieszka Kuźmicz, Bogdan Wszołek

© Copyright by Stowarzyszenie Astronomia Nova
© Copyright by Obserwatorium Astronomiczne
Uniwersytetu Jagiellońskiego

ISBN 978-83-957016-0-3

Zamieszczone w książce fotografie, jeśli nie wskazano źródła, pochodzą z archiwum Stowarzyszenia Astronomia Nova

Wydano wspólnym wysiłkiem Stowarzyszenia Astronomia Nova
oraz
Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego

Wydawnictwo Astronomia Nova
Ul. Orla 171, 30-244 Kraków
Tel. +48 518-043-166
wan@oa.uj.edu.pl

Słowa wstępne / Forewords

W dziesiątą rocznicę istnienia Stowarzyszenia Astronomia Nova (AN) postanowiliśmy powołać do istnienia Annales – oficjalne pismo AN, na którego łamach astronomowie oraz przedstawiciele nauk pokrewnych astronomii mogliby zamieszczać raporty z dokonań na polu nauki, wyrażać opinie w sprawach naukowych i okołonaukowych, przybliżać epizody z historii nauki, oddziaływać dydaktycznie na osoby zainteresowane naukami przyrodniczymi.

Annales Astronomiae Novae (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 podzielenia się wiedzą, dokonaniami i przemyśleniami z czytelnikami, nie zaś czysto interesownej (obliczonej na punkty, granty etc.) aktywności. Autorzy przyczynków, członkowie Komitetu Naukowego i redaktorzy Annales najpewniej będą działać bezinteresownie i bez żadnej gratyfikacji finansowej. Przeciwnie, niejednokrotnie zainwestują dodatkowo swoje środki finansowe na druk pisma. Treści przesyłane do AAN powinny przypominać coś, co się mówi osobiście przyjaciołom prawdziwej nauki.

Ten years have passed since the establishment in 2009 the Astronomia Nova Association (AN). Recently, we decided to set up Annales – the official AN magazine (AAN). It 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. They should avoid activity focused only on accumulating points or obtaining lucrative grants etc. Authors, members of the Scientific Committee, and editors of Annales will receive no financial rewards. Indeed, we hope they will provide some financial support toward printing and toward publishing the magazine. Content submitted to AAN should be the sorts of things you would say in person to the friends of real science.

Bogdan Wszołek

*

New journal Annales Astronomiae Novae is planed to be a multi-directional publication, which will be directed to new research papers, reviews, as well as to the popular papers. It is aimed to interchange knowledge between scientists of different directions related to astronomy and cosmonautics. The scientific comittee (board of Editors) is international and includes astronomers from different Universities and countries. Scientific papers will be referred in the Astrophysics Data System (ADS) and will contribute to the world-wide astronomical community.

May I wish all the best to Dr. Bogdan Wszołek, the Editor-in-Chief, who makes a great impact to the Public Outreach in Poland and other countries, as well as to the authors, editors and readers of the journal Annales Astronomiae Novae.

Ivan Leonidovich Andronov

*

Annales Astronomiae Novae wyrasta z dziesięcioletniej historii Stowarzyszenia Astronomia Nova, która dowiodła, że środowisku astronomów potrzebne jest forum wymiany myśli, doświadczeń oraz wspomnień poza głównym nurtem publikowania w indeksowanych wysoce specjalistycznych czasopismach. Intencją AAN jest stworzenie takiej platformy komunikacji pozwalającej na prezentowanie szerokiego spektrum prac: od oryginalnych wyników naukowych, przybliżania spraw "dobrze znanych" (lecz jedynie znawcom tematu) aż po unikalne opracowania historyczne. A wszystko to w dbałości o dotrzymanie należytych standardów naukowych.

Annales Astronomiae Novae stems from a decade of history of the Astronomia Nova Association. This history proved that astronomical community needs a dedicated forum of exchanging thoughts, experience and memories beyond the mainstream of publishing in the indexed highly specialized journals. The intention of the AAN is to create such a platform of communication allowing to present a wide spectrum of papers: from original scientfic results, contributions giving a sense of "the well known" (but only to those who know well) up to unique historical studies. All of this with the utmost care about proper scientific standards.

Marek Biesiada

*

Prawdziwa pasja jest cenna i rzadka, a na świecie, także w nauce, promowany jest przede wszystkim specyficzny profesjonalizm: duże pieniądze, duże projekty, wykonywanie wskazanych zadań. Jednoautorskie publikacje szybko zanikają w wiodących czasopismach astronomicznych,

takich jak Astrophysical Journal. Tak musi być, bo skoordynowana praca setek czy tysięcy naukowców wymaga takiego podejścia. Ale ta profesjonalna nauka ma też swoje cienie, ludzie często tracą radość bycia twórczymi, pieniądze idą za trendami, a trendy nie zawsze mają swoje uzasadnienie. Czasami trzeba zawrócić z utartej ścieżki i zacząć wszystko od nowa. Dlatego tak ważne jest, aby zawsze byli ludzie gotowi do refleksji, do świeżego spojrzenia, gotowi robić coś innego. Ci ludzie to ludzie, którzy robią to, co robią właśnie dla przyjemności, z pasji. Jestem pewna, że AAN, podobnie jak poprzednio Częstochowski Kalendarz Astronomiczny, zgromadzi wokół siebie właśnie takich pasjonatów.

True passion is precious and infrequent, and in the contemporary world, also in science, another, more professional approach is promoted, connected with large projects, large money involved, and performance according to the plan. Single-author papers systematically disappear from the leading astronomical journals, like The Astrophysical Journal. It must be so, since coordinated work of hundreds or even thousands of astronomers requires such approach. But this approach has also the negative aspects, people are loosing a chance to be creative, money follow the established trends, and those trends are not always justified. Sometimes it is necessary to make a few steps back and start again. For that there is a need for people happy to provide a fresh and new point of view, ready to do something different. Such people are among those passionates who do science for pleasure. I am sure that AAN, as the Częstochowa Astronomical Calendar before, will gather such enthusiasts.

Bożena Czerny

*

W czasach powszechnego i łatwego dostępu do informacji zalewa nas ogrom doniesień, których wiarygodności – z braku czasu, lenistwa czy niewiedzy – nie jesteśmy w stanie sprawdzić. Otacza nas i zalewa błyskotliwa, ale niestety szkodliwa pseudonauka. Choroba ta dosięga również astronomię. Naszą obroną powinno być propagowanie nauki w sposób ciekawy, zrozumiały, nowoczesny, ale nade wszystko rzetelny i prawdziwy. W trosce o wysoką jakość prezentowanych na łamach AAN tekstów, wszystkie one będą poddawane recenzji niezależnych ekspertów.

In these times of universal and easy access to information we are incessantly bombarded with reports which, through lack of time, indolence or inadequate knowledge, we are virtually not able to verify. There is a great amount of apparently brilliant, while definitely harmful, pseudoscience around. This condition also affects astronomy. As an effective remedy, we should promote science in a way that is attractive, comprehensive and up-to-date, but in the first place reliable and truthful. In order to ensure a high level of quality, the texts to appear in AAN will all be reviewed by independent experts.

Marek Jamrozy

*

Po co nowe pismo na i tak już zatłoczonym rynku czasopism astronomicznych? Otóż AAN nie są pismem tak naprawdę nowym – wyrastają z tradycji i doświadczeń Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego, którego piętnastoletnia historia pokazała, że tak czytelnicy, jak i autorzy potrzebują forum, które łączy różne konwencje. Również i AAN zamieszczać będą obok artykułów prezentujących oryginalne osiągnięcia naukowe, także i opracowania historyczne zawierające – jak to bywało w przeszłości – unikalne nierzadko materiały, a dodatkowo kroniki bieżących wydarzeń i komentarze. Redakcja liczy na to, że połączenie w jednym tomie tych wszystkich elementów przyczyni się do integracji szeroko pojętego środowiska astronomicznego, ale także do promowania prawdziwej jakości w uprawianiu astronomii, o którą trudno bez szerokiej perspektywy – historycznej, geograficznej i, nie da się ukryć, także i międzyludzkiej.

Why a new journal in the already crowded market of astronomy science journals? AAN are not really a new thing – they stem from the tradition and experience of the Częstochowa Astronomical Calendar, whose ten-year history has shown that both readers and authors need a forum that combines different conventions. Following and modernizing this tradition, AAN will also publish original scientific articles, as well as historical studies containing – as it used to be in the past – unique materials, and chronicles of current events and commentaries. The editors believe that the combination of all these elements in one volume will contribute to the integration of the broadly understood astronomical community, and also to the promotion of true quality in astronomy, which in fact requires a broad perspective – historical, geographical and, last not least, interpersonal.

Agnieszka Pollo

*

A hearty welcome to Annales Astronomiae Novae! We astronomers and friends definitely need more venues in which we can discuss our science and our society in serious, but not solemn, ways, the more so since some journals (like Quarterly Journal ofthe Royal Astronomical Society) which permitted this have ceased to exist, and others (like Publications of the Astronomical Society of the Pacific) have become more focussed on regular astronomical research papers. I am very pleased indeed to have two of my own efforts, one on history of astronomy and one on a sociological topic, appear in this first volume!

Virginia Trimble

Spis treści

In memoriam **1**

Część pierwsza **3**

W roku 2020 **5**

Bogdan Wszołek, Agata Kołodziejczyk – *Kronika Astronomii Novej za rok 2019* **9**

Ivan Andronov, Vladyslava Marsakova – *Some recent awards of the Odessa Branch of "Astronomia Nova" in photo* **33**

Jerzy Machalski – *Wspomnienie profesora Józefa Masłowskiego* **39**

Józef Masłowski – *Przemówienie z okazji odnowienia doktoratu* **43**

Marek Jamrozy - *Od GBSS do LoTSS – "przypadki" zapisane w gwiazdach* **47**

Adam Michalec – *Wspomnienie o Józefie Masłowskim* **51**

Krzysztof Maślanka – *Kilka wspomnień o profesorze Józefie Masłowskim* **55**

Jan Masłowski – *Józef Masłowski we wspomnieniach syna* **61**

Bogdan Wszołek – *Gwiazda zgasła* **63**

Renáta Kolivošková – *Obserwatorium astronomiczne i planetarium w Preszowie* **67**

Janusz Nicewicz – *Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach* **71**

Marek Nowak, Bogdan Wszołek – *Ku gwiazdom* **83**

Bogdan Wszołek – *Nieoczekiwana przygoda kosmiczna* **85**

Część druga **93**

Krzysztof Głód – *Punkty Lagrange'a* **95**

Agata Kołodziejczyk – *High altitude balloon experiments as a gateway to space. Educational program for space biology and space medicine in the stratosphere.* **105**

Jacek Kruk – *Wyprawy do planetoid bliskich Ziemi* **115**

Adam Michalec – *Niepołomicka obserwacja tranzytu Merkurego* **127**

Michał Ptak – *W stronę Marsa* **129**

Anna Wójtowicz – *Jak zmierzyć Drogę Mleczną?* **139**

Bogdan Wszołek – *Siła Coriolisa* **149**

Virginia Trimble – *Where will your papers spend eternity? Some notes on archiving and legacies* **153**

Część trzecia **159**

Ivan Andronov – *Highlights of recent research in the Odessa branch* **161**

Ivan Andronov, Violetta Kulynska – *Computer modeling of irregularly spaced signals. Statistical properties of the wavelet approximation using a compact weight function* **167**

Ivan Andronov, Kateryna Andrych, Lidia Chinarova – *Multi-algorithm analysis of the semi-regular variable DY Per, the prototype of the class of cool RCRB variables* **179**

Vitaly Breus, Ivan Andronov, Pavol Dubovsky, Karol Petrik, Stanisław Zoła – *On the spin and orbital variability of the intermediate polars* **191**

Larisa Kudashkina – *Preliminary analysis of periodogram shapes of RV-type stars and their classification* **199**

Agnieszka Kuźmicz – *Catalogues of giant radio sources* **205**

Judit Slíz-Balogh, Gábor Horváth – *Imaging polarimetry of the Kordylewski Dust Cloud in the Lagrange point L5 of the Earth and Moon* **209**

Piotr Strzelczyk – *On investigation of aerodynamically generated infrasound waves* **219**

Dmytro Tvardovskyi – *Third components with elliptical orbits in the eclipsing binaries: EQ Tau, IR Cas, IV Cas, RY Aqr & RZ Com* **231**

Virginia Trimble – *The animals went in three by three* **239**

In memoriam



Józef Masłowski – astronom
22.02.1931 - 23.01.2020

Prof. dr hab. Józef Masłowski – polski astronom z Krakowa. Ukończył studia astronomii w Uniwersytecie Jagiellońskim i elektroniki w Akademii Górniczo-Hutniczej. Przed doktoratem pracował w zespole, przygotowującym systematyczne obserwacje promieniowania radiowego Słońca. Jego rozprawa doktorska (1964) dotyczyła Księżyca. Po doktoracie oddał się całkowicie radioastronomii. Pełnił kluczową rolę w konstrukcji i wyposażeniu radioteleskopów dla Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego (OAUJ). Doświadczenia zdobyte podczas jego staży zagranicznych w USA i Niemczech stworzyły mocne podwaliny pod rozwój radioastronomii w Krakowie. Dokonał przeglądu nieba na falach centymetrowych – *Green Bank Survey*. Habilitację otrzymał w roku 1974. W następnych latach kontynuował badania widmowych i morfologicznych własności radioźródeł, publikując wyniki w renomowanych czasopismach naukowych. W roku 1987 otrzymał tytuł profesora. Przez piętnaście lat był dyrektorem OAUJ (1979-1984, 1989-1999), a przez dwadzieścia lat kierował Zakładem Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej (1978-1998). Był redaktorem pisma Acta Cosmologica. Profesor Masłowski był członkiem Międzynarodowej Unii Astronomicznej,

Międzynarodowej Unii Nauk Radiowych, Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Polskiej Akademii Umiejętności. Został odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi, Medalem Komisji Edukacji Narodowej, Krzyżem Kawalerskim oraz Krzyżem Oficerskim Orderu Odrodzenia Polski. Prywatnie był skromnym, serdecznym i życzliwym człowiekiem.

(Wspomnienia – str. 39–66)



Pożegnanie astronoma w jego rodzinnej miejscowości, Skomielnej Białej.
(wtorek, 28 stycznia 2020)

Część pierwsza

(informacyjna)



Tuż przed zakryciem Marsa przez Księżyc w pełni.
(Częstochowa, 24 grudnia 2007)

W roku 2020

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

Styczeń

2	01:30	Księżyc w apogeum
3	04:45	Pierwsza kwadra Księżyca
5	08	Ziemia w peryhelium
7	21:09	Aldebaran 3°.0 S od Księżyca
10	15	Górna koniunkcja Merkurego
10	19:10	Częściowe zaćmienie Księżyca
10	19:21	Pełnia Księżyca
11	02:26	Pollux 5°.3 N od Księżyca
11	23:54	Beehive 1°.0 S od Księżyca
13	11:37	Regulus 3°.8 S od Księżyca
13	14	Saturn w koniunkcji ze Słońcem
13	20:20	Księżyc w perygeum
17	12:58	Ostatnia kwadra Księżyca
17	23:03	Mars 4°.7 N od Antaresa
20	19:13	Mars 2°.3 S od Księżyca
23	02:42	Jowisz 0°.4 N od Księżyca
24	21:42	Nów Księżyca
28	07:29	Wenus 4°.1 N od Księżyca
29	21:28	Księżyc w apogeum

Luty

2	01:42	Pierwsza kwadra Księżyca
4	06:53	Aldebaran 3°.1 S od Księżyca
7	12:58	Pollux 5°.3 N od Księżyca
9	07:33	Pełnia Księżyca
9	21:15	Regulus 3°.8 S od Księżyca
10	14	Maksymalna elongacja Merkurego: 18°.2 E
10	20:31	Księżyc w perygeum
15	22:17	Ostatnia kwadra Księżyca
18	13:18	Mars 0°.8 S od Księżyca
19	19:36	Jowisz 0°.9 N od Księżyca
20	13:47	Saturn 1°.7 N od Księżyca
23	15:32	Nów Księżyca
26	02	Dolna koniunkcja Merkurego
26	11:35	Księżyc w apogeum

Marzec

2	15:16	Aldebaran 3°.3 S od Księżyca
2	19:57	Pierwsza kwadra Księżyca
5	23:26	Pollux 5°.2 N od Księżyca
8	08:23	Regulus 3°.8 S od Księżyca
8	12	Neptun w koniunkcji ze Słońcem
9	17:48	Pełnia Księżyca
10	06:33	Księżyc w perygeum
16	09:34	Ostatnia kwadra Księżyca
18	08:19	Mars 0°.7 N od Księżyca
18	10:18	Jowisz 1°.5 N od Księżyca
19	00:04	Saturn 2°.1 N od Księżyca
20	03:50	Początek astr. wiosny
21	17:48	Merkury 3°.6 N od Księżyca
24	02	Maksymalna elongacja Merkurego: 27°.8 W
24	09:28	Nów Księżyca
24	15:23	Księżyc w apogeum
24	22	Maksymalna elongacja Wenus: 46°.1 E
29	21:52	Aldebaran 3°.6 S od Księżyca

Kwiecień

1	10:21	Pierwsza kwadra Księżyca
2	07:59	Pollux 4°.9 N od Księżyca
3	14:36	Wenus 0°.3 S od Plejad
4	18:45	Regulus 3°.9 S od Księżyca
7	18:08	Księżyc w perygeum
8	02:35	Pełnia Księżyca
14	22:56	Ostatnia kwadra Księżyca
14	23:04	Jowisz 2°.0 N od Księżyca
15	09:26	Saturn 2°.5 N od Księżyca
16	04:33	Mars 2°.0 N od Księżyca
20	19:01	Księżyc w apogeum
23	02:26	Nów Księżyca
26	03:34	Aldebaran 3°.8 S od Księżyca
26	10	Uran w koniunkcji ze Słońcem
29	14:19	Pollux 4°.7 N od Księżyca
30	20:38	Pierwsza kwadra Księżyca

Maj

2	02:49	Regulus 4°.2 S od Księżyca
4	21	Górna koniunkcja Merkurego
6	03:03	Księżyc w perygeum
7	10:45	Pełnia Księżyca
8	21:40	Antares 6°.5 S od Księżyca
10	04	Merkury w peryhelium
12	09:40	Jowisz 2°.3 N od Księżyca
12	18:18	Saturn 2°.7 N od Księżyca
14	14:03	Ostatnia kwadra Księżyca
15	02:00	Mars 2°.8 N od Księżyca
18	07:45	Księżyc w apogeum
22	10	Merkury 0°.9 S od Wenus

22	17:39	Nów Księżyca
24	02:40	Wenus 3°.7 N od Księżyca
24	10:53	Merkury 2°.8 N od Księżyca
26	19:43	Pollux 4°.6 N od Księżyca
29	08:44	Regulus 4°.3 S od Księżyca
30	03:30	Pierwsza kwadra Księżyca

Czerwiec

3	03:36	Księżyc w perygeum
3	18	Dolna koniunkcja Wenus
4	13	Maksymalna elongacja Merkurego: 23°.6 E
5	19:12	Pełnia Księżyca
5	19:25	Częściowe zaćmienie Księżyca
8	17:19	Jowisz 2°.2 N od Księżyca
9	02:19	Saturn 2°.7 N od Księżyca
12	23:53	Mars 2°.7 N od Księżyca
13	06:24	Ostatnia kwadra Księżyca
15	00:56	Księżyc w apogeum
19	08:52	Wenus 0°.7 S od Księżyca
20	21:43	Początek astr. lata
21	06:40	Obrączkowe zaćmienie Słońca
21	06:41	Nów Księżyca
23	01:53	Pollux 4°.5 N od Księżyca
25	14:09	Regulus 4°.3 S od Księżyca
28	08:16	Pierwsza kwadra Księżyca
30	02:09	Księżyc w perygeum

Lipiec

1	03	Dolna koniunkcja Merkurego
4	13	Ziemia w aphelium: 1.01669 AU
5	04:30	Częściowe zaćmienie Księżyca
5	04:44	Pełnia Księżyca
5	21:37	Jowisz 1°.9 N od Księżyca
6	08:45	Saturn 2°.5 N od Księżyca
11	12:10	Wenus 1°.0 N od Aldebarana
11	19:36	Mars 2°.0 N od Księżyca
12	19:27	Księżyc w apogeum
12	23:29	Ostatnia kwadra Księżyca
17	01:21	Aldebaran 3°.8 S od Księżyca
17	07:26	Wenus 3°.1 S od Księżyca
19	03:54	Merkury 3°.9 S od Księżyca
20	17:33	Nów Księżyca
22	15	Maksymalna elongacja Merkurego: 20°.1 W
22	20:50	Regulus 4°.3 S od Księżyca
25	04:54	Księżyc w perygeum
27	12:32	Pierwsza kwadra Księżyca

Sierpień

1	20:14	Merkury 6°.6 S od Polluxa
1	23:30	Jowisz 1°.5 N od Księżyca
2	13:17	Saturn 2°.3 N od Księżyca
3	15:59	Pełnia Księżyca
9	07:57	Mars 0°.8 N od Księżyca
9	13:51	Księżyc w apogeum
11	16:45	Ostatnia kwadra Księżyca
12	13	Perseidy
13	01	Maksymalna elongacja Wenus: 45°.8 W
13	10:06	Aldebaran 4°.0 S od Księżyca
15	13:01	Wenus 4°.0 S od Księżyca
16	19:10	Pollux 4°.5 N od Księżyca
17	15	Górna koniunkcja Merkurego
19	02:41	Nów Księżyca
21	10:59	Księżyc w perygeum
25	17:58	Pierwsza kwadra Księżyca
26	04:04	Antares 6°.2 S od Księżyca
29	01:33	Jowisz 1°.4 N od Księżyca
29	16:40	Saturn 2°.2 N od Księżyca

Wrzesień

2	05:22	Pełnia Księżyca
6	04:42	Mars 0°.0 S od Księżyca
6	06:31	Księżyc w apogeum
9	18:12	Aldebaran 4°.2 S od Księżyca
10	09:26	Ostatnia kwadra Księżyca
13	04:50	Pollux 4°.3 N od Księżyca
14	04:43	Wenus 4°.5 S od Księżyca
15	15:51	Regulus 4°.3 S od Księżyca
17	11:00	Nów Księżyca
18	13:44	Księżyc w perygeum
22	06:06	Merkury 0°.3 N od Spiki
22	10:27	Antares 6°.0 S od Księżyca
22	13:31	Początek astr. jesieni
24	01:55	Pierwsza kwadra Księżyca
25	06:46	Jowisz 1°.6 N od Księżyca
25	20:46	Saturn 2°.3 N od Księżyca

Październik

1	16	Maksymalna elongacja Merkurego: 25°.8 E
1	21:05	Pełnia Księżyca
2	17:09	Wenus 0°.1 S od Regulusa
3	03:21	Mars 0°.7 N od Księżyca
3	17:22	Księżyc w apogeum
7	01:02	Aldebaran 4°.5 S od Księżyca

10	00:39	Ostatnia kwadra Księżyca
10	13:18	Pollux 4°.1 N od Księżyca
13	01:59	Regulus 4°.5 S od Księżyca
13	23:57	Wenus 4°.3 S od Księżyca
16	19:31	Nów Księżyca
16	23:46	Księżyc w perygeum
19	19:12	Antares 5°.7 S od Księżyca
21	05	Orionidy
22	17:10	Jowisz 2°.0 N od Księżyca
23	03:49	Saturn 2°.6 N od Księżyca
23	13:23	Pierwsza kwadra Księżyca
25	18	Dolna koniunkcja Merkurego
29	16:13	Mars 3°.0 N od Księżyca
30	18:46	Księżyc w apogeum
31	14:49	Pełnia Księżyca

Listopad

3	06:58	Aldebaran 4°.6 S od Księżyca
6	19:52	Pollux 3°.9 N od Księżyca
8	13:46	Ostatnia kwadra Księżyca
9	10:20	Regulus 4°.7 S od Księżyca
10	17	Maksymalna elongacja Merkurego: 19°.1 W
12	21:30	Wenus 3°.1 S od Księżyca
13	20:45	Merkury 1°.7 S od Księżyca
14	11:48	Księżyc w perygeum
15	05:07	Nów Księżyca
16	13:27	Wenus 3°.6 N od Spiki
17	11	Leonidy
19	08:54	Jowisz 2°.5 N od Księżyca
19	14:57	Saturn 2°.9 N od Księżyca
14	16:13	Całkowite zaćmienie Słońca
14	16:17	Nów Księżyca
17	04:28	Jowisz 2°.9 N od Księżyca
17	05:25	Saturn 3°.1 N od Księżyca
20	03	Górna koniunkcja Merkurego
21	10:03	Początek astr. zimy
21	23:41	Pierwsza kwadra Księżyca
23	14:48	Wenus 5°.5 N od Antaresa
23	18:30	Mars 5°.6 N od Księżyca
24	16:32	Księżyc w apogeum
27	20:20	Aldebaran 4°.6 S od Księżyca
30	03:28	Pełnia Księżyca
31	07:41	Pollux 3°.8 N od Księżyca
22	04:45	Pierwsza kwadra Księżyca
25	19:45	Mars 4°.9 N od Księżyca
27	00:29	Księżyc w apogeum
30	09:30	Pełnia Księżyca
30	09:43	Częściowe zaćmienie Księżyca
30	13:07	Aldebaran 4°.6 S od Księżyca

Grudzień

4	01:24	Pollux 3°.8 N od Księżyca
6	16:28	Regulus 4°.8 S od Księżyca
8	00:37	Ostatnia kwadra Księżyca
12	20:40	Wenus 0°.8 S od Księżyca
12	20:42	Księżyc w perygeum
14	01	Geminidy

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

Ziemia w peryhelium: 5 styczeń (08)
Ziemia w aphelium: 4 lipiec (13)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (03:50)
Początek astronomicznego lata: 20 czerwiec (21:43)
Początek astronomicznej jesieni: 22 wrzesień (13:31)
Początek astronomicznej zimy: 21 grudzień (10:03)

Data juliańska (JD) = 2458848.5 + d + część dnia licząc od godziny 0 UT (d - kolejny dzień roku)

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

średnie nachylenie ekliptyki do równika niebieskiego
(ϵ) = $23^o.438109$ - 0.00000036d (d - dzień roku)

Rok zwrotnikowy = $365^d.242189 = 365^d\ 05^h\ 48^m\ 45^s.2$
Rok gwiazdowy = $365^d.256363 = 365^d\ 06^h\ 09^m\ 09^s.8$
Rok anomalistyczny = $365^d.259636 = 365^d\ 06^h\ 13^m\ 52^s.6$
Rok zaćmieniowy = $346^d.620082 = 346^d\ 14^h\ 52^m\ 55^s.1$
Miesiąc synodyczny = $29^d.530589 = 29^d\ 12^h\ 44^m\ 02^s.9$
Miesiąc gwiazdowy = $27^d.321662 = 27^d\ 07^h\ 43^m\ 11^s.6$
Miesiąc anomalistyczny = $27^d.554550 = 27^d\ 13^h\ 18^m\ 33^s.1$
Miesiąc smoczy = $27^d.212221 = 27^d\ 05^h\ 05^m\ 35^s.9$

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

Zaćmienia:

10 I Częściowe zaćmienie Księżyca (Europa, Afryka, Azja, Australia)
5 VI Częściowe zaćmienie Księżyca (Europa, Afryka, Azja, Australia)
21 VI Obrączkowe zaćmienie Słońca (Afryka, południowo-wschodnia Europa, Azja)
5 VII Częściowe zaćmienie Księżyca (Pn i Pd Ameryka, południowo-zachodnia Europa, Afryka)
30 XI Częściowe zaćmienie Księżyca (Azja, Australia, Pacyfik, Pn i Pd Ameryka)
14 XII Całkowite zaćmienie Słońca (Pacyfik, Pd Ameryka, Antarktyka)

Kronika Astronomii Novej za rok 2019

Bogdan Wszołek i Agata Kołodziejczyk

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Spotkanie w OAUJ

W dniach 8-9 stycznia prezes AN przebywał z wizytą w OA UJ. Spotkał się tam roboczo z członkami zarządu AN dla wypracowania strategii działania Stowarzyszenia na kolejną kadencję. Dyskutowano m. in. problem zmiany siedziby AN z częstochowskiej na krakowską, a także zasadność kontynuacji wydawania Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego (CKA). Marek Jamrozy zadeklarował się wystąpić o zgodę władz UJ na udzielenie siedziby AN w OA UJ. Po kolegialnym rozważeniu argumentów za i przeciw, jeśli chodzi o wydawanie cyklicznego pisma AN, ustalono, że takie pismo jest potrzebne i warto kontynuować już 15-letnią tradycję wydawania rocznika. Podjęto też myśl o zmianie tytułu pisma na bardziej ogólny. Przy okazji zmiany tytułu można by też lekko zmodyfikować układ pisma i poprawić umocowanie profesjonalne jego treści. Niezależnie od ważnych dla AN ustaleń, Bogdan Wszołek podzielił się jeszcze, na prośbę Marka Jamrozego, swoją wiedzą o międzygwiazdowych pasmach rozmytych ze studentami drugiego roku studiów magisterskich astronomii w ramach kursu "Fizyka Ośrodka Międzygwiazdowego". Całość pobytu zainicjował i świetnie zorganizował Marek Jamrozy.

Śląski Festiwal Nauki

W dniach 13-14 stycznia członkowie AN wzięli czynny udział w cyklicznym wydarzeniu promującym naukę - Śląskim Festiwalu Nauki. Agata Kołodziejczyk wygłosiła referaty "Ginie nasza planeta – co robić, aby ją uratować?" i "Każdy może zostać astronautą – trening, nauka, symulacja" (wraz z mgr Mateuszem Harasymczukiem) promując

działania prokosmiczne. W czasie festiwalu członkowie AN spotkali się z astronautką NASA, Nicole Marie Passonno Stott.



Astronautka Nicole Scott w towarzystwie Agaty Kołodziejczyk, Mateusza Harasymczuka i małej Oli Harasymczuk.

Niecodziennik

W lutym TVP3 Kraków nagrała z prezesem AN reportaż i wyemitowała go jako odcinek "Zapatrzony w niebo" z serii Niecodziennik. Materiał ten jest dostępny np. na stronie:
http://www.tvp.pl/regiony-tvp/regiony/krakow/reportaze/niecodziennik/wideo/zapatrzony-w-niebo/41488279

Instrument przejściowy dla OAKJ

Staraniem Henryka Brancewicza i dzięki uprzejmości AGH w Krakowie do obserwatorium w Rzepienniku trafił w częściach historyczny instrument przejściowy firmy Carl Zeiss Jena o średnicy obiektywu 100 mm i ogniskowej 1000 mm. Po złożeniu i oczyszczeniu, instrument wydaje się być zupełnie sprawny. Obecnie czeka na instalację w odpowiednim pawilonie i na ostateczne testy precyzji pomiaru. W OAKJ będzie pełnił nie tylko rolę cennego zabytku, ale będzie też wykorzystywany dydaktycznie do pomiaru współrzędnych gwiazd i wyznaczania współrzędnych geograficznych.



Instrument przejściowy Zeiss D/f=100/1000 mm.

Wystawa “ku gwiazdom” w Częstochowie

11 maja w Muzeum Częstochowskim otwarto wystawę astronomiczno-astronautyczną z okazji 50-rocznicy lądowania pierwszych ludzi na Księżycu. Przez kolejne miesiące wystawie towarzyszyły różnorakie akcje, promujące astronomię i astronautykę. Sam Mirosław Hermaszewski był gościem wystawy i kierował umysły licznie zgromadzonych słuchaczy w stronę nieba. Pomysłodawcą i głównym organizatorem wystawy, a także dostarczycielem większości eksponowanych materiałów, był Marek Nowak – członek AN. Bliższe szczegóły w artykule na str. 83



Mirosław Hermaszewski podczas zwiedzania częstochowskiej wystawy. (23 maja 2019)

Misja stratosferyczna PAMELA

20 maja został przeprowadzony eksperyment *Pamela* (Plant, Aranae and Microorganism Exposure to the Light Activity in Near Space Environment). Sprawdzano wpływ oddziaływania promieniowania kosmicznego oraz wrogich warunków panujących w stratosferze (na wysokości ok. 30 km) na organizmy żywe (siewki jęczmienia i rzodkiewnika tolerancyjnego na suszę, pająki, jaja pająków, mikroorganizmy). Głównym celem projektu było zawiązanie współpracy pomiędzy Uniwersytetem Śląskim i firmami powiązanymi z sektorem kosmicznym w Polsce. Współpraca miała polegać na skonstruowaniu i przetestowaniu wielofunkcyjnej kapsuły stratosferycznej do profesjonalnych eksperymentów naukowych z zakresu biologii kosmicznej. Za projekt i wykonanie kapsuły odpowiedzialni byli Agata Kołodziejczyk i Mateusz Harasymczuk z AN. Za eksperymenty naukowe odpowiedzialni byli naukowcy Uniwersytetu Śląskiego i polska firma kosmiczna – Astronika. Poza eksperymentami biologicznymi w misji poleciały nowe tworzywa, testowane przez firmę Analog Astronaut Training Center i Astronika. Astronika testowała tworzywo do produkcji anten kosmicznych, a AATC tworzywo do produkcji sterowców stratosferycznych i odzieży dla astronautów.



Widok z kapsuły wykonanej przez członków AN w czasie jej pierwszego lotu do stratosfery w projekcie PAMELA. (*fot. K. Halstra*)

Geoinspiracje – teorie i praktyki

29 marca, podczas konferencji w Paznaniu, Agata Kołodziejczyk przedstawiła wykład "Edukacja w zakresie geografii, geologii i ekologii w habitacie Lunares w Pile", upubliczniając przy tym szereg innowacyjnych przedsięwzięć realizowanych w jednym z zorganizowanych przez siebie habitatów.

Walne Zebranie AN

Dnia 25 maja w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie odbyło się Walne Zgromadzenie AN. Zostało ono poprzedzone sesją, podczas której wygłoszono referaty: "1I/'Oumuamua" – Michał Drahus , "Obserwacje wodoru neutralnego RT3" – Anna Wójtowicz oraz "Radioastronomia w Obserwatorium Astronomicznym UJ" – Stanisław Ryś. Bezpośrednio po sesji uczestnicy mieli okazję zwiedzić radioastronomiczną część obserwatorium.

Walnemu Zgromadzeniu przewodniczył Henryk Brancewicz. Przed udzieleniem absolutorium ustępującemu Zarządowi dokonano sprawozdania finansowego i merytorycznego. Prezes przedstawił wykaz ważniejszych działań AN w okresie 2014-2018 i wyraził podziękowania:
- dla członków Zarządu AN oraz członków Komisji Rewizyjnej za ich prace na rzecz AN,
- dla Marka Jamrozego, Mariana Soidy, Agnieszki Pollo, Grzegorza Michałka, Stanisława Rysia, Włodzimierza Godłowskiego, Bożeny Czerny, Krzysztofa Maślanki, Marka Biesiady, Stanisława Wszołka, Tadeusza Pabiana, Michała Hellera, Virgini Trimble, Mirosława Hermaszewskiego, Agaty Kołodziejczyk, Michała Drahusa, Ivana Andronova, Stanisława Zoły, Piotra Homoli, Agnieszki Kuźmicz i innych, którzy honorowo uświetniali swoimi wykładami imprezy naukowe organizowane przez AN,
- dla Ivana Andronova za wzorowe prowadzenie Koła AN w Odessie, wielokrotne autorstwo przyczynków naukowych do CKA oraz recenzje treści CKA,
- dla Kazimierza Błaszczaka za organizację budowy radioteleskopu w Cieszęcinie oraz za popularyzację wiedzy astronomicznej wśród młodzieży,
- dla Agnieszki Kuźmicz za wielokrotne przygotowywanie wniosków DUN oraz rozliczanie otrzymanych z Ministerstwa środków, a także za prace redakcyjne przy CKA,
- dla Agaty Kołodziejczyk za organizację trzech konferencji z serii Meet The Space, za przeprowadzenie szeregu misji balonowych do stratosfery,

za ogromne zaangażowanie w budowy habitatów i organizację analogowych misji kosmicznych,
- dla Agnieszki Pollo za organizację konferencji "Radio-Vis-IR" oraz za recenzje CKA,
- dla Marka Biesiady i Krzysztofa Maślanki za cenne przyczynki do CKA oraz za sporządzanie recenzji wydawniczych,
- dla Artura Leśniczka za bezpłatne administrowanie strony internetowej AN,
- dla Jerzego Walczyka za wkład pracy w uruchomienie radioteleskopów w OAKJ,
- dla Stanisława Rysia za wkład pracy w uruchomienie radioteleskopów w OAKJ i w szczególności za stworzenie od podstaw małego dydaktycznego radioteleskopu dla detekcji poglądowej emisji radiowej Słońca,
- dla Marka Peliana za współorganizację imprez astronomicznych i astronautycznych w Dyskotece RAY przy częstochowskim RT-13.
- dla Magdaleny Wszołek za prowadzenie księgowości AN oraz za administracyjną i merytoryczną obsługę wycieczek odwiedzających OAKJ,
- dla Mirosława Hermaszewskiego za finansowe wsparcie działań statutowych AN,
- dla Virgini Trimble za aktywność publikacyjną do CKA i za zaproszenie noblisty Kipa Thorna do współautorstwa jednego z artykułów do CKA2019,
- dla Pawła Malika za organizację w roku 2018 konkursów Urania i Ars Astronomica oraz za prace na rzecz utworzenia w Cieszęcinie Centrum Edukacji Astronomicznej i Astronautycznej,
- dla Kacpra Zielińskiego za prace na rzecz utworzenia w OAKJ hamowni silników rakietowych oraz za obsługę wielokrotnych warsztatów rakietowych w OAKJ,
- dla Andrzeja Chwastka za wielokrotną obsługę warsztatów rakietowych w OAKJ,
- dla Henryka Brancewicza za pozyskanie dla OAKJ instrumentu przejściowego firmy Zeiss (wcześniej pracującego pod kopułą na Wydziale Geodezji AGH w Krakowie),
- dla wszystkich członków AN, którzy przyczynili się do uświetnienia imprezy otwarcia OAKJ w roku 2015,
- dla władz AJD w Częstochowie za wielokrotną współorganizację imprez naukowych organizowanych przez AN, udostępnianie siedziby i adresu dla AN oraz za wydawanie CKA,
- dla wszystkich, którzy w jakikolwiek sposób sprzyjali AN na przestrzeni ostatnich pięciu lat.

Po części sprawozdawczej oraz po udzieleniu absolutorium ustępującemu Zarządowi dokonano wyboru władz AN na kolejną kadencję: Bogdan Wszołek (prezes), Agnieszka Pollo (wiceprezes), Marek Jamrozy (wiceprezes), Grzegorz Michałek (sekretarz), Agnieszka Kuźmicz (skarbnik), Piotr Strzelczyk (członek zarządu) i Jerzy Walczyk (członek zarządu). W skład Komisji Rewizyjnej weszli: Marian Soida (przewodniczący), Stanisław Ryś oraz Tomasz Kisiel.

Podczas Walnego Zebrania postanowiono przenieść siedzibę AN z Częstochowy do Krakowa. Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego użyczyło bezpłatnie nowej siedziby (ul. Orla 171, 30-244 Kraków). Przeprowadzono również dyskusję w sprawie głównego pisma AN, w wyniku której zaprzestano wydawać Częstochowski Kalendarz Astronomiczny i rozpoczęto edycję tytułu "Annales Astronomiae Novae".



Uczestnicy Walnego Zebrania AN. OAUJ w Krakowie – 25 05.2019.

Global Space Balloon Challenge

Wspomniany wcześniej eksperyment PAMELA, w połączeniu z wieloma podobnymi, organizowanymi przez Agatę Kołodzieczyk na przestrzeni ostatnich kilku lat, zajął pierwsze miejsce (6 czerwca) w międzynarodowym konkursie lotów stratosferycznych Global Space Balloon Challenge 2019, w kategorii "najlepsza inicjatywa edukacyjna". Sama zaś Agata Kołodziejczyk, po raz trzeci biorąca udział w tym konkursie, po raz trzeci została uhonorowana pierwszym miejscem.

Habitat w Rzepienniku

9 lipca Agata Kołodziejczyk i Mateusz Harasymczuk otwarli w Rzepienniku Strzyżewskim swój własny habitat dla przeprowadzania analogowych misji kosmicznych. Była to odpowiedź na potrzebę kontynuacji własnych projektów naukowych w środowisku habitatowej izolacji analogowych astronautów oraz w związku z brakiem dalszej możliwości

wykorzystywania habitatu Lunares w Pile. Ze względu na ograniczenia czasowe, habitat utworzono tymczasowo w domu mieszkalnym na terenie gminy Rzepiennik Strzyżewski należącym do Agaty Kołodziejczyk. Drewniane pomieszczenia dostosowano do potrzeb eksperymentów naukowych. W efekcie utworzono kompleks mieszkalno-badawczy o powierzchni 60 m^2, dostosowany dla czterech analogowych astronautów żyjących w 7-dniowej izolacji. Sprzęt do habitatu przywieziono bezpośrednio z habitatu w Pile, pozostałe elementy dokupiono.



Jedno z pomieszczeń habitatu w Rzepienniku Strzyżewskim.

Księżycowa analogowa misja ARTEMIS

W dniach 14-20 lipca, dla uczczenia 50-rocznicy lądowania człowieka na Księżycu, Agata Kołodziejczyk wraz z Mateuszem Harasymczukiem zorganizowali w Rzepienniku księżycową symulację misji kosmicznej trwającą tyle samo dni co misja z pierwszym lądowaniem człowieka na Srebrnym Globie. Celem misji było przeprowadzenie pilotażowych eksperymentów do przyszłych misji, a także kontynuacja eksperymentów długoterminowych związanych ze stresem w nowym środowisku, badaniu czynników ludzkich w przestrzeni kosmicznej, szybkości adaptacji, preferencji żywieniowych w warunkach ekstremalnych i wiele innych. W misji udział wzięły finalnie cztery osoby, po wcześniejszej selekcji w czasie warsztatów przygotowawczych. Komandorem misji była studentka informatyki z Gdyni – Agnieszka Elwertowska, zastępcą był student medycyny Ignacy Górecki, astrobiolożką była pracownica Wydziału Sztuk Pięknych AP w Krakowie, dr Magda Lazar, a lekarzem pokładowym była Udhaya Keerthika – kandydatka na hinduską astronautkę.



Członkowie załogi misji ARTEMIS. Od lewej: Udhaya Keerthika, Agnieszka Elwertowska, Magda Lazar i Ignacy Górecki.

Marsjańska analogowa misja HERMES

W dniach 22-28 lipca, w habitacie Rzepiennik, tuż po księżycowej misji ARTEMIS nastąpiła zmiana drużyny na bardziej międzynarodową, sama zaś symulacja stała się trudniejsza, tak pod względem relacji interpersonalnych jak i ze względu na charakter misji. Analogowymi astronautami misji HERMES byli: niemiecki komandor – student wychowania fizycznego w Warszawie, David Haefner; Brytyjczyk, fizyk teoretyk,



Członkowie załogi misji Hermes. Od lewej: David Haefner, Ben Heyward, Małgorzata Kaczorowska i Udhaya Keerthika.

Ben Heyward; Hinduska, inżynier kosmiczny, Udhaya Keerthika i Polka – studentka dziennikarstwa UJ, Małgorzata Kaczorowska.

Polsko-hinduska misja stratosferyczna

31 lipca w OAKJ w Rzepienniku Biskupim przeprowadzono eksperyment stratosferyczny w ramach współpracy z prywatną agencją kosmiczną Valles Marineris w Indiach. Członkowie AN, Agata Kołodziejczyk,

Mateusz Harasymczuk, Michał Gocyła i Bogdan Wszołek, we współpracy z Hinduską – Udhayą Keerthiką, zorganizowali i przeprowadzili eksperymentalną misję stratosferyczną. W kapsule wyniesiono dwa cubesaty wykonane przez hinduską młodzież reprezentującą Fundację Kosmiczną KSF (www.ksf.space), oraz szkoły Universite Privee de Fes i ENSIAS. Wewnątrz prostopadłościanów o boku 10 cm, na minikomputerach scalono czujniki pomiaru metanu, dymu, ciśnienia, temperatury, wysokości oraz elektronikę do telemetri. Dodatkowo na kapsule umieszczono kamery, systemy nawigacji i telekomunikacji ze stacją naziemną. Misja przebiegła wzorowo, jeśli chodzi o nawigację i odszukanie kapsuły. Gorzej wypadły same pomiary, ze względu na zakłócenia wywołane deszczem w dolnych partiach troposfery.



Na rycinie zestawiono loga hinduskich partnerów przedsięwzięcia, załogę, która szczęśliwie odzyskała kapsułę (od lewej: Agata Kołodziejczyk, Mateusz Harasymczuk, Udhaya Keerthika, Jan Kołodziejczyk). Poniżej umieszczono tor lotu kapsuły zintegrowany z mapą Google oraz dane z telemetrii sondy SP9ARK-4 (użyczonej przez radioamatora Arkadiusza Papaja) tuż przed pęknięciem balonu. Ponieważ dane są aktywowane co 5 minut, to był ostatni odczyt przed opadaniem kapsuły. Organizatorzy misji są mocno przekonani, że kapsuła osiągnęła planowaną wysokość lotu 30 km n.p.m., co jest znaczącą wysokością w stratosferze.

Warsztaty rakietowe

Tradycją wakacyjnych aktywności na terenie OAKJ w Rzepienniku Biskupim stały się warsztaty rakietowe, organizowane wspólnie z Polskim Towarzystwem Rakietowym i Analog Astronaut Training Center. Tym razem konstruktorami modeli były osoby dorosłe – w przewadze studenci polskich wyższych uczelni. Kacper Zieliński – główny realizator warsztatów – postawił wysoko poprzeczkę: w ciągu trzech dni (9-11 sierpnia) uczestnicy mieli zapoznać się z podstawowymi zasadami konstrukcji statków powietrznych zasilanych paliwem hybrydowym oraz samodzielnie wykonać rakiety o imponujących rozmiarach: długość 150 cm i średnica 10 cm. Ilość pracy, różnorodność technik, wysokie wymagania jakościowe i brak doświadczenia uczestników sprawiły, że praca wykonawcza odbywała się nie tylko w ciągu dni ale i nocami. Szczęśliwie, z lekkim tylko opóźnieniem, udało się z sukcesem wystartować wszystkie 13 sztuk wykonanych modeli rakiet, ku wielkiej satysfakcji organizatorów i twórców. Większość modeli wystartowała powtórnie, we wrześniu, na festiwalu Meteora na Pustyni Błędowskiej, organizowanym przez PTR (7-8 września 2019).



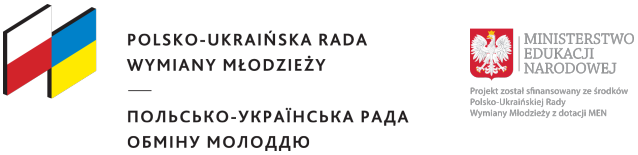
Uczestnicy i organizatorzy warsztatów w gotowości startowej. 13 rakiet wyczekuje na swoje "chwile prawdy".

Prestiżowa nagroda dla Virginii Trimble

19 sierpnia American Institute of Physics przyznał Virginii Trimble, honorowej członkini AN, swoją coroczną nagrodę "Andrew Gemant Award". Z tej okazji Virginia wygłosiła w Caltech, w dniu 3 października, uroczysty wykład "The Impact of World War I on the Sciences". Na przedłużeniu wykładu nadano Virgini Trimble tytuł honorowej członkini stowarzyszenia "Sigma Pi Sigma". W zakończeniu uroczystości Virginia

odśpiewała wraz z noblistą Kipem Thornem piosenkę z I wojny światowej “Mademoiselle from Armentierres”.

Letni obóz polsko-ukraiński



Od 22 do 31 sierpnia grupa uczniów liceum Richeleu w Odessie, absolwentów liceum i młodych astronomów z Odessy wzięła udział w polsko-ukraińskim obozie o nazwie “Akademia Astronomii i Fizyki”, który odbył się w ośrodku turystycznym “Czardworek” w polskich Bieszczadach. W obozie wzięło udział 36 młodych uczestników i 4 liderów. Przedstawicielem z Ukrainy było Liceum Richelieu a z Polski Wirtualna Akademia Astronomii z Opola. Program obozu był bardzo intensywny – zarówno w zakresie obserwacji i ich opracowania, jak i pod względem ilości wycieczek (m. in. do: Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim, elektrowni wodnej w Solinie, Muzeum Szkła w Krośnie, Politechniki Rzeszowskiej).

Program naukowy obejmował zarówno wykłady instruktorskie, jak i prezentacje uczestników o badaniach prowadzonych w ramach obozu (badania gwiazd zmiennych, niektóre zagadnienia fizyki jądrowej), a także warsztaty z przetwarzania wyników pomiarów, przygotowywania prezentacji, wspólne zajęcia z astrofotografii i tańca, inne aktywności ciekawe dla młodzieży.

Badano radioaktywność w Bieszczadach i na Podkarpaciu w kontekście bezpieczeństwa energetycznego Ziemi. Pomiary radioaktywności w terenie były dokonywane za każdym razem, gdy grupa wyjeżdżała na wycieczki lub gdy wędrowała po Bieszczadach.

W programie obozu były również astronomiczne obserwacje wizualne. Pogoda podczas obozu była bardzo ciepła i prawie bezchmurna, nawet w nocy, co pozwoliło młodzieży podziwiać rozgwieżdżone niebo prawie w każdy wieczór. Obserwowano planety, znajdowano gromady gwiazd, mgławice i galaktyki, dokonywano pomiarów jasności gwiazd zmiennych i konstruowano ich krzywe blasku, regularnie robiono fotograficzne wybranych fragmentów nieba dla rejestracji meteorów i sztucznych satelitów Ziemi.



Obozowicze na łonie bieszczadzkiej natury.

Uczestnicy brali również udział w zawodach sportowych, wspólnym wypoczynku, wieczorach muzycznych i dyskotekach, które promowały wymianę kulturalną młodzieży z obu krajów. W organizację obozu zaangażowały się: Katarzyna Książek z Uniwersytetu Opolskiego oraz Vladyslava Marsakova – astronomka z Odessy, aktywna członkini odeskiego Koła AN.

Projekt został zorganizowany przez Fundację Rozwoju Systemu Edukacji w ramach Polsko-Ukraińskiej Rady Wymiany Młodzieży. Został sfinansowany przez polskie Ministerstwo Edukacji Narodowej.



Odważniejsza część ukraińskiej grupy młodzieży na platformie wieży z anteną RFT-5.4 w OAKJ w Rzepienniku Biskupim.

Spotkanie z astronautą w Motoroli

2 września, do głównej polskiej siedziby Motoroli w Krakowie, przybył pułkownik Alfred (Al) Worden – astronauta misji Apollo 15. Firma z dumą świętowała 50-lecie lądowania człowieka na Księżycu chlubiąc się tym, że w 1969 roku przekaźniki radiowe S-Band marki Motorola Solutions zostały zainstalowane na pokładzie Apollo 11 dla komunikacji głosowej i w celu transportowania danych telemetrycznych, danych biomedycznych i sygnałów telewizyjnych pomiędzy Ziemią a Księżycem. Dla grona kilkudziesięciu zaufanych osób - głównie z kierownictwa Motoroli i ze świata mediów, ale też dla trojga przedstawicieli AN – astronauta wygłosił wykład wprowadzający, traktujący głównie o szczegółach misji Apollo 15, a następnie udzielał wyczerpujących odpowiedzi na zadawane pytania. Ze strony AN padły pytania dotyczące szczegółów ob-



Al Worden pośród członków AN i na tle mapy Księżyca. Od lewej: Magdalena Wszołek, Bogdan Wszołek, Al Worden, Agata Kołodziejczyk, Aleksandra Harasymczuk.

serwacji Księżyców Kordylewskiego przez Al Wordena oraz dotyczące przygotowań do lotu – czy trudniejsze było dla niego przygotowanie do lotu w zakresie wydolności fizycznej czy psychicznej i intelektualnej. Na drugie z pytań astronauta zdecydowanie przyznał, że podczas selekcji i bezpośrednich przygotowań do lotu znacznie trudniej jest zabezpieczyć potrzebną sprawność mentalną astronauty niż sprawność fizyczną. Jeśli chodzi o obserwację Księżyca Kordylewskiego (wokół punktu libracyjnego L4), to rola astronauty sprowadzała się do nakierowania statku na zadany kierunek i (po włączeniu kamery szerokokątnej) utrzymywanie

go w stabilnej pozycji przez cały czas trwania ekspozycji, co nie było łatwe. I jeszcze trzeba było przed powrotem na Ziemię wyjść na zewnątrz statku i wyjąć kasety z kliszami, aby mogły bezpiecznie wrócić na ziemię. Po powrocie wszystko trafiało do laboratoriów NASA i astronauci nie byli wtajemniczani w rezultaty naukowe swoich działań proceduralnych podczas trwania misji. Przy niewielkiej ilości osób i wobec sprawnej organizacji spotkania udało się przeprowadzić rozmowy kuluarowe z astronautą, a nawet po cichu (bo wbrew zasadom) otrzymać autografy. Prezes AN otrzymał od Wordena autograf na mapie Księżyca, wiszącej na co dzień w OAKJ, oraz w podarowanej mu przez astronautę książce *Falling to Earth*. Więcej w artykule na stronie 85.

XXXIX Zjazd PTA

W dniach 9-12 września odbył się w Olsztynie trzydziesty dziewiąty Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, w którym uczestniczyła, również czynnie, spora ilość członków AN. Wygłoszono dziesiątki wykładów i wystawiono dziesiątki plakatów odzwierciedlających imponującą aktywność naukową polskich astronomów. Przyznano zasłużonym nagrody PTA. Medal Bohdana Paczyńskiego trafił do Wojciecha Dziembowskiego, Medal Włodzimierza Zonna do Jadwigi Białej i Jacka Drążkowskiego, a Nagroda Młodych do Radosława Poleskiego. Władze miasta i władze Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego podjęły uczestników zjazdu z wielką gościnnością. Podążając szlakami Kopernika, astronomowie mieli okazję zwiedzić zamek w Olsztynie, gdzie Mikołaj Kopernik urzędował przez wiele lat, oraz odbyć wycieczkę do Fromborka, gdzie Kopernik mieszkał, tworzył i gdzie jest pochowany.



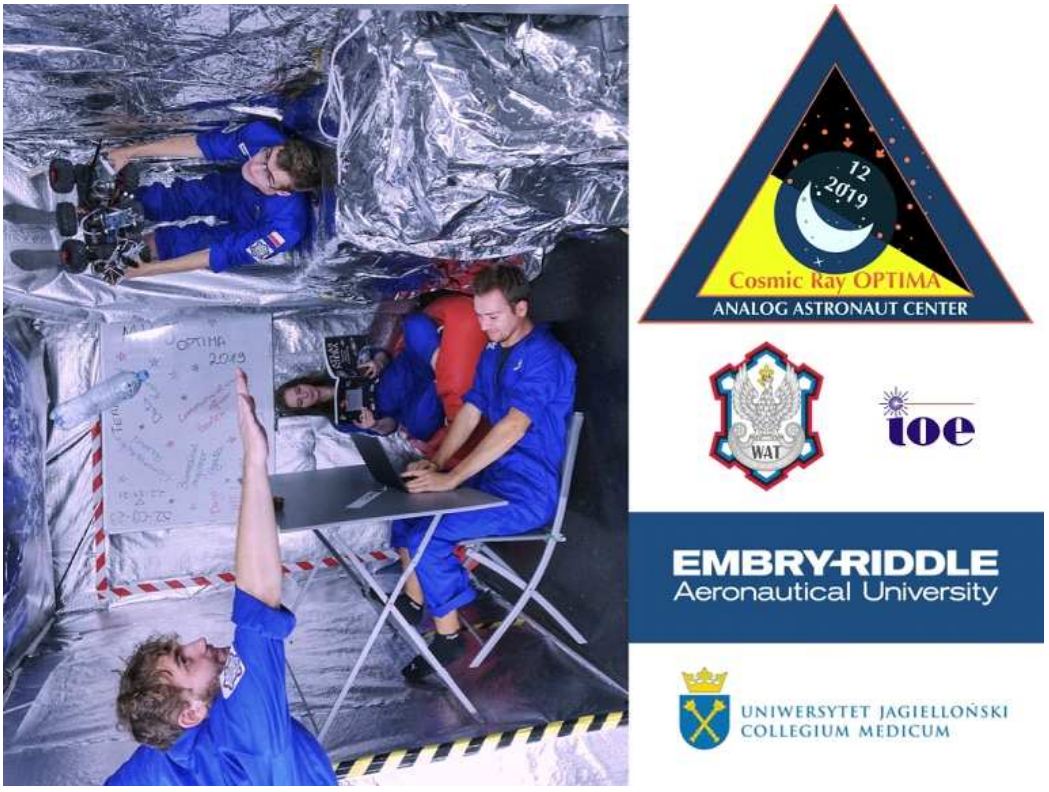
Tablica na ścianie zamku w Olsztynie wykonana przez Mikołaja Kopernika przypuszczalnie na przełomie 1516 i 1517 roku. Umożliwiała ona graficzne przedstawienie momentu równonocy wiosennej. Wyznaczenie tego dnia pozwalało ustalić daty ruchomych świąt kościelnych, a przede wszystkim prowadzić badania nad reformą kalendarza.



Uczestnicy Zjazdu wokół Kopernika w jego olsztyńskim pomniku. Od lewej: Honorata Korpikiewicz, Stanisław Ryś, Magdalena Wszołek i Elżbieta Ryś.

Księżycowa analogowa misja OPTIMA

W dniach 22-29 września w Rzepienniku Strzyżewskim odbyła się, ostatnia w tym roku i zarazem dwunasta, organizowana przez Agatę Kołodziejczyk i Mateusza Harasymczuka, analogowa misja kosmiczna. Tym razem misja, księżycowa o nazwie OPTIMA, objęta została patronatem i wsparciem finansowym Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Studenci koła naukowego optoelektroniki drugiego roku studiów inżynierii kosmicznej tejże uczelni wzięli udział w przedsięwzięciu. Astronautami analogowymi tej misji byli: Dawid Wróblewski, Agata Pykacz, Karol Erd i maturzysta radioamator z Bielska-Białej, Bartek Źrebiec. Była to najbardziej udana misja pod względem ilości zebranych danych, precyzji przeprowadzonych eksperymentów naukowych, zaangażowania i zgrania w zespole. Eksperymenty na potrzeby misji zostały przygotowane przez doktorantkę Jasleen Kaur z Uniwersytetu Embry Riddle (USA), profesora Mirosława Krośniaka z Collegium Medicum UJ oraz przez firmę Analog Astroanut Training Center, założoną przez Mateusza Harasymczuka i Agatę Kołodziejczyk dla formalnej obsługi administracyjnej organizowanych przez siebie misji.



Uczestnicy misji OPTIMA w czasie pracy. Po prawej stronie logo misji (u góry) oraz partnerzy (Wojskowa Akademia Techniczna, Koło Wydziału Optoelektroniki WAT, Uniwersytet Embry-Riddle, Wydział Medyczny Uniwersytetu Jagiellońskiego).

Nagroda Nobla za egzoplanety

8 października 2019 ogłoszono, że Nagrodę Nobla za rok 2019 w dziedzinie fizyki otrzymują: James Peebles oraz Michel Mayor i Didier Queloz. Nagroda została przyznana za wkład w nasze zrozumienie ewolucji Wszechświata i miejsca Ziemi w kosmosie. James Peebles otrzymał ją za teoretyczne odkrycia w kosmologii fizycznej, a Michel Mayor i Didier Queloz za odkrycie egzoplanety okrążającej gwiazdę typu słonecznego. I choć kolejne wyróżnienie dokonań astronomów przez Komitet Noblowski satysfakcjonuje, to pominięcie Aleksandra Wolszczana przy nagrodzie za egzoplanety trochę poruszyło społeczność astronomiczną, w tym zrzeszoną w AN. Virginia Trimble, honorowa członkini AN, będąca dobrze wtajemniczona w zagadnienie i poproszona przez prezesa AN o komentarz, odpowiedziała: “I had received letters from Stockholm asking for Physics nominations 18 or 19 times over the years. On several occasions, the suggested nomination was indeed for discovery of planets orbiting other stars, and named Aleksander Wolszczan, Michel Mayor, and Geoffrey Marcy as the discoverers. This had the disadvantage of

leaving out Didier Queloz, Paul Butler, and whoever had been Wolszczan's second-in-command. The fuss made about possible misdeeds by Marcy eliminated him from consideration (and so also Butler as unfair associated damage). An appropriate alternative citation might have been "for discovery of the first exoplanet (Wolszczan) and the first orbiting a main sequence star (Mayor and Queloz)". But the committee chose to cast a broader net, with a citation that also included the simply stunning work over the years by P. James E. Peebles, whom I had nominated as part of a different trio another year. There is no justice in the world, and precious little logic."

100 lat PTMA

5 października zorganizowano w Krakowie uroczyste obchody stulecia działalności PTMA. Na świetnie zorganizowanej imprezie na około dwieście osób, nie brakło astronomów zrzeszonych w AN. Część naukową, zorganizowaną w podwojach Polskiej Akademii Umiejętności (PAU) przy ul. Sławkowskiej 17, uświetnili swoimi wykładami m. in. profesorowie Andrzej Udalski i Kazimierz Stępień. W części oficjalnej prezes PTMA Mieczysław Jagła wyróżnił astronomów i miłośników astronomii zasłużonych w sposób szczególny dla PTMA w okresie ostatnich dziesięcioleci. Wyróżniono m. in. Henryka Brancewicza oraz Macieja Mikołajewskiego, aktywnych również w szeregach AN. Organizatorom przykładnej, pod każdym względem, uroczystości jubileuszowej należy się wielkie uznanie, a Towarzystwu wypada życzyć świetlanej przyszłości.



Maciej Mikołajewski, naczelny redaktor Uranii, w radosnym jubileuszowym uniesieniu.

Urodzinowo Kazimierzowi Kordylewskiemu

W dniach 11-12 października AN wespół z Obserwatorium Astronomicznym UJ uhonorowały Kazimierza Kordylewskiego, legendarnego krakowskiego astronoma, organizując w OAKJ w Rzepienniku Biskupim sesję naukową "Kazimierz Kordylewski as a human and astronomer". Żyjący współpracownicy, członkowie rodziny, przyjaciele oraz astronomowie kontynuujący dzieła zapoczątkowane przez Kordylewskiego, przedstawili w sumie kilkanaście referatów. Zorganizowano też wystawę eksponatów i unikalnych fotografii. Trwałym owocem imprezy ma być książka dedykowana Kordylewskiemu, opracowania której podjęła się AN.



Uczestnicy sesji dedykowanej Kazimierzowi Kordylewskiemu.
Rzepiennik 12.10.2019.

Budowa habitatu w Rzepienniku Suchym

Tuż po zakończeniu misji OPTIMA w Rzepienniku Strzyżewskim Mateusz Harasymczuk zakupił do rozbiórki dotychczasową bazę nurkową na Zakrzówku w Krakowie. W przedsięwzięciu znaczącej pomocy udzielił sam prezes Astronomii Novej – Bogdan Wszołek, który praktycznie w pojedynkę wykonał tytaniczną pracę rozbiórkową. W efekcie przygotowane do transportu zostały trzy 12-metrowej długości kontenery oceaniczne amerykańskiej firmy Gateway – ocieplone i przystosowane do celów mieszkalnych. Przetransportowano je na działkę Agaty Kołodziejczyk w Rzepienniku Suchym. Z wiosną 2020 planuje się tam budowę

infrastruktury dedykowanej szkoleniom, symulacjom misji kosmicznych oraz wszelkim zadaniom służebnym podbojowi kosmosu.



Transport kontenerów bazy nurkowej Kraken z Zakrzówka do Rzepiennika Suchego.

Partnerstwo AN w ramach programu NAWA

AN zawarła umowę partnerską w ramach której bierze na siebie część zadań dla realizacji projektu "Wsparcie Działań Promocyjnych Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie" w programie "Promocja Zagraniczna" Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (NAWA). Projekt otrzymał finansowanie i ma być zrealizowany w 2020 roku przez grupę partnerską: Uniwersytet Jagielloński (lider), Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Stowarzyszenie Astronomia Nova. AN odpowiedzialna jest za organizację konferencji "Rzepiennik Meeting Radio-Vis-Ir".

Virginia Trimble has seen the stars

W czasopiśmie Quanta Magazine pod datą 11 listopada opublikowano rozległy wywiad z Virginią Trimble zatytułowany "Virginia Trimble Has Seen the Stars". Materiał jest dostępny do wglądu na stronie:

https://www.quantamagazine.org/virginia-trimble-has-seen-the-stars-20191111/



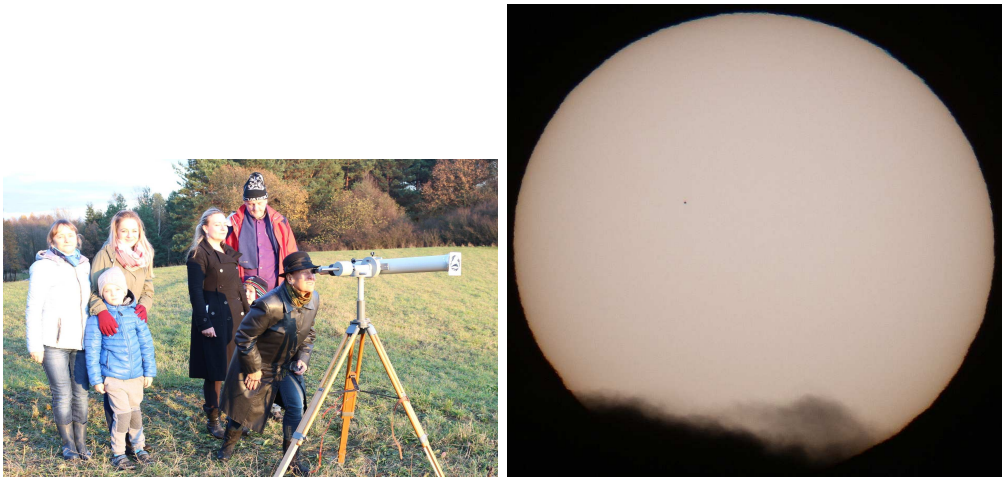
Virginia Trimble w trakcie udzielania wywiadu.

Popularnie o astronomii

Periodyk społeczno kulturalny *Rzepiennik Wczoraj i Dziś* wydawany przez Gminny Ośrodek Kultury w Rzepienniku Strzyżewskim zamieszcza regularnie, w rubryce "nauka", popularne artykuliki o treściach astronomicznych stałego autorstwa Agnieszki Kuźmicz z AN.

Obserwacje tranzytu Merkurego w Rzepienniku

11 listopada miało miejsce przejście Merkurego na tle tarczy Słońca. Mimo mało obiecujących prognoz pogodowych, OAKJ w Rzepienniku ogłosiło publiczny pokaz zjawiska. W czasie bezpośrednio poprzedzającym tranzyt złe prognozy akurat się sprawdzały i prawie nikt się nie odważył na wycieczkę do obserwatorium. Z nadzieją, że Słońce choćby na moment ukaże się w jakiejś przerwie pomiędzy chmurami, wyniesiono na polanę lunetę i wyczekiwano. I faktycznie niebo stało się łaskawe dla ośmiorga optymistów wyczekujących cudu. Słońce się pokazało na kilkanaście minut, podczas których wszyscy obecni mogli do woli ucieszyć oczy widokiem czarnej kropki na tle tarczy. Mimo skrajnie trudnych warunków dla fotograficznej dokumentacji zjawiska, udało się wykonać kilka zdjęć, na których idzie, choć z trudem, dostrzec Merkurego.



Stanowisko obserwacyjne oraz fotografia tarczy słonecznej z ledwo dostrzegalnym Merkurym.

Konferencja w Instytucie Lotnictwa

15 listopada odbyła się w Instytucie Lotnictwa w Warszawie 11 Konferencja Development Trends in Space Propulsion Systems. Piotr Strzelczyk z AN przedstawił tam referat, "Airbreathing Ionic Propulsion for High Altittude Applications", traktujący o możliwości wykorzystania rozrzedzonych gazów atmosferycznych do napędu jonowego, służącego do podtrzymania satelitów na niskiej orbicie okołoziemskiej.



"Potęga umysłu" w Dębicy

W dniach 22-23 listopada w II LO im. ks. Jana Twardowskiego w Dębicy, staraniem Sławomira Surowca - tamtejszego nauczyciela fizyki, odbył się II Rodzinny Piknik Naukowy "Potęga umysłu – radość i zabawa". W tej masowej imprezie uczestniczyło czynnie troje członków AN: Mirosław Hermaszewski oraz Magdalena i Bogdan Wszołkowie. Kosmonauta przedstawił wspaniały wykład o locie Polaka w kosmos, a astronomowie

prowadzili całodzienny publiczny pokaz teleskopowy Słońca. W szczególności demonstrowali widmo słoneczne z pomocą własnego spektroskopu i objaśniali powstawanie linii spektralnych.



Kosmonauta złożył autograf na szczycie modelu rakiety, w miejscu odpowiadającym temu, jakie zajmował w prawdziwej rakiecie w roku 1978.

IX konkurs Ars Astronomica

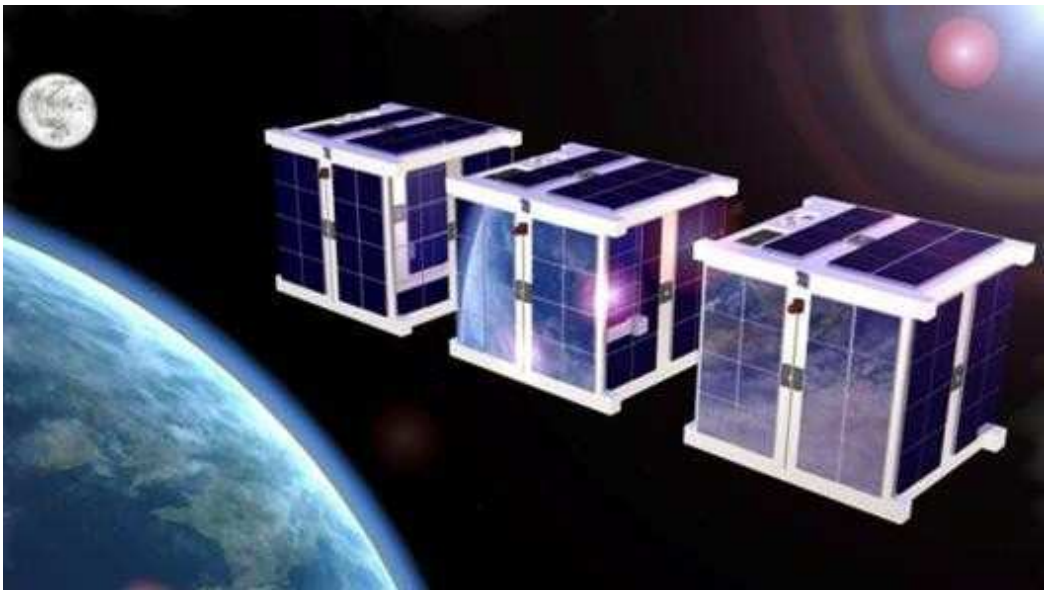
W Częstochowie przeprowadzono kolejny konkurs z serii "Ars Astronomica", tradycyjnie współorganizowany przez AN. W sumie wpłynęło 157 prac z 33 szkół. Po podziale na kategorie, Jury konkursu przyznało w dniu 5 grudnia: 9 pierwszych miejsc, 7 drugich i 7 trzecich. Nadto przyznano 33 wyróżnienia. Z ramienia AN organizacją konkursu zajął się Marek Nowak, a głównym sponsorem nagród było Starostwo Powiatowe w Częstochowie.

Wniosek do NCN

16 grudnia Piotr Strzelczyk złożył wniosek do NCN na projekt dotyczący badania meteorów w zakresie infradźwiękowym. W projekcie mają wziąć udział: Politechnika Rzeszowska (Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa), Instytut Politechniczny PWSZ w Krośnie, Astronomia Nova i Institutet för Rymdfysik w Kirunie.

Resovia Constellation

17 grudnia w Podkarpackim Centrum Innowacji w Rzeszowie odbyło się spotkanie organizacyjne interdyscyplinarnego koła naukowego kosmonautyki, na którym omawiano koncepcję budowy konstelacji satelitarnej "Resovia Constellation". W spotkaniu brał czynny udział Piotr Strzelczyk z Zarządu AN, który jest odpowiedzialny za opracowanie koncepcji eksperymentów z dziedziny napędów i z astronomii na potrzeby projektu.



Artystyczna wizja konstelacji.

Some recent awards of the Odessa Branch of “Astronomia Nova” in photo

Ivan L. Andronov[1] and Vladyslava I. Marsakova[2]

[1] Odessa National Maritime University

[2] Odessa National University

19.04.2018. Prof. Ivan L. Andronov (middle) was awarded by a medal of Yaroslav the Wise. Left: academician Maxim V. Strykha (Deputy Minister of Education and Science), and (right) academician Alexander G. Nakonechny (President of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine).



The President of the Ukrainian Astronomical Association (UAA), academician Yaroslav S. Yatskiv and academician Valery M. Shulga awarded Dr. Mariia G. Tkachenko a honorary Stipendium (2018) for young scientists of the UAA named after Yurii Drohobych for a series of studies on “Expert software package for statistically optimal determination of the parameters of binary systems”. The PhD was defended in 2017.



Sofiia Krzemynska (left) has got a “bronze prize” at the all-Ukrainian JAS (Junior Academy of Sciences) contest of young scientists in 2019 in the nomination “Astronomy and Astrophysics”. Kateryna Kozytska (right) has got a “silver prize” at the all-Ukrainian JAS contest of young scientists in 2019. In 2018, she was the absolute winner of this contest JAS-2018 in the nomination “Aerophysics and Space Research”.



The team from the Odessa region at the Ukrainian Astronomical Olympiad in the Zhytomir city: Anna Ogorodnik, Taisiia Shakun, Sofiia Kremynska, Lev Tartakovskyi (“silver” Diploma) and Kateryna Kozytska (“bronze” Diploma).



Dmytro Tvardovskyi has got the highest award “for the best talk” at the Ukrainian conference of students and young scientists (section “Mathematical Modeling of Processes and Objects”, Odessa, Ukraine, 18.04.2019). Previously, he was twice the winner of the JAS contest (2015, 2016). A 3-rd year student in “Physics and Astronomy” in the Odessa National University. The number of papers is already 6, one of them – in the current volume of the “Annales Astronomiae Novae”.



Kateryna D. Andrych got the diploma "for the best student talk" at the international Gamow conference (Odessa, Ukraine, 13-18.08.2019) and has become a Master of Science in "Physics and Astronomy" in the Odessa National University. She has developed software MAVKA for statistically optimal determination of the characteristics of extrema. She is an absolute champion in the number of publications (10) published before getting the MSc degree. According the scholar.google.com, the Hirsch index is already h=5. The first scientific paper was based on her work to the contest of JAS (2014). In 2015, she was awarded by a Diploma "for the best debute at the international conference "Astrophysica Nova".

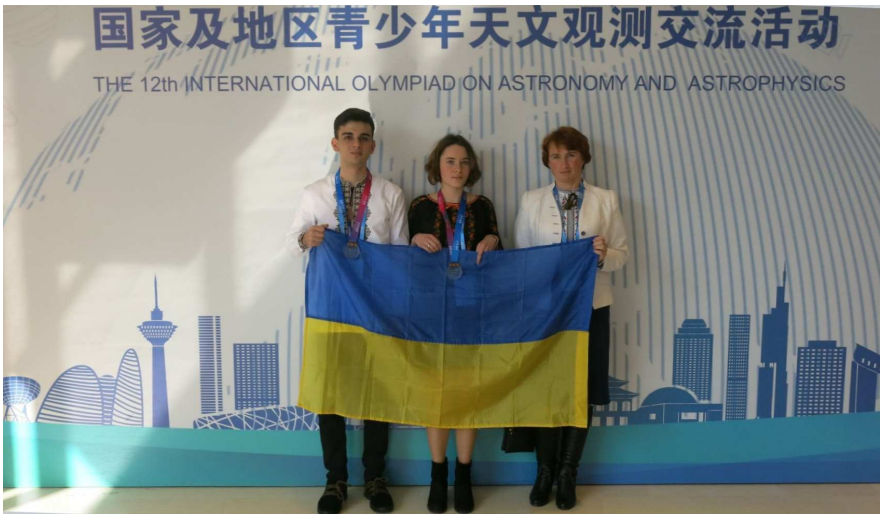


Mariia Kovalenko and Stanislav Savastru got the "bronze" medals at the 12-th International Olympiad on Astronomy and Astrophysics in Beijing (China) in 2018. Their photos were posted in Odessa city as "we are proud of our young talents" (Pride of Odessa). For four years, they successfully participated in the astronomical Olympiads. Now they are 2nd year students in Odessa and Kyiv, respectively. In 2018, Stanislav Savastru also got a "silver prize" at the all-Ukrainian contest of young scientists (JAS-2018) in the nomination "Astronomy and Astrophysics".





The astronomical elite in Odessa have started their scientific and academic activity in the astronomical circle under the supervision of Dr Vladyslava Marsakova (right), associate Professor of the Department of “Theoretical Physics and Astronomy” of the faculty of “Mathematics, Physics and Informational Technologies” of the Odessa National University.



Lev Tartakovskyi got the “silver” Diploma at the International Astronomical Olympiad in Romania (2019). In 2018 and 2019, he was the winner of the Ukraininan astronomical Olympiads, participating in the group of 10-th class, and being in 7-th and 8-th class, and he got “bronze” and “silver” diploma, respectively. In the JAS contests (regional level), he got “silver” diploma in 2019.



Kateryna Kozytska (the winner of the Ukraininan contest of "Small academy of science" = MAH JAS-2018, Dr Vladyslava Marsakova, and Stanislav Savastru (silver Diploma).



02.02.2019. The winners and the jury of the regional astronomical contest of the JAS (subsections "Astronomy and Astrophysics" and "Aerophysics and Space Research"). From the left: Nataliia Bazei, Anna Khmarska, Sofiia Kreminska, Ivan Andronov, Lev Tartakovsky, Ekateryna Kozytska, Maria Sosnitska, Larisa Kudashkina.



Wspomnienie profesora Józefa Masłowskiego

Jerzy Machalski

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Profesora Józefa Masłowskiego, mojego nieodżałowanego kolegę i przyjaciela, poznałem już w czasie mych studiów astronomii na Uniwersytecie Jagiellońskim, gdzie jako asystent w Obserwatorium Astronomicznym naszego Uniwersytetu uczestniczył w prowadzonych wtedy rachunkowych badaniach zagadnień dotyczących dziedziny "mechaniki nieba". W międzyczasie ukończył też studia inżynierskie w Akademii Górniczo-Hutniczej, co okazało się kluczowym dla jego późniejszych osiągnięć organizacyjnych i dalszej działalności naukowej. Znamienne jest też to, że swoją rozprawą doktorską na temat stałych libracji i figury Księżyca wykonaną pod kierunkiem profesora Karola Kozieła, a obronioną w roku 1964, zakończył epokę mechaniki nieba, dominującą w Obserwatorium do lat 60-tych ubiegłego wieku – oddając się teraz całkowicie rozwojowi nowej wówczas dziedziny astronomii, a mianowicie radioastronomii.

Powstanie krakowskiej radioastronomii zawdzięczamy oczywiście poprzednikom profesora Masłowskiego w osobach takich jak wybitny fizyk profesor Adam Strzałkowski, docent Oleg Czyżewski i inni, kiedy to przy wsparciu profesorów Stefana Manczarskiego i Karola Kozieła, rozpoczęto w Krakowie systematyczne badania promieniowania radiowego Słońca w ramach "Międzynarodowego Roku Geofizycznego 1957-1958", w których brał też udział młody magister astronomii Józef Masłowski. W roku 1968, już jako doktor, odgrywa on dominującą rolę w konstrukcji i wyposażeniu 15m radioteleskopu na terenie nowej siedziby Obserwatorium na "Forcie Skała". Znacznie później, już jako dyrektor tego Obserwatorium, w latach 1989-1995 organizuje i doprowadza do budowy nowego 8m radioteleskopu do znacznie bardziej efektywnego monitorowania aktywności słonecznej.

Ale w tym czasie było już oczywiste, że przyszłość radioastronomii to

badania w obszarze pozagalaktycznym odległych "radioźródeł", identyfikowanych optycznie z galaktykami i kwazarami jako jądrami galaktyk radiowo aktywnych, oraz prace nad mechanizmami nietermicznej emisji promieniowania w zakresie długich fal radiowych. Swoją pierwszą znaczącą pracę, podejmującą próbę klasyfikacji znanych wówczas radioźródeł pozagalaktycznych, publikuje w roku 1967. Dzięki sprzyjającej okoliczności w roku 1969 (a więc w czasach gdy wyjazd za granicę był marzeniem) następuje niespodziewany zwrot w karierze naukowej doktora Masłowskiego. Będący już na emeryturze profesor Eugeniusz Rybka, poprzedni dyrektor Obserwatorium Astronomicznego, dzięki swym znajomościom i kontaktom we władzach Międzynarodowej Unii Astronomicznej, uzyskuje dla niego zaproszenie na półtoraroczny staż naukowy w Narodowym Obserwatorium Radioastronomicznym (NRAO) w USA. Dzięki temu zaproszeniu, pomimo początkowych trudności związanych z brakiem zgody władz Uczelni i z uzyskaniem paszportu, w końcu listopada 1969 roku Józef Masłowski wyjeżdża do NRAO z własnym programem badawczym. Podczas tego stażu wykonuje samodzielnie jeden z pierwszych dużych radiowych przeglądów nieba na falach centymetrowych, znany dziś jako "GB Survey". Przegląd ten, odkrywający około 600 nowych radioźródeł na stosunkowo małym obszarze nieba, ale wybranym tak by obejmował dwa ograniczone pola wcześniej obserwowane w Cambridge (W. Brytania) na dłuższych falach radiowych, umożliwiał tzw. "zliczenia radioźródeł", które to zliczenia wykazały pewną anizotropię położenia radioźródeł na niebie. Był to bardzo ważny wynik, potwierdzony znacznie później, że galaktyki wiążące część materii barionowej we Wszechświecie nie leżą równomiernie w przestrzeni kosmicznej, lecz tworzą jakby ściany w strukturach przypominających pianę. Osiągnięcia te leżą u podstaw habilitacji Profesora w roku 1974. W latach 1978-1979, zaproszony jako "visiting professor" do Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) w Bonn, kontynuuje badania widmowych i morfologicznych własności radioźródeł, publikując je w uznanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym.

Wymienione powyżej okoliczności sprawiły, iż jego pierwszy wyjazd do USA miał doniosłe znaczenia dla dalszego rozwoju radioastronomii w Krakowie przez nawiązanie bliskich kontaktów i współpracy naukowej z przodującymi ośrodkami tej dziedziny na świecie. Chcę tu mocno podkreślić, że po osiągnięciu swej znaczącej pozycji naukowej, profesor Masłowski bez wahania wykorzystuje swoje osiągnięcia, nazwisko i kontakty do promocji nas, młodszych współpracowników i kolegów, w renomowanych zagranicznych ośrodkach naukowych. Jeszcze przed

swym powrotem do kraju w roku 1971, uzyskuje od dyrektora NRAO dr D.S. Heeschen'a obietnicę zaproszenia kolejnych współpracowników z Krakowa na długoterminowe staże. Podobne zapewnienie uzyskał od przebywającego wtedy w NRAO prof. P.G. Mezgera, dyrektora MPIfR, gdzie w końcowych fazach rozruchu znajdował się największy wówczas na świecie, w pełni sterowany, radioteleskop o średnicy 100m. Będąc dla nas mistrzem i mentorem, Józef Masłowski zdecydowanie przyczynił się do powstania dużego zespołu zaangażowanych adeptów tej dyscypliny, zapraszanych i owocnie współpracujących w obserwatoriach radiowych w USA, RFN, Holandii i Indiach, często wnoszącego tam własną tematykę, jak np. badania polaryzacji promieniowania i pól magnetycznych w różnego typu galaktykach, badania struktury morfologicznej i ewolucji dynamicznej struktur radiowych powstających skutkiem aktywności ich jąder, itp.

Jako mistrz i nauczyciel, Profesor prowadził i wypromował pięciu doktorów, z których czterech uzyskało habilitację, a jedna (Katarzyna Otmianowska-Mazur) już tytuł profesorski. Swój tytuł profesora nauk fizycznych w zakresie astronomii otrzymał w roku 1987. Swoją działalność naukową owocnie łączył z innymi obowiązkami. Oprócz, wymienionych już wyżej, przedsięwzięć organizacyjnych – przez kilka kadencji pełnił funkcję dyrektora Obserwatorium Astronomicznego UJ, oraz przez 20 lat – kierownika Zakładu Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej. Zasługi profesora Józefa Masłowskiego dla światowej nauki, a więc i dla rodzimej Uczelni, Uniwersytet Jagielloński uczcił na uroczystym "Odnowieniu Doktoratu po Pięćdziesięciu Latach" na posiedzeniu Senatu Uczelni w dniu 8 stycznia 2015 roku.

Nie sposób wymienić tu ilu z naszych kolegów, i jak wiele zawdzięcza profesorowi Masłowskiemu. Niech mi będzie wolno podziękować za to, co osobiście mu zawdzięczam. Jemu zawdzięczam chyba wszystkie swoje osiągnięcia naukowe, w tym rozliczne obserwacje w NRAO w latach 1974/1975, 1982, 1984 i 1989, owocujące dwoma kolejnymi przeglądami nieba na fali 21cm: GB2 i GB3 wykonanymi radioteleskopem 92m w Green Bank (West Virginia), oraz jednymi z pierwszych wysokiej rozdzielczości obserwacji struktur radioźródeł przy pomocy uruchamianej wtedy sieci radioteleskopów "Very Large Array" (VLA) w Socorro (New Mexico). Obserwacje te były i są bazą dla wszystkich moich doniesień i publikacji naukowych, choć większość z nich była wynikiem szerokiej współpracy z wieloma osobami z kraju i z zagranicy. Zarówno ja, i jak myślę, wielu naszych kolegów z wdzięcznością wspomina dzielenie się

głęboką wiedzą i zachętą do wytężonej pracy, którą odbierali od nieodżałowanej pamięci profesora Józefa Masłowskiego. Wspominam też nasze rozmowy w czasie gdy był już szereg lat na emeryturze, ale przyjeżdżał do Obserwatorium i bardzo się interesował nowymi pracownikami, aktualnymi badaniami i wszystkim co się działo w Instytucie tak bliskim jego sercu. Cześć Jego pamięci!



Uroczystość odnowienia doktoratu w Collegium Maius w dniu 8 stycznia 2015 roku. Profesor Masłowski (pierwszy na czerwonym dywanie) stoi tu naprzeciw JM Rektora UJ – profesora Wojciecha Nowaka.



Profesor Jerzy Machalski wygłasza laudację podczas uroczystości odnowienia doktoratu profesora Józefa Masłowskiego. Collegium Maius, 8 stycznia 2015 roku.

Przemówienie z okazji odnowienia doktoratu

Józef Masłowski

(Opracował Bogdan Wszołek w oparciu o nagranie z dnia 8.01.2015)

W pewien zimowy wieczór czekając na dziekana na korytarzu w Instytucie Fizyki zauważyłem profesora Wiesława Czyża, to jest znany nam wszystkim fizyk, otoczonego grupką osób, którym coś przekazywał, chyba swoje przemyślenia. Byłem tego jedynie przypadkowym świadkiem. Powiedział, że wykładowcy z tytułem naukowym profesora belwederskiego nie przystoi wspomagać się kartkami. I w zasadzie z jednego powinien zrezygnować, albo z tytułu profesora albo ze swojego wystąpienia. Mając na uwadze to, że niektóre zasady tolerują wyjątki, mogę na swoje usprawiedliwienie przywołać coś niecoś, parafrazując tekst niezapomnianego Kabaretu Starszych Panów – "już nie te lata, już nie ta pamięć, choć w sercu ciągle ...".

W liceum marzeniem moim było bym był geofizykiem inżynierem. Niestety ówczesny dziekan, na AGH, bardzo szybko sprowadził mnie do rzeczywistości stwierdzając że mój stan fizyczny uniemożliwia mi bycie studentem na AGH, bo nie będę mógł zaliczyć zajęć praktycznych. Zniesmaczony bardzo przeniosłem podanie na matematykę i fizykę. Wspaniały był ten okres kiedy spotkałem takich profesorów jak Turowicz, Leja i inni. W gronie tych profesorów był prof. Karol Kozieł, wówczas jeszcze docent, z wykładem astronomii ogólnej dla matematyków. Jego wykłady prowadzone były z pasją rasowego astronoma i zauroczyły mnie do tego stopnia, że już po kilku wykładach poprosiłem go o wsparcie, bo chcę rozpocząć studia na astronomii. I tak z dnia na dzień stałem się studentem, jedynym, nie było jeszcze studiów astronomii w tym czasie, znaczy były, tylko zostały zatrzymane. Na tym etapie muszę wspomnieć wspaniałego kolegę, którego poznałem, matematyka, Józefa Siciaka, obecnie profesor na emeryturze, o sławie międzynarodowej, jego przedstawiać nie muszę. Był dla mnie bardzo dobrym kolegą i już w jego czasach doktorskich korzystałem z rozwiązania, np. równania różniczkowego drugiego stopnia, opisującego kiwanie się Księżyca na swojej orbicie wokół Ziemi.

Był piątek, koniec czerwca 1953 roku, ja byłem po studiach pierwszego stopnia, i profesor Kozieł zaprosił mnie, żebym się zgłosił na ulicę

Kopernika, do obserwatorium, bo ma do mnie pewne sprawy. Ze spotkania tego pamiętam, że chciał się upewnić czy lubię rachować, czy umiem używać tablic funkcji trygonometrycznych i logarytmicznych, bo ma dla mnie konkretne zadanie do wyliczenia, i to nie będą jakieś tam matactwa mnogościowe czy krętactwa topologiczne. Dodał, że astronomia jest bardzo ciężkim chlebem. Wziąłem sobie to wtedy bardzo do serca i podjąłem drugie studia, wracając na AGH, elektronikę. To z punku widzenia, że wtedy powstawała Nowa Huta, rozwijała się gwałtownie, i na pewno tam znajdę pracę jeżeli będę elektronikiem. Ponadto, poczułem się bardzo uhonorowanym bo docent Kozieł zaprosił mnie na zebranie naukowe, organizowane wtedy przez profesora Banachiewicza, dyrektora. Wiedziałem, że to były zebrania bardzo elitarne, w których uczestniczyły wyłącznie osoby z tytułem profesora oraz pracownicy obserwatorium, ale bez prawa zadawania pytań prelegentowi. A studenci nie mieli wstępu w ogóle. Było to zebranie 530-te z kolei, które profesor Banachiewicz rozpoczął komunikatem, że od dzisiaj regulamin zebrań zostaje zmieniony i uczestnikami mogą być osoby bez tytułu profesora, które mogą wykładać referaty, mogą zadawać pytania, mogą uczestniczyć studenci drugiego stopnia. Wtedy wszystko stało się dla mnie jasne. Referat docenta Kozieła, to już ciekawostka naukowa, dotyczył tzw. poprawki K w astronomii, to nic nie mówi, ale ona była powiązana ściśle ze stałą Hubble'a, ówczesną, którą astronomowie używają do wyznaczania odległości do innych galaktyk. Otóż w czasie jego referatu ta stała Hubble'a zmalała pięć razy, zwiększając wyznaczenie odległości do innych galaktyk pięciokrotnie, ich rozmiary pięciokrotnie, a jasności aż 25-krotnie. Nasza galaktyka była dotychczas galaktyką najjaśniejszą, tak uważali wszyscy astronomowie. Od tego referatu nagle stała się przeciętną, jak najbardziej przeciętną galaktyką w kosmosie.

Pod koniec czerwca 1955 roku, muszę wspomnieć o jeszcze jednej rzeczy, absolwentów, ja byłem wtedy absolwentem, obowiązywał przydział pracy. Dokładnie tak to wyglądało jak przydział do wojska. Pełnomocnikiem ministra do przydziału pracy był profesor Kozieł. I od jego decyzji dotyczącej miejsca pracy nie było odwołania, co najmniej przez rok. To był horror. Do dziś widzę blade twarze i błędny wzrok moich kolegów i koleżanek pod drzwiami, pod gabinetem, profesora Kozieła. Naprawdę nie wiedziałem jak mam się zachować, poznawszy swoją najbliższą przyszłość, dzień wcześniej bowiem zostałem wezwany do profesora Kozieła, który oświadczył mi, że jest władny, jako pełnomocnik, odroczyć mój przydział pracy do jesieni, bo spodziewa się etatu.

W październiku rzeczywiście zostałem zatrudniony na etacie, ale nie uniwersyteckim tylko na etacie przywiezionym przez profesora Manczarskiego z Polskiej Akademii Nauk, który był z kolei pełnomocnikiem do

wszczęcia badań, w Międzynarodowym Roku Geofizycznym, między innymi radioastronomicznych, a do Krakowa przyjechał bo słyszał o teleskopie Strzałkowskiego, zbudowanym nie wiadomo jakim cudem, w 1954 roku na zaćmienie Słońca. Manczarski przywiózł kilka etatów, między innymi dla mnie, no i odpowiednie jeszcze fundusze. Z marszu dostałem od profesora Kozieła temat pracy doktorskiej, z tym że niestety nie z radioastronomii tylko z mechaniki nieba. Ucieszyłem się bardzo, ale chyba tylko dlatego, że nie zdawałem sobie sprawy z ogromu rachunków, które muszę wykonać by uzyskać wynik, a dotyczył on wyznaczenia kształtu Księżyca. Dowiedziałem się wtedy od niego, że astronomów można podzielić na dwie kategorie; którzy rachują według własnych wzorów, i to są naukowcy, oraz tych którzy rachują według cudzych wzorów, a to są zwykli rachmistrze – po prostu. Powiedział, że my należymy do tych pierwszych, choć ja się jeszcze tak nie czułem, bo nie miałem żadnego wzoru, dopiero nad nimi pracowałem.

Z wielką przyjemnością pragnę wspomnieć wspaniałego kolegę, obecnie jest na emeryturze, doktora Jana Mietelskiego, który na pracę doktorską otrzymał to samo dokładnie zadanie, z tym że oparte o zupełnie inne dane obserwacyjne. Te prace obroniliśmy w 1964 roku, w tym samym dniu, równocześnie po prostu. Uzyskane przez nas wyniki zostały, jestem przekonany, wykorzystane przez profesora Kozieła do podania ostatecznego kształtu globu Księżyca. Obecnie, myślę, nawet jestem przekonany, że odegrały one rolę nie pośrednią w lądowaniu Amerykanów na Księżycu i ich szczęśliwego powrotu, bo to znaczyło, że osiągnęli pełny sukces. No trudno na czymś lądować jeśli się nie zna kształtu.

Chciałbym wspomnieć jeszcze o jednym zdarzeniu, absolutnie przypadkowym, bez którego dzisiaj by tu mnie nie było, o zepsutym telewizorze. Mianowicie, był późny wieczór majowy w 1969 roku, gdy zadzwonił do mnie, do pracowni elektronicznej, inżynier Czesław Jarosz, nasz mechanik obserwatorium, mówiąc, że jest u profesora Eugeniusza Rybki, ówczesnego dyrektora obserwatorium i budowniczego obserwatorium na Forcie Skała, i próbuje naprawić mu jakiś kurek, który był absolutnie nie do naprawienia. Powiedział, że profesor ma grypę i jest nieszczęśliwy, bo zepsuł mu się telewizor. Gdy przybyłem, usterka okazała się poważna, ale jakoś mi się udało telewizor ożywić. W trakcie herbatki kończącej problem telewizora profesor zainteresował się moją habilitacją. Zapytał co z nią? Stwierdziłem, że nie widzę żadnej możliwości jej zrobienia z radioastronomii bez stażu w ośrodku zagranicznym, na który nie mam żadnych szans, i że mam szansę na pracę w Nowej Hucie. Po dłuższej chwili profesor Rybka powiedział, abym się jeszcze wstrzymał z decyzją ostateczną, bo widzi pewne możliwości. Nie uwierzyłem, bo pomyślałem, że jest to jego grzecznościowe zakończenie rozmowy na temat habilitacji. I nagle, latem 1969 roku, dwa miesiące później, profesor Rybka, specjalista z zupełnie czego innego, bo z fotometrii gwiazd,



Profesor Józef Masłowski odbiera dyplom odnowionego doktoratu z rąk JM Rektora UJ, profesora Wojciecha Nowaka. Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego – 8 stycznia 2015 roku.

telefonicznie informuje mnie, że otrzymam zaproszenie na długi, pełnopłatny, staż. I rzeczywiście, kilka dni później, otrzymałem oficjalne zaproszenie od doktora Davida Heeschena, dyrektora National Radio Astronomy Observatory z USA na wielomiesięczny staż naukowy. Wyjechałem pod koniec listopada 1969 roku, a mój powrót w 1971 roku na habilitację zmienił status radioastronomii w obserwatorium. Rosła nowa dyscyplina obserwatorium.

Odchodząc na emeryturę miałem szczęście, bo pozostawiłem radioastronomię w dobrych rękach moich współpracowników, którzy ze mną wyrośli, prof. Jerzego Machalskiego, prof. Marka Urbanika, prof. Katarzynę Otmianowską-Mazur, dr hab. Krzysztofa Chyżego, dr hab. Mariana Soidę i młodszych, wszystkich wspaniałych pracowników naukowych.

Kończąc, pragnę złożyć najserdeczniejsze podziękowanie mojej żonie Janinie, że mogła ze swoich aspiracji życiowych zrezygnować i przejąć ster spraw rodzinnych, w tym również wychowanie syna Jana, z osiągnięć którego jestem bardzo dumny.

Od GBSS do LoTSS – "przypadki" zapisane w gwiazdach

Marek Jamrozy

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Niedawno, 23 stycznia 2020 roku zmarł znakomity krakowski radioastronom, profesor Józef Masłowski, który pięćdziesiąt lat temu, między 10 marca a 11 kwietnia 1970 roku, wykonał "głęboki", jak na ówczesne czasy, radiowy przegląd fragmentu nieba północnego, nazwany Green Bank Sky Survey (GBSS). 91-metrowym teleskopem należącym do National Radio Astronomy Observatory (NRAO) w Green Bank (Stany Zjednoczone) na częstotliwości 1400 MHz przeskanował pas na niebie o szerokości 6 i długości 90 stopni w zakresie rektascensji pomiędzy $7^{\rm h}19^{\rm m}$ a $16^{\rm h}24^{\rm m}$ i deklinacji od $45^{\rm o}.7$ do $51^{\rm o}.6$ (J2000.0). Stanowiło to powierzchnię około 521 stopni kwadratowych. Zdolność rozdzielcza przeglądu wynosiła: $10'.3$ w rektascensji i $11'.1$ w deklinacji, a jego czułość 32 mJy/wiązkę. Sporządzony katalog zawierał 1086 obiektów jaśniejszych niż 90 mJy, z czego aż 821 nie było wcześniej znanych. Przegląd liczył 602 obiekty jaśniejsze niż 160 mJy, co stanowiło granicę jego statystycznej kompletności. Więcej szczegółów dotyczących GBSS można znaleźć w pracach Masłowski ([1], [2]). Pokłosiem wykonanego przeglądu był szereg publikacji naukowych. Dotyczyły one m.in.: własności spektralnych radioźródeł [3], anizotropii w rozkładzie słabych (<0.5 Jy) radioźródeł [5] oraz zliczeń radioźródeł ([4], [6]).

Kilka lat temu profesor Masłowski opowiedział mi pewną anegdotę związaną z jego wyjazdem do USA. Powtórzył ją (częściowo) na uroczystości odnowienia swojego doktoratu w Uniwersytecie Jagiellońskim, w styczniu 2015 roku. Wyjazd Józefa Masłowskiego do USA stał się możliwy głównie dzięki niespodziewanej pomocy, emerytowanego wówczas, prof. Eugeniusza Rybki. Profesor Masłowski był przekonany, że gdyby nie ta pomoc i dalszy zbieg szczęśliwych okoliczności, nie byłby radioastronomem, a w Krakowie (prawdopodobnie) nie rozwinęłaby się



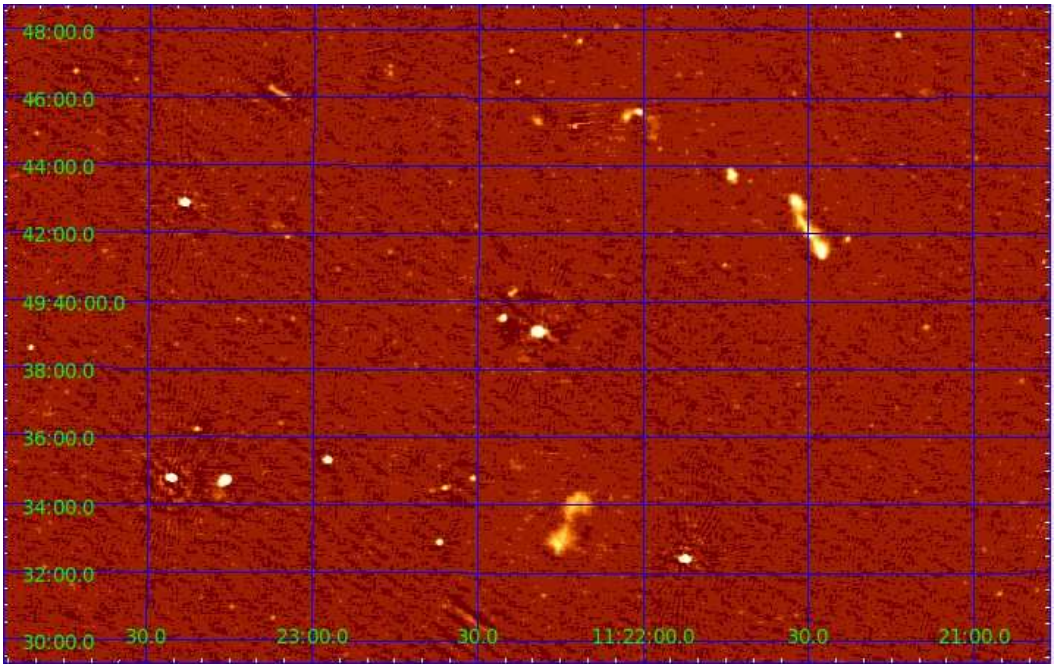
Rysunek 1. Zdjęcie po lewej: Dr David Sutphin Heeschen (1926-2012), dyrektor NRAO w latach 1962-1978. Budowniczy 91-metrowego radiotelaskopu oraz twórca Very Large Array. Na jego zaproszenie gościł w NRAO prof. J. Masłowski. Zdjęcie po prawej: 91-metrowy teleskop w Green Bank (Wirginia Zachodnia, USA), który uległ zniszczeniu w 1988 r. (*źródło: NRAO*)

radioastronomia. Dziś jednak ta dziedzina w Obserwatorium Astronomicznym UJ bardzo szybko ewoluuje. W Obserwatorium pracują wychowankowie Profesora. Jednym z ostatnich ich osiągnięć jest zaangażowanie w niskoczęstotliwościowy projekt LOFAR (LOw Frequency ARray; [8]) oraz budowa w Polsce trzech stacji tego interferometru.

Jednym z głównych celów naukowych LOFARa jest głębokie mapowanie nieba. W zeszłym roku światło dzienne ujrzał przegląd LoTSS (LOFAR Two-metre Sky Survey; [7]; współautorami publikacji są czterej astronomowie z Krakowa), który wykonano na częstotliwości 144 MHz. Przegląd obejmuje powierzchnię 424 stopni kwadratowych nieba w zakresie rektascensji od $10^{\rm h}45^{\rm m}$ do $15^{\rm h}30^{\rm m}$ i deklinacji od $45^{\rm o}.0$ do $57^{\rm o}.0$ (J2000.0). Pokrywa się więc w dużej mierze z przeglądem GBSS profesora Masłowskiego. Przypadek? Zdolność rozdzielcza LoTSS wynosi $6''$, a czułość 0.07 mJy/wiązkę. W przeglądzie zidentyfikowano 325 694 obiekty.



Rysunek 2. Lokalizacja anten międzynarodowego teleskopu LOFAR (ILT). W Polsce znajdują się trzy stacje: w Bałdach (Uniwersytet Warmińsko-Mazurski), w Borówcu (Centrum Badań Kosmicznych PAN) oraz w Łazach (Uniwersytet Jagielloński). (*źródło: ASTRON*)



Rysunek 3. Przykładowy fragment nieba z przeglądu LoTSS centrowany na pozycję RA: $11^{\mathrm{h}}22^{\mathrm{m}}19^{\mathrm{s}}$ DEC: $+49^{\circ}39'07''$ (J2000.0). Na osiach: poziomej – rektascensja (RA), pionowej – deklinacja (DEC).

Literatura

[1] Masłowski J., 1971, A&A, 14, 215
[2] Masłowski J., 1972a, AcA, 22, 227
[3] Masłowski J., 1972b, A&A, 16, 197
[4] Masłowski J., 1973, A&A, 26, 343
[5] Masłowski J., Machalski J., Zieba S., 1973, A&A, 28, 289
[6] Masłowski J., Machalski J., Zieba S., 1974, A&A, 33, 357
[7] Shimwell T. W., Tasse C., M. J. Hardcastle C. M. J. i in., 2019, A&A, 622, A1
[8] van Haarlem M. P., Wise M. W., Gunst A. W. i in., 2013, A&A, 556, A2

*



Od lewej profesorowie: Richard Wielebiński, Józef Masłowski, Marek Jamrozy i Marek Urbanik. 16 V 2019 – biblioteka Obserwatorium Astronomicznego UJ. Podczas spotkania na temat uporządkowania i publikacji historii polskiej radioastronomii. (*fot. B. Śmierciak*)

Wspomnienie o Józefie Masłowskim

Adam Michalec

Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach

"Za parę dni będzie cieplej, to zabiorę Cię w Bieszczady do Stacji ELF, a po drodze wstąpimy do Obserwatorium Bogdana w Rzepienniku, abyś na miejscu zobaczył, jak on to tam wszystko urządził. Natomiast, portret z Twoją podobizną już wisi w sali wykładowej na Skale". Takie ostatnie w styczniu 2020 roku wiadomości – przez Internet – posłałem do prof. Józefa Masłowskiego. Czekałem na odpowiedź. Niestety.

23 stycznia w czwartek jadę na pokazy wahadła w Krakowie i w tramwaju, blisko Poczty Głównej, zabrzęczał mi telefon. Patrzę – nieznany mi numer. Proszę słucham – Adam – tak, mówi Jan Masłowski: mój tato dzisiaj w nocy zmarł w szpitalu. Proszę, powiadom kogo trzeba o tym fakcie w OA UJ, a ja jadę do szpitala załatwiać formalności pogrzebowe. Twój numer telefonu, tato zawsze miał pod ręką na biurku, stąd moja prośba. Zadzwonię, gdy będzie znany termin i miejsce pogrzebu.

28 stycznia Jerzy Kreiner zabrał autem Jana Mietelskiego, Henia Brancewicza i mnie spod Jagiellonki i via Rabka dotarliśmy do kościoła św. Sebastiana w Skomielnej Białej. Dzień pogodowo był ponury, siąpiła mżawka. Na miejscu zastaliśmy już liczną ekipę pracowników z OAUJ, którzy przyjechali tu specjalnym busem, wraz z wieńcami i wiązankami kwiatów. Po wzruszającej mszy świętej, nad trumną zmarłego Józefa Masłowskiego złożyli hołd, opisując jego dokonania, wychowankowie Profesora: Marian Soida i Krzysztof Chyży. Na zakończenie zaś, przypomniał jego życiowe dokonania przedstawiciel rodziny. Wszyscy uczestnicy pogrzebu byli niezwykle wzruszeni, bowiem w chwili złożenia trumny do grobu, zaświeciło Słońce, rozstąpiła się mgła i oczom zebranych nad grobem ukazało się odległe pasmo Babiej Góry. Tak pięknie przyroda potrafiła pożegnać naszego Profesora.

Postać i dokonania Józefa Masłowskiego pozostaną w naszej świadomości, do końca naszego żywota. Był bowiem niezwykle serdeczny i wyrozumiały dla wszystkich pracowników Obserwatorium, bez względu na



Skomielna Biała, 28 stycznia 2020 roku. Ośnieżona Babia Góra, niczym strzałka skierowana ku niebu, towarzyszyła majestatycznie ceremonii pogrzebu. (*fot. B. Śmierciak*)

zajmowane stanowisko. Zawsze służył radą i pomocą w miarę potrzeb i swych możliwości. Podziwiałem jego zręczność przy lutowaniu układów elektronicznych lewą ręką, bowiem w dzieciństwie skutkiem tragicznego wypadku stracił prawą. Nigdy na tę niedogodność się nie skarżył, a my jego uczniowie i współpracownicy nie pytaliśmy się o szczegóły, a w miarę potrzeb staraliśmy się być jego prawą ręką. Różnie to przyjmował.

Ostatnio (2019) widziałem się z Profesorem w bibliotece Obserwatorium na Skale, gdy przyjechał prof. Wielebinski z Max Planck Institute w Bonn, aby razem z nim i Krzysiem Chyżym omówić i podjąć pracę nad publikacją anglojęzyczną dotyczącą "Historii rozwoju radioastronomii w Polsce". Przy okazji spytał mnie Józiu, a co z moim portretem, który ma wisieć w kolekcji, na ścianie sali wykładowej Obserwatorium. Odpowiedziałem pilotuję sprawę portretu.

Parę miesięcy wcześniej, w 2018 roku, byłem u Profesora w mieszkaniu przy ul. Czarnowiejskiej, aby zabrać parę zdjęć z jego podobizną. Marek Ganew, który malował już portret Eugeniusza Rybki i Andrzeja Zięby, powiedział mi, że namaluje portret Masłowskiego na podstawie zdjęć, bowiem dobrze pamięta jego sylwetkę, z wcześniejszych kontaktów osobistych na Skale. Czas płynął, a portret był ciągle nieukończony. Z początkiem października 2019 byłem na Skale, gdzie w bibliotece zbierałem dane z wystąpień docenta Kazimierza Kordylewskiego, na zebraniach naukowych, a dotyczących Księżyców Pyłowych Ziemi – jego imienia, które miałem przedstawić na sesji w Rzepienniku. Przy okazji pobytu na Skale, pani Marta spytała mnie: a co z portretem Masłowskiego? Zadzwoniłem zaraz do Marka Ganewa, który powiedział, iż jak

tylko werniks dobrze wyschnie, to z początkiem grudnia, na gwiazdkę, przywiezie osobiście oprawiony portret na Skałę. Dotrzymał słowa. Po smutnej wiadomości od syna Jana o śmierci taty, zadzwoniłem również do Ganewa, zmartwił się bardzo. Pocieszyłem go, mówiąc: zdążyłeś przed Panem Bogiem. Zasmuciłem się jednak bardziej, gdy po pogrzebie, w rozmowie z panią Martą i Lucyną - z sekretariatu Obserwatorium – dowiedziałem się, iż profesor Masłowski niestety nie widział tego swojego portretu. Nie miał nikt czasu czy myśli o tym, aby mu pokazać portret w domu. Teraz to nie ma już znaczenia, a my jego uczniowie i współpracownicy, czy też rodzina, możemy go oglądać na co dzień w sali wykładowej OA UJ. Sądzę, że w obecnej sytuacji, gdy na zawsze odszedł od nas Józef Masłowski, pozostali dwaj współautorzy: Wielebinski i Chyży, doprowadzą wnet prace nad "Historią radioastronomii" do końca, doceniając w niej znaczenie ogólnoświatowych prac radioastronomicznych śp. Józefa Masłowskiego. Wspomnę tu tylko o znamienitym dla kosmologii, przeglądzie radioźródeł GB, które Masłowski wykonał przy pomocy 300 stopowego radioteleskopu w Green Bank w USA, czy też głębokich obserwacjach radioźródeł wykonanych 100 metrowym Radioteleskopem w Bonn, ale o tym szczegółowo przeczytacie państwo niebawem w przygotowywanej "Historii polskiej radioastronomii".



Profesor Krzysztof Chyży podczas mowy pożegnalnej na pogrzebie profesora Józefa Masłowskiego (Skomielna Biała, 28 stycznia 2020). (*fot. B. Śmierciak*)



Od lewej: Adam Michalec, Józef Masłowski i Maryla Kurpińska-Winiarska. W Obserwatorium Astronomicznym UJ w Forcie Skała. Fotografia wykonana około 1975 roku. (*ze zbiorów prof. J. M. Kreinera*)

Kilka wspomnień o profesorze Józefie Masłowskim

Krzysztof Maślanka[1]

Instytut Historii Nauki PAN, Warszawa – Kraków

W ciągu paru zaledwie lat, już po moim odejściu z krakowskiego Obserwatorium Astronomicznego, zmarło kilku jego zasłużonych pracowników, którzy w czasach moich studiów (1974-79) stanowili trzon tej placówki. Pełni energii oraz inicjatywy wydawali się niezastąpieni. Kilka niebanalnych, całkowicie odmiennych osobowości: Zbigniew Dworak (†2013), Konrad Rudnicki (†2013), Maryla Kurpińska-Winiarska (†2014), Maciej Winiarski (†2015), Piotr Flin (†2018). I oto teraz nadeszła wiadomość o śmierci profesora Józefa Masłowskiego (22 II 1931-23 I 2020)[2].

Napisanie tekstu-wspomnienia o kimś zmarłym, kogo się znało od ponad 40 lat nie jest łatwe. Zwłaszcza gdy ten ktoś był osobą znaną w radioastronomicznym środowisku naukowym, a przez wiele lat był także moim przełożonym. Ja z kolei nigdy nie byłem poważnym radioastronomem. Zainteresowanych naukowymi szczegółami jego prac odsyłam więc do lektury obszernego tekstu, który JM napisał razem z prof. Adamem Strzałkowskim, i który został wygłoszony jako referat podczas posiedzenia Komisji Historii Nauki Polskiej Akademii Umiejętności 18 lutego 2004 r[3].

Pisząc o kimś trzeba przyjąć jakąś konwencję. Można zawsze przyjąć standardowy, beznamiętny styl leksykonów lub nekrologów, styl, który krakowski matematyk i historyk matematyki Zdzisław Opial określał zwięźle: “Asystentura, profesura, emerytura”. Do tego lista publikacji, piastowanych funkcji oraz odznaczeń.

[1] krzysiek2357@gmail.com

[2] W niniejszym tekście będę go w skrócie wymieniał jako JM.

[3] Józef Masłowski, Adam Strzałkowski, *50 lat krakowskiej radioastronomii*, Prace Komisji Historii Nauki Polskiej Akademii Umiejętności, tom VII, 2005, s. 133-181. Praca ta jest dostępna w Internecie i zawiera obszerną literaturę: http://pau.krakow.pl/PKHN-PAU/pkhn-pau-VII-2006-5.pdf

Jest to konwencja bezpieczna, ale ginie w niej sam człowiek. Ponadto, jak pokazuje doświadczenie, ludzie, pod byle pretekstem, unikają pisania szczerych wspomnień. A nuż ktoś przeczyta, wytknie nieuniknione nieścisłości, wyśmieje? Może też zastosować znaną taktykę: "niepotrzebne skreślić, potrzebne dopisać", dodatkowo stronniczo coś ubarwić i puścić w obieg. To w końcu znacznie prostsze od samego napisania. Lepiej uważać – asekuracyjnie doradzą ostrożni. Takie rady nie są, oczywiście, przydatne.

Ostatecznie wybrałem konwencję najprostszą. Będzie to po prostu garść wspomnień bez naukowej wartości i bez specjalnej troski o chronologię, zresztą niełatwą już teraz do ustalenia.

*

Jeszcze w czasie moich studiów wiedziałem, że JM, absolwent astronomii w UJ oraz elektroniki w AGH, brał udział w pionierskich obserwacjach promieniowania radiowego Słońca w Krakowie, a potem stał się uznanym w świecie specjalistą w dziedzinie radiowych przeglądów nieba. Pierwszy z takich przeglądów, znany w literaturze jako GB Survey (od Green Bank), wykonał w czasie pobytu w National Radio Astronomy Observatory, Green Bank, West Virginia, USA, w latach 1970/71 na nieistniejącym już radioteleskopie o średnicy 91.5 m, tj. 300 stóp. (Nawiasem mówiąc, ten zasłużony instrument zawalił się niespodziewanie w 1988 r. Jednak nie ma nic złego, co by na dobre nie wyszło: po starannym zbadaniu przyczyn tego kolapsu powstał nowy. Jest to obecnie największy na świecie, w pełni sterowalny radioteleskop, a jednocześnie największa na świecie lądowa konstrukcja ruchoma.)

Trwający 15 miesięcy, bardzo owocny naukowo pobyt JM w NRAO to zasługa prof. Eugeniusza Rybki (1898-1988), który, będąc już na emeryturze, polecił go swemu amerykańskiemu przyjacielowi. Był nim David S. Heeschen (1926-2012), wówczas dyrektor tego wiodącego w świecie ośrodka radioastronomii. Warto podkreślić, że – pomimo oficjalnego zaproszenia i ambitnego programu badawczego – wyjazd ten omal nie doszedł do skutku, a wówczas krakowska radioastronomia zostałaby zdana na własne, bardzo skromne możliwości. Pierwszym powodem był, typowy w ówczesnych realiach, brak zgody na wydanie paszportu; drugim natomiast – pozamerytoryczne, na szczęście nieskuteczne działania pewnej wpływowej osoby[4].

[4] Por. dyskusja oraz wypowiedź dra Jana Mietelskiego po cytowanym wyżej referacie: http://pau.krakow.pl/PKHN-PAU/pkhn-pau-VII-2006-5-dyskusja.pdf

*

Poważnie ranny w wypadku w czasie wojny otrzymał, jak słyszałem, nieoczekiwaną pomoc od przejeżdżających akurat Niemców. Najwyraźniej widok cierpiącego chłopaka przywrócił im, przynajmniej na moment, ludzkie uczucia. Z rodzinnej miejscowości zawieźli go do Krakowa, gdzie przeszedł operację. Opowiadał o tym epizodzie jedynie najbardziej zaufanym, dodając przekornie: "Żyję dzięki gestapo". (Nie sądzę, by to faktycznie było gestapo – członkowie tej formacji byli z natury odporni na cierpienia polskich "podludzi".)

Był recenzentem mojej pracy magisterskiej na temat promieniowania synchrotronowego obszarów aktywnych na Słońcu. Wtedy uważałem tę pracę za coś ambitnego; dziś, z perspektywy czasu i nabytej wiedzy, moje ówczesne, dość elementarne obliczenia budzą we mnie politowanie. Ale gdy promotor tej pracy, dr Stanisław Zięba, poinformował mnie, że "szef (tj. JM) przeczytał i dał opinię pozytywną" – odetchnąłem. Pamiętam, że w czasie obrony tej pracy JM zapytał mnie o radiopromieniowanie Galaktyki, a kiedy, na szczęście, przypomniałem sobie że chodzi o sławną linię emisyjną neutralnego wodoru 21 cm, po paru zdaniach przerwał mi usatysfakcjonowany.

Po wyborze na dyrektora OA UJ w 1979 r. na drzwiach swojego gabinetu w "starym" budynku Obserwatorium nalepił niewielką kartkę z rymowanym napisem "Szanuj szefa swego, możesz mieć gorszego". Większość potraktowała to życzliwie, jako przejaw nieczęstego wśród szefów poczucia humoru, ale któryś z młodszych, dość pyskatych pracowników skrytykował ten napis mówiąc, że jest to niedozwolone nawoływanie do konformizmu, do akceptacji aktualnej rzeczywistości tylko dlatego, że może być gorzej.

Pewnego razu, w ramach jakiejś wymiany fachowych periodyków, do Obserwatorium przysłano chińskie czasopismo astronomiczne. Wszyscy oglądali je jako pełne nieczytelnych "robaczków" kuriozum. Uważny JM zauważył jednak wśród owych znaków swoje nazwisko, napisane zwykłą, czytelną dla nas czcionką. Zaciekawiony, w jakim to kontekście chińscy astronomowie go cytują udał się po pomoc do miejscowego erudyty i tłumacza popularnonaukowych książek, skądinąd też bibliotekarza OA, Marka Krośniaka. Ten, zupełnie niezrażony chińszczyzną, wyciągnął solidny słownik chińsko-rosyjski (chińsko-polskiego nie było pod ręką) i sporządził, sobie tylko wiadomym sposobem, tłumaczenie.

JM starał się zawsze być na bieżąco w nowościach naukowych, nawet wtedy gdy już był na emeryturze. Gdy tylko w bibliotece pojawił się

najnowszy numer naukowych periodyków, głównie prestiżowego *Nature* lub *Science*, natychmiast, jako pierwszy, go zamawiał i uważnie czytał wszystko, co dotyczyło astronomii lub kosmologii.

Pewnego razu (ok. 1996 r.) JM z tajemniczą miną poprosił mnie do swego gabinetu. Prośba była nietypowa. Wiedząc, że lubię pisać rozmaite inspirowane nauką humorystyczne kawałki zasugerował mi, bym sporządzał co tydzień sprawozdania z piątkowych zebrań naukowych, i to właśnie na wesoło, a nie z grobową powagą. "Oczywiście – zastrzegł od razu – jeśli ktoś powie coś głupiego, to proszę o tym nie wspominać". Propozycja nie do odrzucenia. Powstało kilkanaście takich sprawozdań. Astronomowie czytali z zainteresowaniem.

Zabawny incydent zdarzył się ok. roku 2000. Administrator poczty komputerowej w Cyfronecie nie przykładał większej wagi do zabezpieczeń przed irytującym spamem. Bywały dni, że na adres każdego z użytkowników OA przychodziło po kilkadziesiąt (!) bzdurnych maili dziennie. Niekiedy bywały to obsceniczne reklamy, kiedy indziej oferty intratnych interesów. Wszyscy psioczyli na to, ale nikt skutecznie nic nie zaradził. Z czasem pojawił się perfidny program, który, podszywając się pod lokalnych użytkowników, wysyłał z ich kont do innych losowe zapytania lub, co gorsze, nieprzyzwoite propozycje. I tak pewnego dnia JM dostał z konta piszącego te słowa (oczywiście, bez mojej wiedzy) mail z zapytaniem: "Czy wiesz gdzie teraz jest twój samochód?". Zaniepokojony natychmiast sprawdził – jego biały Fiat 125p stał na parkingu. Podejrzewając, że to może być jakiś mój głupi kawał udał się do jednego z miejscowych informatyków z zażaleniem. Na szczęście ten wyjaśnił mu, że ja nie mam z tym nic wspólnego, że to tylko złośliwe oprogramowanie. Niestety, ostrożny JM nie był przekonany. Dopiero gdy podobny mail przyszedł do niego od pewnego szacownego członka Rady Wydziału Instytutu Fizyki, uwierzył w moją niewinność.

Bywały też momenty bardziej gorące. JM, pozornie skryty i nieśmiały, potrafił być stanowczy i nieustępliwy. Przypadkowymi świadkami pewnej jego rozmowy z nowo zatrudnionym podwładnym byli studenci czekający na zajęcia w sali wykładowej, pełnej m. in. portretów byłych dyrektorów. Z tyłu tej sali były nieużywane drzwi bez klamki prowadzące do gabinetu dyrektora. Rozmowa była burzliwa. Dyrektor dopytywał się, czemu ów pracownik nie przyjeżdża do pracy w OA "na Skałę" tak, jak nakazują przepisy. Tamten tłumaczył, że musi bywać w centrum miasta, bo "uczestniczy w pewnych ważnych spotkaniach". JM uznał to

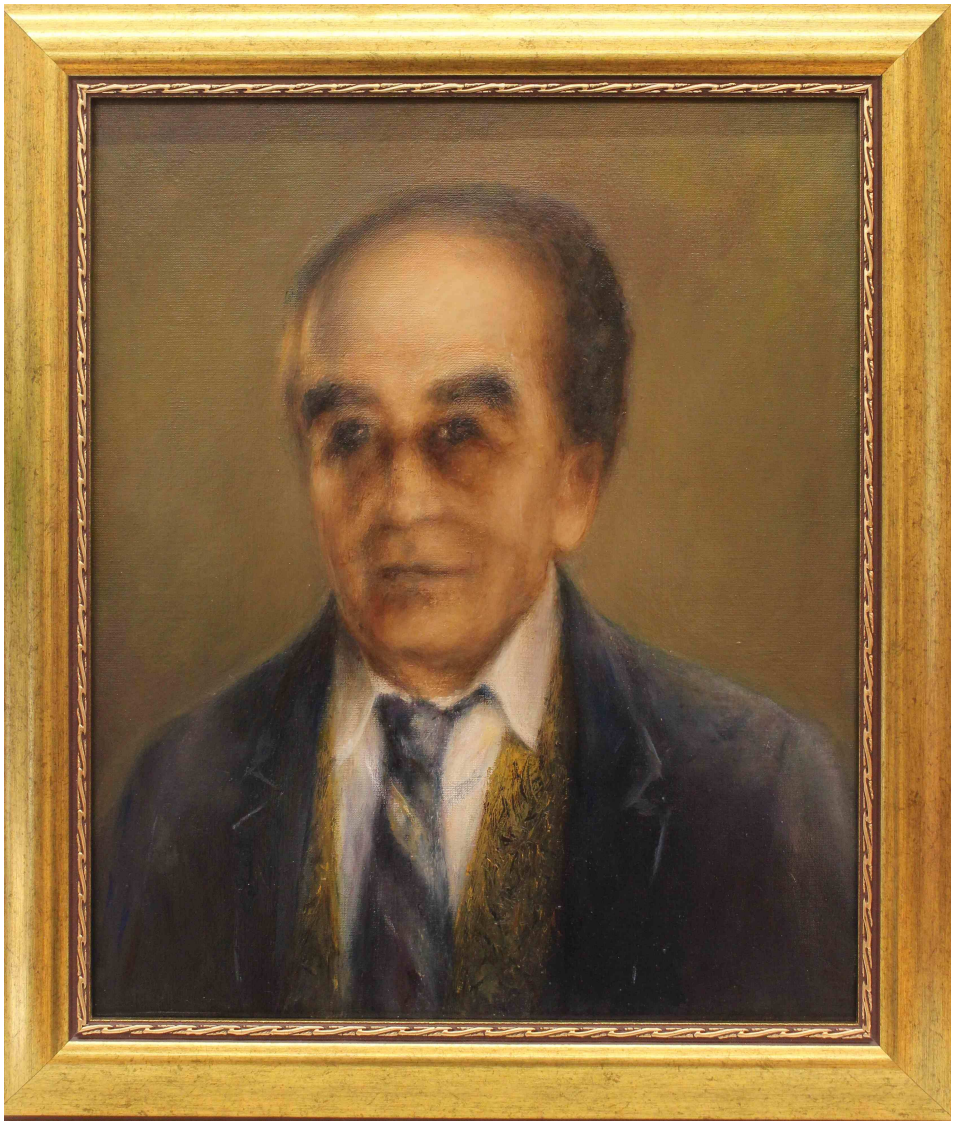
tłumaczenie za niewystarczające, temperatura rozmowy wzrosła, a czekający na wykład studenci mieli nieoczekiwany materiał do przemyśleń.

Kolejny epizod wydaje mi się po latach niegodny odnotowania, wręcz śmieszny. Jak wiedzą wszyscy starsi krakowscy astronomowie, w latach 90-tych wydawałem z kolegą Markiem Gierlińskim czasopismo "naukowo-satyryczne" *Acta Brutusica*. Byliśmy obaj zastępcami redaktora naczelnego, którym została czarna kotka rasy mainkun o paradoksalnym imieniu Brutus (1981-1997). W roku 1997 pojawiły się u niej objawy terminalnej choroby oraz przykre, białe plamy na brzuchu, ale ponieważ nie cierpiała, to naiwnie założyłem, że zostawią ją w spokoju do naturalnego odejścia. Niestety, zatrudnione w OA sprzątaczki puściły plotkę, że "kot łazi i rozsiewa nowotwory". Czując, że Brutus może być skrytobójczo zamordowany (ktoś usłużny zdążył już skontaktować się w sprawie jego uśpienia), postanowiliśmy go chronić za wszelką cenę. Pamiętam, że JM, widząc moje rozterki powiedział mi wtedy, tonem bardzo współczującym, że "bez Brutusa Obserwatorium może nie będzie takie samo, ale jednak to samo". Wkrótce potem Brutus zniknął. Nie drążyłem sprawy dalej. Podejrzewam płytkie i tchórzliwe morderstwo.

Po moim odejściu z Obserwatorium (2005 r.) widywałem Profesora na posiedzeniach Komisji Astrofizyki w Polskiej Akademii Umiejętności przy Sławkowskiej 17. Natomiast ostatni raz widziałem go w nowym budynku Biblioteki Jagiellońskiej, na wiosnę w roku 2014, w czasie uroczystości 50-lecia lokalizacji OA w Forcie Skała. Z satysfakcją zauważyłem wtedy, że w gablotach prezentujących różne poważne wydawnictwa naukowe, na centralnym miejscu leży egzemplarz *Acta Brutusica*. Rozmawiałem przez chwilę z JM. Pamiętam tylko jedno zdanie, które mi powiedział: "Ależ pan zrobił im numer z tą swoją habilitacją!". Zapewniłem go, że z mojej strony nie był to żaden "numer"; po prostu tak się złożyło, że w Warszawie, poza moją macierzysta placówką, trafiłem na grupę ludzi życzliwych (co nie znaczy, że niewymagających).

*

Z powodu służbowego wyjazdu do Warszawy nie mogłem być na pogrzebie Profesora w Skomielnej Białej 28 I 2020 r. Dług wdzięczności dla tego niebanalnego i tak bardzo mi przychylnego człowieka postanowiłem spłacić zamawiając msze św. gregoriańskie w krakowskim klasztorze Dominikanów. Wobec Boga nikt z nas, nawet najlepszy, nie jest bez winy, zatem, jak sądzę, taki – niezbyt w obecnych czasach poprawny politycznie krok – ma głęboki sens.



Portret Józefa Masłowskiego z sali wykładowej w Obserwatorium Astronomicznym UJ. (*fot. J. Kubisz*)

Józef Masłowski we wspomnieniach syna

Jan Masłowski

Pierwszy wyjazd Taty na staż badawczy do UK mało pamiętam bo byłem jeszcze dzieckiem. Pamiętam natomiast, że przywiózł mi w prezencie elektryczną kolejkę, którą byłem zafascynowany. Spędzałem całe godziny patrząc na jeżdżące wagoniki. Była to na owe czasy zabawka nieosiągalna w Polsce. Pomimo ograniczonych środków pieniężnych w czasie wyjazdu pamiętał o zabawce dla mnie.

Pamiętam też jak uczył się w domu języka angielskiego. Z takiego dużego taśmowego magnetofonu słyszałem powtarzające się wyrazy i zdania w obcym dla mnie wtedy języku. Tato powiedział mi że to angielski. To miało też wpływ na moją późniejszą chęć nauki angielskiego, co może teraz wydaje się oczywiste, ale wywodzę się jeszcze z pokolenia gdzie nauka języka obcego nie była powszechna i co później bardzo mi się w życiu przydało.



Tato bardzo dużo pracował w domu późnymi wieczorami, pracował też w czasie urlopów, nawet na wakacje zabierał swoje materiały naukowe i kontynuował swoje obliczenia. Pamiętam że używał takiej mechanicznej maszyny – kalkulatora na korbkę do obliczeń, takie były wtedy realia a osiągnięcie jakichś wyników było bardzo czasochłonne.

Gdy byłem już w szkole zawsze znalazł czas aby wytłumaczyć mi jakieś zagadnienie, którego nie rozumiałem i wtedy wszystko robiło się proste, zresztą zainteresowanie do przedmiotów ścisłych też miałem po

Tacie. Poza swoją pracą naukową miał także wiele innych zainteresowań z innych dziedzin życia zarówno technicznych jak i humanistycznych.

Potrafił sam coś naprawić jeśli zepsuło się w domu albo doradził jak to trzeba zrobić, sprawiało mu satysfakcję jeśli potrafił sam rozwiązać jakiś problem. Pamiętam też jak wywoływaliśmy razem zdjęcia, wtedy czarno-białe, w takim pomieszczeniu-ciemni w starym budynku Obserwatorium przy ul. Kopernika. W młodości też, jak mi wspominał, lubił czytać polską literaturę i polecał mi przeczytanie wielu książek które pamiętał.

Lubił także obserwować przyrodę i o niej opowiadać a ponieważ wakacje spędzałem razem z Rodzicami w Skomielnej Białej, gdzie Tato się urodził, wtedy chodziliśmy na spacery do lasu, na wycieczki w okolice i było więcej czasu na nasze wspólne konwersacje.

Po swoich wyjazdach naukowych do NRAO w USA często opowiadał o swoich wrażeniach z pobytu, o wielkich różnicach technologicznych w badaniach naukowych i o Ameryce jako takiej, czym też chyba zaraził mnie do poznawania świata, gdyż później tak się złożyło ze wyjechałem i prawie $\frac{1}{4}$ mojego życia spędziłem w Stanach.

Czas jego pierwszego wyjazdu przypadł jeszcze pod koniec lat 60-tych, w okresie gdy Polska była za tzw. żelazną kurtyną, władze niechętnie patrzyły na wyjeżdżających i chociaż Tato otrzymał oficjalne zaproszenie ze znanego ośrodka naukowego, miał trudności z otrzymaniem paszportu na wyjazd. Teraz trudno sobie to wyobrazić.

Później już jako dyrektor Obserwatorium Astronomicznego był bardzo zaangażowany w projekt budowy nowego radioteleskopu, wtedy akurat mnie nie było już w Polsce, ale z tego co słyszałem od Mamy, Tato musiał przejść przez ogrom pracy organizacyjnej i administracyjnej, starania się o fundusze, etc. Dla niego jako naukowca, wymagało to bardzo dużego wysiłku i poświęcenia, gdyż chyba lepiej czuł się w swojej pracy naukowej niż administracyjnej, ale oddał się temu przedsięwzięciu bez reszty, bo uważał ze jest to konieczne do dalszego rozwoju krakowskiej astronomii.

Do końca interesował się moimi sprawami, zawsze gdy odwiedzałem Rodziców pytał o moją pracę. Jako ze jestem programistą a on też w dalszej swojej pracy pisał programy do swoich obliczeń, był tym zainteresowany. Nieraz przypadkowo nachodziła mnie myśl że kiedyś odejdzie i wiedziałem że jego odejście bardzo przeżyję ale nie myślałem że aż tak bardzo ciężko będzie się z tym pogodzić.

Na pewno mogłem jeszcze o wielu sprawach z nim porozmawiać, kilka miejsc mu pokazać ale nie zdążyłem. Wierzę jednak że kiedyś się jeszcze spotkamy i jeszcze porozmawiamy, tam gdzie on teraz odpoczywa.

Gwiazda zgasła

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Mówią, że wraz ze śmiercią człowieka na Ziemi, gaśnie gdzieś na niebie gwiazda. Czyżby człowiek dla Wszechświata znaczył aż tyle? Mało prawdopodobne, ale alegoria stosowna – zwłaszcza gdy umiera astronom! We wtorek, 28 stycznia 2020 roku, żegnano 89-letniego profesora Józefa Masłowskiego. Smutna ceremonia, ale pod optymistycznym znakiem bieli – białe róże na trumnie i Skomielna Biała, śnieżna sceneria okolicy, na niebie zaś biel Wenus i młodego Księżyca, które akurat wtedy spotkały się w koniunkcji.

Odprowadzali Profesora astronomowie: Henryk Brancewicz, Krzysztof Chyży, Michał Drahus, Marek Jamrozy, Jacek Knapik, Dorota Kozieł-Wierzbowska, Jerzy Kreiner, Andrzej Kus, Adam Michalec, Grzegorz Michałek, Jan Mietelski, Urszula Pajdosz-Śmierciak, Stanisław Ryś, Grażyna Siemieniec-Oziębło, Marian Soida, Leszek Sokołowski, Bartosz Śmierciak oraz Magdalena i Bogdan Wszołkowie. Na koniec mszy świętej, koleżeńskie mowy pożegnalne wygłosili profesorowie Marian Soida i Krzysztof Chyży z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego (OAUJ).

Profesorowi Józefowi Masłowskiemu zawdzięczam cały mój zasób wiedzy z mechaniki nieba oraz większość wiedzy radioastronomicznej i elektronicznej. Z perspektywy własnych doświadczeń, wiem jak trudno jest wprowadzić nową dziedzinę badań w uczelni. Tym bardziej doceniam zasługi Profesora za determinację i skuteczność w zakresie tworzenia w OAUJ Zakładu Radioastronomii. Kompetencje teoretyczne i praktyczne, połączone z nieodpartą pasją działania, często kończą się sukcesem. Niemniej, radioastronomia od początku była dziedziną bardzo strategiczną dla władz państwowych. Znaczy to, że każdy radioastronom był na celowniku odpowiednich służb wywiadowczych, dbających o bezpieczeństwo różnych tajnych informacji przenoszonych drogą radiową. Trzeba było profesorowi Masłowskiemu wiele dyplomatycznego

taktu, żeby zdobyć wiarygodność władz politycznych i uczelnianych oraz uzyskać ich wsparcie, bez którego nie było przecież żadnych szans na budowę radioteleskopów i otwarte krzewienie kultury radioastronomicznej w Polsce. Za ten właśnie takt, o którym się przecież nie mówi, cenię profesora Masłowskiego najbardziej. Z natury serdeczny i uprzejmy, potrafił być w sprawach ważnych nieustępliwy i stanowczy.

Zanim sam zacząłem budować radioteleskopy miałem okazję, wtedy (1995) jako pracownik OAUJ, uczestniczyć w spektakularnym zdarzeniu, zaaranżowanym przez profesora Masłowskiego. Była to zmiana starej czaszy radioteleskopu słonecznego, na nową, większą. Pracownicy obserwatorium oraz zaproszeni goście wyszli na zewnątrz budynków i wyczekiwali śmigłowca, który miał przylecieć z podwieszoną 8-metrową czaszą. Czuło się niezwykłość chwili. Dyrektor, goście, pracownicy i studenci zgodnie nasłuchiwali mającego nadlecieć śmigłowca. Monterzy byli najbardziej podekscytowani. Ich zadaniem było przymocować do podstawy zwisającą czaszę podtrzymywaną przez śmigłowiec. Nikt nie wiedział czy to będzie możliwe, a gdyby nie, to co wtedy?

W końcu dało się słyszeć niskie tony warkotu śmigłowca, gdzieś nad Wisłą za Laskiem Wolskim i klasztorem Kamedułów. Zaraz potem ukazał się na niebie dziwny układ dynamiczny - latający talerz! Hałas stawał się szybko coraz większy i powiało grozą. W końcu całemu zjawisku zaczął towarzyszyć silny podmuch od ogromnego helikoptera. Monterzy udawali, że się nie boją i dzierżąc odpowiednie narzędzia przymierzali się do wykonania skomplikowanego zadania. Szybko jednak, i już bez głośno wypowiadanych stwierdzeń, że czaszy nie można położyć na ziemi, bo się zdeformuje, zdecydowano się na odstąpienie od pierwotnego planu. Czaszę opuszczono na pochyły grunt i odczepiono liny. Śmigłowiec odleciał.

Planowany montaż był właściwie niewykonalny, bo oś symetrii wiszącej czaszy nie była idealnie w pionie. Śmigłowiec nie był też w stanie zawisnąć idealnie nieruchomo nad uchwytami podstawy, bo pilot ich nie widział, były bowiem z natury rzeczy schowane pod czaszą. Jakiś czas potem, sprowadzono odpowiedni dźwig i czaszę zawieszono na właściwym dla niej miejscu. Odnowiony radioteleskop stał się chlubą OAUJ.

Choć dane mi było uczestniczyć w poważnych poligonowych operacjach lotniczych, a także osobiście zdejmować i potem montować wielkie czasze radioteleskopów, to opisane wydarzenie najbardziej utkwiło mi w pamięci. Było podniosłe, symboliczne i bardzo dydaktyczne. Żywię

ogromną wdzięczność dla profesora Masłowskiego za podjęcie i przeprowadzenie do końca zadania odnowienia radioteleskopu i za dostarczenie przy okazji tylu wrażeń świadkom przedsięwzięcia.

Na przedłużeniu ekscytującej operacji odbyła się w obserwatorium mała impreza okolicznościowa. Profesor Masłowski, jako dyrektor i główny sprawca odbudowy radioteleskopu, godnie pełnił rolę gospodarza. Wygłosił też stosowne przemówienie. Nigdy wcześniej ani później nie widziałem go podobnie radosnego. Warto było wtedy zmierzyć jakoś współczynnik aprobaty pracowników dla swojego dyrektora! Na pamiątkę wydarzenia każdy uczestnik otrzymał sześcioramienną gwiazdę z niebieskiego szkła. Mnie dostały się nawet dwie. Jedną trzymałem na biurku w pracy, drugą zaś w domu. Dziś mają po dwadzieścia pięć lat, ale z taką samą mocą jak na początku przypominają mi o niezwykłym wydarzeniu i towarzyszącej mu promiennej i udzielającej się radości serdecznego Astronoma.

Gdy na niebie gwiazda blednie
Albo nagle traci blask
Czy oznacza to że ginie?
Może tylko zmienia stan?

Jej utrata nagła światła
Zapowiedzią często bywa
Następnego odrodzenia
Z nowym blaskiem zaistnienia.



Radioteleskop RT-8 w OAUJ.

Obserwatorium astronomiczne i planetarium w Preszowie

Renáta Kolivošková

Hvezdáreň a planetárium v Prešove, Slovakia

Obserwatorium i planetarium w Preszowie (www.astropresov.sk) od wielu lat współpracuje z wieloma polskimi obserwatoriami i planetariami. Nasze kontakty odbywały się przy różnych okazjach – obserwacje zakryć gwiazd, konferencje naukowe, spotkania młodzieży, realizacja międzynarodowych projektów. Dzięki tej współpracy kilkakrotnie odwiedziliśmy także Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. Jest nam miło skorzystać z zaproszenia dr. Bogdana Wszołka do publikacji naszych przyczynków w Annales Astronomiae Novae. Zanim zaczniemy to czynić na większą skalę, pragniemy niniejszym artykułem przedstawić się czytelnikom Annales i wszystkim członkom Astronomii Novej.



Budynek Obserwatorium Astronomicznego i Planetarium w Preszowie.

Obserwatorium Astronomiczne w Preszowie jest najstarszym obserwatorium na Słowacji. Pod nazwą Ludowe Obserwatorium Astronomiczne w Preszowie zostało otwarte 28 października 1948 roku. Jego program był w tym czasie ukierunkowany na obserwacje fotosfery Słońca, sztucznych satelitów Ziemi, oraz popularyzację astronomii. Astronomią w tym

mieście zajmowano się już w piętnastym wieku. Z zapisów historycznych wiemy, że pierwszym astronomem w Preszowie był Ján z Preszowa (Joannes de Eperies). Żył współcześnie z Mikołajem Kopernikiem. Studiował i pracował przez wiele lat w Wiedniu. Pod koniec życia wrócił do Preszowa i pracował tu jako pastor. Pierwsze dowody na istnienie miejskiego obserwatorium w Preszowie pochodzą z 1662 roku. Ważną postacią tego okresu był Israel Hiebner, który pracował przez pięć lat (1661 - 1665) w Preszowie jako astronom. Po jego odejściu z Preszowa obserwatorium prawdopodobnie zniknęło w 1672 r. W osiemnastym wieku zbudowano małe obserwatorium preszowskego Gimnazjum Ewangelickiego. W tym czasie Daniel Walleitner, nauczyciel fizyki, poświęcił się obserwacjom astronomicznym. Wieża widokowa spłonęła w pożarze w 1887 r. Wiek dwudziesty przyniósł ze sobą nową erę astronomii w Preszowie. W 1932 r. powstało prywatne obserwatorium dr. Alexeja Duchoňa. Z jego też inicjatywy w 1936 r. powstała kopuła astronomiczna na szczycie wieżowego zbiornika wodnego w dzielnicy Táborisko.



W sali projekcyjnej planetarium.

4 października 1984 roku zostało otwarte w Preszowie planetarium. Wtedy też opracowano ogólną strategię wychodzenia z astronomią do publiczności w ramach funkcjonowania planetarium i obserwatorium. Obie miejskie placówki astronomiczne mają przede wszystkim służyć popularyzacji astronomii i pokrewnych jej dziedzin. Ich działalność adresowana jest do uczniów i pedagogów wszystkich stopni szkół, dzieci wieku przedszkolnego i do szeroko pojętej społeczności. W planetarium organizuje się seanse, wykłady, projekcje video, wystawy, wieczory z teleskopem i in. Aktualnie w naszym obserwatorium i planetarium pracuje łącznie jedenaście osób. Wśród nich jest pięcioro astronomów: Viliam Kolivoška (dyrektor), Roman Tomčik, Renáta Kolivošková, Ján Sadiv i Radoslav Novysedlák. Wszyscy astronomowie zajmują się głównie popularyzacją astronomii i czuwają nad merytoryczną poprawnością przekazu dydaktycznego oraz troszczą się o kompletowanie i sprawność użytkową instrumentów obserwacyjnych.

Kilkoro znanych w świecie słowackich astronomów zawodowych pochodzi z Preszowa: Mária Hajduková, Pavol Rapavy, Štefan Gajdoš i Zuzana Kaňuchová.

Jest asteroida *Preszow*, odkryta przez dwóch obserwatorów Leonarda Kornoša i Štefana Gajdoša. Gajdoš nazwał odkrytą przez siebie asteroidę nazwą rodzinnego miasta, gdzie dorastał i zaczął stawać się astronomem. Symboliczny prezent podarował miastu w 2003 roku, z okazji 55. rocznicy powstania obserwatorium w Preszowie. W Muzeum Historii Naturalnej w Wiedniu, znajduje się jeden z największych w świecie – meteoryt Khyahyne. Znaleziono go we wsi Kňahyňa dnia 9 czerwca 1866 roku. W tym czasie było to terytorium austro-węgierskie, dziś Ukraina. Okoliczności upadku meteorytu zostały zbadane przez komisję wysłaną przez Imperial Geological Survey w Wiedniu. Członkami komisji byli: Fridrich Hažlinský, dyrektor Preszowskego Gimnazjum Ewangelickiego, oraz jego uczeń Ján Kolbay, który jest autorem opisu wydarzenia. Współrzędne geograficzne krateru wynoszą 49° 00′.505 N; 22° 32′. 995 E. Przez Preszów przechodzi równoleżnik 49° N, przybysz z nieba miał zatem na celowniku nasze miasto.

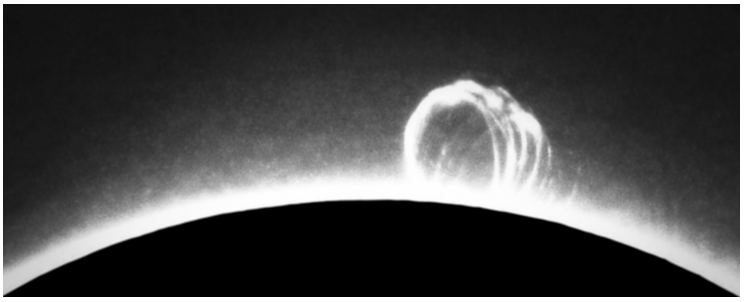


Duża grupa plam słonecznych. Zdjęcie wykonał założyciel obserwatorium Alexej Duchoň (1884 - 1964) 19 lipca 1951 roku.

Nasze planetarium i obserwatorium funkcjonuje dzięki środkom wyasygnowanym przez Wojewodę. Mamy w repertuarze wiele oryginalnych prezentacji, również w polskiej wersji językowej. Odwiedza nas rocznie około 20 000 osób, w tym wiele wycieczek z Polski. Bilet normalny kosztuje 2.50, a ulgowy 1.50 €. Aktualnie budynek obserwatorium i planetarium jest w trakcie modernizacji, która z pewnością przełoży się na podniesienie w przyszłości standardów przekazu dydaktycznego naszego ośrodka.



Czynny koronograf (z 1966 roku) będący na wyposażeniu obserwatorium.



Przykładowa obserwacja koronografem preszowskim.
(*Milan Kamenický, 15.8.1989*)



Pracownicy planetarium przy teleskopie słonecznym Lunt LS80THa/ B1800FTPT, wchodzącym w skład wyposażenia instrumentalnego placówki.

Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach

Janusz Nicewicz

Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach

Krótka historia MOA

Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach zostało nazwane na cześć Kazimierza Kordylewskiego, polskiego astronoma, odkrywcy "Księżyców Pyłowych". Są to zagęszczenia materii międzyplanetarnej, znajdujące się w punktach Lagrange'a L_4 i L_5 układu Ziemia-Księżyc [1]. Obserwatorium znajduje się w centrum 13-to tysięcznego miasteczka Niepołomice, oddalonego od Krakowa o zaledwie 20 km. Zostało powołane do życia w 1964 roku jako Zamiejscowa Stacja Obserwacyjna Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Dzięki staraniom Zdzisława Słowika, niepołomickiego fotografa i miłośnika astronomii, powstał pierwszy pawilon obserwacyjny i zapoczątkowane zostały obozy obserwacyjne kierowane przez znanych polskich astronomów takich jak Kazimierz Kordylewski, Piotr Flin, Henryk Brancewicz i wielu innych.



Zdzisław Słowik przy pierwszym pawilonie.



Główny budynek Obserwatorium.

Pierwsze obserwacje dotyczyły zakryć gwiazd przez Księżyc, ze szczególnym uwzględnieniem zakryć brzegowych, jak i gwiazd zmiennych zaćmieniowych. Częściowe zaćmienie Słońca, widziane w Niepołomicach 20 maja 1966 roku, dało początek wyprawom fotograficznym na całkowite zaćmienia Słońca po całym świecie. Wystarczy wymienić: Meksyk (1991), Węgry (1999), Madagaskar (2001), USA (2017).

Od 1978 roku oficjalna nazwa obserwatorium to "Międzyszkolne Obserwatorium Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika" a jego pierwszym dyrektorem został Józef Gryglak. Nazwę ponownie zmieniono w 1990 roku na "Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne", a imię Kazimierza Kordylewskiego nadano w 2004 roku [2]. W latach 2000 - 2007 dzięki staraniom ówczesnego dyrektora MOA Mieczysława Janusza Jagły, wybudowano świetlicę, która stała się główną salą wykładową jak i domki noclegowe dla młodzieży uczęszczającej na zajęcia do Obserwatorium. W 2010 roku oddano do użytku budynek planetarium, gdzie pod ośmiometrową kopułą znalazła swoje miejsce zasłużona aparatura projektora ZKP1 Carl Zeiss Jena. Kolejne lata to rozbudowa naszej bazy obserwacyjnej. Zakupiono nowe teleskopy, kamery CCD, aparaty, pomoce dydaktyczne. Wszystko po to by uatrakcyjnić ofertę edukacyjną MOA, ale nie tylko. Bierzemy czynny udział w życiu Miasta i Gminy Niepołomice, uczestniczymy w Piknikach Nauki na terenie całej Polski, organizujemy pokazy i wykłady przy okazji ważnych zjawisk astronomicznych. Obecnie (stan na grudzień 2019 roku), Obserwatorium przechodzi gruntowną przebudowę. Powstaje nowy, większy a przede wszystkim nowoczesny budynek. Planowane zakończenie prac to lipiec 2020 roku.



Sala planetarium z projektorem ZKP1.

Działania MOA

Naszym głównym celem jest rozwijanie zainteresowań dzieci i młodzieży w dziedzinach astronomii z astronautyką i nauk pokrewnych: technologii informatycznych oraz multimedialnych. W trakcie ponad półwiecznej działalności wypracowaliśmy trzy główne gałęzie edukacji.

Zajęcia stałe

Kółka zainteresowań – są to stałe zajęcia w MOA, podzielone ze względu na wiek i poziom zaawansowania uczestników. W ofercie mamy: Kółko astronomiczne, Multimedialne i pracownię Robotyki. Dzieci i młodzież podczas zajęć korzystają z naszych teleskopów, komputerów a także z planetarium jako wprowadzenia do orientacji na sferze niebieskiej.

Piknik pod gwiazdami – oferta skierowana do starszej młodzieży. Zajęcia zaczynają się od godziny 18:00 i trwają do godziny 10:00 dnia następnego, z przerwą na odpoczynek na terenie MOA. Podczas zajęć młodzi poznają nie tylko astronomię, ale i historię, geografię oraz fizykę. Uczą się samodzielnych obserwacji i poznają piękno nocnego nieba podczas seansu w planetarium.

Kosmiczna przygoda w MOA – zajęcia dla najmłodszych naszych gości, głównie przedszkolaków, nauka połączona z zabawą. Dzieci nie tylko zdobywają podstawową wiedzę o Układzie Słonecznym ale też poznają charakterystyczne gwiazdozbiory w planetarium, a także samodzielnie wykonują model komety lub rakiety.

Astronomiczne urodziny – forma urodzin to aktywne spotkanie popularno-naukowe w postaci zabawy, na poziomie dostosowanym do wieku uczestników. Głównym celem spotkania jest przekazanie w atrakcyjny i nieskomplikowany sposób wybranych, elementarnych wiadomości o otaczającej nas przestrzeni z pogranicza różnych dziedzin nauk przyrodniczych.

Wycieczki i obozy astronomiczne – tradycją i jednym z elementów nauczania w MOA są wyjazdy. Jednodniowe wycieczki w miejsca bezpośrednio lub pośrednio związane z astronomią tak jak wielkie centra nauki. Kilkudniowe obozy obserwacyjne prowadzone przez kadrę nauczycieli MOA w Bieszczadach i na Mazurach dają młodym okazję do przeprowadzenia pierwszych samodzielnych obserwacji astronomicznych.

Organizacja konkursów astronomicznych – od lat MOA jest organizatorem Wojewódzkiego Konkursu na referat z zakresu astronomii i astronautyki. Finaliści etapu wojewódzkiego biorą udział w Ogólnopolskim Młodzieżowym Seminarium Astronomicznym (OMSA) w Grudziądzu, niejednokrotnie zdobywając wysokie lokaty.

Klub Młodego Odkrywcy – dzieci, pod kierunkiem naszego nauczyciela, opiekuna KMO, otrzymają solidną porcję atrakcyjnej wiedzy podanej w widowiskowy sposób. Pokazy z dziedziny nauk przyrodniczych, takich jak fizyka, chemia, biologia, geografia, przeprowadzane są z czynnym udziałem dzieci. Wspólnie prowadzimy eksperymenty i je wyjaśniamy.

Niepołomicki Klub Krótkofalowców SP9MOA – od kilku lat przy MOA istnieje Niepołomicki Klub Krótkofalowców. Grupa pasjonatów z Niepołomic i okolic, połączyła siły by stworzyć miejsce, gdzie dzieci, młodzież a nawet dorośli mogli by rozpocząć swoją przygodę z krótkofalarstwem. Ważną gałęzią działalności SP9MOA jest utrzymywanie zapasowej sieci łączności kryzysowej na terenie powiatu wielickiego, która jest częścią ogólnopolskiej sieci łączności kryzysowej.

Obozy i warsztaty szkoleniowe dla nauczycieli – misja MOA nie skupia się tylko i wyłącznie na uczniu. Oferujemy nauczycielom przedmiotów ścisłych, szereg szkoleń i obozów związanych z nauczaniem astronomii w szkole. Pokazujemy jak w prosty sposób wykorzystać ogólnoświatowe projekty takie jak: EarthKam, WWT czy MicroObservatory. Wraz z Polskim Oddziałem European Association for Astronomy Education organizujemy dorocznie Letnią Szkołę Astronomiczną. Organizowana jest ona przede wszystkim z myślą o nauczycielach oraz innych osobach chcących doskonalić metody nauczania astronomii i rozwijać swoje własne umiejętności w tej dziedzinie.



Bawiąc uczyć.



Ucząc bawić.

Popularyzacja astronomii

Pokazy wieczornego nieba – nie tylko grupy szkolne znajdą u nas coś dla siebie. Dzięki naszym teleskopom każdy ma szanse przekonać się jak piękny jest Wszechświat. W pogodne wieczory oddajemy naszym odwiedzającym do dyspozycji nasz sprzęt obserwacyjny. Chętnie też dzielimy się naszą wiedzą i odpowiadamy na setki pytań.

Wykłady astronomiczne – to istota popularyzacji astronomii. Wykłady w MOA dla szkół, ale też i wyjazdowe prelekcje cieszą się wielkim zainteresowaniem. Tematyka obejmuje zagadnienia astronomii, astronautyki i jest zgodna z Podstawą Programową odpowiednio dla wszystkich etapów nauczania.

Seanse w planetarium – planetarium to idealne miejsce do nauczania astronomii. Bez względu na pogodę u nas zawsze widać gwiazdy. Oferta obejmuje grupy szkolne a sobotnie seanse polecane są dla rodzin, mamy także seanse specjalne, podczas których niejednokrotnie panowie oświadczali się swoim wybrankom.

Wystawy – lubimy się dzielić naszą pasją. Stworzyliśmy kilka wystaw, które zwiedziły już sporą część Polski. W nich prezentujemy naszą historię, nasze obserwacje i nasz udział w projektach ogólnoświatowych. Szczególnie ceniona i rozchwytywana jest wystawa poświęcona projektowi EarthKam.



Finał Wojewódzkiego Konkursu na referat z zakresu astronomii i astronautyki.



Wykład na rynku w Niepołomicach.

Udział w konferencjach – nasi nauczyciele stale podnoszą swoje kwalifikacje (nie mam tu na myśli systemu awansu zawodowego). Uczestniczymy w konferencjach naukowych i popularnonaukowych z astronomii, fizyki, geografii a także szkolimy się na warsztatach i wymieniamy doświadczenie w gronie podobnych nam pasjonatów.

Współpraca z mediami – jeśli nie ma cię na Facebooku – nie istniejesz. Dlatego wykorzystujemy media społecznościowe, ale i współpracujemy z przedstawicielami prasy, radia i telewizji. O naszych imprezach informujemy poprzez strony internetowe, lokalne gazety, radio i telewizję, aby dotrzeć do jak największego grona odbiorców.

Zadania naukowe

Organizacja i udział w konferencjach naukowych – jesteśmy łącznikiem pomiędzy zwykłym Kowalskim a zawodowymi astronomami. Dlatego uczestniczymy w naukowych konferencjach, gdzie możemy zapoznać się na najnowszymi odkryciami astronomicznymi. Część naszej kadry to zawodowi astronomowie, którzy raz na dwa lata uczestniczą w Zjazdach Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Dodatkowo od lat organizujemy w Niepołomicach międzynarodową konferencję Astronomia XXI wieku i jej nauczanie, gdzie spotykają się nauczyciele przedmiotów przyrodniczych z zawodowymi astronomami i fizykami.

Obserwacje Słońca – obecnie obserwacje astronomiczne skupione są wokół naszej dziennej gwiazdy czyli Słońca. Przebyliśmy długą drogę od obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyc, poprzez gwiazdy zmienne na Słońcu skończywszy. Zmienił się sprzęt, zmieniły się sposoby obserwacji



Obserwacje z wykorzystaniem naszej *Michaliny*.



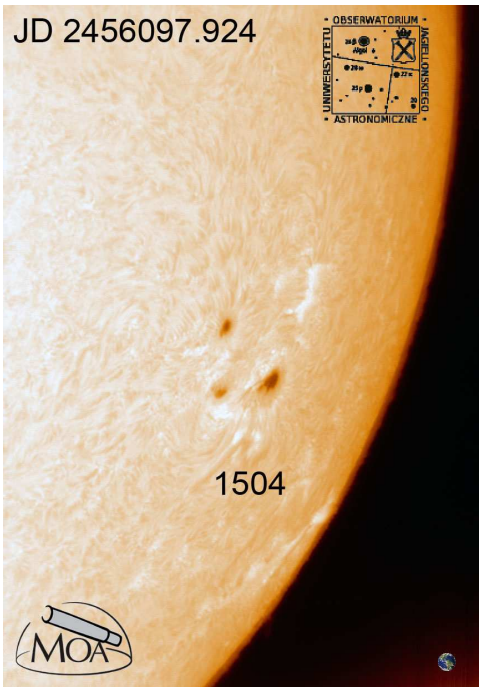
Jak obserwować.

ale nasza pasja jest niezmienna. Kilku naszych wychowanków poświęciło się astrofotografii, w której odnoszą wielkie sukcesy.

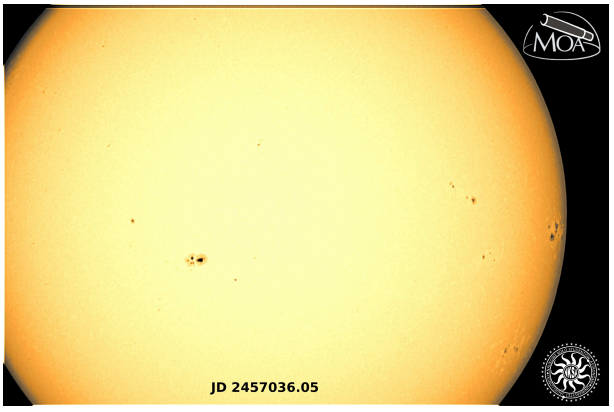
Po remoncie lunety Grubb w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, zyskaliśmy kolejny, pełnowartościowy instrument obserwacyjny [3]. Luneta wyprodukowana w 1874 roku w Dublinie, sprowadzona do Polski w latach 20-tych przez Tadeusza Banachiewicza, dziś stanowi piękny pomnik kunsztu i precyzji wykonania [4]. W Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym do dyspozycji uczniów oddajemy teleskopy i lunety wyposażone w filtry mylarowe Baader ND 5 a także wąskopasmowy specjalistyczny filtr H-alfa, umożliwiający obserwację chromosfery, czyli pierwszej z warstw atmosfery słonecznej. Dzięki zastosowaniu takich filtrów możemy używać nasze teleskopy do publicznych pokazów Słońca, jak i do fotografowania Słońca, przy użyciu aparatów fotograficznych, bądź specjalistycznych kamer CCD. Wiele wyników naszych obserwacji, dostępnych jest na stronach www.moa.edu.pl i www.uczniowie.moa.edu.pl



Poświęcenie podczas obserwacji Słońca.



Wynik obserwacji w OA UJ.



Fotosfera słoneczna, zdjęcie z lunety Grubb.



Zdjęcie z projektu EarthKam.

Rozbudowa MOA

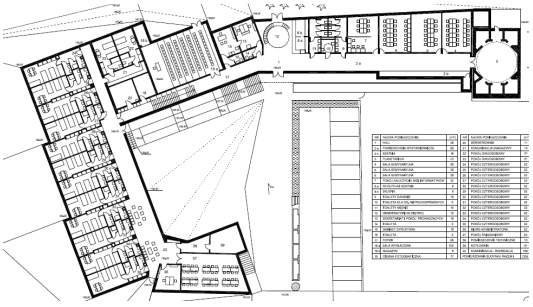
8 kwietnia 2019 roku burmistrz Miasta i Gminy Niepołomice Roman Ptak oraz prezes firmy Samson sp. z o.o. Adam Lichorobiec podpisali umowę na przebudowę Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach [5].

Do istniejącego budynku planetarium dołączony zostanie parterowy obiekt z kopułą. Wykorzystany zostanie naturalny spadek terenu, dzięki czemu uda się uzyskać ciekawą architektonicznie i efektowną bryłę budynku. A w nim prócz planetarium znajdą się sale dydaktyczne, pracownie, sala konferencyjna, kopuła z teleskopem, miejsca noclegowe dla



Uroczystość podpisania umowy na przebudowę MOA.

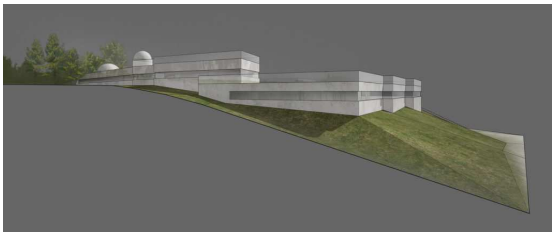
uczestników zajęć, jadalnia, pomieszczenia biurowe. Na dachu przygotowany zostanie taras obserwacyjny. Całkowita wartość projektu to ponad 11.4 mln zł. Gmina Niepołomice otrzymała na ten cel ponad 5.7 mln zł dofinansowania w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Małopolskiego na lata 2014-2020.



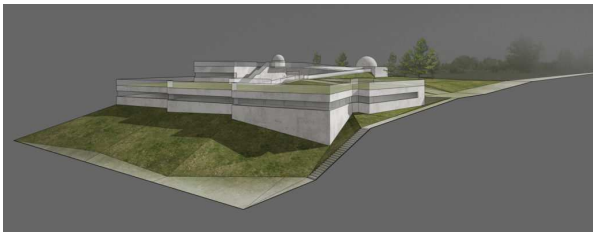
Plan rozmieszczenia pomieszczeń.



Widok na budynek od strony północnej.



Widok na budynek od strony wschodniej.



Widok na budynek od strony południowej.

Parametry techniczne obiektu:

- powierzchnia całkowita: 1683 metry kwadratowe
- powierzchnia użytkowa: 1434 metry kwadratowe
- kubatura: 6555 metrów sześciennych

Zakończenie robót planowane jest na 30 lipca 2020 roku! Projekt jest realizowany w ramach działania 11.1.2. Rewitalizacja Miast Średnich i Małych – Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Małopolskiego na lata 2014-2020.

W związku z trwającymi pracami budowlanymi, uległa zmianie nasza oferta edukacyjna jak i nasza siedziba. W tej chwili tymczasową siedzibą Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego jest Szkoła Podstawowa im. Tadeusza Kościuszki przy ulicy Szkolnej 3 w Niepołomicach. Jest to obiekt z którym MOA sąsiaduje i często korzystaliśmy z boiska szkolnego do przeprowadzania obserwacji i pokazów nocnego nieba. Zachowane zostały zajęcia stałe, które odbywają się w salach tejże szkoły, jednak główny nacisk kładziemy na ofertę wyjazdową, w szczególności Mobilnego Planetarium. Zakupiono przenośną, nadmuchiwaną kopułę o średnicy 5.5 metra i projektor w systemie FullDome. Dzięki takiemu rozwiązaniu możemy przeprowadzić seanse planetaryjne w szkołach, domach kultury i innych ośrodkach edukacyjnych. Dodatkowo projekcja cyfrowa daje o wiele większe możliwości, niż analogowe planetarium.



Nasze mobilne planetarium.



Możliwości projekcji mobilnego planetarium.

Astronomowie zatrudnieni w Obserwatorium biorą udział w projekcie Polskiego Towarzystwa Astronomicznego – Astronom w szkole, z okazji obchodów 100 lecia istnienia Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Odwiedzają zgłoszone do projektu szkoły, wygłaszają prelekcje i przeprowadzają pokazy Słońca. Nie zapominamy też o ważnych wydarzeniach astronomicznych takich jak zaćmienia Słońca i Księżyca, czy ostatni Tranzyt Merkurego, który wydarzył się 11 listopada 2019 roku.

Stan na grudzień 2019

Od momentu wejścia na teren MOA ekipy budowlanej prace posuwają się w zawrotnym tempie. Rozebrano stare drewniane budynki, najstarszy budynek tzw. Harvard. Chwilowo istnieje jeszcze nasz główny budynek, jako zaplecze socjalne dla firmy budowlanej. A jedyną pozostałością dawnego MOA jest budynek planetarium do którego dokomponowana jest nowa budowla. W stanie surowym są pomieszczenia sal dydaktycznych z całym zapleczem biurowym, przygotowano wieżę na której znajdzie się 5 metrowa kopuła pod nasz teleskop. Obecnie trwają prace nad zamknięciem bryły budynku w części szkoleniowo-konferencyjnej. Powoli przygotowywane są plany zagospodarowania i urządzenia dostępnych pomieszczeń. Jednak wymaga to wiele pracy i cierpliwości, bo trzeba pogodzić wizje projektanta, możliwości wykonawcy i nasze oczekiwania. Okazuje się, że nie jest to takie proste. Choć nasze założenie jest jedno: budynek ma być funkcjonalny!



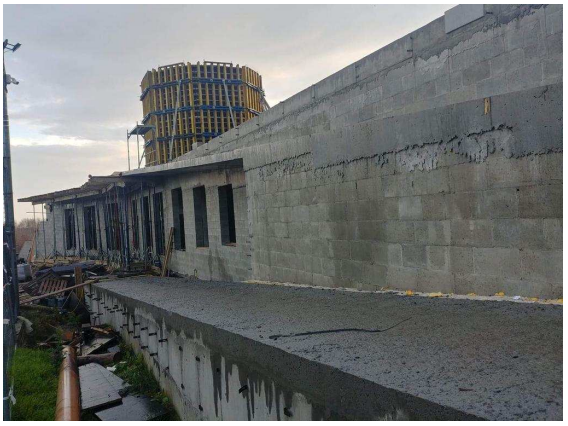
Tyle zostało ze starego MOA.



Przygotowany plac budowy.



Postęp prac budowlanych.



Załążki nowego budynku.

Literatura

[1] Nicewicz J., Sęk G., 2018, *Youth Astronomical Obserwatory in Niepołomice*, Proceedings of the Polish Astronomical Society, volume 6, 263-267

[2] Tymon K., 2014, *50 lat astronomii w Niepołomicach*, ISBN 978-83-940056-0-3

[3] Nicewicz J. i in., 2013, *Reaktywacja lunety Grubb*, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014, 10, 133

[4] Nicewicz J., Sęk G., 2015, *Nowe życie starej lunety*, Urania – Postępy astronomii, 1/2015, Tom LXXXVI

[5] Nicewicz J., 2019, *Youth Astronomical Obserwatory - next step*, Proceedings of the Polish Astronomical Society in prep.

Ku gwiazdom

Marek Nowak i Bogdan Wszołek

Astronomia Nova

Z okazji 50-tej rocznicy lądowania pierwszych ludzi na Księżycu, w Muzeum Częstochowskim zorganizowano wystawę o tematyce astronomiczno-astronautycznej "Ku gwiazdom". Stronę merytoryczną wystawy i towarzyszących jej imprez zabezpieczyli: Mirosław Hermaszewski, Waldemar Zwierzchlejski i autorzy – wszyscy członkowie Stowarzyszenia Astronomia Nova.

Kompletowanie eksponatów nie było łatwe. Mieliśmy w zasobach archiwalnych wiele fotografii i plansz tematycznych wykonanych w latach 2004 - 2018, najpierw w ramach działalności Sekcji Astronomicznej Częstochowskiego Towarzystwa Naukowego, a od 2009 w ramach działań podejmowanych przez Stowarzyszenie Astronomia Nova. Niektóre z nich prezentowaliśmy już w Muzeum Częstochowskim w roku 2010, podczas wystawy kamienia księżycowego. Do tego udało się pozyskać trochę dodatkowych eksponatów, pochodzących od osób prywatnych oraz instytucji. Wspomogli nas w tym względzie: Daniel Lazecky, Andrzej Gradowski, Krzysztof Witkowski, Muzeum Sił Powietrznych w Dęblinie, Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie, Politechnika Częstochowska i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii.

Muzeum Częstochowskie udostępniło przestrzenie wystawowe, i w różnoraki sposób włączało się w organizację wystawy i wydarzeń jej towarzyszących, a także w nagłaśnianie medialne informacji o wystawie.

Na wernisaż wystawy w dniu 11 maja 2019 przybyło 140 osób. Wystawa mieściła się w trzech salach. Wśród eksponatów astronautycznych najcenniejsze były: fragment oryginalnej osłony termicznej kapsuły statku kosmicznego Apollo 11, oryginalne płytki ceramiczne radzieckiego Burana i amerykańskiego wahadłowca, a także meteoryty i silniki rakietowe. Eksponaty astronomiczne to głównie amatorskie zdjęcia ciekawych zjawisk na niebie, m. in. obu tranzytów Wenus na tle tarczy Słońca (w 2004 i 2012 roku), tranzytów Merkurego, całkowitych zaćmień Słońca i Księżyca i wielu innych. Wystawiano też lunetę astronomiczną i "łazik



Fragment wystawy "Ku gwiazdom". (*fot. M. Nowak*)

marsjański". W części dotyczącej wypraw astronomicznych były zdjęcia z ciekawych miejsc, które odwiedzaliśmy w ramach wycieczek organizowanych przez Bogdana Wszołka w latach 2004-2015 oraz w ramach indywidualnie organizowanych wyjazdów Marka Nowaka (np. na całkowite zaćmienie Słońca). Był też fragment wystawy poświęcony Mirosławowi Hermaszewskiemu – żywność kosmiczna, sprzęt z którego korzystał podczas swojego lotu na Salucie-6, emblematy misji i inne przedmioty bezpośrednio związane z naszym kosmonautą.

Wśród imprez towarzyszących wystawie najważniejszą była wizyta Mirosława Hermaszewskiego w dniu 23 maja 2019. Kosmonauta wygłosił w Częstochowie dwa wykłady. W spotkaniu dla młodszych, które odbyło się w auli UJD w Częstochowie, uczestniczyło prawie czterysta osób. W Muzeum Częstochowskim, w Ratuszu, zmieściło się tylko 150 osób i wielu chętnym nie udało się wejść do środka dla posłuchania wykładu kosmonauty.

20 lipca, dokładnie w 50-rocznicę lądowania pierwszych ludzi na Księżycu, przed Ratuszem od godziny 16-tej odbywał się publiczny teleskopowy pokaz Słońca. Była też okazja zdalnie posterować "łazikiem marsjańskim". O godzinie 21:17 w Ratuszu, Waldemar Zwierzchlejski wygłosił wykład o programie Apollo.

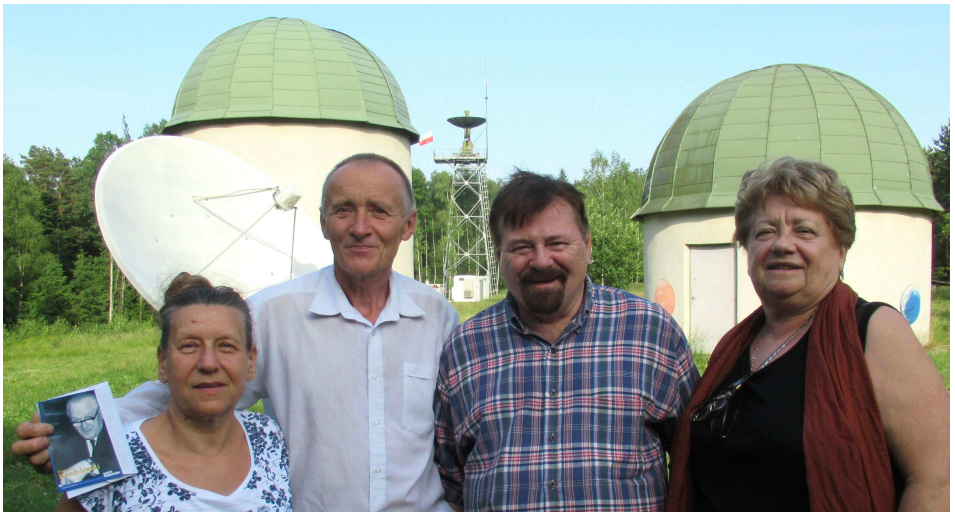
W sumie wystawiono ponad 150 eksponatów, przeprowadzono osiem imprez towarzyszących (konferencje, spotkania, oprowadzania), udzielono kilka wywiadów medialnych. Wystawę łącznie odwiedziło ponad 4300 osób. Autorzy wyrażają wdzięczność wszystkim osobom, które w jakikolwiek sposób sprzyjały przedsięwzięciu, a ich aktualna czy dawniejsza aktywność przełożyła się na uświetnienie wystawy i imprez jej towarzyszących.

Nieoczekiwana przygoda kosmiczna

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Czerwcowego popołudnia przybyli do nas goście z Chicago – Anna i Leszek Kordylewscy. Słyszeli o obserwatorium w Rzepienniku, a że byli w Polsce, chcieli przy okazji je zobaczyć. Okazało się, że to syn i synowa Kazimierza Kordylewskiego, astronoma krakowskiego, odkrywcy księżyców pyłowych Ziemi. Podczas oprowadzania gości po obiekcie zwróciłem ich uwagę, że nasz największy teleskop optyczny ma pewien związek z Kordylewskim. Jest wykonany metodami chałupniczymi, ale na bazie profesjonalnej optyki, darowanej po wojnie Uniwersytetowi Jagiellońskiemu przez Polonię Amerykańską. W oparciu o tą optykę Kazimierz Kordylewski próbował kiedyś stworzyć teleskop dla Uniwersytetu Jagiellońskiego. Wymieniając wspomnienia o legendarnym astronomie doszliśmy do przekonania, że warto byłoby zorganizować sesję naukową, choćby w Rzepienniku, poświęconą Kazimierzowi Kordylewskiemu.



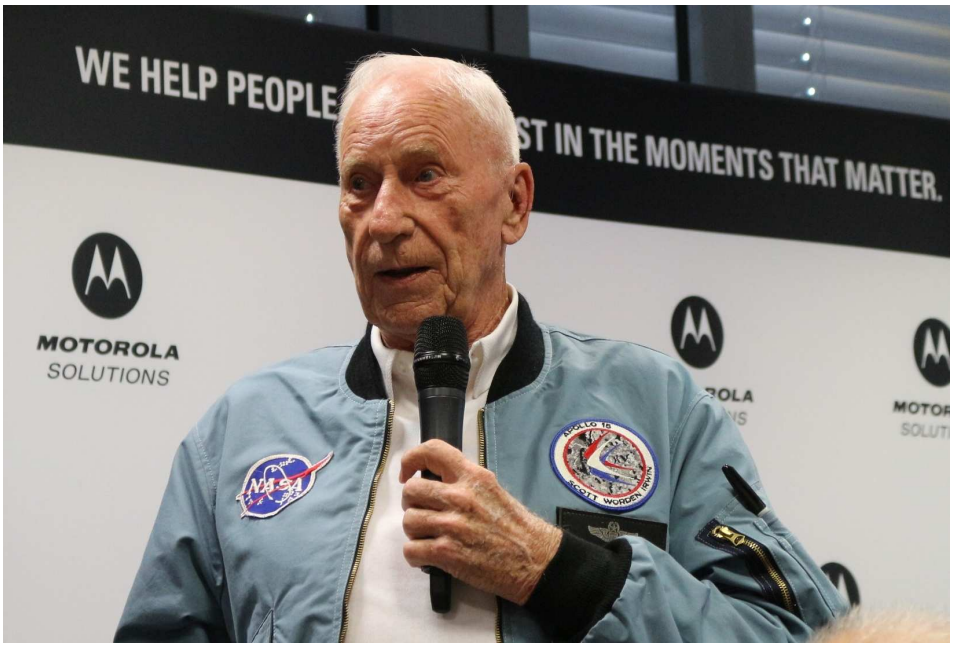
Anna i Leszek Kordylewscy (z prawej) oraz Magdalena i Bogdan Wszołkowie.

Ostatecznie ustaliliśmy, że sesję "Kazimierz Kordylewski as a human and astronomer" zorganizujemy w OAKJ w Rzepienniku w dniach

11-12 października. Czasu było niewiele. Wraz z panem Leszkiem próbowaliśmy dotrzeć do wszystkich osób pamiętających Kordylewskiego i mających po latach coś ciekawego do powiedzenia na jego temat. Ktoś z zapraszanych zasugerował, żeby spróbować ściągnąć do Rzepiennika astronautę z misji Apollo 15, podczas której podobno obserwowano księżyce Kordylewskiego. Żarty żartami, pomyślałem, ale do tego rodzaju szaleństw zawsze miałem słabość. Wierzyłem mocno, że przecież to się może spełnić! I to nie była wiara naiwna. Dobrze wiedziałem z czym się wiąże organizacja takiego przyjazdu; ile potrzeba czasu i pieniędzy. Wyobrażałem sobie jednak optymistycznie, że państwo Kordylewscy, jako uczeni (biologowie) w Uniwersytecie Chicagowskim, i pani Anna, jako prezes Chicagowskiego Oddziału Fundacji Kościuszkowskiej, mogą mieć odpowiednie znajomości; gdyby zechcieli podjąć temat, kto wie? Niezwłocznie skontaktowałem się z panem Leszkiem i przedstawiłem mu pomysł. Szaleństwo pomysłu pochwalił, ale nijak nie włączył się do akcji. Przed uruchomieniem próby zaproszenia astronauty istotna była znajomość konkretów. Na ile prawdą jest, że w ramach misji Apollo obserwowano księżyce Kordylewskiego? Jeśli tak, to który z astronautów był za to odpowiedzialny? Czy aby żyje jeszcze? W źródłach internetowych nie szło niczego istotnego znaleźć w tym względzie. Odstąpiłem więc od pomysłu zaproszenia astronauty i skoncentrowałem się na organizacji sesji. Jednak problem aktywności NASA w zakresie obserwacji pyłowych księżyców Ziemi zaczął mnie interesować nie mniej żywo jak, ciągle jeszcze niedocieczony przeze mnie problem pokrewieństwa pomiędzy mną, a Patrycją Carol Wszołek, która brała osobisty udział w analizie spektroskopowej wszystkich próbek księżycowych (również pozyskanych przez Związek Radziecki), podczas gdy była jeszcze doktorantką w Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley.

Pierwszego września dostałem wiadomość od córki Agaty Kołodziejczyk, że została zaproszona na spotkanie z jakimś astronautą, chyba z misji Apollo, do Motoroli w Krakowie. Drążąc temat, dowiedziałem się, że astronauta brał udział w misji Apollo 15, że jest gościem firmy, która pracowała 50-lat temu dla programu Apollo, że wstęp na konferencję prasową tylko dla ściśle określonych osób i za specjalnymi zaproszeniami. Samo zaś spotkanie ma się odbyć drugiego września w południe. Wnet się okazało, że dostojny gość to płk Alfred Worden, który był tym astronautą misji Apollo 15, który nie lądował osobiście na Księżycu, ale okrążał go w czasie, gdy pozostali dwaj astronauci eksplorowali powierzchnię srebrnego globu. Prosiłem córkę o załatwienie wejściówki. Nie było łatwo. Dopiero argument, że jestem astronomem i jednocześnie

redaktorem naczelnym periodyku astronomicznego przeważył i dane mi było spotkać astronautę, tego astronautę, jak się okazało, który w 1971 roku z orbity okołoksiężycowej osobiście fotografował jeden z księżyców pyłowych Kordylewskiego! W kontekście tego, co opisałem wyżej, był to dla mnie wyjątkowo cudowny zbieg okoliczności!



Alfred (Al) Worden podczas wykładu w Krakowie 2 września 2019 r.

Załogowe loty kosmiczne fascynują ludzkość od wielu lat. Skądinąd, wiedza społeczna na temat trudów, koniecznych dla uskutecznienia określonej misji kosmicznej, jest znikoma. Nawet mało kto na świecie wie, ilu ludzi stąpało po Księżycu, choć to ilość (12) tak łatwa do zapamiętania. Kolejnych 12 ludzi poleciało ku Księżycowi, bądź to na etapie wstępnych przygotowań do lądowania na srebrnym globie, bądź to w charakterze dowódców tzw. modułów dowodzenia, którzy nie dotknęli wprawdzie powierzchni Księżyca, ale za to doznali nie mniej fascynującej przygody samotnego okrążania Księżyca i oglądania go z bliska. Program Apollo był zadaniem rządu USA, angażującym prawie pół miliona specjalistów z całego świata i owocującym trudnymi do ogarnięcia dobrodziejstwami dla ludzkości. 87-letni płk lotnictwa i kosmonauta misji Apollo 15 (jako pilot modułu dowodzenia Endeavour), Al Worden, przyjechał do Polski, żeby te zaległości w sferze społecznej edukacji częściowo nadrobić. I co mamy? Wykład astronauty w Kielcach (gdzie Worden uczestniczył w 27 Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obrony) był transmitowany przez telewizję wraz z tłumaczeniem symultanicznym na język Polski. Sam Prezydent RP słuchał wykładu z wielką powagą. Worden mówił

o tych 24 astronautach, którzy polecieli ku Księżycowi i że on jest jednym z nich, a tłumacz przetłumaczył, i to był przekaz dydaktyczny dla Polaków, że na Księżycu lądowało 24 ludzi, wśród których był też Worden. Wyemitowano w Polskę podwójne kłamstwo. Bo na Księżycu było tylko 12 ludzi, a Worden Księżyca nie dotknął (i chwała Bogu, bo inaczej żaden z członków misji Apollo 15 nie wróciłby na Ziemię!).

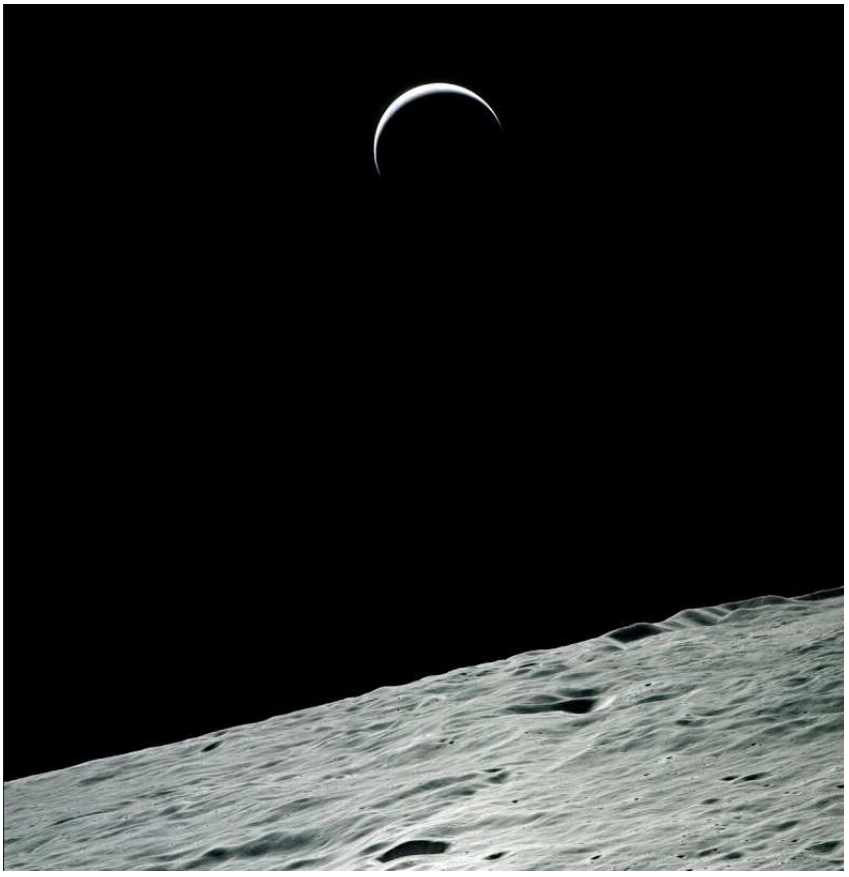
Firma Motorola Solutions słusznie szczyci się swoim wkładem w realizację misji z serii Apollo. Dla przykładu, słynne słowa "To jest mały krok dla człowieka, ale wielki dla ludzkości", wypowiedziane przez Neila Armstronga na Księżycu, zostały przekazane na Ziemię za pomocą sprzętu marki Motorola Solutions. Załoga misji Apollo 15 też korzystała z rozwiązań komunikacji o znaczeniu krytycznym firmy Motorola. Kiedy Worden okrążał Księżyc i wykonywał swoje zadania, David Scott i James Irwin chodzili i jeździli po powierzchni Księżyca. Sprawna wzajemna komunikacja między astronautami oraz między poszczególnymi astronautami i Ziemią była na wagę ich życia.



Alfred Worden stawia swój autograf na mapie Księżyca z OAKJ w Rzepienniku, dokładnie w miejscu gdzie jego towarzysze misji wylądowali i którego sam wielokrotnie wypatrywał okrążając Księżyc w 1971 roku.

Al Worden, swoim bardzo żywym wykładem, przybliżył w Krakowie realia misji Apollo 15, ze szczególnym uwzględnieniem bardzo bogatego programu naukowego. Za realizację większości tego programu był odpowiedzialny osobiście. W zasadzie był pierwszym naukowcem (oprócz

tego, że był żołnierzem) w kosmosie. Po gruntownym przygotowaniu do zadań naukowych przed lotem z zakresu geologii, astronomii i in., a także w ramach zaspakajania własnej ciekawości świata – choćby w zakresie fotografii obiektów ekstremalnie słabo oświetlonych, astronauta był w swoim badawczym żywiole. Chociaż większość zadań była ujęta w ścisłe ramy proceduralne, to jednak pewien zakres autonomii istniał. Główne zadanie polegało na zobrazowaniu możliwie największej części powierzchni Księżyca z uwzględnieniem jej urozmaicenia geologicznego. Czujnym okiem wypatrywał geologicznie ciekawych miejsc i szybko kierował na nie kamery dla sporządzenia obrazów w odpowiednich zakresach widma. Astronauci na powierzchni eksplorowali szczegółowo jedynie bardzo mały fragment terenu. Worden miał wgląd w całą powierzchnię Księżyca i fotografował praktycznie to, co chciał, w tym i miejsca wszelkich lądowań księżycowych. Szczególnie miłe mu były przeloty nad kolegami z misji. Rozpoznawał miejsce. Można było sobie przy okazji pożartować. Pozowanie do zdjęć nie wchodziło w rachubę, bo wrodzona brawura Wordena ustępowała przed odpowiedzialnością, i na własną rękę nie zniżał zbytnio lotu.



Sierp Ziemi nad krajobrazem Księżyca, sfotografowany przez Wordena.

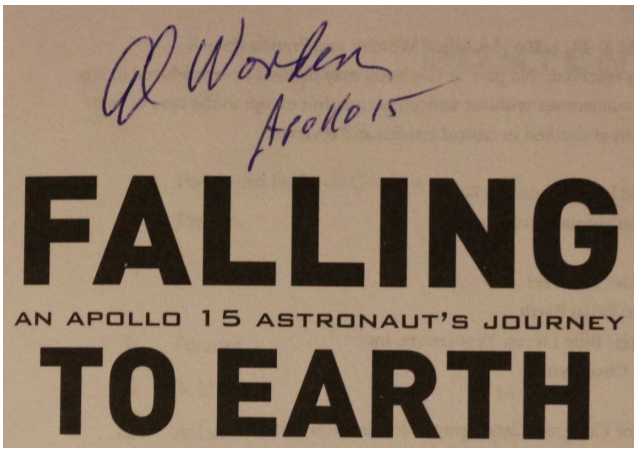
Jedno z zadań naukowych polegało na skierowaniu kamery w ściśle określonym kierunku, w stronę punktu libracyjnego L4 dla układu Ziemia-Księżyc. Chodzi oczywiście o jeden z księżyców Kordylewskiego, chociaż takiej nomenklatury nie stosowano. Bardzo miłym zaskoczeniem dla astronauty było to, że pomysł na ten eksperyment kosmiczny ma krakowskie (polskie) korzenie! Fotografia wymagała stosunkowo długiej ekspozycji. Należało przez dłuższy czas prowadzić statek bez zmiany kierunku. Taka stabilizacja kursu nie była łatwa do zrealizowania, ale ostatecznie Worden był usatysfakcjonowany tym, co udało się zrobić. Zapytany w Krakowie o szczegóły dotyczące rezultatu tego fotografowania oznajmił, że właściwie to on, z zasady, nie miał możliwości sprawdzić co powychodziło na zdjęciach. Nie miał też żadnego wpływu na obróbkę materiału obserwacyjnego. Jego zadanie polegało na sfotografowaniu określonego fragmentu nieba i zabezpieczenie wszystkich klisz tak, żeby trafiły bezpiecznie do NASA. Oznaczało to, że poza fotografowaniem obiektów trzeba mu było jeszcze na koniec wyjść na zewnątrz statku i z odpowiedniego schowka wyjąć wszystkie kasety z naświetlonymi filmami i zabezpieczyć je na okoliczność powrotu na Ziemię. Wyjście w wolną przestrzeń kosmiczną na 39 minut po te kasety, w rekordowo dużej odległości od Ziemi (315 000 km), przy jednoczesnej obecności na niebie Księżyca i Ziemi, to przeżycie dla którego astronauta nie był w stanie znaleźć odpowiednich słów podziwu! I tylko łezka jakby cisnęła się mu na oczy, kiedy wzruszony opowiadał o tym w Krakowie.

Jeśli natomiast chodzi o obserwację punktu libracyjnego, to jej pozytywny rezultat został odnotowany w publikacji naukowej (COSPAR, Space Research, 1978, Vol. 19, 467), donoszącej że Al Worden zarejestrował rozciągłe pojaśnienie w otoczeniu punktu L4, przy ekspozycji trwającej 4 minuty.

Nie wykluczone, że inny polski astronom, rodem z Krakowa, też miał swój wkład do tego eksperymentu. W *Postępach Astronautyki* (1970, tom IV, nr 2(9), str. 5-18) (współredagowanych przez Kazimierza Kordylewskiego) znajdujemy bowiem artykuł Piotra Flina "Efemeryda dla obserwacji punktów libracyjnych L4 i L5 układu Ziemia-Księżyc dla obserwatora krążącego wokół Księżyca". Na kilkunastu stronach swego artykułu prezentuje nowatorską metodę dokładnego wyznaczania efemeryd, przydatnych dla kogoś kto chciałby skierować wzrok czy kamerę z orbity okołoksiężycowej w stronę księżyców pyłowych Kordylewskiego.

Wspaniałym dopełnieniem przygody kosmicznej, przeżytej podczas spotkania z astronautą w Krakowie, była książka Wordena *Falling to*

Earth. Dostałem ją w podarunku i z autografem, ale ten amerykański bestseller jest też do nabycia w księgarniach internetowych.



Fragment strony tytułowej autobiografii Wordena wzbogacony jego autografem.

Pięknie spisana autobiografia przybliża młodzieńcze pasje astronauty, kształtowane w gospodarstwie rolnym w okolicach Chicago. Domorosły mechanik, z uporem maniaka rozkłada stary samochód na elementy pierwsze, wskrzesza go i wykorzystuje na farmie. Czerpie z tego nie małą satysfakcję i już wybiega myślami ku wspaniałym samochodom sportowym i samolotom. Zdradza zamiłowanie do muzyki. Zakłada zespół. Wraz z czwórką Polaków grają przeważnie na polskich weselach w Chicago i na jego przedmieściach. Podoba mu się polska muzyka i polskie tańce. Nie widzi dla siebie przyszłości na roli i marzy o lotnictwie wojskowym, bo rodziców i tak nie byłoby stać na kształcenie syna na uczelniach cywilnych. W wojskowym środowisku czuje się wspaniale. Nabiera szlifów lotniczych, lata na coraz nowszych typach myśliwców, bierze nauki od najlepszych amerykańskich pilotów i oblatywaczy - w tym i od legendarnego Chucka Yeager'a. Chce rozumieć maszynę w najdrobniejszych szczegółach. Długie godziny spędzane z inżynierami i technikami lotniczymi, w tym i na wymyślaniu lepszych rozwiązań technicznych dla lotnictwa myśliwskiego, przekładają się na lepszy komfort przygód za sterami. Jest zawsze pewien swojej maszyny i działa w pełnej z nią harmonii. Wie kiedy i na ile może sobie w powietrzu poswawolić. Przychodzi moment trudnego wyboru – udać się na wojnę koreańską czy dołączyć do tworzącego się właśnie nowego zespołu astronautów. Ojczyzna potrzebowała dobrych pilotów i tu i tam. Nie chce być potraktowany przez kolegów jako dezerter, ale wizja kosmicznej przygody mimo wszystko zwycięża. Pocieszy się kiedyś, że również w grupie astronautów śmiertelność jest wysoka i porównywalna ze śmiertelnością na wojnie. Zgoda

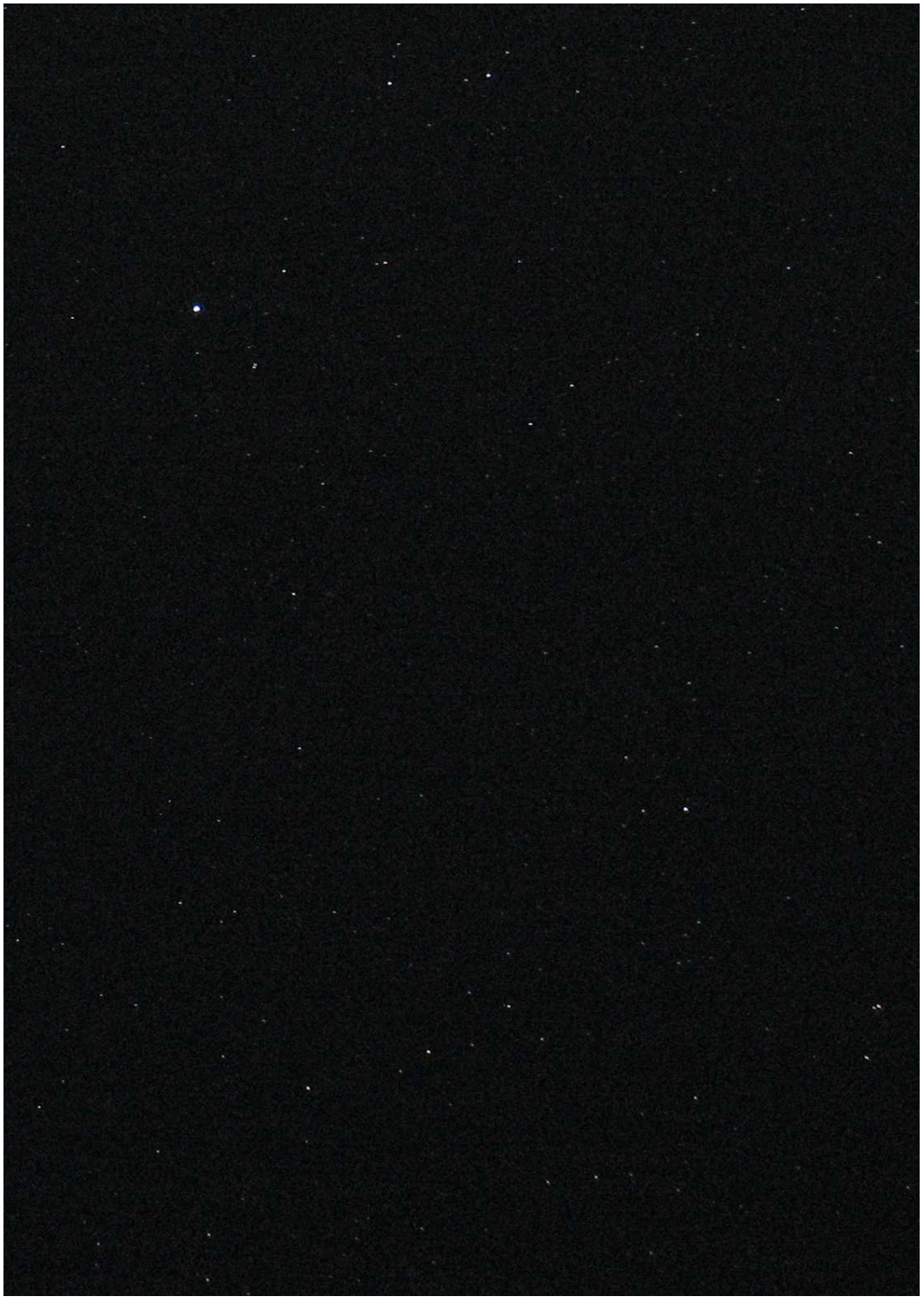
na włączenie w skład zespołu astronautów do misji Apollo skutkuje definitywnym rozpadem małżeństwa. Żona nie potrafiła żyć w nieustannym napięciu czy mąż wróci do domu na weekend, czy wcześniej dowie się o jego śmierci. Chce lecieć na Księżyc, może poleci w misji Apollo 15. Tymczasem aktywnie uczestniczy w przygotowaniach misji wcześniejszych, i nie tyle z obowiązku co z własnych chęci i powodowany odpowiedzialnością za życie swoich kolegów, w najdrobniejszych szczegółach przenika wszystkie techniczne szczegóły statków kosmicznych. Proponuje wiele modyfikacji i zawzięcie upiera się przy ich wprowadzeniu. Nowe pomysły szczegółowych rozwiązań przychodzą mu do głowy albo w przestworzach (bo ciągle intensywnie lata) albo na torach wyścigowych, bo uwielbia, jak większość kosmicznego koleżeństwa, szybką jazdę i ryzyko. W dodatku jest go na to stać.

Uciążliwy, i jakże znienawidzony przez astronautów, ciąg badań medycznych odreagowuje na zajęciach z astronomii i geologii. Nie wystarczy, że zna biegle wszystkie gwiazdozbiory całego nieba i po imieniu wszystkie jaśniejsze gwiazdy. Wymagana jest natychmiastowa i pewna orientacja na niebie w oparciu o obserwowany coraz to mniejszy jego fragment. Takiej biegłości nawet od astronomów nikt nigdy nie oczekuje! Nigdy wcześniej nie przypuszczał ile do powiedzenia mają powszechnie spotykane kamienie i krajobrazy skaliste. Do tego jeszcze te nocne podchody z aparatem fotograficznym. Nie kończące się eksperymenty z fotograficznym wydobywaniem szczegółów niedostrzegalnych okiem. Nie musiał, ale chciał – wyobrażał sobie że pozyskana w ten sposób wiedza pozwoli mu w kosmosie dokonać czegoś więcej niż będą przewidywać procedury. W końcu, niczym legendarny Noe, buduje statek którym ma polecieć. Zna na pamięć każdy jego szczegół, walczy z przełożonymi i inżynierami, u których brak wyobraźni lotnej jest przerażający. Wie, że jeśli sam nie zadba o swoje i kolegów z misji bezpieczeństwo, nikt inny tego nie zrobi.

Książkę pochłonąłem bodajże w trzy dni. Ileż ja tam znalazłem samego siebie! Łezki cisnęły się na oczy. I pewnie wielu czytelników tej szczególnej autobiografii, rozproszonych po całym świecie, miałoby podobne przeżycia. Bo budzi się przy takiej lekturze duch odwiecznej tęsknoty człowieka za przygodą niezwykłą, za doznaniami na skalę kosmiczną!

Część druga

(popularno-naukowa)



Astrozagadka. Należy określić przybliżone współrzędne środka powyższej fotografii i opisać sposób, w jaki rozwiązano zagadkę. Zdjęcie wykonano z ręki zwyczajnym aparatem cyfrowym w obserwatorium astronomicznym na Koszce (Krym). (Rozwiązania prosimy przesyłać na adres: bogdan.wszolek@gmail.com)

Punkty Lagrange'a

Krzysztof Głód

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego

W asteroidalnym przypadku kołowego, ograniczonego zagadnienia trzech ciał zakłada się, że jedno z oddziałujących ciał posiada dużo mniejszą masę niż dwa pozostałe ciała, o których z kolei zakłada się, że obiegają swój wspólny środek masy po orbitach kołowych. Ruch mniejszego ciała wygodnie jest wówczas rozpatrywać w układzie odniesienia związanym z barycentrum dwóch większych mas, który dodatkowo współobraca się wraz z nimi. Taki układ odniesienia nie jest układem inercjalnym, ale przy takim wyborze dwa większe ciała pozostają cały czas w spoczynku. Okazuje się, że w ruchu mniejszego ciała zachowana jest tylko jedna wielkość fizyczna stanowiąca jego energię. W przestrzeni fazowej (sześciowymiarowej przestrzeni, której współrzędnymi są składowe położenia i pędu) trajektoria tego ciała położona jest na powierzchni o ustalonej energii, lecz poza tym może zachowywać się ona w bardzo złożony sposób, który jednak zawsze jest jednoznacznie determinowany przez warunki początkowe.

Punkty Lagrange'a są szczególnymi przypadkami trajektorii w przestrzeni fazowej, które są zdegenerowane do punktu. Oznacza to, że ciało umieszczone w takim punkcie raz, już na zawsze w nim pozostanie. Ciało posiada wówczas ustalone położenie w przestrzeni, jego prędkość jest zerowa i nie wykonuje ono żadnych ruchów. W tym sensie punkty Lagrange'a są punktami równowagi. Wyróżnia się pięć punktów Lagrange'a. Trzy nazywane liniowymi leżą na osi łączącej dwie większe masy, natomiast dwa nazywane trójkątnymi tworzą z dwiema większymi masami trójkąt równoboczny. Położenie tych punktów odpowiada pięciu ścisłym rozwiązaniom zagadnienia trzech ciał znalezionym przez Lagrange'a, w którym masy wszystkich trzech oddziałujących ciał są dowolne.

Istnienie takich punktów ma duże znaczenie w astrodynamice, ponieważ pozwala nam ono na umieszczanie w ich pobliżu sztucznych satelitów, które można tam wygodnie kontrolować przy niskim nakładzie paliwa. Za tym idzie możliwość utrzymywania misji takiego satelity przez względnie długi okres czasu, rzędu dziesięciu lat. Przykładem misji, która będzie wykorzystywać i orbitować wokół jednego z punktów

Lagrange'a jest kosmiczny teleskop Jamesa Webba. Trójkątne punkty Lagrange'a są również istotne z astrofizycznego punktu widzenia. Ponieważ są one liniowo stabilne, w ich pobliżu w sposób naturalny gromadzą się planetoidy, które nazywane są planetoidami trojańskimi. W Układzie Słonecznym najwięcej tego typu planetoid posiada Jowisz i Neptun.

Rozważmy trzy oddziałujące grawitacyjnie ciała o masach m_1, m_2 i m oraz załóżmy, że masa m jest znikoma w porównaniu z pozostałymi masami, $m \ll m_1, m_2$, i nie wpływa na ich ruch. Dla niezerowych mas definiujemy bezwymiarowy parametr masy:

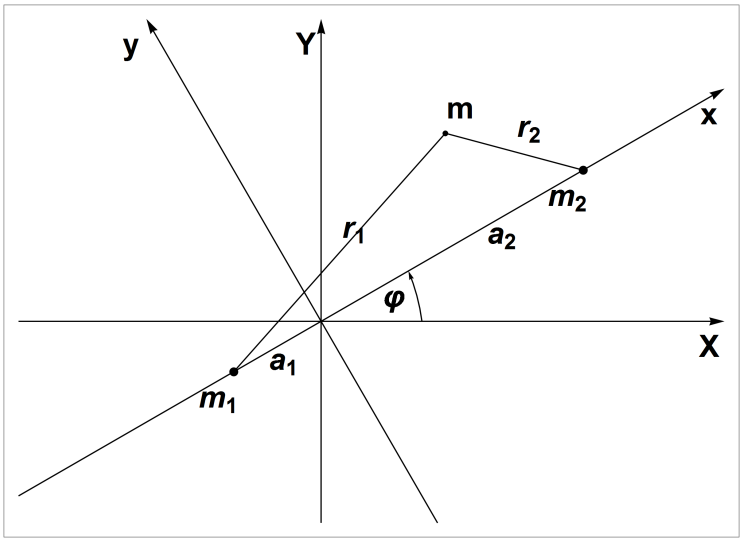
$$\mu = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

którego wartość zawiera się w przedziale $\mu \in (0, 1)$. Zakładamy, że masy m_1 i m_2 obiegają swój wspólny środek masy po orbitach kołowych. W związku z tym ich wzajemna odległość, którą oznaczamy przez a, jest stała. Stała jest również prędkość kątowa ich wzajemnego obiegu, którą oznaczamy przez ω, a która zgodnie z trzecim prawem Keplera wynosi:

$$\omega = \sqrt{\frac{G(m_1 + m_2)}{a^3}}$$

gdzie G jest stałą grawitacji. Stąd masy większych ciał możemy wyrazić jako:

$$m_1 = \frac{\omega^2 a^3}{G}(1 - \mu) \qquad m_2 = \frac{\omega^2 a^3}{G}\mu$$



Definicje układów odniesienia.

Do opisu zagadnienia wykorzystamy dwa układy odniesienia zaczepione w barycentrum mas m_1 i m_2, których płaszczyzną podstawową jest płaszczyzna orbity tych mas. O pierwszym zakładamy, że jest układem inercjalnym, natomiast o drugim układzie, że współobraca się z masami

m_1 i m_2. W obu tych układach odniesienia wprowadzamy współrzędne kartezjańskie, odpowiednio w pierwszym (X, Y, Z) i w drugim (x, y, z). Są one wzajemnie związane poprzez macierz obrotu:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi & 0 \\ -\sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

gdzie φ jest chwilowym kątem pomiędzy kierunkami podstawowymi obu układów, który zmienia się w czasie w sposób jednostajny tak, że zachodzi:

$$\dot{\varphi} = \omega$$

gdzie przez kropkę $\dot{x} \equiv \frac{dx}{dt}$ będziemy oznaczać pochodną po czasie t. Zauważmy, że odległości mas m_1 i m_2 od ich barycentrum, które oznaczamy odpowiednio przez a_1 i a_2, spełniają warunek $m_1 a_1 - m_2 a_2 = 0$. Stąd, ponieważ $a_1 + a_2 = a$, uzyskujemy:

$$a_1 = a\mu \qquad a_2 = a(1-\mu)$$

Rozpatrzymy teraz dynamikę ruchu małego ciała o masie m w polu grawitacyjnym obiegających się ciał m_1 i m_2. Energia kinetyczna ruchu ciała m dana jest jako:

$$T = \frac{m}{2}\left(\dot{X}^2 + \dot{Y}^2 + \dot{Z}^2\right)$$

co we współrzędnych współobracających się z masami m_1 i m_2 można zapisać jako:

$$T = \frac{m}{2}\left(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 + 2\omega(x\dot{y} - y\dot{x}) + \omega^2(x^2 + y^2)\right)$$

Z kolei energia potencjalna oddziaływania grawitacyjnego ciała m z masami m_1 i m_2 dana jest następująco:

$$U = -\frac{Gmm_1}{r_1} - \frac{Gmm_2}{r_2}$$

gdzie przez r_1 i r_2 oznaczamy odległość ciała m odpowiednio od masy m_1 i m_2:

$$r_1 = \left((x+a_1)^2 + y^2 + z^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad r_2 = \left((x-a_2)^2 + y^2 + z^2\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Korzystając z wprowadzonych już definicji, energię potencjalną możemy przepisać jako:

$$U = -m\omega^2 a^3 \left(\frac{1-\mu}{r_1} + \frac{\mu}{r_2}\right)$$

Lagranżjan, który jest zdefiniowany jako różnica energii kinetycznej i potencjalnej:

$$L = T - U$$

pozwala nam wprowadzić pędy sprzężone z poszczególnymi współrzędnymi układu obracającego się:

$$u = \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = m(\dot{x} - \omega y) \qquad v = \frac{\partial L}{\partial \dot{y}} = m(\dot{y} + \omega x) \qquad w = \frac{\partial L}{\partial \dot{z}} = m\dot{z}$$

Stąd hamiltonian, który dla rozważanego wyrażenia zdefiniowany jest jako:

$$H = \dot{x}u + \dot{y}v + \dot{z}w - L$$

przybiera następującą postać:

$$H = \frac{1}{2m}(u^2 + v^2 + w^2) - \omega(xv - yu) - m\omega^2 a^3 \left(\frac{1-\mu}{r_1} + \frac{\mu}{r_2}\right)$$

Równania ruchu ciała m w obracającym się układzie odniesienia dane są równaniami Hamiltona:

$$\begin{cases} \dot{x} = \dfrac{\partial H}{\partial u} \\ \dot{y} = \dfrac{\partial H}{\partial v} \\ \dot{z} = \dfrac{\partial H}{\partial w} \end{cases} \qquad \begin{cases} \dot{u} = -\dfrac{\partial H}{\partial x} \\ \dot{v} = -\dfrac{\partial H}{\partial y} \\ \dot{w} = -\dfrac{\partial H}{\partial z} \end{cases}$$

Ponieważ hamiltonian nie zależy jawnie od czasu, to jest on całką pierwszą równań ruchu. Reprezentuje on całkowitą energię ciała m, która jest w jego ruchu zachowana. Całka energii jest jedyną całką ruchu w rozważanym zagadnieniu. Tradycyjnie całka ta nazywana jest całką Jacobiego, którą precyzyjnie definiuje się jako bezwymiarową wielkość:

$$C = -\frac{2}{m\omega^2 a^2} H$$

W celu dalszej analizy przejdziemy w rozważaniach do zmiennych bezwymiarowych. Bezwymiarowy czas definiujemy, korzystając z prędkości kątowej obiegu mas m_1 i m_2:

$$\tau = \omega t$$

Dalej przez prim $x' \equiv \frac{dx}{d\tau}$ będziemy oznaczać pochodną względem czasu τ. Bezwymiarowe składowe położenia definiujemy, korzystając z odległości pomiędzy masami m_1 i m_2:

$$\xi = \frac{x}{a} \qquad \varsigma = \frac{y}{a} \qquad \zeta = \frac{z}{a}$$

Wreszcie bezwymiarowe składowe pędu definiujemy następująco:

$$\chi = \frac{u}{m\omega a} \qquad \phi = \frac{v}{m\omega a} \qquad \psi = \frac{w}{m\omega a}$$

Wówczas równania Hamiltona w jawnej formie przyjmują postać:

$$\begin{cases} \xi' = \chi + \varsigma \\ \varsigma' = \phi - \xi \\ \zeta' = \psi \end{cases} \qquad \begin{cases} \chi' = \phi - \dfrac{(1-\mu)(\xi+\mu)}{\varrho_1^3} - \dfrac{\mu(\xi-(1-\mu))}{\varrho_2^3} \\ \phi' = -\chi - \dfrac{(1-\mu)\varsigma}{\varrho_1^3} - \dfrac{\mu\varsigma}{\varrho_2^3} \\ \psi' = -\dfrac{(1-\mu)\zeta}{\varrho_1^3} - \dfrac{\mu\zeta}{\varrho_2^3} \end{cases}$$

gdzie wprowadziliśmy bezwymiarowe odległości masy m od mas m_1 i m_2:

$$\varrho_1 = \frac{r_1}{a} \qquad \varrho_2 = \frac{r_2}{a}$$

Powyższy układ równań różniczkowych stanowi nieliniowy układ dynamiczny, który ponieważ jednak nie zawiera dowolnych funkcji zmiennych zależnych i nie zależy jawnie od zmiennej niezależnej, to jest jednorodny i autonomiczny. Po transformacji do zmiennych bezwymiarowych widoczne jest wprost, że rozważane zagadnienie posiada efektywnie tylko jeden parametr, którym jest parametr masy μ.

Punkty równowagi to stany układu dynamicznego, w których pozostaje on w bezruchu. W rozpatrywanym asteroidalnym przypadku kołowego, ograniczonego zagadnienia trzech ciał są nimi poszukiwane punkty Lagrange'a. Aby znaleźć ich położenie w przestrzeni fazowej, należy rozwiązać układ równań:

$$\begin{cases} \xi' = 0 \\ \varsigma' = 0 \\ \zeta' = 0 \end{cases} \qquad \begin{cases} \chi' = 0 \\ \phi' = 0 \\ \psi' = 0 \end{cases}$$

Po prostych przekształceniach prowadzi on do następujących relacji, które muszą być spełnione dla punktów równowagi:

$$\begin{cases} \chi = -\varsigma \\ \phi = \xi \\ \psi = 0 \end{cases} \qquad \begin{cases} \xi\left(1 - \dfrac{1-\mu}{\varrho_1^3} - \dfrac{\mu}{\varrho_2^3}\right) - \mu(1-\mu)\left(\dfrac{1}{\varrho_1^3} - \dfrac{1}{\varrho_2^3}\right) = 0 \\ \varsigma\left(1 - \dfrac{1-\mu}{\varrho_1^3} - \dfrac{\mu}{\varrho_2^3}\right) = 0 \\ \zeta = 0 \end{cases}$$

Stąd natychmiast widzimy, że wszystkie punkty równowagi leżą na płaszczyźnie podstawowej $\zeta = 0$. Możemy wyróżnić dwie klasy rozwiązań.

W pierwszej znajdują się punkty, które leżą na osi głównej, a stąd zachodzi dla nich:

$$\varsigma = 0 \quad \wedge \quad 1 - \frac{1-\mu}{\varrho_1^3} - \frac{\mu}{\varrho_2^3} \neq 0$$

Do drugiej grupy należą punkty leżące poza osią główną, dla których:

$$\varsigma \neq 0 \quad \wedge \quad 1 - \frac{1-\mu}{\varrho_1^3} - \frac{\mu}{\varrho_2^3} = 0$$

Położenia punktów równowagi na osi głównej znajdujemy, rozwiązując równanie dla zmiennej ξ w trzech osobnych przedziałach. Dla $\xi \in (-\mu, 1-\mu)$, czyli pomiędzy masami m_1 i m_2 mamy:

$$\xi - \frac{1-\mu}{(\xi+\mu)^2} + \frac{\mu}{(\xi-(1-\mu))^2} = 0$$

dla $\xi \in (1-\mu, \infty)$, czyli za masą m_2 mamy:

$$\xi - \frac{1-\mu}{(\xi+\mu)^2} - \frac{\mu}{(\xi-(1-\mu))^2} = 0$$

a dla $\xi \in (-\infty, -\mu)$, czyli za masą m_1 mamy:

$$\xi + \frac{1-\mu}{(\xi+\mu)^2} + \frac{\mu}{(\xi-(1-\mu))^2} = 0$$

Efektywnie są to równania piątego stopnia w zmiennej ξ i jako takie nie posiadają rozwiązań, które można byłoby przedstawić w zamkniętej formie. Możemy je jednak podać w przybliżeniu, gdy parametr masy jest mały, $\mu \ll 1$. Kolejno wynoszą one:

$$\xi_1 \simeq 1 - \mu - \alpha + \frac{\alpha^2}{3} + \frac{\alpha^3}{9} \qquad (L_1)$$

$$\xi_2 \simeq 1 - \mu + \alpha + \frac{\alpha^2}{3} - \frac{\alpha^3}{9} \qquad (L_2)$$

$$\xi_3 \simeq -1 - \mu + \frac{7\alpha^3}{4} \qquad (L_3)$$

gdzie $\alpha = \left(\frac{\mu}{3(1-\mu)}\right)^{\frac{1}{3}}$. Współrzędne te określają położenie trzech liniowych punktów Lagrange'a, L_1, L_2 i L_3. W przypadku punktów równowagi poza osią główną równania dla ich położeń na płaszczyźnie (ξ, ς) redukują się do:

$$\xi = \frac{1}{2} - \mu \quad \wedge \quad \varsigma^2 = \frac{3}{4}$$

Stąd uzyskujemy ścisłe rozwiązania:

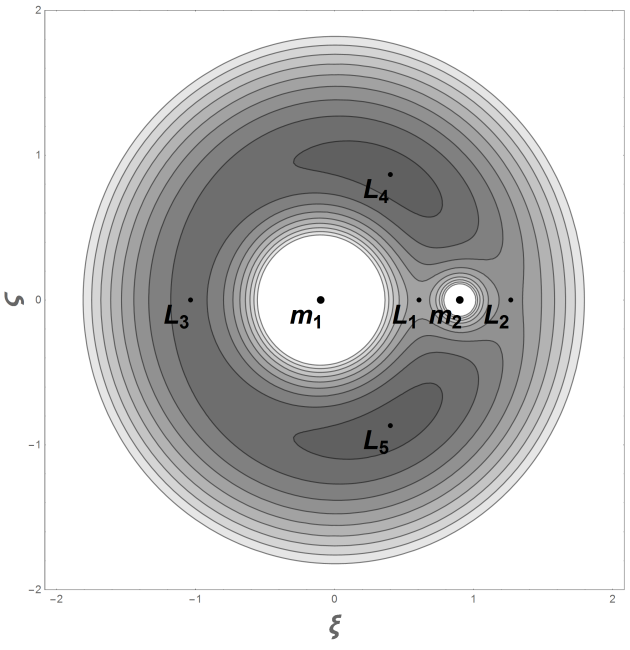
$$\xi_4 = \frac{1}{2} - \mu \quad \wedge \quad \varsigma_4 = \frac{\sqrt{3}}{2} \qquad (L_4)$$
$$\xi_5 = \frac{1}{2} - \mu \quad \wedge \quad \varsigma_5 = -\frac{\sqrt{3}}{2} \qquad (L_5)$$

Powyższe współrzędne określają położenie dwóch trójkątnych punktów Lagrange'a, L_4 i L_5. Jak łatwo jest się przekonać, wraz z masami m_1 i m_2 tworzą one trójkąty równoboczne. Uszeregowanie punktów Lagrange'a wynika z wartości całki Jacobiego jaką przyjmuje ona w poszczególnych punktach:

$$C_1 \simeq -\mu(1-\mu) + (1-\mu)\big(3 + 9\alpha^2 + 2\alpha^3\big)$$
$$C_2 \simeq -\mu(1-\mu) + (1-\mu)\big(3 + 9\alpha^2 - 2\alpha^3\big)$$
$$C_3 \simeq -\mu(1-\mu) + (1-\mu)\big(3 + 15\alpha^3\big)$$
$$C_4 = -\mu(1-\mu) + 3$$
$$C_5 = -\mu(1-\mu) + 3$$

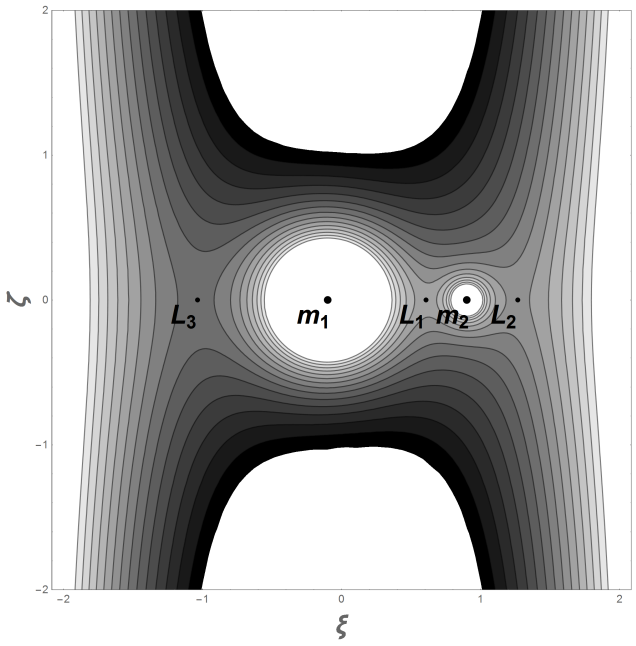
skąd widać, że:

$$C_1 > C_2 > C_3 > C_4 = C_5$$

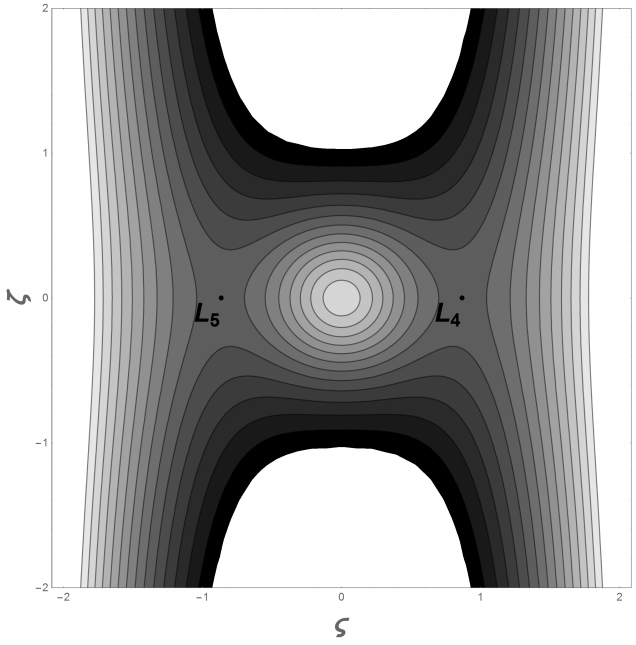


Kontury powierzchni zerowej prędkości $\xi'^2 + \varsigma'^2 + \zeta'^2 = 0$ dla różnych wartości całki Jacobiego w cięciu $\zeta = 0$ przy $\mu = 0.1$.

Z punktu widzenia teorii układów dynamicznych istotną kwestią jest stabilność punktów równowagi. Pytaniem, na które chcemy tutaj odpowiedzieć, jest jak zachowują się trajektorie układu w pobliżu punktów



Kontury powierzchni zerowej prędkości $\xi'^2 + \varsigma'^2 + \zeta'^2 = 0$ dla różnych wartości całki Jacobiego w cięciu $\varsigma = 0$ przy $\mu = 0.1$.



Kontury powierzchni zerowej prędkości $\xi'^2 + \varsigma'^2 + \zeta'^2 = 0$ dla różnych wartości całki Jacobiego w cięciu $\xi = \frac{1}{2} - \mu$ przy $\mu = 0.1$.

równowagi po nieskończonym czasie. Punkt równowagi w przestrzeni fazowej jest stabilny, jeśli każda trajektoria startująca dostatecznie blisko niego zawsze pozostaje w skończonej odległości od niego. Liniową stabilność punktów równowagi badamy, dokonując linearyzacji układu dynamicznego w ich otoczeniu. Wprowadźmy oznaczenia dla zmiennych zależnych $\vec{x} \equiv (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = (\xi, \varsigma, \zeta, \chi, \phi, \psi)$, a przez f_i oznaczmy prawe strony równań układu dynamicznego. Wówczas równania układu

dynamicznego możemy zwięźle zapisać jako:

$$x_i' = f_i(\vec{x}) \qquad i = 1, \ldots, 6$$

Niech $\vec{x} = \vec{x}_0$ będzie punktem równowagi. Wtedy linearyzacja rozpatrywanego układu dynamicznego, która polega na rozwinięciu prawej strony równań w szereg w otoczeniu punktu równowagi, prowadzi do:

$$x_i' \simeq f_i(\vec{x}_0) + \sum_{j=1}^{6} \left.\frac{\partial f_i}{\partial x_j}\right|_{\vec{x}=\vec{x}_0} \left(x_j - x_{j0}\right) \qquad i = 1, \ldots, 6$$

Ponieważ z definicji punktu równowagi $f_i(\vec{x}_0) = 0$, to wprowadzając w otoczeniu punktu równowagi nowe zmienne zależne $y_i = x_i - x_{i0}$ oraz oznaczając występującą w rozwinięciu stałą macierz przez $a_{ij} = \left.\frac{\partial f_i}{\partial x_j}\right|_{\vec{x}=\vec{x}_0}$, możemy zapisać równania zlinearyzowanego układu dynamicznego w formie:

$$y_i' = \sum_{j=1}^{6} a_{ij} y_j \qquad i = 1, \ldots, 6$$

Jest to jednorodny i autonomiczny liniowy układ równań różniczkowych zwyczajnych pierwszego rzędu. Posiada on ogólne rozwiązanie w postaci:

$$\vec{y} = \sum_{j=1}^{6} c_j \vec{v}_j e^{\lambda_j \tau}$$

gdzie (c_i) są dowolnymi stałymi, λ_i jest i-tą wartością własną macierzy (a_{ij}), a $\vec{v}_i$ jest wektorem własnym macierzy (a_{ij}) do wartości własnej λ_i. Dla liniowego układu hamiltonowskiego ($2n$ wymiarowego, gdzie n jest liczbą stopni swobody), z jakim mamy tutaj do czynienia, zachodzi sparowanie wartości własnych, to znaczy wśród jego $2n$ wartości własnych występuje n par o przeciwnych znakach. Z postaci rozwiązania wynika, że o charakterze rozwiązania decydują wartości własne. Jeśli dla którejkolwiek wartości własnej zachodzi $\operatorname{Re}\lambda > 0$, to rozwiązanie jest niestabilne i jego trajektoria oddala się od punktu równowagi eksponencjalnie w czasie. Jeśli natomiast dla wszystkich wartości zachodzi $\operatorname{Re}\lambda = 0$, to rozwiązanie jest liniowo stabilne, a jego trajektoria wokół punktu równowagi opisana jest funkcjami okresowymi. W przypadku liniowych punktów Lagrange'a wartości własne zlinearyzowanego układu dynamicznego wynoszą:

$$\begin{aligned}
\lambda_1^2 &= -\beta_i \\
\lambda_2^2 &= \frac{1}{2}\left(\beta_i - 2 - \sqrt{\beta_i(9\beta_i - 8)}\right) \\
\lambda_3^2 &= \frac{1}{2}\left(\beta_i - 2 + \sqrt{\beta_i(9\beta_i - 8)}\right)
\end{aligned}$$

gdzie $\beta_i = \frac{1-\mu}{|\xi_i+\mu|^3} + \frac{\mu}{|\xi_i-(1-\mu)|^3}$, a indeks $i = 1, 2, 3$ numeruje kolejne punkty Lagrange'a. Zauważmy, że przy $\mu \ll 1$ dla każdego punktu Lagrange'a mamy $\beta_i > 1$ i wówczas $\lambda_3^2 > 0$. Również ogólniej okazuje się, że nie istnieje takie μ, przy którym dla każdej wartości własnej zachodziłoby $\lambda^2 \leqslant 0$. Stąd liniowe punkty Lagrange'a, L_1, L_2 i L_3, są niestabilne. Z kolei w przypadku trójkątnych punktów Lagrange'a uzyskujemy następujące wartości własne zlinearyzowanego układu dynamicznego:

$$\lambda_1^2 = -1$$
$$\lambda_2^2 = \frac{1}{2}\big(-1 - \sqrt{1 - 27\mu(1-\mu)}\big)$$
$$\lambda_3^2 = \frac{1}{2}\big(-1 + \sqrt{1 - 27\mu(1-\mu)}\big)$$

Wynika stąd, że warunek $\lambda^2 \leqslant 0$ dla każdej wartości własnej zachodzi przy:

$$\mu \in \big(0, \mu_-\big] \cup \big[\mu_+, 1\big)$$

gdzie $\mu_\pm = \frac{1}{2}\big(1 \pm \frac{1}{3}\sqrt{\frac{23}{3}}\big)$. Dla μ należącego do powyższego przedziału trójkątne punkty Lagrange'a, L_4 i L_5, są liniowo stabilne.

Literatura

[1] Rubinowicz W., Królikowski W., 2012, *Mechanika teoretyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa

[2] Arnold W., 1981, *Metody matematyczne mechaniki klasycznej*, PWN, Warszawa

[3] Wierzbiński S., 1973, *Mechanika nieba*, PWN, Warszawa

[4] Artymowicz P., 1995, *Astrofizyka układów planetarnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa

High altitude balloon experiments as a gateway to space. Educational program for space biology and space medicine in the stratosphere.

Agata Maria Kołodziejczyk

Analog Astronaut Training Center, www.astronaut.center

Introduction

There are many reasons, why people fly their HABs to the stratosphere. In this project we focused on those people, who want to develop and work in aerospace – field found both in science and industry, which is one of the most rapidly developing branch in world's economy. In a few years we will develop cheap flights to space, we will start colonisation of the Moon, we will travel for holidays to "USS-Enterprise" – like destinations on the orbit. Amazing future BUT ... we have to create a proper cadre of well-educated people, who can transform dreams of our civilisation into prospering and safe reality. In this report we show evidence, that properly prepared stratospheric mission appears as a significant achievement, which shapes CVs of young pupils, students and even matured scientists. Such achievements open multiple doors, which usually are closed for people outside the hermetic world of aerospace industry. Such achievements count also during recruitment processes for European Space Agency, aerospace universities and aerospace companies. For scientists, properly prepared stratospheric missions open new financing possibilities and develop new subjects, expand the university offer into totally new dimension. For our careers, stratospheric missions were gateway to space. Now we want to share this opportunity in a form of educational program presented below.

Development of the education program

The idea was evolving with us, because first we needed empiric evidence, that such education program may work. We were agile – all different in different time and space dimensions of relativity. However, we all liked to do something extraordinary and share our passion with others. Despite different specialities, we all loved space and dreamed about how to be closer to this mysterious, deep and full of questions environment. The easiest and cheapest way was to fly 30 km high above our heads. After we learned how to do this, we started to engage young school pupils (13-15 years old). In 2014 we performed two experiments using standard yeasts: one HAB mission during the day, and second (same day) at night to get reference data without UV. Next, we took a special yeasts to produce tasty lager beer, which we multiplied after the stratospheric flight, weighed and served in the House of Beer in Kraków, Poland. Many people have come and listened about our balloon flight before stratospheric beer degustation. Our teammate, who weighed a beer, became famous and wrote several articles about his "space beer". For us it was a triggering factor to create educational program. We decided to organise missions with concrete aim to help people (including us), to bring them closer to space. In 2015 we had one mission for gymnasium pupils for the purpose of the Google Fair [1] and Explory Contest [2]. Two other missions were student projects, among them tests for European Space Agency BEXUS Project [3] and of course for the Global Space Balloon Challenge. In 2016 we continued student experiments. Some of us wanted to work for space agency and because of designed experiments performed in near-space environment – we got a job of dreams! While we were in ESA, we did not fly because our duties did not allow for that, however after finishing our internships, we have returned with professional knowledge. Now we fly with scientists. The focus is always put on space biology and space medicine for its huge potential in human spaceflight studies. In 2020 we plan to implement regular flights for 3 various groups of interest: (1) high school kids who want to apply for aerospace studies, (2) for students, who want to realise their engineer, licentiate, master and doctoral theses, (3) for scientists, who want to run their experiments in the stratosphere.

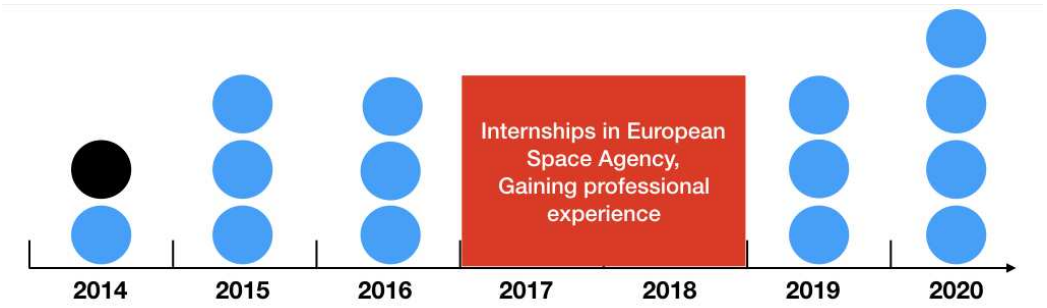


FIGURE 1. Development of educational program for space biology and space medicine experiments in the stratosphere expressed by a number of performed HAB flights. Each blue circle corresponds to a single successful mission. Black circle designates a night balloon mission (the first such night balloon mission in Poland).

Pamela mission contribution

PAMELA mission is the third mission participating in Global Space Balloon Challenge (GSBC). Two others: mission JADE [4] and mission LEO3 [5] were student projects, which both won 1st prize in the best scientific experiment category in GSBC 2015 and GSBC 2016 respectively. PAMELA mission supports education program by two innovations: (1) a new thermal capsule for professional biological and medical experiments, (2) mission realised together with scientists. Name PAMELA comes from Plant, *Aranae* (Latin name for spiders) and Microorganisms Exposure to Light Activity in Near Space Environment. The general design of the capsule is presented in Figure 2.

Scientific experiments launched in the PAMELA mission are characterised in the table below. They are divided into 3 subsections corresponding to the type of biological samples. Only bacteria and nanocellulose do not require constant temperature conditions. Plants and especially spiders need room temperature to survive. PAMELA mission will bring 4 publications in relevant scientific journals, what is very important for scientists. For us, the most important is development and testing of the new capsule, which supports life in the stratosphere and which allows to perform biological and medical experiments in constant temperature conditions.

Payload fleet critical for reduction of mission costs of biological experiments are tricky considering number of repetitions, number of samples and number of reference samples. In general: more data we have – better

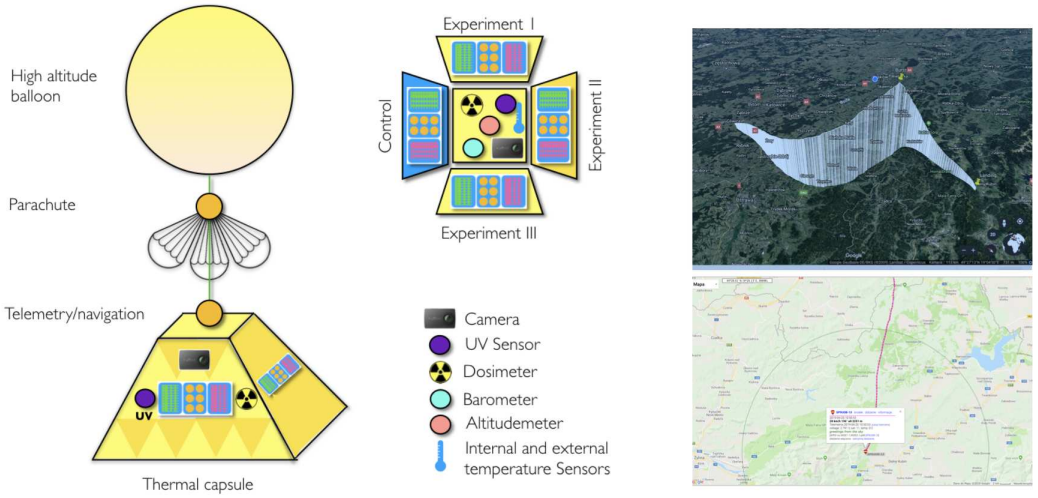


FIGURE 2. The thermal, hermetic capsule for PAMELA mission is enriched with chemical heaters (warming up also in vacuum), environmental sensors and cameras. Experimental modules are faced toward the sun. Biological samples are located in standardised and sterile nest cell culture plates (96, 24, 15 or 6 wells per plate depending on need) [6], what allows easy preparation of experimental setup and comparable analysis in laboratory conditions. Three repetitions of single experiment are mounted on 3 different capsule walls. The fourth wall of the capsule is isolated from sunlight, used as control. Flight view from the PAMELA 1 mission launched on 20.04.2019 is visualised on the right side.

statistical power we get, the chance for publishing increases. The cheapest way to obtain as much data as possible in a single stratospheric flight is to use optimised reusable payload fleet. Actually, we designed and tested in the stratosphere 3 reusable capsules (Fig.3), which are our fleet for biological and medical experiments. Capsules were specially designed to minimise costs of single balloon mission, which now is 200 $. Since we usually launch several capsules during one flight, the mission cost decreases even more, below 100 $ per flight! This amount of money covers costs of HAB balloon and transport for T&R team. Capsule, electronics, telemetry, cameras and parachute are reusable. The most expensive part of the budget: preparation of biological samples and their analysis after the flight, is covered by university and/or sponsors.

People involvement

We are very serious about involvement in the project. Teams are small. Each of us has well defined roles and responsibilities characterised in the mission manual, which is written altogether specifically for each project. Experiment results are shared with society using internet,

PAMELA	People involved	Materials & Methods	Tested hypothesis	Experiments
Plant	1 PhD	Barley *Hordeum vulgate Arabidopsis Arabidopsis thaliana*, Mutants in CBP20 (Cap- Binding Protein 20): hvcbp20.ab and atcbp20	RT-qPCR	Genes related to abiotic stress response including drought are activated under space conditions. Evolutionary context
Aranae	1 professor, 2 research assistants	Spiders, cocoons and spider net of *Steatoda grossa* and *Parasteatoda tepidariorum (Theridiidae)*	TEM, SEM, SCGE, flow cytometry,	Cellular stress responses to the short-term UV, and cosmic radiation exposure will increase significantly.
Microorganisms	1 PhD	10 bacteria and 1 yeast strain. Additionally Gram-positive: *Lactobacillus plantarum* (DSM 20174), *Staphylococcus aureus* (DSM 799) and Gram-negative: *Escherichia coli* (DSM 1103) and Pseudomonas aeruginosa	Spectrophotometry, MARA software	Membrane phospholipid fatty acids of four bacterial strains will be used as a stress marker, evaluated based on the PLFA method
	2 PhD	Specially processed nanocellulose from Kombucha	Dosimetry	Kombucha nanocellulose may shield radiation.

Table 1. Scientific experiments launched in the PAMELA mission divided into 3 subsections corresponding to the type of biological samples. Number of people involved, materials and methods, as well as titles of experiments are listed.

social media (Facebook, Twitter, Instagram, YouTube), radio and television. We also present results on scientific and space conferences as well as during invited lectures. This all is important to inspire people, who want to fly with us. In a summary table below, a number of people involved (including the audience), and mission effectiveness are described. We use simple but strong, black and white criteria for mission success. Its effectiveness should be approved by winning competitions, gaining

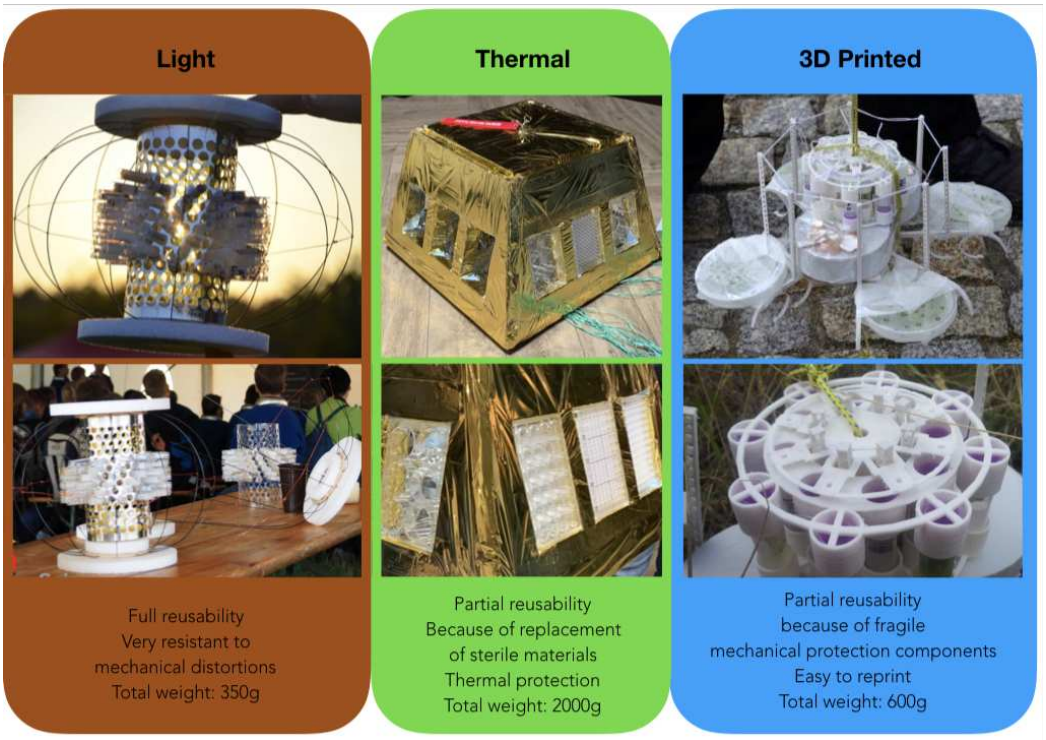


FIGURE 3. Three types of biological/medical payload modules: the Light capsule allows to carry 150 × 2 ml eppendorf samples. Material closed in eppendorf is sterile and hermetic, however it is exposed to temperature and radiation. It is perfect for experiments on bacteria, yeast, viruses, vitamins, proteins, hormones, neurotransmitters. Thermal capsule was designed for more advanced organisms such plants and animals (invertebrates), or sensitive cell cultures, which require stable thermal conditions. Thermal capsule allows to test the largest amount of samples depending on the type of cell culture plates and amount of biological material inserted. The last model is 3D printed, interestingly – designed not by humans but by artificial intelligence. It crushes at the end, but biological material and electronics are protected by specially designed external parts of the capsule which absorb the force of impact during landing.



FIGURE 4. Collaborations with people from universities, schools, laboratories and rocket festivals. From the left: PAMELA team during technical meeting, school kids analysing data from yeasts flying to the stratosphere, working in the molecular laboratory to run mass spectrometry analysis of space beer yeast samples, preparing stratospheric mission during the rocket festival with school kids.

Year	Mission	People involved	Effectiveness
2014	Pan Stanisław Project	100 (14 adults)	Gymnasium kids were inspired to learn maths, physics, chemistry and biology, actually went to DELFT university in Netherlands to study aerospace engineering
2014	Space Beer	300	All participants listened about the mission and experiment
2015	JADE1,2,3	12	Global Space Balloon Challenge 1st Prize, Scientific Publication [7], presentation on IAC in Jerusalem, Google Fair regional winner, Explory Contest distinction, 1 person got a job in ESA
2016	LEO1,2, ELFHunters	30	Global Space Balloon Challenge 1st Prize, Scientific Publication [8], presentation in European Space Agency, 2 people got a job in ESA
2019	PAMELA 1,2,3	7	No data yet, estimated 4 scientific publications

Table 2. Summary of educational activities in effectiveness context.

acceptance for oral presentation on the International Aeronautical Congress (and other types of serious space conferences), getting a dream job or a dream studies, positively reviewed manuscripts and – of course, publications, which bring a progress in human spaceflight studies. Effectiveness is not only related with a sparkling success. Very often we learn more from our failures, which are not listed in this report. "Smooth seas never made a skilled sailor" – we say at those moments of shame.

How do we educate?

Our role is non-profit help in organisation of missions by giving our teammates as much freedom as possible. We share our capsules, inform about the stratospheric environment, biological stress and technical issues related with planned flight. We prepare initial draft of the mission manual, recover the payload and help in data analysis. We run pre-flight testing, and help in post-flight outreach activities and publishing.



Figure 5. Educational dimension of stratospheric missions. From the left: organization of the first educational night stratospheric mission in Borówiec, Poland, organization of stratospheric workshop for 60 school kids in Borówiec, Poland, organization of stratospheric beer degustation in the House of Beer in Kraków, lecture about stratospheric missions in Poland during IAC in Jerusalem.

Program architecture

Described educational program is divided into three groups sorted by scientific initiation: high school pupils, students and scientists. We have already tested all pathways, where PAMELA mission is the third one. It takes usually 6 months to prepare experimental HAB mission, but it can be shorter for projects, which are already ongoing at universities. Communication within the group is facilitated by organised meetings; first we organise a kick-off meeting followed by webinars and remote work on shared draft of mission manual. Then we meet to integrate all subsystems and make a preflight testing. Finally, we wait for a proper flight window and meet back at launch.

Conclusion

Presented education program is focused on space biology and space medicine experiments, which are crucial for development of safe human spaceflight and space tourism. Near-space environment is appropriate for multiple pilot studies before testing on the orbit and beyond. Considering huge potential and relatively low costs of such experiments, stratosphere appears as gateway to space.

Acknowledgements

We would like to thank Global Space Balloon Challenge Organisation for popularising stratosphere and for all necessary information about HAB missions. Without this background we would never be able to lift our experiments so high and share this passion with others. Huge gratitude

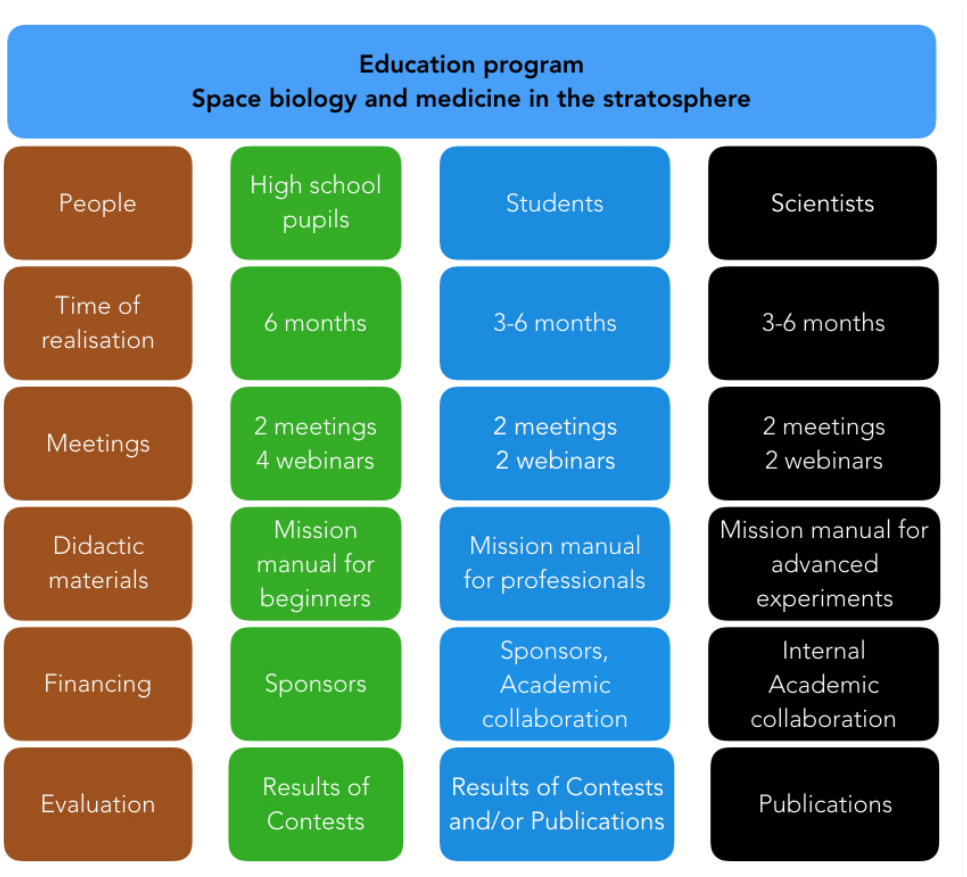


Table 3. Architecture of educational program for stratospheric missions in Poland.

goes to organiser of Pan Stanisław Project – Anna Rzepa, who allowed us to work with school kids. We would also like to thank forScience Foundation, Copernicus Project and Polish Rocket Society for selfless support, especially during hard times, when impossible became possible.

References

[1] www.googlesciencefair.com
[2] www.explory.pl/en/
[3] www.rexusbexus.net
[4] https://www.balloonchallenge.org/winner˙docs/biometeopaper.pdf
[5] https://drive.google.com/file/d/0B2foiHHXO-otd01CWUZKa3l4U2M/view
[6] https://www.vitascientific.com/nest-96-well-cell-culture-plate-u-bottom-non-treated-sterile-1-pk-100-cs-701111.html
[7] https://www.researchgate.net/publication/284174473_EXPOSURE_OF_TWO_ECOLOGICALLY_CONTRASTED_MOSS_SPECIES_TO_STRATOSPHERIC_CONDITIONS_STRESS_TOLERANCE_AS_A_KEY_TO_SURVIVAL
[8] https://pdfs.semanticscholar.org/6c64/fc10e92dbef0f159214283d4d225db042 112.pdf



Preparing balloon to lunch (Rzepiennik Biskupi, July 31, 2019).

Wyprawy do planetoid bliskich Ziemi

Jacek Kruk

Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

Rok 2019 zapisał się w historii badań planetoid bliskich Ziemi (Near Earth Objects, NEO) pomyślną akcją japońskiej sondy Hayabusa-2 na powierzchni planetoidy Ryugu, podobna akcja oczekiwana jest w 2020 roku na powierzchni planetoidy Bennu – przygotowuje się do niej amerykańska sonda OSIRIS REx. Zanim omówimy je bardziej szczegółowo, przypomnijmy wcześniejsze misje astronautyczne, których celem – bezpośrednim, bądź pośrednim – były planetoidy.

Wszystko zaczęło się od amerykańskiej sondy Galileo wysłanej w 1989 roku do badania Jowisza z orbity jego sztucznego satelity. Na swej długiej drodze ku głównemu celowi Galileo zbliżył się do dwóch planetoid pasa głównego: Gaspry (29 października 1991 r.) oraz Idy (28 sierpnia 1993 r.). Przeloty były dość odległe: w pierwszym przypadku 1500 km, w drugim 2400 km, ale i tak potężne kamery sondy jowiszowej ujawniły mnóstwo szczegółów powierzchni planetoid, a w przypadku tej drugiej – także okrążający ją księżyc, który otrzymał nazwę Daktyl (Rys. 1). Badanie planetoid po drodze do bardziej odległych celów stało się normą, szczególnie wówczas, gdy jest to droga okrężna, wymagająca wielu manewrów grawitacyjnych przy zbliżeniach do planet (fly-by). Na takiej drodze szanse spotkania planetoidy znacznie wzrastają. Przykładem z nowszych dziejów astronautyki niech będzie misja europejskiej sondy Rosetta, wysłanej w 2004 roku do zbadania jądra komety Czuriumowa-Gierasimienki. W dniu 5 września 2008 roku Rosetta przeleciała w odległości 800 km od planetoidy Steins, a 10 lipca 2010 roku zbliżyła się na 3000 km do planetoidy Lutetia, zanim ostatecznie we wrześniu 2014 roku dotarła do komety.

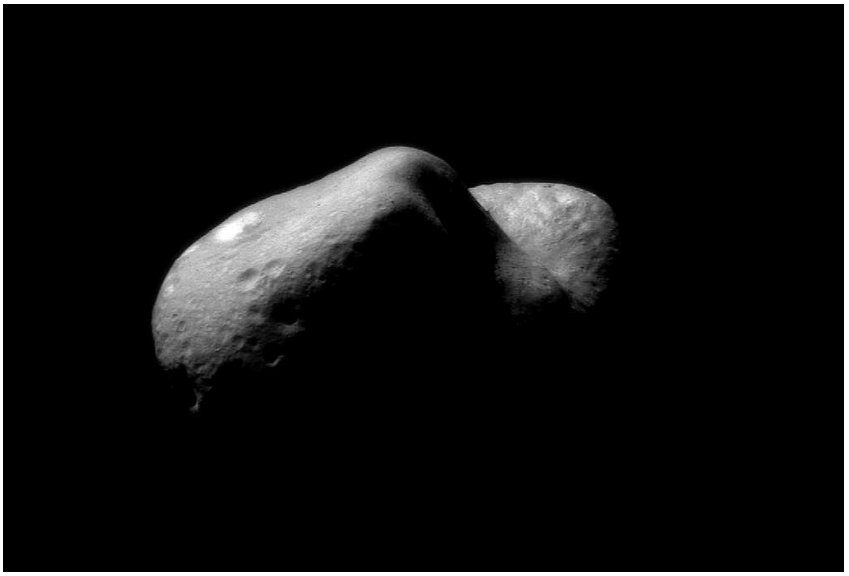
Pierwsza misja kosmiczna, której celem głównym była planetoida, rozpoczęła się w roku 1996. Amerykańska sonda zbudowana w ramach programu Discovery nazywała się początkowo NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous), w roku 2000 uzupełniono ją o nazwisko tragicznie



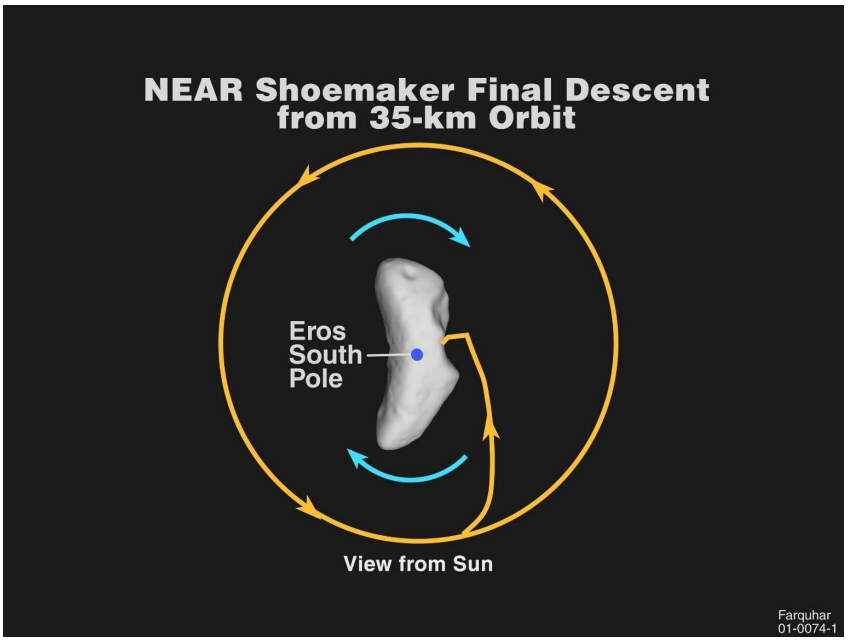
Rysunek 1. Ida i jej księżyc (z prawej) na fotografii sondy Galileo. (*NASA*)

zmarłego w 1997 roku badacza planetoid i komet Eugene Shoemakera. Wysłano ją na "randkę" z Erosem, jedną z największych planetoid bliskich Ziemi. Eros od dawna intrygował astronomów: ta stosunkowo duża planetoida zbliża się niekiedy do Ziemi na niewielką – w kosmicznej skali – odległość: 20 mln km (ostatnio w 1975 roku). Sonda NEAR w drodze do Erosa przeleciała koło planetoidy pasa głównego Mathilde, do spotkania doszło 27 czerwca 1997 roku w odległości 1200 km. Pierwsza próba wprowadzenia sondy na orbitę wokół Erosa w grudniu 1998 roku nie powiodła się, dopiero w lutym 2000 roku po serii manewrów osiągnięto pierwotną orbitę 321×366 km, którą stopniowo obniżano dla uzyskania coraz dokładniejszych obrazów powierzchni. Manewrowanie w słabym polu grawitacyjnym tego bardzo nieregularnego ciała niebieskiego (33×13×13 km, Rys. 2) było niezwykłym wyzwaniem dla kontrolerów lotu, ale zadanie zobrazowania całej powierzchni planetoidy zostało wykonane pomyślnie. Orbita robocza przebiegała na wysokości 35 km, parokrotnie dokonano zbliżeń na odległość 2-5 km. Po zrealizowaniu wszystkich badań, 14 lutego 2001 roku sondę skierowano łagodnie ku powierzchni (Rys. 3). NEAR nie był przystosowany do lądowania, jednak jeszcze dwa tygodnie po upadku otrzymywano z niego sygnały. Ostatecznie sonda zamilkła 28 lutego 2001 roku.

Kolejne wyprawy do planetoid NEO były dziełem Japończyków. Japońska agencja kosmiczna JAXA zorganizowała w 2003 roku misję do planetoidy Itokawa, pierwotnie znanej jako 1999SF36. Planetoida została odkryta 26 września 1998 roku w ramach amerykańskiego programu LINEAR, którego celem jest poszukiwanie planetoid zbliżających się do



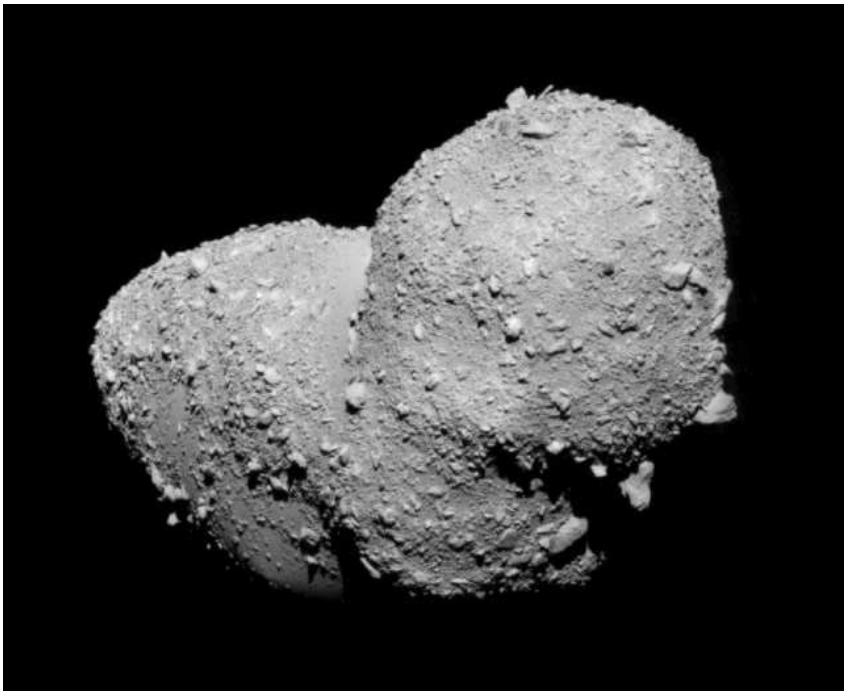
Rysunek 2. Dwugarbny Eros na fotografii sondy NEAR Shoemaker. (*NASA*)



Rysunek 3. Schemat "lądowania" na Erosie.

Ziemi, w tym stanowiących potencjalne zagrożenie dla niej. Ostateczna nazwa obiektu pochodzi od nazwiska twórcy pierwszych japońskich rakiet kosmicznych Hideo Itokawy. Sonda zaś otrzymała nazwę Hayabusa (jap. sokół wędrowny) i miała za zadanie nie tylko zbadanie planetoidy z bliska, lecz także pobranie próbki gruntu i sprowadzenie jej na Ziemię. Ponadto na powierzchnię Itokawy miał zostać zrzucony ruchomy minirobot o nazwie Minerva. Do osiągnięcia planetoidy użyto napędu jonowego, niezwykle efektywnego, choć pochłaniającego znacznie więcej czasu niż tradycyjny napęd chemiczny. 12 września 2005 roku sonda dotarła do Itokawy (osiągając dystans 20 km) i przekazała na Ziemię zdumiewające obrazy tego miniaturowego ciała. Planetoida okazała się obiektem

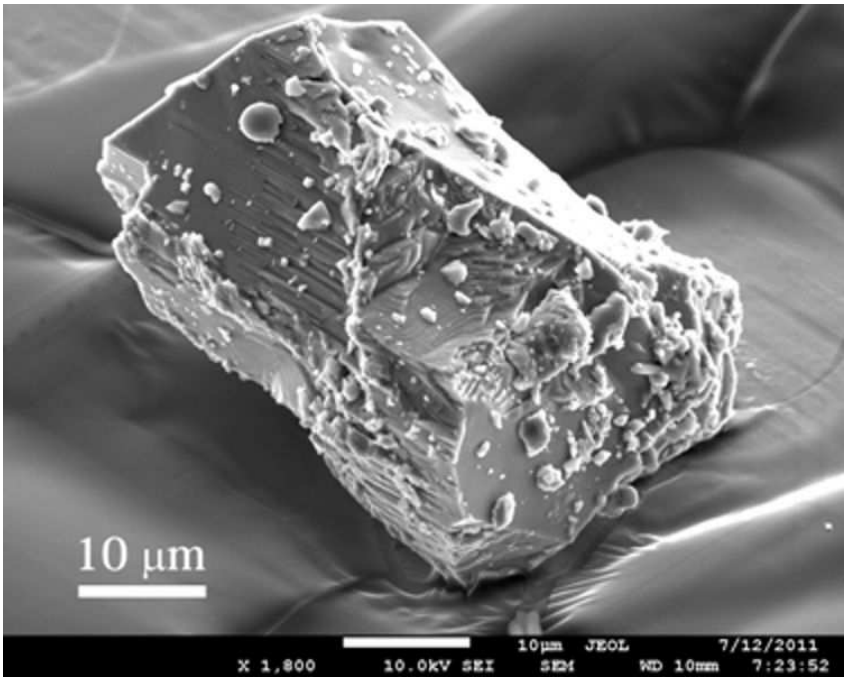
o kształcie orzeszka ziemnego i rozmiarach 540×310×250 m (Rys. 4). Oczywiście w momencie wyboru Itokawy na cel misji kosmicznej, jej kształt ani dokładne rozmiary nie były znane, jedynie klasa spektralna (S), świadcząca o tym, że jej powierzchnia składa się głównie z krzemianów.



Rysunek 4. Itokawa na fotografii sondy Hayabusa. (*JAXA*)

Jeszcze w fazie lotu Hayabusa przeżyła niezwykle silny wybuch na Słońcu, który uszkodził jej baterie słoneczne i pewne elementy elektroniki. W efekcie dolot opóźnił się o kilka miesięcy, a w krytycznych momentach misji zawodził komputer główny, wielokrotnie tracono łączność radiową z sondą. 12 listopada 2005 roku Minerva została uwolniona, ale minęła Itokawę i odleciała w przestrzeń. Dwie próby pobrania gruntu przeprowadzone w dniach 19 i 25 listopada 2005 zakończyły się fiaskiem, choć ich wynik do końca nie był pewny z powodu okresowej utraty łączności podczas tych prób. Mimo wszystko pojemnik na próbki zahermetyzowano i ze znacznym opóźnieniem wysłano Hayabusę w kierunku Ziemi. 13 czerwca 2010 roku sonda wpadła do atmosfery ziemskiej i spłonęła, a odłączony od niej pojemnik na próbki wylądował bezpiecznie w Australii. Podjęto go i poddano badaniom, ale dopiero po kilku miesiącach JAXA wydała komunikat, iż w pojemniku odnaleziono ok. 1500 mikroskopijnych drobin pyłu pochodzenia pozaziemskiego (Rys. 5).

Misję pierwszej Hayabusy trudno nazwać spektakularnym sukcesem,

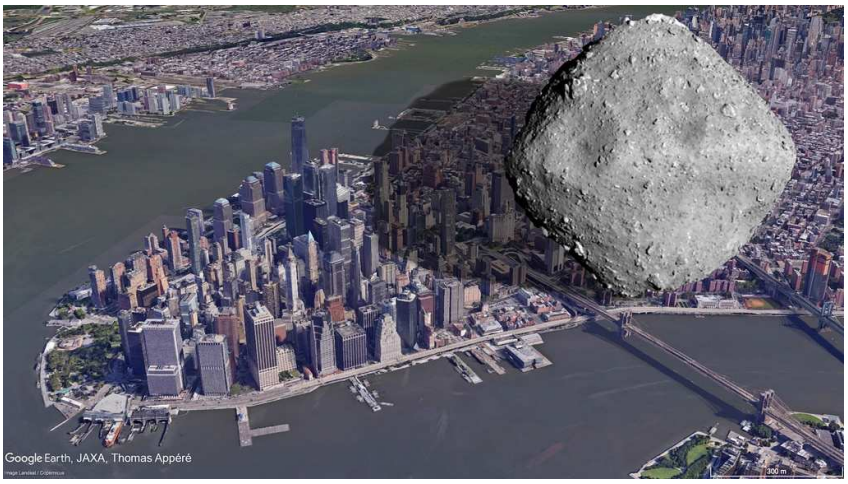


Rysunek 5. Drobina pyłu z Itokawy pod mikroskopem elektronowym. (*JAXA*)

toteż JAXA postanowiła ją powtórzyć z użyciem zapasowego egzemplarza sondy, który został zmodyfikowany z uwzględnieniem doświadczeń pierwszej misji. Zwiększono także liczbę mini-robotów do zrzucenia na powierzchnię planetoidy: oprócz trzech japońskich Minerv dołączono większego robota europejskiego o nazwie MASCOT (Mobile Asteroid Surface Scout). Ponadto wyposażono sondę w ładunek wybuchowy, który miał wybić w powierzchni krater i odsłonić głębiej położone warstwy gruntu. Na cel wyprawy wybrano planetoidę NEO o klasie spektralnej C, czyli zawierającej dużo związków węgla. Została ona odkryta 10 maja 1999 roku, również w ramach programu LINEAR i nosiła początkowo oznaczenie 1999JU3. Japończycy zaproponowali dla niej nazwę Ryugu, która została zaakceptowana przez Międzynarodową Unię Astronomiczną.

Hayabusa-2 wystartowała 3 grudnia 2014 roku i przy pomocy napędu jonowego oraz manewru grawitacyjnego podczas zbliżenia do Ziemi w grudniu 2015 roku dotarła do celu 27 czerwca 2018 roku, a ściślej: osiągnęła odległość 20 km od powierzchni Ryugu i towarzyszyła planetoidzie w jej ruchu orbitalnym. Ryugu okazała się bryłą przypominającą diament o średnicy 920 m (Rys 6). 21 września 2018 r. sonda zrzuciła na powierzchnię Ryugu dwa mini-roboty Minerva, które wykonywały zdjęcia przemieszczając się po powierzchni skokami. 3 października 2018 r. zrzucony został niemiecko-francuski robot MASCOT, który pracował

na Ryugu przez 17 godzin, również poruszając się po powierzchni. 10-kg robot wyposażony był w cztery instrumenty badawcze: spektrometr podczerwieni, magnetometr, radiometr i kamerę.

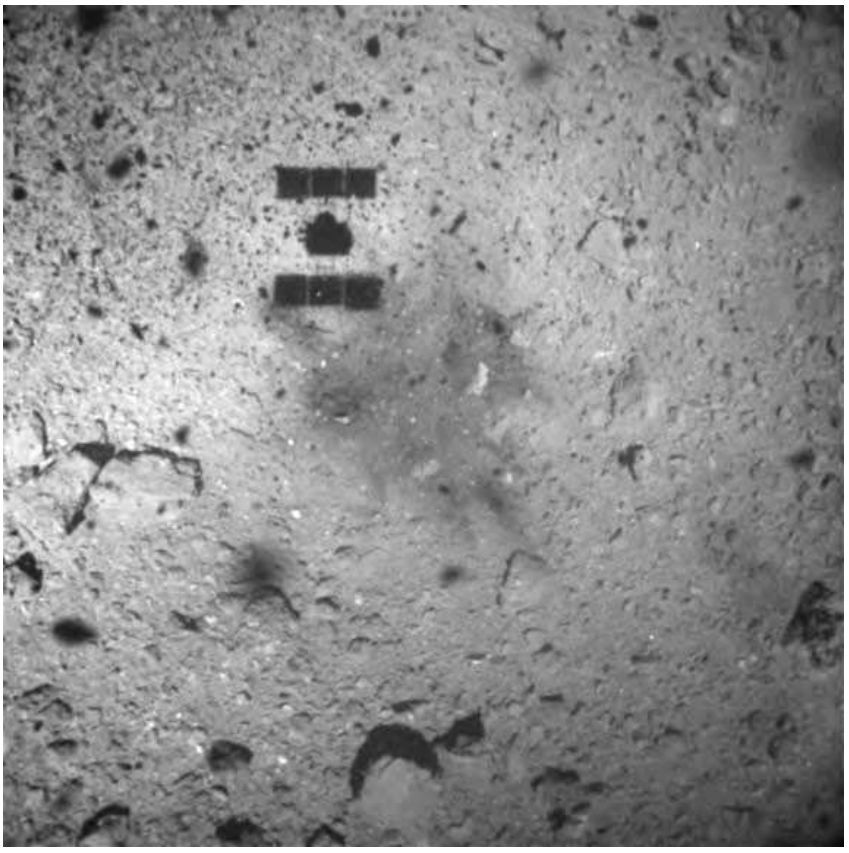


Rysunek 6. Porównanie wielkości Ryugu z Manhattanem.

Jednak najważniejsza akcja – pobrania próbki – planowana na koniec 2018 roku, została odłożona na później wobec niezwykle trudnych warunków terenowych: powierzchnia Ryugu usiana jest głazami sporych rozmiarów (niektóre mają kilkadziesiąt m), a także mniejszym rumoszem skalnym. Dokonano wszakże zwiadu nad terenem zakwalifikowanym do przyszłego lądowania. 21 października Hayabusa-2 zbliżyła się do Ryugu na odległość zaledwie 12 m i zrzuciła na jej powierzchnię specjalny marker, mający ułatwić powrót w to miejsce za 4 miesiące. Dodajmy, że wszelkie manewry sondy w pobliżu planetoidy odbywały się przy użyciu małych silników na paliwo chemiczne, gdyż silniki jonowe się do tego nie nadają. W okresie listopada i grudnia 2018 roku akcja badawcza Hayabusy-2 została wstrzymana z uwagi na koniunkcję planetoidy (sonda wraz z planetoidą znalazła się po przeciwnej stronie Słońca niż Ziemia).

Łączność z Hayabusą-2 została wznowiona w ostatnim tygodniu grudnia 2018 r. i niezwłocznie rozpoczęto przygotowania do pobierania próbki. Podobnie jak w pierwszej sondzie z roku 2003, urządzenie do pobierania próbki stanowi wysięgnik zakończony tubą, z której w momencie zetknięcia z powierzchnią zostaje wystrzelony pocisk z tantalu. Część wybitych z gruntu cząstek wpada poprzez tubę do pojemnika odbiorczego. Zaraz potem sonda wznosi się na bezpieczną odległość, a zapełniona sekcja pojemnika odbiorczego zostaje zahermetyzowana. Początkowo planowano trzy pobrania: dwa z dziewiczej powierzchni, a jedno w krateru utworzonego przez detonację ładunku wybuchowego.

21 lutego 2019 roku sonda powróciła nad uprzednio wybrane lądowisko i o godz. 22.29 GMT nastąpił kontakt z powierzchnią oraz pobranie próbki (Rys. 7). Cała operacja trwała sekundy i przypominała raczej dziobnięcie sokoła niż lądowanie. Nie jest jasne, ile materii planetoidy dostało się do pojemnika, japońscy specjaliści pierwotnie zakładali, że łączna masa trzech próbek powinna wynieść co najmniej 100 mg. W ten sposób najważniejsze zadanie misji, obok lądowania mini-robotów na powierzchni, zostało już wykonane. Pozostało najtrudniejsze: wybicie krateru i pobranie z niego kolejnej próbki.



Rysunek 7. Powierzchnia Ryugu w miejscu pobrania pierwszej próbki (widoczny cień sondy i ślady pracy jej silników na powierzchni). (*JAXA*)

5 kwietnia odłączono od sondy impaktor z 2-kg ładunkiem wybuchowym, sonda zaś schroniła się za krzywizną planetoidy, by uniknąć rażenia odłamkami. Ładunek odpalono tuż nad powierzchnią Ryugu, w wyniku czego powstał krater o średnicy 10 m i ok. 1 m głębokości. Chodziło o odsłonięcie głębszych warstw planetoidy, które nie podlegały kosmicznemu wietrzeniu w ciągu miliardów lat (choć planetoida porusza się w kosmicznej próżni, jej powierzchnia podlega napromieniowaniu, bombardowaniu cząstkami wiatru słonecznego i mikrometeorytami). Warto tu przypomnieć, że podobny akt "wandalizmu planetarnego" zdarzył się nie po raz pierwszy: w lipcu 2005 roku amerykańska sonda

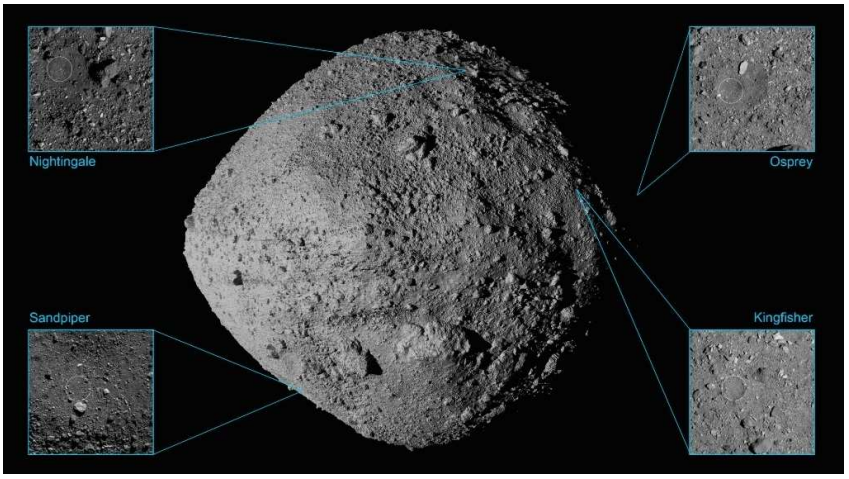
Deep Impact wystrzeliła w jądro komety Tempel 1 pocisk o masie 370 kg, który uderzył w nie z prędkością 10.3 km/s wybijając krater o średnicy 120 m i głębokości 25 m.

Wróćmy jednak na Ryugu: obserwacje efektu uderzenia impaktora i poszukiwania bezpiecznego lądowiska dla sondy trwały trzy miesiące. 30 maja zrzucono do krateru marker ułatwiający podejście do lądowania, ale dopiero 11 lipca Hayabusa-2 wykonała drugie lądowanie i pobrała próbkę gruntu – można obrazowo powiedzieć, że sokół dziobnął Ruygu w świeżą ranę. Po zahermetyzowaniu drugiej próbki gruntu pozostało jedynie zrzucenie ostatniego mini-robota Minerva i powrót na Ziemię – z trzeciej próby lądowania zrezygnowano, gdyż zbyt wielkie było ryzyko uszkodzenia sondy podczas tej operacji, co oznaczałoby utratę już uzyskanych próbek.

2 października 2019 roku odłączono Minervę od Hayabusy-2, a następnego dnia opadła ona na powierzchnię, jednak nie przekazywała już żadnych danych z powodu awarii komputera pokładowego. W dniu 13 listopada sonda rozpoczęła odlot w kierunku Ziemi. Zbliżając się do naszej planety w grudniu 2020 roku Hayabusa-2 odłączy pojemnik z próbkami i zejdzie z kursu kolizyjnego mijając Ziemię w bezpiecznej odległości. Pojemnik zaś wpadnie do atmosfery nad Australią i wyląduje na spadochronach na poligonie Woomera, podobnie jak dziesięć lat wcześniej kapsuła pierwszej Hayabusy. Sama sonda w zależności od pozostałego zapasu ksenonu do silników jonowych zostanie skierowana ku innemu celowi (planetoida 2001WR1) lub porzucona na orbicie wokółsłonecznej.

Amerykanie również zaplanowali podobną wyprawę po grunt planetoidy NEO – sonda o nazwie OSIRIS REx (skrót od: Origins, Spectral Interpretations, Resource Identifications, Security-Regolith Explorer) wyruszyła z przylądka Canaveral 8 września 2016 roku. Jej celem stała się planetoida Bennu, znana wcześniej jako 1999RQ36. Odkryta została 11 września 1999 roku w ramach programu LINEAR. W dniu 3 grudnia 2018 roku sonda "zaparkowała" w odległości 20 km od planetoidy i przesłała na Ziemię pierwsze jej obrazy z bliska. Bennu okazała się podobna kształtem do Ryugu, lecz dwukrotnie mniejsza. Jej powierzchnia jest równie gęsto usiana głazami różnych rozmiarów, co Amerykanom także nie ułatwi pobierania próbki gruntu (Rys. 8). Mają na to czas do lata 2020 roku – wstępny termin akcji to 4 lipca 2020, w święto narodowe USA.

Przewidziano tylko jedno pobranie, a urządzenie do poboru próbki różni się znacznie od japońskiego. Wprawdzie też jest usytuowane na



Rysunek 8. Bennu i cztery możliwe lądowiska dla pobrania próbki gruntu. (*NASA*)

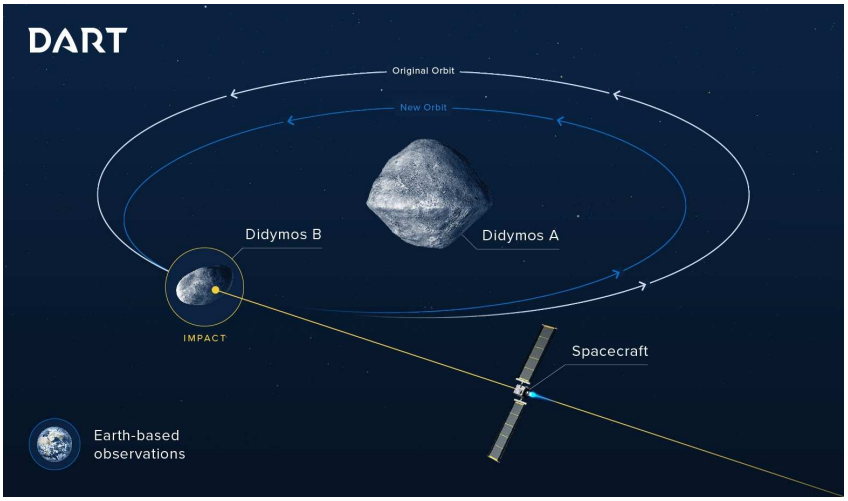
długim wysięgniku, ale to jedyne podobieństwo. Próbka zostanie wepchnięta do głowicy odbiorczej TAGSAM przy pomocy sprężonego azotu, a zatem trzeba wybrać miejsce, gdzie grunt jest możliwie drobnoziarnisty. Jeśli się to uda, pojemnik z bezcennym materiałem powróci na Ziemię we wrześniu 2023 roku. Lądowanie przewidziano na pustynnym poligonie w stanie Utah, gdzie lądowały już wcześniej pojemniki z cząstkami wiatru słonecznego (misja Genesis, 2004), a także pyłem międzygwiezdnym i cząstkami wyrzuconymi z jądra komety Wild 2 (misja Stardust, 2006).

Sonda OSIRIS-REx w pierwszej fazie misji dokonała pięciu przelotów od bieguna północnego planetoidy do południowego, by następnie w dniu 31 grudnia 2018 r. wejść na ciasną orbitę wokół Bennu. Sonda obiega planetoidę w odległości 1.4 – 2 km z prędkością zaledwie 5 cm/s, przez co jedno okrążenie Bennu zajmuje aż 2.5 dnia (62 h). Jest to absolutny rekord wśród satelitów wprowadzonych kiedykolwiek na orbitę wokół małego ciała niebieskiego, poprzednio należał on do europejskiej sondy Rosetta obiegającej 4-kilometrowe jądro komety Czuriumowa-Gerasimienki. Na tej ciasnej orbicie OSIRIS REx nie prowadzi fotografowania powierzchni, lecz badania grawimetryczne dla stworzenia modelu pola grawitacyjnego planetoidy, a także ewentualnej detekcji tzw. efektu Jarkowskiego.

Zjawisko oddziaływania promieniowania słonecznego na powolne zmiany orbit niewielkich planetoid przewidział na początku XX wieku inżynier rosyjski polskiego pochodzenia Iwan Osipowicz Jarkowskij (Jan Jarkowski). Nagrzana w ciągu dnia powierzchnia ciała niebieskiego w nocy oddaje energię w postaci promieniowania podczerwonego powodując

efekt odrzutu. To niewielkie, ale stałe przyspieszenie może w ciągu wielu lat skumulować się w postaci odchylenia planetoidy od teoretycznej trajektorii o dziesiątki a nawet setki kilometrów. Dlatego obiekty, które dziś wydają się niegroźne dla Ziemi z czasem mogą znaleźć się na jej drodze. Dokładne poznanie tego zjawiska ma więc dla nas znaczenie nie tylko czysto naukowe.

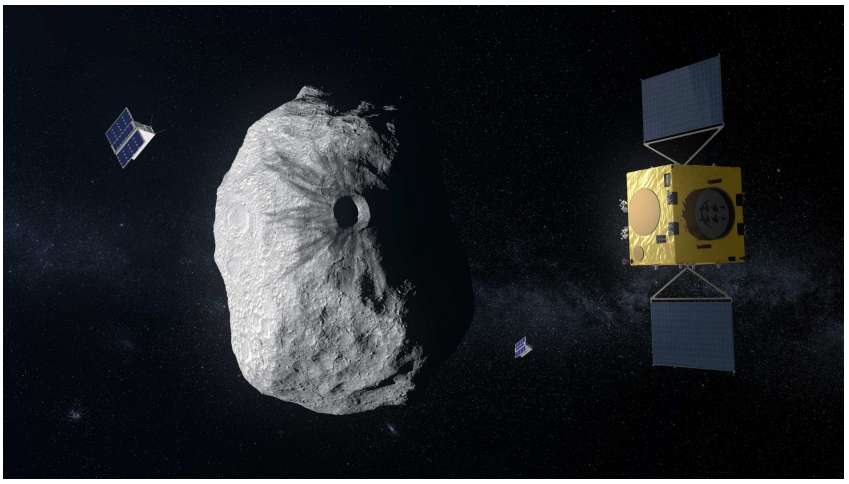
Zanim próbki z Bennu dotrą na Ziemię, Amerykanie mają zamiar wysłać kolejną sondę do planetoid NEO z misją, która również dotyczy niewielkich zmian w ruchu orbitalnym tych ciał. Ale sonda DART (Double Asteroid Redirection Test) ma za zadanie taką zmianę nie tyle badać, co wywołać. Po starcie w lipcu 2021 roku ma dotrzeć do planetoidy podwójnej Didymos na przełomie września i października 2022 roku. Planetoida została odkryta 11 kwietnia 1996 roku w ramach programu Spacewatch, w 2003 ujawniono jej naturalnego satelitę. Didymos A, o średnicy 780 m, okrążany jest przez zaledwie 160-metrowego Didymosa B (znanego też jako Didymoon). Sonda o masie 500 kg ma się zderzyć czołowo z Didymoonem z prędkością 6 km/s (Rys. 9). Oczekuje się, że uderzenie zmniejszy jego prędkość orbitalną o 0.4 mm/s, co spowoduje wydłużenie okresu obiegu o ok. 10 minut.



Rysunek 9. Ilustracja przedstawiająca akcję sondy DART. (*NASA*)

Zmianę okresu obiegu Didymoona powinno się dać zarejestrować z Ziemi, ale jeszcze bardziej ciekawe byłoby obejrzenie krateru wybitego przez DART. Może to zrobić tylko inna sonda, która zbliży się do Didymoona i taką sondę pod nazwą Hera projektuje Europejska Agencja Kosmiczna. Miałaby zostać wysłana w roku 2023 i dotrzeć do celu trzy lata później (Rys. 10). Dodajmy, że precedens w tego rodzaju operacjach już istnieje: jak pamiętamy, kometa Tempel 1 została 4 lipca

2005 roku uderzona impaktorem sondy Deep Impact, ale spowodowany uderzeniem rozbłysk uniemożliwił dostrzeżenie przez nią zmian na powierzchni jądra. Sześć lat później kometę odwiedziła sonda Stardust i sfotografowała jądro z odległości 178 km, co pozwoliło zidentyfikować nowy krater na jego powierzchni.



Rysunek 10. Wizja zbliżenia Hery do Didymoona. (*ESA*)

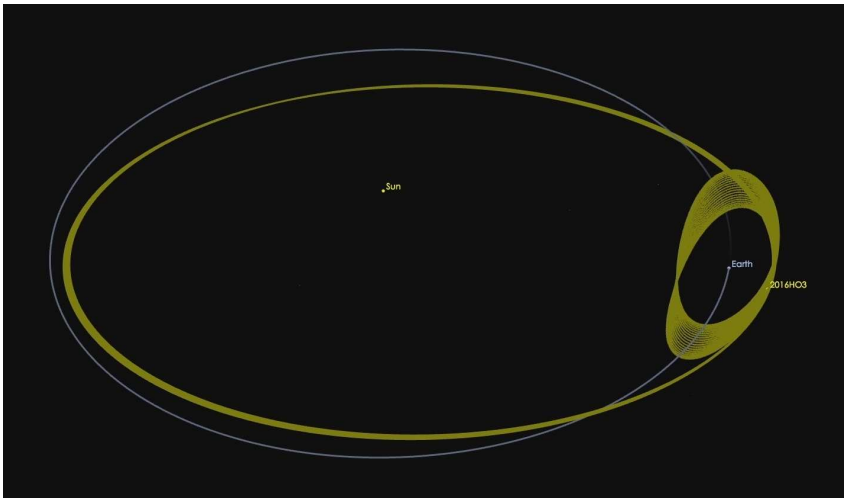
Oprócz Amerykanów, Japończyków i Europejczyków do badania planetoidy NEO szykują się również Chińczycy. Co więcej, mają na koncie już jedno spotkanie swej sondy księżycowej Chang'e 2 z planetoidą Toutatis. Odkryta 4 stycznia 1989 roku planetoida należy do tzw. grupy PHA (Potentially Hazardous Asteroids), czyli obiektów stanowiących potencjalne zagrożenie dla Ziemi. Stosunkowo spory obiekt (4.5×2.4×1.9 km) potrafi się zbliżyć do naszej planety na odległość zaledwie 1.5 mln km – takie zbliżenie nastąpiło 29 września 2004 roku. Przelot Chang'e 2 koło Toutatis w dniu 13 grudnia 2012 roku miał być bonusem jej księżycowej misji i udał się nadspodziewanie dobrze – sonda omal nie rozbiła się o planetoidę: na szczęście minęła ją w odległości 3.2 km (Rys. 11). Nawiasem, podobny plan mieli kiedyś Amerykanie w stosunku do sondy Clementine: po misji na orbicie wokółksiężycowej miała w roku 1994 odlecieć ku planetoidzie Geographos, uległa jednak awarii.

Nowym celem chińskich planistów jest maleńka planetoida Kamooalewa (znana poprzednio jako 2016HO3), określana też niekiedy jako quasi-księżyc Ziemi z uwagi na specyficzny rezonans orbitalny 1:1 z naszą planetą (Rys. 12). Średnica tego obiektu wynosi zaledwie ok. 40 m, odkryty został 27 kwietnia 2016 roku w ramach programu Pan-STARRS. Chińska sonda Zhenghe po starcie w 2022 roku ma wylądować na nim już w 2023 i następnego roku po zbliżeniu do Ziemi wysłać w jej kierunku kapsułę z próbkami gruntu. Sama zaś uda się na spotkanie z kometą



Rysunek 11. Seria fotografii Toutatis wykonana przez sondę Chang'e 2 z odległości 240 – 93 km. (*weibo.com*)

Elst-Pizarro, do której dotrze w roku 2030. Zresztą owa kometa nosząca oznaczenie 133P, wykazuje także cechy planetoidy, zatem w katalogu planetoid też ma swój numer (7968).



Rysunek 12. Orbita Kamooalewy. (*Wikimedia*)

Czy ta niezwykle ambitna misja będzie w ogóle podjęta i czy będzie pomyślna, czas pokaże. Chiny szybko doganiają świat w astronautyce i być może staną się trzecim państwem, które sprowadzi na Ziemię materię planetoidy. Przypomnijmy, że w roku 2020 Chiny planują sprowadzenie gruntu z powierzchni Księżyca – będzie to pierwsza próbka od roku 1976, kiedy to radziecka Łuna-24 powróciła na Ziemię ze 170 gramami księżycowego pyłu. Chińska sonda Chang'e 5 ma przywieźć z Księżyca ok. 2 kg próbek i jeśli jej misja się powiedzie, będzie to dobry prognostyk dla Zhenghe.

Niepołomicka obserwacja tranzytu Merkurego

Adam Michalec

Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach

Obserwując tegoroczny nieboskłon, niezależnie od różnych wydarzeń na Ziemi, wszystko przebiegało według harmonii klasycznych praw astronomii, matematyki i fizyki, znanych ludzkości – lepiej lub gorzej – od wielu stuleci. Zjawisko, które nas szczególnie interesowało w 2019 roku, to przejście (tranzyt) Merkurego przed tarczą Słońca w dniu 11 listopada. W Niepołomicach – między chmurami przesłaniającymi Słońce, w okolicy Kopca, widoczne było wejście planety na tarczę słoneczną: kontakt I o godz. 13.26 i kontakt II o godz. 13:27, a śledzić zjawisko można było (teoretycznie) tylko do zachodu Słońca o godz. 16:01. Natomiast maksimum zjawiska, które wystąpiło o godz. 16:20, oraz zejście planety z tarczy słonecznej (kontakt III o godz. 19:02 i kontakt IV o godz. 19:04) nie były u nas widoczne. Następny taki przemarsz Merkurego na tle tarczy słonecznej, wystąpi dopiero 13.XI. 2032 roku. W Polsce będzie wtedy ono widoczne w całości, począwszy od godz. 07:41, oby tylko nie było listopadowych mgieł.

Przejście Merkurego przed tarczą Słońca, obserwowane z powierzchni Ziemi, występuje wtedy, gdy planeta znajduje się blisko węzłów orbity okołosłonecznej. Ponieważ orbita Merkurego jest nachylona pod kątem nieco ponad 7 stopni do ekliptyki, przejścia Merkurego przed tarczą Słońca mogą występować w ściśle określonych odstępach czasu, które można wyliczyć z okresu gwiazdowego dla Ziemi (365.256 dni) i synodycznego dla Merkurego (115.878 dni). Obliczenia występowania tranzytów można wykonać metodą ułamków łańcuchowych, i tak w XXI wieku takie zjawiska mogą występować na wiosnę w maju, gdy Merkury jest w węźle wstępującym, lub na jesieni w listopadzie w węźle zstępującym. Ponadto, tranzyty majowe są dłuższe w czasie niż listopadowe, ponieważ wtedy Merkury znajduje się bliżej aphelium i porusza się najwolniej na orbicie okołosłonecznej. W XXI wieku takich zjawisk będzie w sumie14;

5 majowych i 9 listopadowych.

Tranzyty majowe Merkurego, obserwowane z Ziemi w XXI wieku wystąpiły już, lub wystąpią w: 2003, 2016, 2049, 2062 i 2095 roku, natomiast listopadowe w latach: 2006, 2019, 2032, 2039, 2052, 2065, 2078, 2085, 2098. Z tego zestawienia widać, iż każdemu tranzytowi majowemu Merkurego odpowiada po trzech latach (dokładniej po 3.5 roku, czyli po połowie cyklu siedmioletniego) tranzyt listopadowy, ale nie odwrotnie.

Posługując się w/w metodą ułamków łańcuchowych, możemy wyliczyć cykle okresów synodycznych powtarzania się zjawisk tranzytowych planet dolnych. Dla Merkurego wynoszą one: 7, 13, 33, 46 i 125 lat. Według danych zawartych w *Kalendarzu astronomicznym na wiek XXI* (R.K. Janiczek, J. Mietelski i M. Zawilski, 2004), z terytorium Polski w całości były lub będą obserwowane tranzyty Merkurego: 7.V.2003, 13.XI. 2032, 7.XI. 2039, 7.V.2049.

Dziękujemy pracownikom MOA za umożliwienie licznie zgromadzonym miłośnikom astronomii, przeprowadzenia w okolicy Kopca Grunwaldzkiego, udanych obserwacji tranzytu Merkurego, tej wędrującej kropeczki na tle tarczy Słońca.



Dwa stanowiska dla obsługi teleskopowych publicznych obserwacji tranzytu Merkurego pod Kopcem w Niepołomicach.

W stronę Marsa

Michał Ptak

Politechnika Krakowska

Wstęp

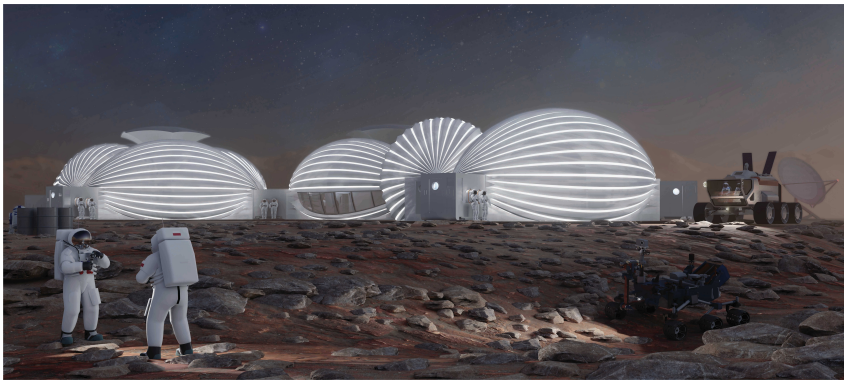
Człowiek od zarania dziejów spoglądał w kierunku gwiazd. Były one dla niego swoistą tajemnicą, obiektem kultu, a także miejscem wiecznego dobrobytu i szczęścia. Dla wielu kultur gwiazdom i planetom przypisywano atrybuty bóstw, mających realny wpływ na życie człowieka na Ziemi. Rozwój technik pozwalających człowiekowi dokonywać podróży kosmicznych rozbudza apetyty podróży ku dalekim światom planetarnym i gwiezdnym. Kiedy człowiek wylądował szczęśliwie na Księżycu, pojawiło się pytanie – co dalej? Ciekawość i pragnienie nowych przygód to nie jedyne powody, dla których chcielibyśmy latać dalej, choćby ku planetom Układu Słonecznego. Zdajemy sobie bowiem dzisiaj sprawę, że przetrwanie gatunku ludzkiego na Ziemi jest zagrożone. Nie chcielibyśmy podzielić losu pradawnych dinozaurów. Naczelnym celem cywilizacji ludzkiej zdaje się być wypracowanie alternatywnych miejsc bezpiecznego zamieszkania na wypadek, gdyby Ziemia uległa biologicznemu spustoszeniu.

W artykule niniejszym przedstawiam własną koncepcję projektu bazy marsjańskiej, wypracowaną w ramach swojej pracy magisterskiej obronionej w Politechnice Krakowskiej w 2019 roku.

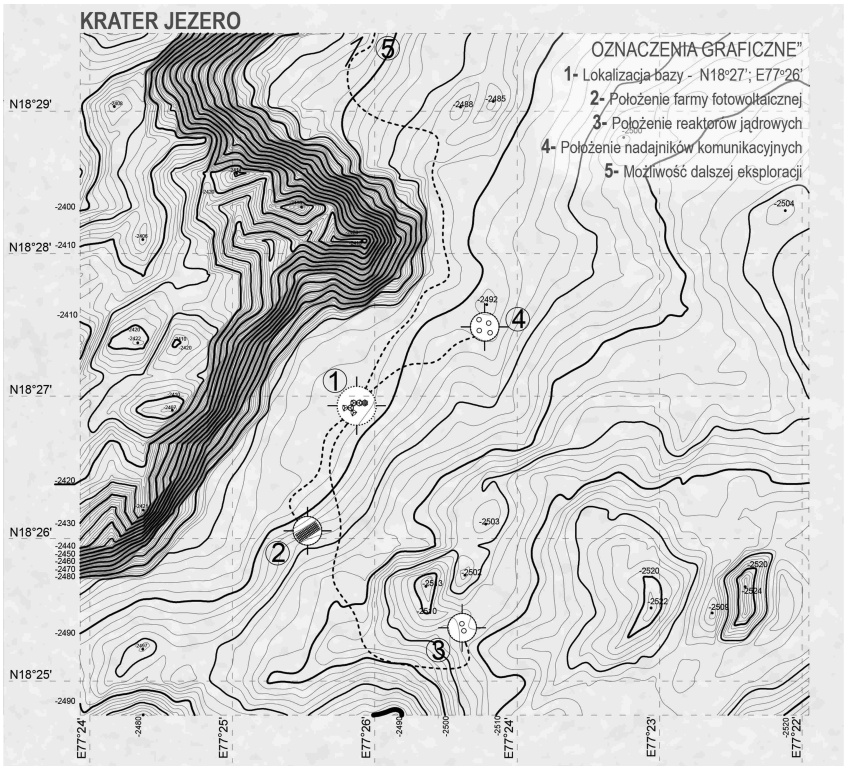
Nasz drugi dom – Mars

Kolonizacja Marsa będzie musiała przebiegać w kilku etapach. Pierwsi przybysze stworzą podwaliny pod nowo powstającą bazę. Osadnicy najprawdopodobniej będą przybywać w określonych turach. Założenie pierwszej bazy będzie uzależnione od odpowiedniej lokalizacji, którą cechować będzie najbardziej optymalny dostęp do wiecznej zmarzliny (wody). Oprócz tego ważne jest odpowiednie nasłonecznienie miejsca w celu uzyskania jak najlepszej wydajności farmy słonecznej. Początkowo większość zapasów będzie dostarczana z Ziemi. Natomiast jako główne

zadanie kolonizatorów zakłada się pełne ich usamodzielnienie i pozyskiwanie surowców z Marsa. Ważne jest to by rozwój osady odbywał się w sposób zrównoważony i kontrolowany. Pozwoli to uniknąć błędów, które mogłyby unicestwić cały projekt kolonizacji.



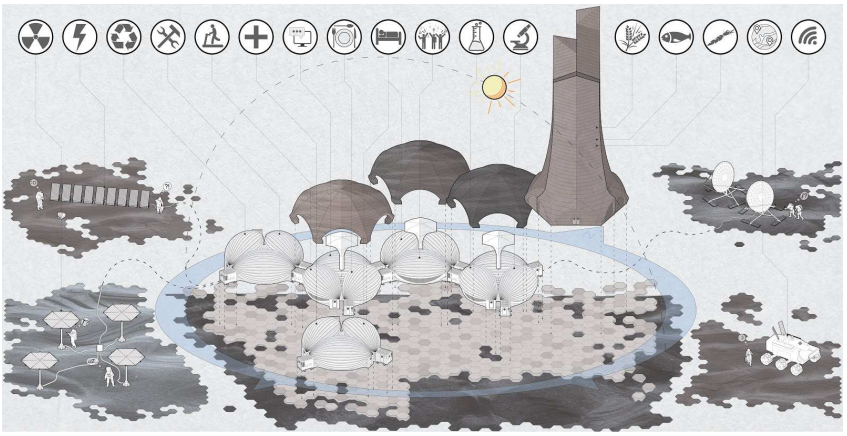
Koncepcja pierwszej bazy na Marsie.



Koncepcja lokalizacji bazy wraz z zapleczem technicznym.

Multiplikacja

Główną ideą projektu jest stworzenie modułowej oraz wielofunkcyjnej jednostki mieszkalnej. Ze względu na niesprzyjające warunki panujące na Marsie będzie ona zarówno stanowić schronienie, jak i miejsce do badań, ćwiczeń, a także spędzania wolnego czasu. Ważnym atutem bazy jest jej multiplikacja. Jednostka zaprojektowana jest w taki sposób, by

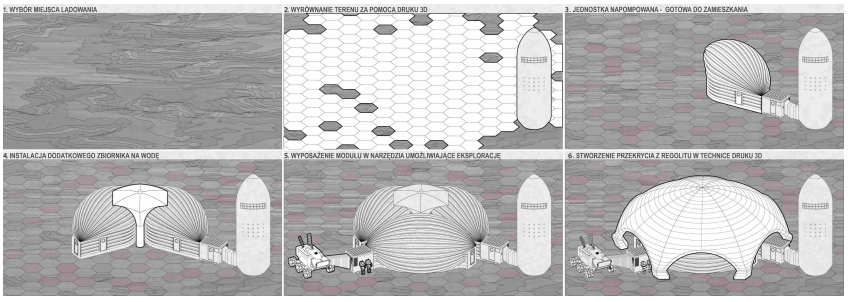


Schemat bazy – proponowane wstępne ułożenie jednostek wraz z lokalizacją farmy pionowej. Przedstawienie dalszego rozwoju bazy o dodatkowe funkcje, które umożliwią jej stanie się samodzielnym siedliskiem: Farma fotowoltaiczna, miejsce ulokowania reaktorów jądrowych, miejsce do komunikacji oraz możliwość dalszej eksploracji.

mogła stanowić niezależny obiekt mieszkalny lub po połączeniu z pozostałymi stworzyć kompleks przestrzenny o różnym przeznaczeniu. Może ona łączyć się na trzy różne sposoby zależne od rodzaju terenu i potrzeb załogi. Ze względu na złożoność misji, jaką jest wysłanie ludzi na Marsa, w projekcie zakłada się etapowanie w tworzeniu trwałego i skutecznego schronienia na tej planecie. Podstawowym problemem w planowaniu bazy są koszty, które trzeba ograniczyć do minimum, przy jednoczesnym zachowaniu standardów dla podtrzymywania życia załogi. Proponowane rozwiązania modułowe mają zoptymalizować koszty produkcji i transportu jednostek z Ziemi na Marsa.

Podstawowa jednostka miałaby być w całości produkowana na Ziemi z materiałów obecnie znanych człowiekowi. Jej konstrukcja opiera się na rozwiązaniach technologicznych, które obecnie są wykorzystywane przy produkcji modułów uzupełniających dla Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Podczas transportu, modułowa jednostka mieszkalna będzie skompresowana. Pozwoli to na zajęcie jak najmniejszej ilości miejsca w luku bagażowym. Dopiero po dostarczeniu na miejsce i ulokowaniu w odpowiednim miejscu, zostanie napompowana i przygotowana do zamieszkania przez członków załogi. Proponowana jednostka ma pełnić schronienie dla dwóch osób. Po połączeniu trzech sekcji powstaje podstawowy zespół marsjańskiej misji załogowej. Załoga zależnie od swoich potrzeb będzie mogła aranżować przestrzeń, np. w laboratoria, miejsca do ćwiczeń, wypoczynku, magazyny i tym podobne.

W pierwszym etapie kolonizacji załoga będzie korzystać z zapasów żywności, tlenu oraz wody przywiezionych ze sobą z Ziemi. Jednak projekt zakłada, że po niedługim czasie od rozłożenia i napompowania jednostki, ekipa sama będzie mogła zaopatrzyć się w wyżej wymienione rzeczy. Wyjątek stanowi woda, która będzie musiała być uzyskiwana



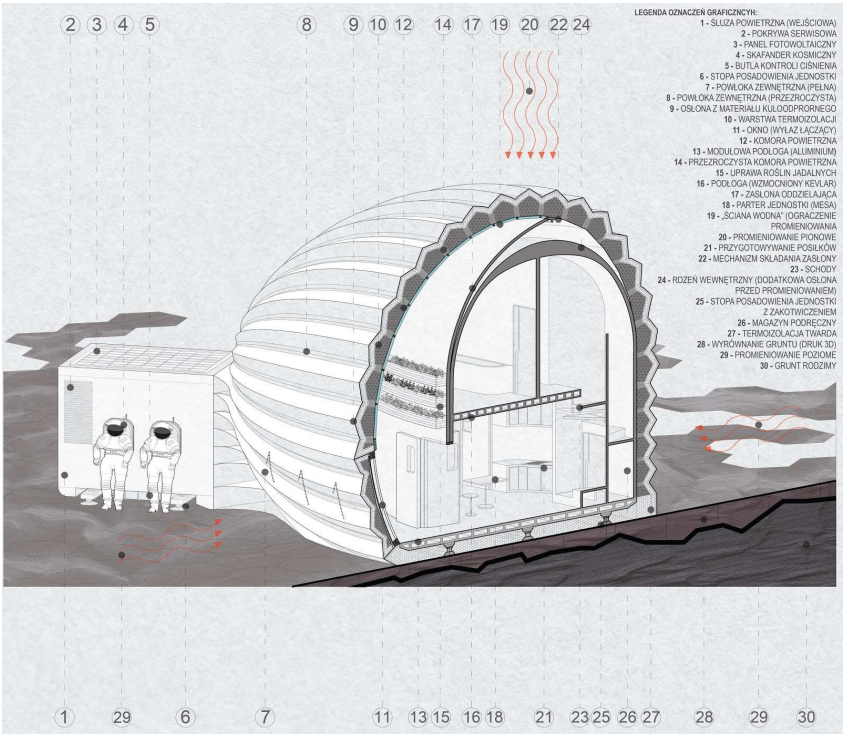
Schemat ukazujący etapy instalacji poszczególnych elementów bazy. 1 – wybór miejsca lądowania modułu załogowego; 2 – wyrównanie terenu za pomocą druku 3D; 3 – instalacja pierwszej jednostki mieszkalnej; 4 – instalacja dodatkowego zbiornika na wodę; 5 – wyposażenie modułu w narzędzia umożliwiające dalszą eksplorację; 6 – stworzenie przekrycia ochronnego z regolitu w technologii druku 3D.

w złożony sposób techniczny. Natomiast infrastruktura jednostki zaopatrzona byłaby w podstawowy zbiornik na wodę oraz system łączenia z dodatkowym zewnętrznym zbiornikiem – obsługującym trzy połączone ze sobą moduły.

Bardzo ważne zadanie będzie miała załoga pierwszej misji, gdyż to ona rozlokuje pierwszą jednostkę mieszkalną, która będzie wyznacznikiem dla kolejnych. Początkowo zapasy będą dostarczane z pokładu statku. W międzyczasie należy znaleźć odpowiednie miejsce do postawienia anten komunikacyjnych, które pozwolą na nawiązanie ciągłego i płynnego kontaktu z Ziemią. W celu zapewnienia dostarczania energii należy w pierwszej kolejności umiejscowić farmę fotowoltaiczną, a następnie niewielkie reaktory jądrowe. Muszą się one znajdować w bezpiecznej odległości od bazy, aby w wyniku awarii nie stanowiły zagrożenia dla ludzi. Kolejnym etapem będzie uruchomienie chemicznego procesu elektroforezy. W pierwszej turze będzie to trzeci filar zapewnienia dostaw energii. Jednak po włączeniu dodatkowej ilości jednostek mieszkalnych stworzony zostanie system, który w pełni zaopatrzy bazę w energię.

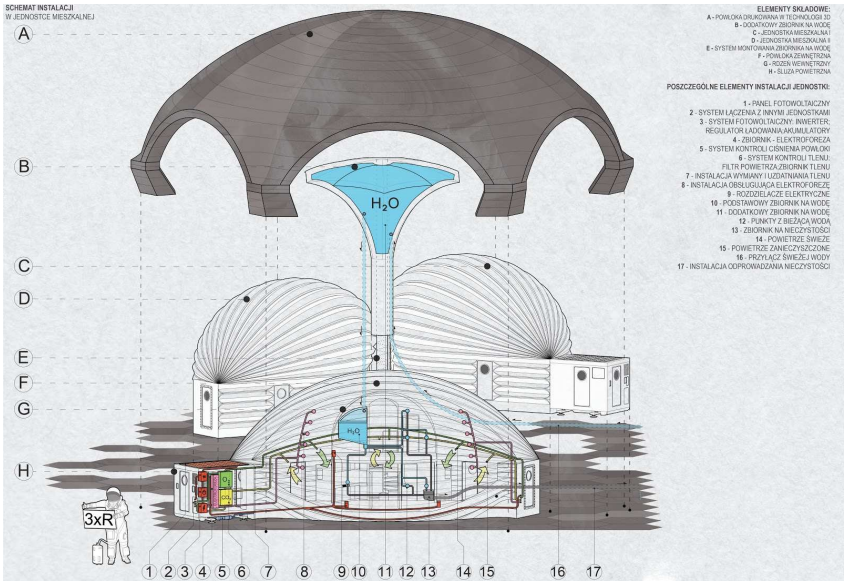
Ważnym wyzwaniem będzie dostarczenie załodze wody, która również początkowo będzie dostarczana z Ziemi. Jednak po odnalezieniu wiecznej zmarzliny, jej stopieniu i oczyszczeniu, ekipa będzie mogła otrzymać wodę pitną. W podobny sposób, po wykonaniu odpowiednich procesów chemicznych, będzie można otrzymać tlen. Oba te wartościowe związki chemiczne po wprowadzeniu w układ instalacyjny będą odpowiednio dozowane oraz oczyszczane. Równocześnie z wykorzystywaniem zapasów, załoga będzie musiała rozpocząć etap hodowli własnych roślin. Proces ten będzie mógł być rozpoczęty zaraz po znalezieniu się statku w przestrzeni kosmicznej. Następnie jego kontynuacja nastąpi na Marsie w poszczególnych jednostkach. Jednak, aby zaopatrzyć w żywność coraz większą liczbę osób, przewiduje się stworzenie modułowej farmy pionowej, która w całości zostanie wykonana w technologii druku 3D.

Będzie ona mogła w oszczędny i wydajny sposób zaopatrzyć całą załogę w pożywienie. Dodatkowo przyczyni się to do stworzenia właściwego ekosystemu w całej bazie.



Przekrój przez podstawową jednostkę mieszkalną: 1 – śluza powietrzna (wejściowa); 2 – pokrywa serwisowa; 3 – panel fotowoltaiczny; 4 – skafander kosmiczny; 5 – butla kontroli ciśnienia; 6 – stopa posadowienia jednostki; 7 – powłoka zewnętrzna (pełna); 8 – powłoka zewnętrzna (przezroczysta); 9 – osłona z materiału kuloodpornego; 10 – warstwa termoizolacji; 11 – okno (wyłaz łączący); 12 – komora powietrzna; 13 – modułowa podłoga (aluminium); 14 – przezroczysta komora powietrzna; 15 – uprawa roślin jadalnych; 16 – podłoga (wzmocniony kevlar); 17 – zasłona oddzielająca; 18 – parter jednostki (mesa); 19 – "ściana wodna" (ograniczenie promieniowania); 20 – promieniowanie pionowe; 21 – przygotowywanie posiłków; 22 – mechanizm składania zasłony; 23 – schody; 24 – rdzeń wewnętrzny (dodatkowa osłona przed promieniowaniem); 25 – stopa posadowienia jednostki z zakotwiczeniem; 26 – magazyn podręczny; 27 – termoizolacja twarda; 28 – wyrównanie gruntu (druk 3d); 29 – promieniowanie poziome; 30 – grunt rodzimy.

W celu jak najlepszego funkcjonowania bazy przewiduje się, aby działała ona zgodnie z zasadą "3R" (Reduce, Reuse, Recycle – Ograniczaj, użyj ponownie, odzyskuj) [1]. Oznacza to ograniczenie ilości powstających odpadów i zanieczyszczeń. Produkty i usługi spełniające podstawowe potrzeby wytwarzane będą przy minimalnej absorpcji zasobów naturalnych, ale także tych toksycznych. Produkowane śmieci muszą być w pełni biodegradowalne, by mogły stanowić materiał do kolejnego wykorzystania. Dobrym przykładem są opakowania na wodę (Ooho) [2], które po opróżnieniu mogą być zjedzone lub ulegną rozłożeniu w przeciągu kilku dni.



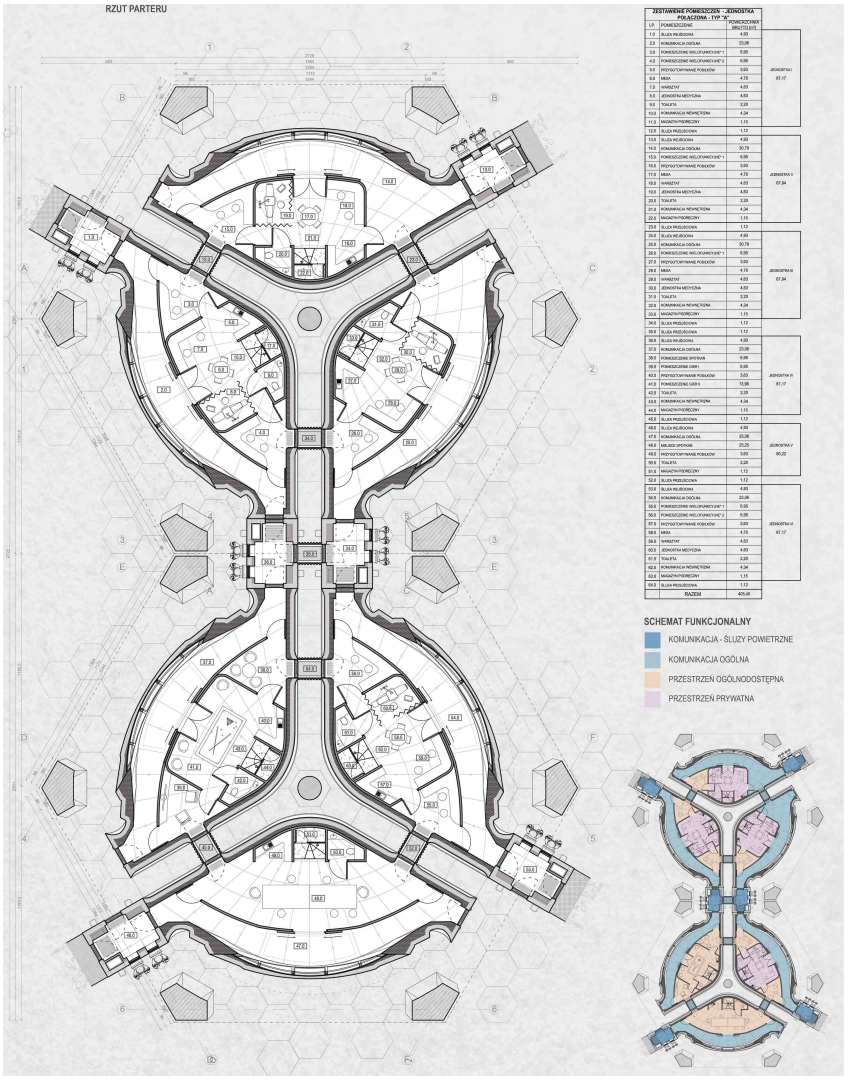
Elementy składowe oraz schemat instalacji w jednostce mieszkalnej. Elementy składowe: A – powłoka drukowana w technologii 3d; B – dodatkowy zbiornik na wodę; C – jednostka mieszkalna I; D – jednostka mieszkalna II; E – system montowania zbiornika na wodę; F – powłoka zewnętrzna; G – rdzeń wewnętrzny; H – śluza powietrzna. Poszczególne elementy instalacji jednostki: 1 – panel fotowoltaiczny; 2 – system łączenia z innymi jednostkami; 3 – system fotowoltaiczny: inwerter, regulator ładowania, akumulatory; 4 – zbiornik–elektroforeza; 5 – system kontroli ciśnienia powłoki; 6 – system kontroli tlenu: filtr powietrza, zbiornik tlenu; 7 – instalacja wymiany i uzdatniania tlenu; 8 – instalacja obsługująca elektroforezę; 9 – rozdzielacze elektryczne; 10 – podstawowy zbiornik na wodę; 11 – dodatkowy zbiornik na wodę; 12 – punkty z bieżącą wodą; 13 – zbiornik na nieczystości; 14 – powietrze świeże; 15 – powietrze zanieczyszczone; 16 – przyłącz świeżej wody; 17 – instalacja odprowadzania nieczystości.

W celu uzyskania powyższych założeń ważne będzie przeprowadzanie badań oraz reakcji chemicznych. Dlatego w początkowych etapach należy zapewnić stworzenie miejsc laboratoryjnych dla badania próbek gruntu marsjańskiego. Dodatkowo przeprowadzane będą tu reakcje chemiczne, które zapewnią podtrzymanie życia załogi.

Należy także umożliwić stworzenie przestrzeni warsztatowej, która pomoże w prawidłowym działaniu całego kompleksu. Wszystkie sprzęty wymagać będą przeglądów i serwisowania, aby mogły prawidłowo działać. Zgodnie z zasadą 3R należy ograniczyć wszystkie usterki i awarie. Zepsuty sprzęt trzeba użyć ponownie, a z zepsutego odzyskać części, które posłużą do naprawy innych.

Już na etapie organizacji misji na Marsa potrzeba zabezpieczyć miejsce do magazynowania. Podobnie, wraz z rozrostem bazy, należy zapewnić obszar w którym składowane będą najbardziej potrzebne rzeczy: żywność, woda, odzież, a także tlen oraz prąd, dzięki którym baza będzie mogła sprawnie funkcjonować.

Jednostka mieszkalna

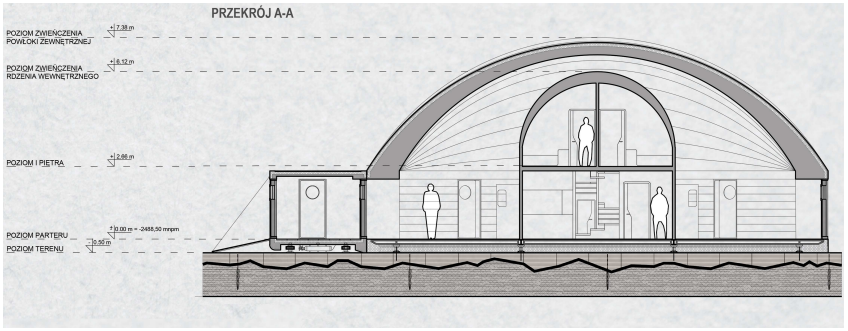


Rzut parteru – łączenie jednostek w większe kompleksy. W prawym dolnym rogu schemat funkcjonalny wraz z obsługą komunikacyjną połączonych jednostek.

Podstawowym elementem jednostki, jest śluza powietrzna, która stanowi główne wejście do obiektu. W niej też mieszczą się najważniejsze elementy infrastruktury technicznej jednostki mieszkalnej. Zewnętrzna powłoka jest nadmuchiwana i jest to przestrzeń niezaopatrzona w wewnętrzny moduł mieszkalny. Po zaaranżowaniu wnętrza do celów mieszkalnych otrzymywane są pomieszczenia:

- Komunikacja ogólna – po połączeniu jednostek stanowi główny ciąg komunikacyjny. Może on być oddzielony od wewnętrznej przestrzeni użytkowej specjalną kurtyną, która dodatkowo stanowi osłonę przed promieniowaniem. Jest to także idealne miejsce do upraw, ponieważ sąsiadująca powłoka zewnętrzna zaopatrzona jest w okno, które umożliwi dostęp światła do jednostki.

- Pomieszczenie wielofunkcyjne – może stanowić dodatkowe uzupełnienie komunikacji ogólnej (po demontażu kurtyny oddzielającej). Dodatkowo niezależnie od potrzeb załogi może to być miejsce badań, wypoczynku, ćwiczeń, lub nawet relaksu.
- Rdzeń wewnętrzny, który wykonany jest z kevlaru. Jego zadaniem jest wydzielenie przestrzeni prywatnej danej jednostki. Jednak jego przewodnią funkcją jest dodatkowa osłona osób w nim się znajdujących przed promieniowaniem. Rdzeń ten składa się przede wszystkim z niezbędnych pomieszczeń użytku codziennego. Jest to między innymi mesa wraz z magazynem podręcznym, warsztatem, niewielką jednostką medyczną, toaletą oraz pionem komunikacyjnym na piętro powyżej. Na piętrze znajdują się prywatne kwatery załogi wraz z dodatkową łazienką i pomieszczeniem technicznym.



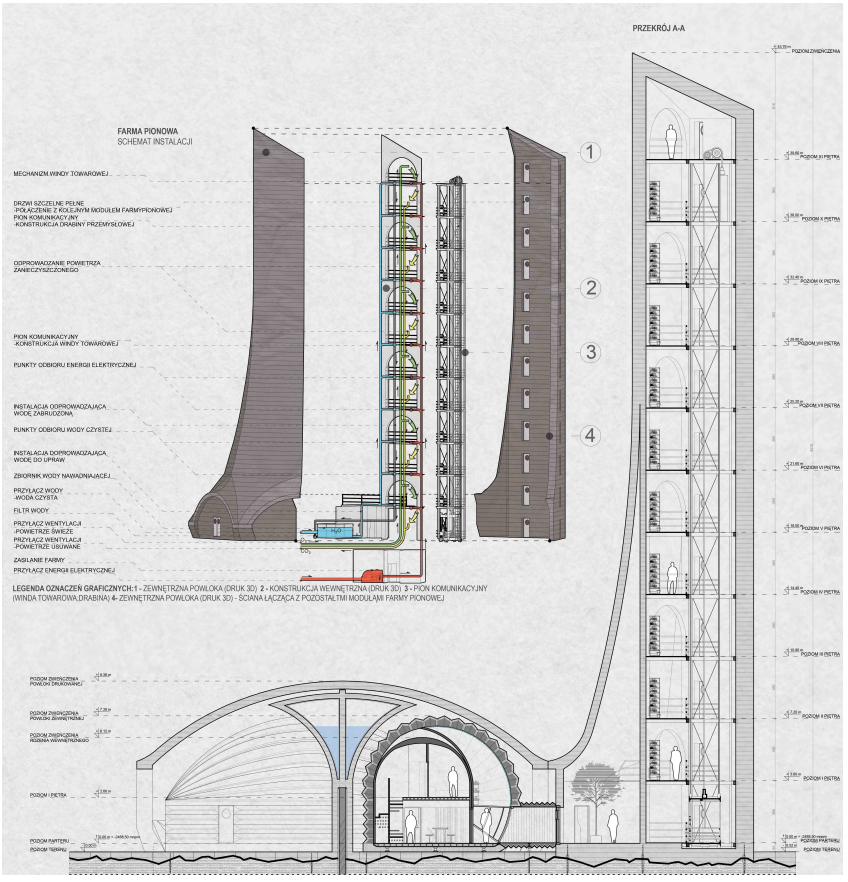
Przekrój przez jednostkę mieszkalną – widoczna powłoka zewnętrzna wraz z rdzeniem wewnętrznym.

Technologia

Modułowa jednostka mieszkalna składa się w skrócie z dwóch elementów konstrukcyjnych. Ze śluzy powietrznej oraz nadmuchiwanej powłoki. Śluza powietrzna wykonana jest z aluminium. Wewnątrz znajdują się wkłady termoizolacyjne oraz instalacja techniczna zapewniające prawidłowe działanie jednostki. Nadmuchiwana powłoka jest konstrukcją złożoną. Składa się przede wszystkim z nadmuchiwanych komór powietrznych, warstw materiału kuloodpornego, izolacji, a także wartych szczególnej uwagi "ścian wodnych". Jest to powłoka wewnętrzna złożona z "kieszeni", w których znajdują się glony. Zabieg ten ma na celu ograniczenie promieniowania z zewnątrz. Dodatkowo ma on się przyczynić się do produkcji tlenu oraz żywności. W ścianach wodnych wykorzystana zostanie technologia pasywna osmozy od wewnątrz z membraną. Główną zaletą stosowania tej technologii jest prostota, modułowość i niskie ryzyko awarii mechanicznej. Ściany wodne, oprócz funkcji podtrzymywania życia, oferują możliwość ekranowania promieniowania.

Kluczową jednostką jest "worek do osmozy od wewnątrz" do usuwania dwutlenku węgla i wytwarzania tlenu. Pojemniki na glony występują w szerokiej gamie materiałów, kształtów i rozmiarów, ale wszystkie mają wspólne obowiązkowe cechy: utrzymywanie glonów w środowisku wodnym, półprzezroczystość w celu wpuszczenia światła i wentylacja w celu cyrkulacji powietrza, z którego glony mają wychwytywać dwutlenek węgla i uwalniać tlen [3].

Dodatkowym uzupełniającym elementem, na który należy zwrócić uwagę, jest powłoka ochronna wykonana w technologii druku 3D. Ma ona za zadanie chronić w pełni załogę kompleksu przed promieniowaniem kosmicznym, burzami piaskowymi, a także niewielkimi ciałami niebieskimi. Głównym składnikiem materiału będzie bazalt, który w dużej ilości występuje na Marsie. Będzie on wymieszany z tworzywem sztucznym – PLA. Jest to tworzywo wykonane z mączki kukurydzianej, więc można je bez przeszkód samemu wytwarzać. Ponadto, bardziej niż bazalt chroni on przed promieniowaniem.



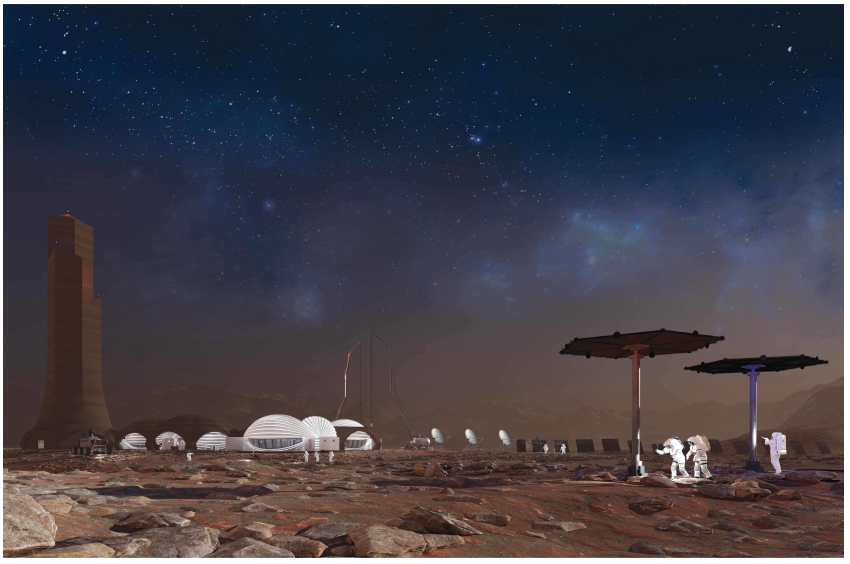
Farma pionowa, która dostarczy żywność kolonizatorom. U góry schemat poszczególnych elementów wraz z infrastrukturą techniczną. Poniżej przekrój przez farmę pionową wraz z jednostkami mieszkalnymi – łączenie przykrycia ochronnego wraz z farmą pionową.

W ramach powiększania się kolonii i jej usamodzielniania ważna jest produkcja żywności. W odpowiednim etapie kolonia będzie musiała uniezależnić się od dostaw z Ziemi i stworzyć własną w pełni funkcjonalną

hodowlę żywności. W tym celu ma powstać farma pionowa, która zaopatrzy cały kompleks w niezbędną żywność. Jej wyciągnięty w pionie kształt ma swoje uzasadnienie. Przede wszystkim jest łatwiejsza do wykonania. Jej wertykalność ma też służyć ochronie upraw przed pionowym promieniowaniem. Dodatkowo również ma pełnić funkcję swoistej dominanty i ma być widocznym obiektem, który ułatwi nawigację w terenie. Winda towarowa oraz drabina wykonane ze stali w początkowym etapie muszą być dostarczone z Ziemi. W późniejszych etapach farmy pionowe w całości zapewnią zapotrzebowanie na żywność dla całej kolonii.

Przedstawione zabiegi mają za zadanie stworzenie zamkniętego środowiska, w którym człowiek będzie mógł bezpiecznie egzystować oraz prowadzić badania. Możliwości modułowości bazy ułatwią jej rozrost, usprawnią funkcjonowanie oraz przyczynią się do łatwiejszego serwisowania poszczególnych elementów. Dodatkowo w zależności od potrzeb można stworzyć większe bądź mniejsze skupiska kolonizatorów.

Gdy uda się stworzyć samowystarczalną kolonię, wraz z infrastrukturą oraz zapleczem technicznym, będzie można przejść do kolejnego etapu – próby terraformacji Marsa. W celu utworzenia w pełni przyjaznych warunków dla życia na powierzchni tej planety.



Widok na cały kompleks pierwszej kolonii na Marsie. W oddali widoczna farma pionowa, jednostki mieszkalne w trakcie druku powłok ochronnych. Za nimi anteny satelitarne oraz farma fotowoltaiczna. Na pierwszym planie, po prawej stronie widoczni astronauci w trakcie serwisowania reaktorów jądrowych.

Literatura

[1] https://lublin.eu/mieszkancy/srodowisko/odpady-i-recykling/recykling-odpadow/zasada-3xr/
[2] https://materialyinzynierskie.pl/ooho-butelka-ktora-mozna-zjesc/
[3] Häuplik-Meusburger S., 2016, Space Architecture Education for Engineers and Architects, Springer

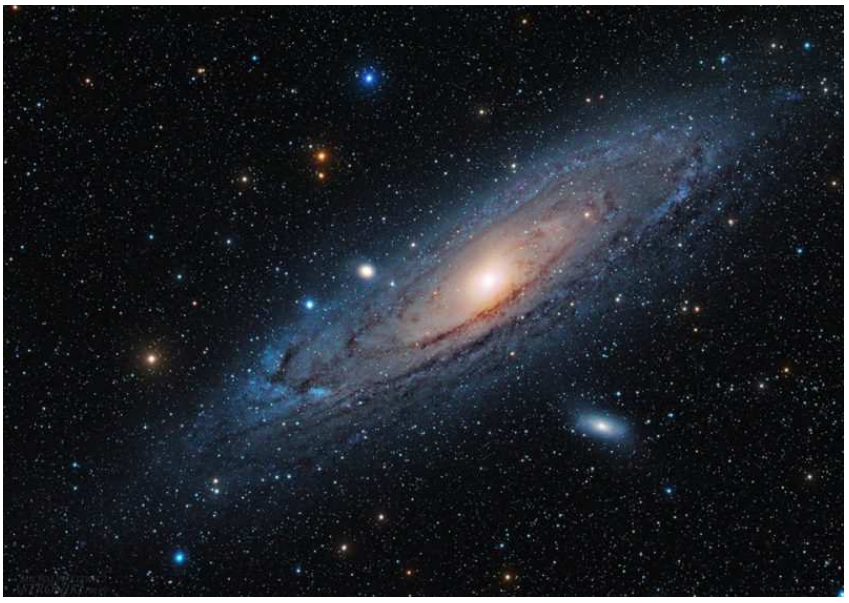
Jak zmierzyć Drogę Mleczną?

Anna Wójtowicz

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego,

Parę słów wstępu

Naszkicowanie mapy Drogi Mlecznej, galaktyki wewnątrz której się znajdujemy wydaje się być bardzo trudnym zadaniem. Powszechnie jednak wiadomo, że jest to galaktyka spiralna podobna do Galaktyki Andromedy. Zatem określenie jej kształtu nie jest zadaniem niemożliwym. Wydaje się, że wystarczyłoby tylko wyznaczyć pozycje i odległość do każdej z gwiazd naszej Galaktyki, a bylibyśmy w stanie łatwo skonstruować jej model.



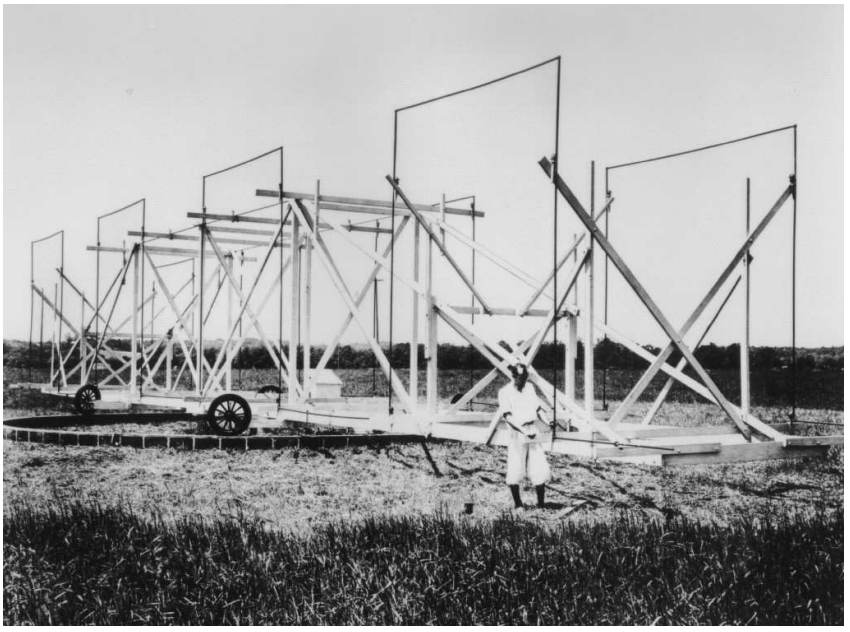
Rysunek 1. Wielka Mgławica Andromedy jest w rzeczywistości najbliższą nam galaktyką, jest to galaktyka spiralna. Uważa się, że nasza Droga Mleczna przypomina ją swoim wyglądem. (*Fot. Michał Nyklewicz znany także jako Astro Niki*)

Zadanie to jednak znacznie utrudnione, a wręcz niemożliwe, zarówno przez obecność pochłaniającego pyłu i świecącego gazu, który przysłania nam pole widzenia uniemożliwiając obserwacje gwiazd znajdujących

się poza nim. Ponadto ze względu na duże odległości i ogromne zagęszczenie gwiazd w centrum Drogi Mlecznej rozróżnienie poszczególnych składników jest znacznie utrudnione (dlatego dla starożytnych Greków Droga Mleczna widziana gołym okiem wyglądała jak rozlane mleko).

Z początkiem XX w. miał miejsce gwałtowny rozwój technologii radiowej. Laboratorium telefoniczne Bella (org. Bell Telphone Labs) badało zastosowanie krótkich fal radiowych, do transatlantyckich połączeń. Karl Jansky pracownik tego laboratorium, wykonując badania szumu statycznego na krótkich falach radiowych, zaobserwował cykliczne wzrosty natężenia sygnału radiowego zdające się pochodzić z każdego kierunku.

Zjawisko to obserwowane było z cyklem około 24 h, więc początkowo Karl Jansky utożsamił ten sygnał z zakłóceniami związanymi z aktywnością Słońca. Jednak po kilku miesiącach kierunek, z którego mierzono maksimum sygnału przestał pokrywać się z pozycja Słońca na niebie. Wtedy też stwierdzono, że za rejestrowany sygnał odpowiedzialna jest nasza Galaktyka.

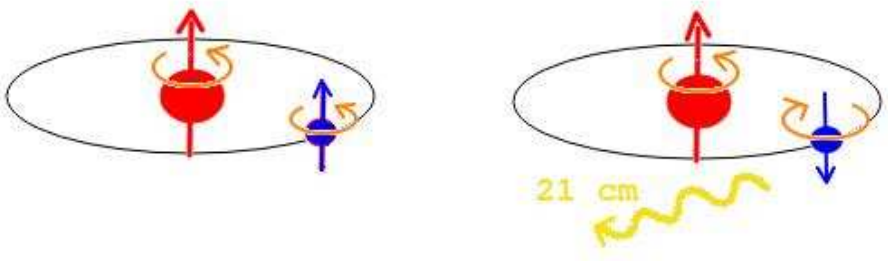


Rysunek 2. Za pomocą takiej anteny Karl Jansky w 1933 r. jako pierwszy dokonał obserwacji Drogi Mlecznej w radiowym zakresie promieniowania. (*Fot. NRAO (National Radio Astronomy Observatory*)

Astronomowie szybko zdali sobie sprawę z doniosłości tego odkrycia. Jednym z nich był duński astronom Jan Oort, zajmował się on badaniem struktury Drogi Mlecznej z wykorzystaniem optycznych teleskopów. Szybko zauważył, że jeśli linie emisyjne mogłyby być wykryte w zakresie radiowym, to dałoby się zaobserwować nawet rejony emitujące

zasłonięte obłokami pyłowymi, są one bowiem dla tak długich fal przejrzyste. Polecił on swojemu studentowi, Van der Hulstowi, sprawdzenie jakich linii emisyjnych należy się spodziewać w zakresie radiowym.

Rozpoczął on swoje badania od atomu wodoru i zauważył, iż w związku z rozszczepieniem orbity elektronu wokół jądra atomowego należy spodziewać się samoistnej emisji promieniowania na linii 21 cm. Rozszczepienie to wynika z oddziaływania spin-orbita i związane jest ze zmianą kierunku spinu elektronu (patrz Rysunek 3). Można spodziewać się samoistnego przejścia pomiędzy tymi orbitami (poziomami energetycznymi) elektronu dla atomu wodoru będącego w stanie podstawowym.



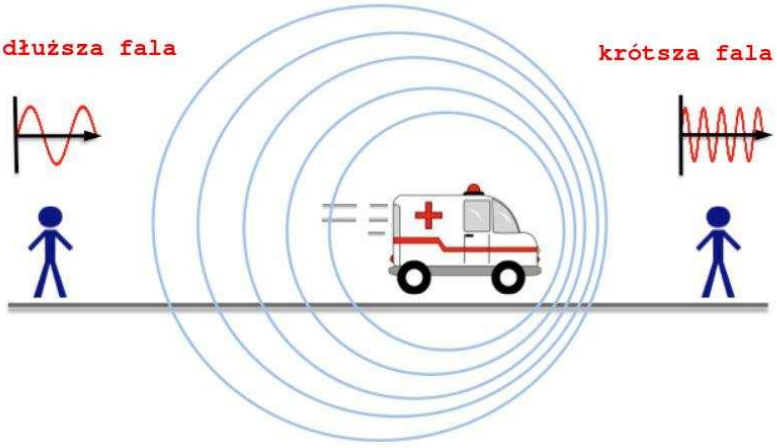
Rysunek 3. Schematyczny rysunek przedstawiający powstawanie linii 21 cm. Elektron (niebieska kulka), krąży wokół protonu (czerwona kulka). Strzałkami zaznaczono kierunek spinu obu cząstek. Atom wodoru znajduje się w stanie podstawowym (rysunek z lewej). Dochodzi do zmiany spinu elektronu, przy czym następuje zmiana jego poziomu energetycznego i emitowany jest kwant promieniowania na linii 21 cm.

Prawdopodobieństwo tego przejścia jest jednak niezwykle małe i dla pojedynczego atomu wodoru w stanie podstawowym zachodzi raz na 10 mln lat. Na całe szczęście wodór jest najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem we Wszechświecie i stanowi, aż 75% całej materii. A jest ona na tyle rozrzedzona, że przeważnie jest on w stanie podstawowym. Po pokonaniu, więc początkowych problemów technicznych, związanych z konstrukcją odpowiedniej anteny udało się zaobserwować wodór neutralny na linii 21 cm już w roku 1951.

Wiemy, że gwiazdy powstają w obłokach gazu wodorowego, jeśli zatem moglibyśmy zaobserwować ten gaz, moglibyśmy też śledzić położenie gwiazd w nim powstałych. W kolejnym rozdziale dowiemy się w jaki sposób obserwując linie wodoru neutralnego możemy stworzyć mapę Drogi Mlecznej i wyznaczyć jej krzywą rotacji, a także odpowiemy sobie na pytanie co z tego wynika?

Trochę teorii, by lepiej zrozumieć obserwacje

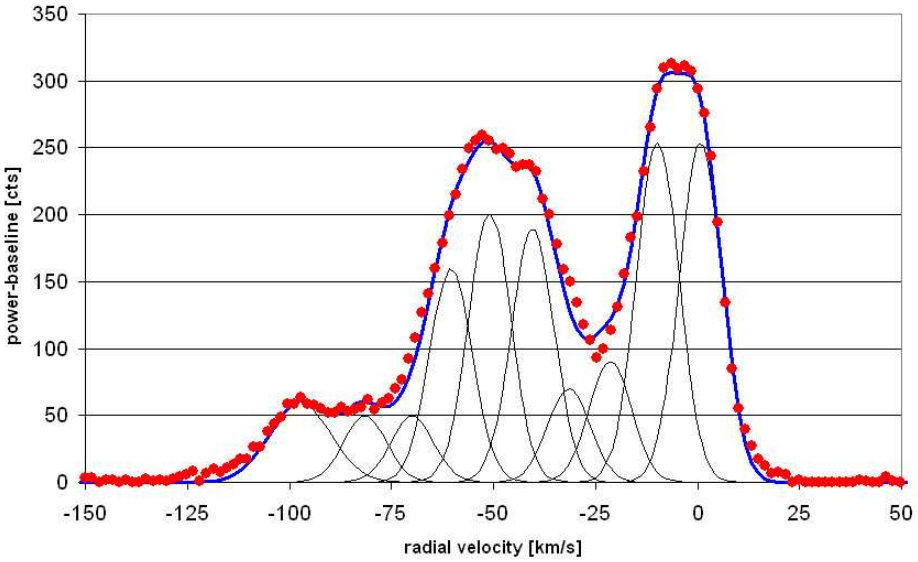
Światło posiada dwoistą naturę, zarówno cząsteczkową, jak i falową. Natura falowa sprawia, że możemy je opisywać używając określenia długość fali. Na skutek istnienia tzw. efektu Dopplera fale emitowane przez obiekt poruszający się w naszym kierunku ulegają skróceniu, a jeśli obiekt ten się oddala ulegają one wydłużeniu (przykład jadąca karetka, patrz Rysunek 4). W związku z tym jeśli promieniowanie jest emitowane przez obiekt zbliżający się do nas będzie ono rejestrowane na falach krótszych (światło bardziej niebieskie), a jeśli się on oddala – na falach dłuższych (światło bardziej czerwone).



Rysunek 4. Ilustracja efektu Dopplera. Karetka zbliżając się do obserwatora sprawia, iż na skutek efektu Dopplera słyszy on emitowany dźwięk jako wyższy w stosunku do dźwięku, jaki by słyszał jeśli karetka spoczywałaby w miejscu. Z kolei obserwator znajdujący się za oddalającą się karetką rejestruje dźwięk niższy.

Jak już wiemy promieniowanie wodoru neutralnego nie jest pochłaniane przez materię na jego drodze. Przeprowadzając zatem obserwacje na linii 21 cm w rzeczywistości odbierzemy sygnał pochodzący z obłoków wodoru neutralnego położonych wzdłuż naszej linii widzenia. Obłoki te mogą posiadać różne prędkości w zależności od tego jak blisko znajdują się od centrum Galaktyki. Zamiast więc zobaczyć jedną linię widmową zobaczymy kilka składników nakładających się na siebie, o różnym przesunięciu ku czerwieni lub niebieskości (patrz Rysunek 5).

Zarówno nasze Słońce, jak i Ziemia, z której prowadzimy obserwacje porusza się wokół centrum Galaktyki. Zatem obserwowane przesunięcie linii odzwierciedla względną prędkość obiektu wzdłuż linii patrzenia (v_r). Aby lepiej zrozumieć ten efekt popatrzmy sobie na Rysunek 6. Widzimy



Rysunek 5. Przykład obserwacji w linii 21 cm (wodór neutralny), kolorem czarnym zaznaczono przesunięte dopasowane składniki tworzące profil tej linii. Każda z tych składowych pochodzi z obszaru o innej prędkości i odległości od centrum Galaktyki.

jak Słońce oraz inne ciała poruszają się po okręgach o różnym promieniu wokół centrum Galaktyki C, z różnymi prędkościami. Aby zdefiniować prędkość względną należy zrzutować prędkość obiegu Słońca i obłoku na kierunek wzdłuż linii widzenia (szara strzałka).

Aby zrzutować prędkość obiegu Słońca posłużymy się prostymi przekształceniami algebraicznymi oraz zauważmy, że z podobieństwa trójkątów TCS oraz wyznaczonego przez wektor V_0 i punkty P, S wynika równość kątów c oraz l. Możemy zapisać zatem, że zrzutowana prędkość Słońca wynosi: $V_0 \sin l$.

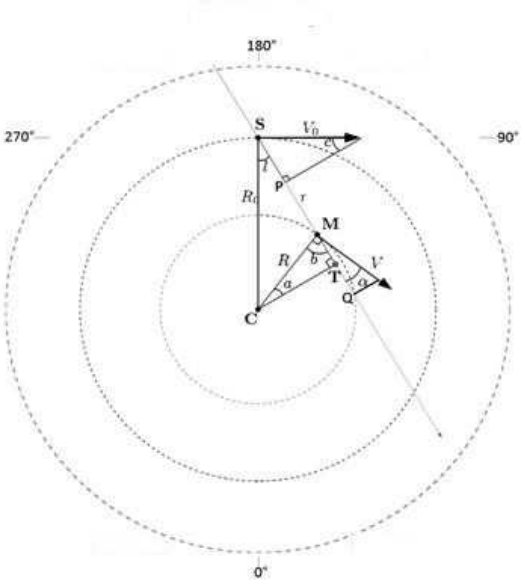
Analogicznie postępujemy wyznaczając zrzutowaną prędkość obłoku jako: $V \cos \alpha$. Przedłużając wektor V rozważając kąt SMT możemy zauważyć, że dostajemy równość: $\pi = \alpha + 0.5\pi + 0.5\pi - a$, z równania tego wynika, że kąt $\alpha = a$.
Możemy zapisać prędkość względną obłoku, jako:

$$V_r = V \cos a - V_0 \sin l$$

Zauważmy, że $\cos a = \frac{CT}{CM} = \frac{CT}{R}$ oraz $\sin l = \frac{CT}{CS} = \frac{CT}{R_0}$. Zatem możemy zapisać:

$$V_r = V \frac{R_0}{R} \sin l - V_0 \sin l$$

Gdzie we wzorze tym prędkość liniowa Słońca jest znana i wynosi 220 km/s, a odległość Słońca do centrum Drogi Mlecznej wynosi $R_0 =$



Rysunek 6. Schematyczny rysunek płaszczyzny Galaktyki. Literą C oznaczono pozycję jej centrum, S- oznacza pozycję Słońca, M- dowolny obłok wodoru, poruszający się z prędkością V w odległości R wokół centrum C. Słońce znajduje się w odległości R_0 i porusza się wokół centrum z prędkością V_0.

8.5 kpc (1pc=$3.09 \cdot 10^{16}$m). Z kolei kąt l nazywamy długością galaktyczną i jest to kąt, którego wierzchołek stanowi pozycja Słońca. Wyznaczony jest on przez kąt jaki tworzy kierunek ku centrum Drogi Mlecznej z kierunkiem do obłoku.

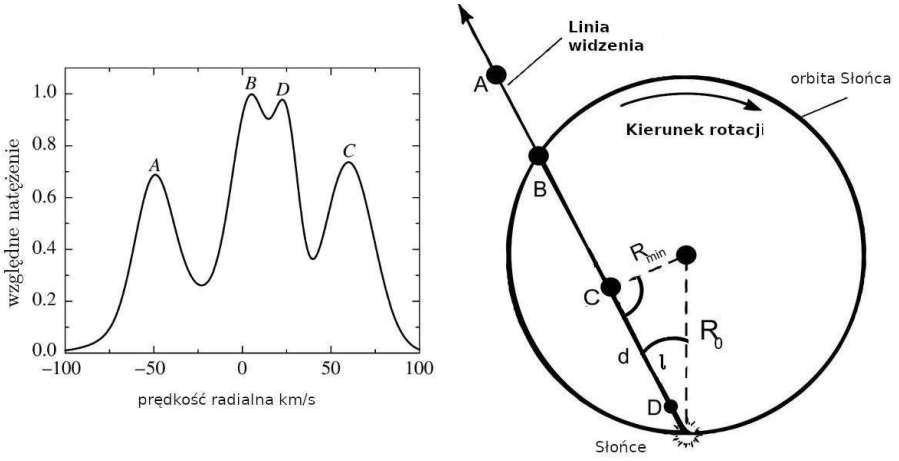
Obserwując zatem względne przesunięcie linii i znając kąt l możemy wyznaczyć odległość obłoku od centrum Galaktyki, jeśli tylko możemy zmierzyć prędkość obłoku V. Wykonując dużo takich obserwacji możemy zatem również wyrysować mapę Galaktyki.

Krzywa rotacji Galaktyki

Teraz możemy zająć się kolejnym zagadnieniem, jakim jest wyznaczenie krzywej rotacji Galaktyki. Krzywa rotacji obrazuje zależność prędkości V od odległości od centrum R. Aby ją wyznaczyć należy wykorzystać obserwacje prędkości V_r.

$$V_r = V\frac{R_0}{R}\sin l - V_0 \sin l$$

Z równania tego wynika, że prędkość V_r jest największa wówczas, gdy promień R jest najmniejszy, jeżeli tylko prędkość V narasta monotonicznie z odległością R. Zatem jeśli obserwujemy szereg obłoków wzdłuż linii widzenia, ten o największej prędkości V_r, będzie znajdować się najbliżej centrum Galaktyki (zobacz Rysunek 7).



Rysunek 7. Wykres po lewej stronie przedstawia profil zaobserwowanej linii wodoru 21 cm. Literami podpisano maksima dopasowanych profili linii. Na rysunku obok zaznaczono pozycje rejonów emitujących poszczególne linie położonych wzdłuż linii widzenia. Środek okręgu przedstawiającego orbitę Słońca jest zarazem centrum Drogi Mlecznej.

Możemy odczytać z rysunku, że obłok C posiada największą prędkość V_r i wynosi ona ok. 65 km/s. Zauważmy, że w równaniu na prędkość V_r odległość obłoku nie jest znana. Jednak ponieważ obłok C znajduje się najbliżej centrum Galaktyki spośród obserwowanych oznacza to, że linia widzenia jest linią styczną do jego orbity (patrz Rys. 7). Zatem z własności trójkąta prostokątnego wynikają proste zależności trygonometryczne, a mianowicie: $R = R_{min} = R_0 \sin l$.
Podstawiając to to naszego równania na V_r po prostych przekształceniach dostajemy:

$$V = V_r + V_0 \sin l$$

Metoda ta nazywana jest metodą punktu stycznego i można ją stosować w odniesieniu do wewnętrznych części Galaktyki tj. $R < R_0$.

Jeśli wyrysować by otrzymane w ten sposób wartości jako punkty na wykresie $V(R)$ zauważylibyśmy, że prędkość bardzo szybko wzrasta wraz z oddalaniem się od centrum Galaktyki po czym ulega ona saturacji i nie podlega dalej większym zmianom (patrz niebieska linia na Rys. 8). Zgodnie z prawem powszechnego ciążenia możemy zapisać, że siła jaka działa na dowolny punkt o masie m znajdujący się w odległości R od centrum Galaktyki wynosi:

$$F_g = \frac{GM(< R)}{R^2}$$

gdzie G –jest uniwersalną stałą grawitacyjną, a $M(< R)$- oznacza masę zawartą wewnątrz okręgu o promieniu R.

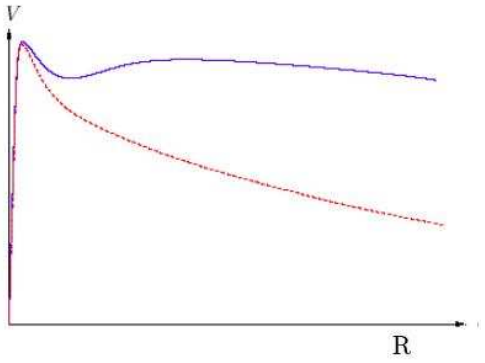
Z kolei zgodnie z drugim prawem Newtona, możemy przyrównać siłę ciążenia do siły powstałej na skutek poruszania się obiektu po orbicie kołowej z prędkością V, i otrzymamy:

$$\frac{GM(< R)}{R^2} = ma = \frac{mV^2}{R}$$

Zatem łatwo zauważyć, że kwadrat prędkości V^2 rośnie liniowo ze zwiększającą się masą i spada wraz ze wzrostem odległości.

W naszej Galaktyce większość materii skupiona jest w centrum, dalej ulega ona przerzedzeniu. Zatem spodziewalibyśmy się, że przy obserwacjach prędkość będzie bardzo szybko narastać, by w miarę oddalania się od centrum Galaktyki znowu zacząć spadać zmierzając do zera w nieskończoności (czerwona linia na Rysunku 8). Jak już zaznaczyliśmy, tak się jednak nie dzieje.

To dziwne zachowanie tłumaczone jest obecnością materii, której nie widzimy, a która zdaje się rozciągać na obrzeżach Galaktyki tworząc tzw. rozległe halo. Materia ta, ze względu na swój enigmatyczny charakter, nazwana została ciemną materią. Astronomowie po dziś dzień starają się obserwacyjne potwierdzić istnienie tej materii, jak i również zbadać z jakich cząstek się ona składa. Szacuje się, że we Wszechświecie jest jej ponad pięć razy więcej, w stosunku do znanej nam materii barionowej.

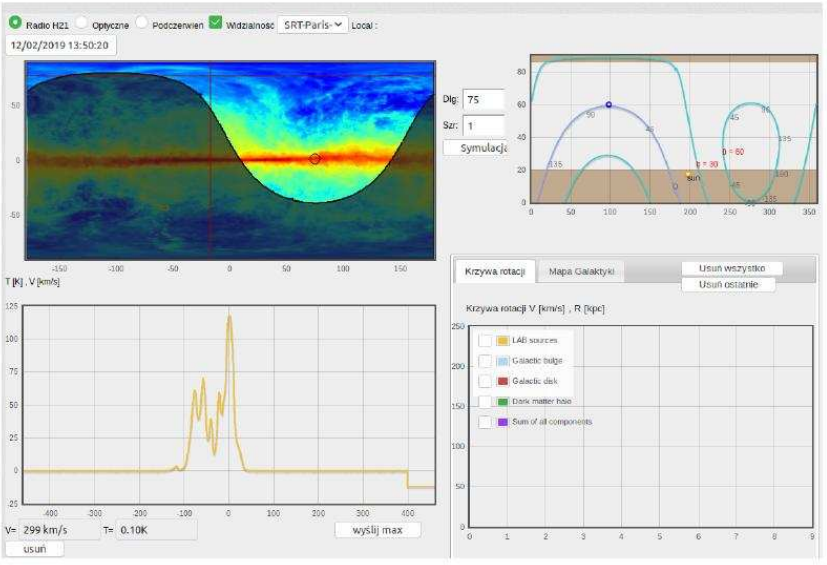


Rysunek 8. Krzywa rotacji galaktyki. Czerwona linia oznacza przewidywaną krzywą rotacji wynikającą z praw dynamiki Newtona, niebieska linia- obserwowana krzywa rotacji, wynikająca z oddziaływania ciemnej materii.

Teraz także czytelnik może przeprowadzić samodzielnie takie obserwacje i zbadać krzywą rotacji korzystając z teleskopów projektu Hands on Universe. Wystarczy tylko, że będzie postępować zgodnie z instrukcją zamieszczoną poniżej.

Przygotowanie do pierwszych obserwacji

Zanim przeprowadzimy nasze pierwsze samodzielne obserwacje Drogi Mlecznej za pomocą naszego radioteleskopu, warto nauczyć się, z wykorzystaniem symulatora prawdziwych obserwacji, jak taka analiza przebiega. W tym celu należy otworzyć stronę http://euhou.obspm.fr/public/simu.php. Zobaczymy ekran podobny do pokazanego poniżej.



W prawym górnym ekranie widoczna jest mapa, we współrzędnych galaktycznych, emisji wodoru neutralnego (linia 21 cm). Mapa powstała w ramach przeglądu Leiden/Argentine/Bonn tzw. LAB (Kalberla, P.M.W. et al. 2005). Kolor czerwony oznacza rejony największej intensywności emisji, a niebieski najmniejszej. Płaszczyzna galaktyki widoczna jest jako czerwony pas. W zacienionym obszarze znajdują się rejony Drogi Mlecznej, których nie jesteśmy w stanie zaobserwować z wykorzystaniem danego teleskopu (teleskopy można zmieniać w okienku koło przycisku **Widoczność**).

Aby uzyskać pomiary z danego obszaru galaktyki należy najechać na niego kursorem i kliknąć. Pojawi się wtedy czarne kółko; jest to obszar Galaktyki, który obejmą nasze obserwacje. Po kliknięciu klawisza **Symulacja** pod mapą emisyjności pojawi się widmo danego rejonu. Najeżdżając kursorem na ekran z widmem, pojawi się czerwona linia, a poniżej wyświetlą się wartości zmierzonego w tym punkcie sygnału. Wartość **V=** i **T=** odpowiadają odpowiednio prędkości obłoku i temperaturze (odpowiadającej natężeniu promieniowania dla zmierzonej wartości prędkości w jednostkach radioastronomicznych).

Zaznacz kliknięciami szczyty linii poczynając od tej z największą prędkością (najbardziej z prawej), następnie kliknij **wyślij max**. Z prawej strony, na wykresie prędkości (oś x) do odległości od centrum Galaktyki (oś y), pojawi się punkt. Odpowiada on wyznaczonej prędkości i odległości obłoku o maksymalnej prędkości. Dodatkowo klikając na klawisz z napisem **Mapa Galaktyki** zobaczyć możemy wyznaczoną pozycję obłoków odpowiadającym zaznaczonym szczytom linii, w punkcie (0,0) znajduje się centrum Drogi Mlecznej. Procedurę tę powtarzamy kilkukrotnie, uzyskując w ten sposób zarówno krzywą rotacji, jak i mapę naszej Galaktyki.

Aby przeprowadzić analogiczne **samodzielnie obserwacje** należy utworzyć konto korzystając z formularza dostępnego na stronie: http://euhou.obspm.fr/public/register.php. Po tym jak nasze konto zostało utworzone, możemy zarezerwować czas na danym teleskopie. W tym celu należy otworzyć zakładkę **Obserwacje** i wybrać jeden z dostępnych radioteleskopów, na którym chcielibyśmy przeprowadzić obserwacje oraz zaznaczyć interesujący nas wolny termin. Teraz pozostaje nam tylko czekać na odpowiednią godzinę.

Obserwację i analizę przeprowadzamy analogicznie do wykonywanych za pomocą symulatora. Tym razem dodatkowo będzie widoczne wideo, na którym zobaczymy jak nasz teleskop się porusza ustawiając się na wybrany punkt (UWAGA! Może to zająć kilka minut).

Pozostaje życzyć powodzenia i owocnej nauki.

Literatura

[1] Notatki własne
[2] strona National Radio Astronomy Observatory https://www.nrao.edu
[3] strona projektu Hands On Universe i zamieszczone tam materiały http://euhou.obspm.fr/public/

Siła Coriolisa

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Czym jest przyspieszenie (siła) Coriolisa pozornie wiedzą wszyscy. Kto nie uczył się na lekcjach geografii w szkole podstawowej o nierównomiernym podmywaniu brzegów rzek? Wiele osób miało okazję powtórnie uczyć się o tej sile na lekcjach fizyki. Niektórzy uczyli się też o niej na zajęciach z astronomii. W wielu miejscach w Polsce i w świecie demonstruje się dla publiczności wahadło Foucaulta, które ma dowodzić istnienia i działania siły Coriolisa. Czy to nie wystarczy? Czy jeszcze czegoś więcej można oczekiwać od powszechnej edukacji w tym względzie?

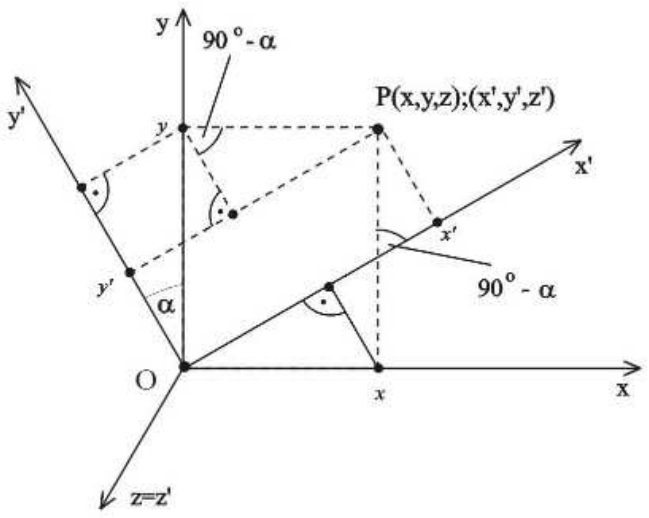
Uczyłem i ja o tej sile w swojej karierze akademickiej. Tysiące studentów w Uniwersytecie Jagiellońskim i setki w Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Znam problem z autopsji. Okazuje się, że wcześniejsza, niepełna, wiedza o czymś często blokuje studenta na przyjmowanie wiedzy pełniejszej czy kompletnej na dany temat. Istnieje w podświadomości studentów jakiś rodzaj uprzedzenia do tego co znów powraca, a było kiedyś nie do końca zrozumiałe. Często trudno nie poddać się wrażeniu, że ta wcześniejsza (niepełna, pozorna) edukacja ma wartość ujemną. Łatwiej byłoby bowiem na studiach uczyć niektórych rzeczy od zera! Jest tak z siłą Coriolisa, ale nie tylko.

Pytałem wielokrotnie swoich studentów na ćwiczeniach i na egzaminach o przyspieszenie Coriolisa. Nawet jak znali wzór i potrafili go użyć dla rozwiązania niektórych zadań, to na ogół mieli problem z odpowiedzią na pytanie, czy przyspieszenie Coriolisa działa na samolot, na statek kosmiczny, na gwiazdy i galaktyki. Dla mnie był to przejaw kompletnego braku zrozumienia istoty tego przyspieszenia i powodem do frustracji jako nauczyciela. Doszedłem do wniosku, że dopiero samodzielne wyprowadzenie wzoru na to pozorne przyspieszenie daje stosowny wgląd w problem. Podaję zatem poniżej fragment swojego akademickiego wykładu, jako przewodnik dla samodzielnego powtórzenia wywodu prowadzącego do wzoru na przyspieszenie Coriolisa. I choć tu rzecz dotyczy

jednego, można rzec przykładowego, zagadnienia, to chciałbym żeby czytelnik (zwłaszcza edukator) zobaczył w tym też ogólniejszą, skuteczną i owocną metodę przekazywania wiedzy – skupioną na istotę problemu i odwołującą się do osobistego zaangażowania studenta.

Że siła Coriolisa jest pozorna, nie oznacza że wiedzy o niej też przystoi być pozorną. Zapraszam zatem do przestudiowania poniższego wywodu.

Rysunek przedstawia dwa układy współrzędnych kartezjańskich zaczepionych w tym samym punkcie O i z uwspólnioną osią Z. Układ inercjalny XYZ (bez przyspieszeń) oraz układ $X'Y'Z'$ wirujący ze stałą prędkością kątową ω wokół osi $Z = Z'$. Kąt α zaznaczony na rysunku wyrazi się wzorem $\alpha(t) = \omega t$. Punkt P obrazuje położenie jakiegoś ciała materialnego.



Znajomość definicji funkcji sinus i cosinus pozwala w oparciu o rysunek zapisać transformację współrzędnych punktu P z układu XYZ do $X'Y'Z'$:

$$\begin{cases} x' = x\cos\omega t + y\sin\omega t \\ y' = -x\sin\omega t + y\cos\omega t \\ z' = z \end{cases}$$

Zakładamy że:
$\vec{v} = (\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}) = constans$ czyli $\ddot{x} = \ddot{y} = \ddot{z} = 0$
Różniczkując powyższe równania po czasie, otrzymamy:

$$\begin{cases} \dot{x}' = \dot{x}\cos\omega t - x\omega\sin\omega t + \dot{y}\sin\omega t + y\omega\cos\omega t \\ \dot{y}' = -\dot{x}\sin\omega t - x\omega\cos\omega t + \dot{y}\cos\omega t - y\omega\sin\omega t \\ z' = \dot{z} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \ddot{x}' = \ddot{x}\cos\omega t - \dot{x}\omega\sin\omega t + \ddot{y}\sin\omega t + \dot{y}\omega\cos\omega t + \omega\dot{y}' = 2\omega\dot{y}' + \omega^2 x' \\ \ddot{y}' = -\ddot{x}\sin\omega t - \dot{x}\omega\cos\omega t + \ddot{y}\cos\omega t - \dot{y}\omega\sin\omega t - \omega\dot{x}' = -2\omega\dot{x}' + \omega^2 y' \\ z' = \ddot{z} = 0 \end{cases}$$

$$\vec{a}' = (2\omega\dot{y}' + \omega^2 x', -2\omega\dot{x}' + \omega^2 y', 0) = (2\omega\dot{y}', -2\omega\dot{x}', 0) + (\omega^2 x', \omega^2 y', 0)$$

Przyspieszenie Coriolisa opisuje zatem wzór:

$$2\vec{v}\times\vec{\omega} = 2\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ \dot{x}' & \dot{y}' & \dot{z}' \\ 0 & 0 & \omega \end{vmatrix} = (2\omega\dot{y}', -2\omega\dot{x}', 0) = \vec{a_c}'$$

Przy okazji zauważmy:

$$(\omega^2 x', \omega^2 y', 0) = \omega^2(x', y', z') = \omega^2\vec{r}' = \vec{a}'_{odśr}$$

Zauważmy, że jest to przyspieszenie odśrodkowe wynikające li tylko z obrotu układu, a nie z faktu, że ciało porusza się po zakrzywionej trajektorii (założyliśmy bowiem na początku, że druga pochodna prędkości po czasie równa się zero).

Siła Coriolisa to nic innego, jak masa (bezwładna) ciała mnożona przez przyspieszenie Coriolisa:

$$\vec{F}_C = 2m\vec{v}\times\vec{\omega}$$

Każdy, kto odtworzy samodzielnie przytoczony wywód (łącznie ze sporządzeniem rysunku) w lot rozstrzygnie gdzie przyspieszenie Coriolisa działa, a gdzie nie. Dozna też radości wewnętrznej z faktu zrozumienia czegoś dogłębnie i zasmakuje w stosowaniu podobnych metod do innych zagadnień.

W ramach konkluzji dodam, że edukacja odpowiedzialna nie chodzi utartymi ścieżkami i zawsze uwzględnia poważny wysiłek ze strony ucznia/studenta. Nic nie usprawiedliwi szkodliwej społecznie edukacji pozornej. Edukować należy realnie i wtedy dopiero można oczekiwać jej zdrowych owoców!



Virginia Trimble (Kraków, 15 października 2011)

Where will your papers spend eternity? Some notes on archiving and legacies

Virginia Trimble[1,2]

[1] Departament of Physics & Astronomy, University of California, Irvine, USA
[2] Queen Jadwiga Astronomical Observatory, Rzepiennik Biskupi, Poland

Scientists' papers, in this context, do not mean only, or even primarily, the items they have published, but, rather, include letters written and received from colleagues (and perhaps friends and family), lecture notes prepared and taken, referees' reports and reviews written and received, minutes of committee meetings and selection panels on which they played important roles, perhaps unpublished autobiographical notes, and even a secondary school report card. That there might be contentious issues in this territory first came to my notice in April, 2014 email from a reporter and feature writer at the Times (London) Higher Education division. He asked for my views and insights on what various scientists have been doing with their own papers and the challenges faced by surviving spouses and children. I sent back some thoughts but received no response, and what appears here is very nearly what I would have written then, if asked. I address legacies of five specific scientists, Albert Einstein, Hugh Everett, Lyne Starling Trimble (my father), Joseph Weber (my husband), and Virginia Trimble, as well as some generic points affecting the legacies of physicists and astronomers.

The Einstein Papers Project, now hosted at the California Institute of Technology under the general direction of expert historian of science Diana Kormos Buchwald, aims to collect absolutely every scrap he wrote or received, originals if possible or copies. These then have been, or will be, collected in chronological order and published or republished, the earlier items fully in hard-bound volumes, later years fully on-line with highlights and indices on paper. Volume 8, for instance, includes non-published material from 1914-18, the world war I years, in the original languages and in English translation, extensively sourced and annotated. New items are still being discovered, for instance a draft of a paper

on a version of steady state cosmology that he abandoned without publishing. Two different discoverers wrote two different papers about the discovery, one of which passed through my hands as an editor.

An intermediate case is that of Hugh Everett, inventor of the "many worlds" interpretation of quantum mechanics, which he called "Relative State" Formulation of Quantum Mechanics (*Reviews of Modern Physics*, 29, 454-462, 1957). Most of his life was spent working on other things, outside of academe. After his death, his papers were in boxes on a loading dock, about to be hauled away for landfill, when someone recognized their importance and pulled them back. He was the subject of a full-length biography a few years ago.

At the other extreme, Lyne Starling Trimble, my father, was quite a good chemist, but a rather bad business man. Some of his thoughts are presented in no-longer-active patents. When he died, contents of both home and office became my problem. He had a great many books – chemistry, physics, photography and motion pictures, color processes for film and other media having been his territory. I offered these first to libraries of chemistry and theater arts at UCLA (his alma mater and where he had taught color cinematography for 25 or 30 years in night school, while holding down day jobs, some as head of his own, small, often insolvent firms). Neither department wanted the books, and indeed one of the libraries sent back the one copy they had of his textbook, *Color in Motion Pictures and Television*, which I thought rather insulting! Shelf space being finite everywhere, my husband and I each allowed ourselves one cardboard box of his books (some of which I've found very useful down to the present). Then I heard of the Chemical Heritage Society, who were just starting up their collection on the history on the chemistry of color. They accepted his books with gratitude.

Next his papers – the lab notebooks, reports to sponsoring agencies, meetings of boards of directors, etc. I had no idea what to do with these. There are historians of color film who could conceivably have been interested, but I didn't really try. The business papers, first of Trimble Laboratories Inc. (c. 1937-1948) and then of Tronetics (1960-1992) were simply too sad to contemplate, as he struggled to keep afloat, including after the US Navy took his lab under eminent domain in 1942, returning it somewhat the worse for wear in late 1945 or 1946 (I was 2 or 3 years old at the time), while also needing to house, feed, and clothe my mother and me, and himself.

The prints of a few films produced by Trimble Labs in Fullcolor: 10

reels of *The Angry God* (about the first eruption of Paricutin volcano) and one each of several cartoons and short subjects. I think I still have these somewhere, and again there are organizations that might be interested, but I've never tried really to find out. And the 1940s acetate films will be tossed when I die.

What about the generic situation? Within American astronomy, the Historical Astronomy Division of the American Astronomical Society has tried HARD for the past few decades make sure that every member of AAS (or long term former member or prize winner) who dies gets at least a short obituary. These used to appear in print in the *Bulletin of the AAS*, but are now just on-line. I was in charge of these for about four years (my own term as vice chair of the Division and the following one, when the incumbent found the task difficult). Mostly there were volunteers to write, and mostly they did what they said they would do, but some people are just too spooked to write about deceased colleagues and the problem of folks who promise to write and then don't remains. The authors are mostly somewhat younger colleagues, students, co-authors, etc. Occasionally there is a son or daughter who is also an astronomer, and a few wives. Indeed I wrote about Joe Weber roughly 9 hours after he died to meet that year's BAAS deadline. A current problem (I recently learned after offering to write about someone who died this summer, and doing so promptly) is that the relevant HAD vice-chair likes to edit things.

The physics case is somewhat different. The community is much larger, and the forum on History of Physics of the American Physical Society has made no effort at completeness. *Physics Today* publishes only a very few short obits on paper, and a few more – still short – on line. But at the instigation of the American Center for the History of Physics in College Park MD, while I was chair of FHP, we did attempt to persuade every physicist, upon retiring, to put together a legacy package – a complete CV, a few photographs, and perhaps other highlight papers, and send them to the Niels Bohr Library of ACHP. The project was not a success. Even my own UCI colleagues were not prepared to cooperate. And, when we put an appeal into the APS newsletter, it mentioned only university faculty and government lab people. Louis Lanzerotti of Bell Labs, and a stalwart of FHP, took exception to the omission of industrial labs, blasted us and the project in the APS newsletter, and it really never got off the ground. But I still think it was a good idea.

What is likely to be in an extensive collection of a scientist's papers?

At least three things – what he/she did, what was done to him/her; and items that offer insights or other scientists. Perhaps there is a 4th class – things people wish might be forgotten, as in the following example.

Consider the papers and books of Joseph Weber, who developed and built the first detectors for gravitational radiation, was a pioneer of quantum electronics, and other things. That it was my job to get his papers into the archives at the University of Maryland and his books somewhere was not happy. (He would surely have helped if he had realized that his time on earth was running out). But at least the U Md archives wanted his papers and Niels Bohr Library wanted the books, from both Maryland and California offices and homes. They helped enormously. A woman from the archives came to his office and took "one of everything". The papers from home I had to pack – in 50+ boxes generously provided by Jim Wright at NSF, where FastLane had suddenly produced enormous numbers of empty Xerox paper boxes. And two people came to the Chevy Chase house from the Bohr Library, director Spencer Weart and a strong guy with lots of boxes. We did a sort of relay in which, up in the attic and elsewhere, descending floor by floor, I took things from shelves and piles, handed them to Weart, who passed them on to the guy with the boxes for packing and transport. I had already culled 50 or so of the books I felt I couldn't live without from among Joe's. A minor, less happy, bit – Weber was an alumnus of the US Naval Academy in Annapolis, who had spent some time at the Naval Postgraduate School. A colleague there decided he wanted to arrange a Weber exhibit at the School and asked me to collect suitable items and hand them over at a meeting we would both be attending. I did. But he left the meeting before I could hand over the boxes, and he never asked for them later. He also left me to chair a session that had been his responsibility.

There is a real Weber exhibit at the Hanford station of LIGO, but all I did for that was to give them permission to take one of the multiton aluminum bars that were the gravitional wave antennas, and to give a couple of talks up there when they opened the exhibit. Was LIGO the enemy? Undoubtedly. But Joe always told me I should do what would be best for my own career, and those folks are a significant chunk of the physics community.

From the Weber papers come a couple of examples of things that others might wish to have forgotten (1) a letter from C.H. Townes to Joe, asking for a copy of the paper that he had presented at an IEEE meeting in Canada in 1952 or thereabouts (Weber had talked about

using stimulated emission to produce an amplifier – lasers and masers are the descendants of this idea, for which Townes, Basov, and Prokorov won the 1964 physics Nobel Price). (2) a Christmas postcard, 1970, from Vladimir Braginski in Moscow, on which he wrote that he had "confirmed" Weber's results and looked forward to seeing him in Copenhagen in the summer of 1971, at the 6th international conference on General Relativity and Gravitation. I was at the meeting, had not yet met Weber, and have no memory of Braginsky being there. Weber left in the middle (before a group of us from Cambridge UK could ask about the possibility of the Crab Nebula pulsar as a source) because his first wife had died completely unexpectedly, in the second day of the meeting.

Now consider the V. Trimble papers. The Radcliffe Library at Harvard has among its Charges the preservation of the papers of women scientists. Actually it is called the Schlesinger, and the driver is that the Radcliffe money had had to be tied to women's education somehow after the College folded into the men's university. I spoke in Cambridge MA some time or other in 2004 or 2005, and they asked if they could have my papers. I said yes, and in due course signed some rather complex agreement, which, I suppose, still binds me even now. Some years later, I had completed several extended tasks – running a speakers' bureau for the Einstein wonder-year centenary in 2005, coordinating AAS obituaries; being chair of HAD and FHP, the presidencies of two Divisions of the International Astronomical Union (Galaxies & the Universe; Union-Wide Affairs), and so forth, and decided to start sending things to them. Are the records of earth-shaking importance? No. But when the time came for histories of the IAU, HEAD etc. to be written, the authors (Adrian Blaauw for the IAU; me for HEAD) were awfully glad that relevant records were in the hands of early officers, the IAU secretariat, etc.

Well, Radcliffe rejected the first two boxes of things I sent, calling them "membership lists". Indeed there were the lists of folks who had volunteered for the speakers' bureau, institutions that had asked for speakers, including a few of the historically black colleges, folks who had agreed to write or refused to write obituaries, and so forth – interesting facts about them anyhow – but not "membership lists". They sent it all back, compressed into a single box that was damaged en route, which now sits under a chair in my office. They said they wanted my baby book. Yeah, There is one, but I'm not in a hurry to send it.

There are items of arguable scientific historical interest scattered

through my folder called "love letters and precious souvenirs; science letters", for instance H.D. Babcock explaining why he gave up on extragalactic astronomy and returned to solar physics; a letter from Richard Feynman signed "with a cautious measure of real love", the letter of admission to Caltech suggesting I might be happier elsewhere (but I went there anyhow); a letter from Glenn T. Seaborg (discoverer of many trans-Uranic elements) to me mentioning that he and my father had been classmates and friends at UCLA back in the 1930s; a letter from Fred Hoyle dealing with the vexed issue of whether star formation could be an ongoing process as perceived in the early 1950s.

So for the moment, I have given up on "the Trimble archives" and am carrying on with teaching, reading, writing (some history of science, some scientometrics, occasional new astrophysics, reviewing books, giving talks at conferences and for community groups, being part of various committees of various organizations, and whatever else we scientists do that results in papers (or, increasingly, e-papers) or, as the late Prof. Raymond Arthur Lyttleton of Cambridge put it, "we earn a precarious living by going to each others' seminars".

And no, I haven't even sent a "retirement package" to the Bohr Library, if only because I haven't yet retired, US laws on these matters being less restrictive that some European ones. And now, it is time for anyone who is reading this to think about where your papers will be archived!

Część trzecia

(naukowa)



Wschód Słońca nad Morzem Czarnym w Odessie.

Highlights of recent research in the Odessa branch

Ivan L. Andronov

Department of Mathematics, Physics and Astronomy,
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

Abstract

We report on some recent results on investigation of variable stars of different types and on new algorithms for computer modeling.

The studies of our group are carried out according to the formal project "Inter-Longitude Astronomy" (ILA), which consists of concrete studies of variable stars and their groups based on temporary working groups, often in collaboration with astrophysicists from Poland, Slovakia, Korea, USA, Czechia, Hungary, Greece and other countries. We carry out photometric and polarimetric monitoring of selected objects, and analyze our data as well as available observations from ground-based and space observatories. The first report was published in 2003 [1]. Further reports were presented in 2010 [2] and 2017 [3]. Our group continues the scientific school of prof. Vladymir P. Tsesevich (1907 - 1983) [4, 5]. The studies are related to the projects "Ukrainian Virtual Observatory" [6, 7] and "AstroInformatics" [8].

The main directions of recent studies are listed below.

- Polar: photometric and polarimetric studies of a cataclysmic variables at different degrees of influence of magnetic field onto accretion – classical (AM Her, QQ Vul, V808 Aur), asynchronous (BY Cam, V1432 Aql) and intermediate polars (FO Aqr, MU Cam, V1343 Her, V2306 Cyg, V405 Aur, AO Psc, EX Vul, BG CMi, PQ Gem).
- Cataclysm: outbursting intermediate polar = magnetic dwarf nova DO Dra; nova-like variables TT Ari, MV Lyr, BZ Cam (non-eclipsing), DW UMa, BH Lyn, PX And.

- Eclipser: eclipsing binary systems of different classes (EA, EB, EW), including the systems with (migrating) bright and hot spots and a new class of "Extreme Direct Impactors" (V361 Lyr, V549 Cam).
- Newbees: new variable stars of all types.
- Symbiosis: symbiotic stars with pulsation and orbital variability.
- Stellar Bell: Semi-regular; Mira-type; RV Tau – type; RR Lyr-type; δSct-type.
- Astroinformatics: improvement of own software: MCV, NAV, MAVKA and the data analysis of own observations and/or published data.

In the "Stellar Bell" direction [9], there were two reviews published recently on semi-regular variables [10] and on RV Tau – type stars [11, 12]. They discuss a progress since previous review [13]. Beyond the studies of the phase light curves of the Mira-type stars using trigonometric polynomial of statistically optimal order, [14, 15] compiled an atlas and catalogue of the "trajectories" of the light curves at the "brightness-derivative" plane, similar to study of the chaotic systems. Continuing studies of a group of 173 semi-regular variables [16] on new observations published in the AFOEV international database [17], the multi-component variability of some best-observed stars was analyzed.

A parameter of sinusoidality is introduced, which is equal to the ratio of effective semi-amplitudes of the signal determined from a sine fit and the running parabola scalegram. The photometric period of DY Per has switched from P=$851^d.1\pm4^d.1$ to P=$780^d.5\pm2^d.7$ after JD $2454187\pm9^d.0$ This object is intermediate in photometric behaviour between the SRb and RCRB stars, as shows either pulsations, or weakenings. It may represent a new "DYPer" class of variables. [18].

RY UMa shows a drastic cyclic change of semi-amplitude of pulsations between $0^m.01$ to $0^m.37$, which is interpreted as a bias between the waves with close periods and a beat period of 4000^d (11yr). The dominating period has changed from $307^d.35(8)$ before 1993 to $285^d.26(6)$ after 1993. The initial epoch of the maximum brightness for the recent interval is 2454008.8(5). Hereafter, the numbers in brackets are error estimates in units of the last decimal digit of the parameter. It is suggested that the apparent period switch is due to variability of amplitudes of these two waves and an occasional swap of the dominating wave [19].

Z UMa shows two close pulsation periods $P_1 = 188^d.88(3)$, $P_2 = 197^d.89(4)$ and their harmonics $P_3 = P_1/2$, $P_4 = P_2/2$. Some methodology is in more detail. The corresponding semi-amplitudes are $0^m.585$, $0^m.092$, $0^m.186$, $0^m.216$ with a statistical error estimate $\sim 0^m.005$. Initial epochs are 2454008.6(3), 2453925.2(8), 2453893.4(8), 2453987.5(3). Small formal statistical errors assume statistically independent deviations of the points from the approximation, and are small due to a very large number of observations. The r.m.s. accuracy of the 4-period approximation $\sigma[x_C] = 0^m.010$. However, the value $\sigma_{O-C} = 0^m.377$ is much larger than $\sigma_{O-C} = 0^m.12 ... 0^m.25$ (median value $0^m.19$), which correspond to local approximations of the data near extremum using the software MCV [20]. So, individual pulsation cycles, beyond beat cycles, show significant aperiodic component of variability [21].

A large review "Development of Equipment and Techniques of the Polarimetric Method as an Effective Method of Astrophysical Research" was published in two parts by S.V.Kolesnikov [22, 23]. He discussed the history of methods of polarimetrical research and new improvements for new types of receivers of emission. The last part of the paper briefly describes the methods and their results, which allowed the Crimean Astrophysical Observatory to get a top leading position in the world astronomical polarimetry. Since 1989, the author has got an unprecedented series of observations of cataclysmic variables, mainly classical and intermediate polars, asteroids and comets. The original papers are a significant part of the publications included in the project, which was awarded by a State Prize of Ukraine. The review is devoted to the memory of Nickolay Mikhaylovich Shakhovskoy (1931-2011) and Yuriy Sergeevich Efimov (2011) patriarchs of the Soviet and Ukrainian polarimetry, with whom S. V. Kolesnikov started this unprecedented monitoring.

Since 2009, V. V. Breus carries out monitoring of rotational evolution of magnetic white dwarfs in intermediate polars [24-26]. The observations were carried out mainly in the Astronomical Observatories in Hlohovec and Kolonica (Slovakia), in the Astronomical Observatory of the Jagiellonian University in Krakow/Cracow. Using data taken during 9 years of photometric monitoring of the magnetic cataclysmic variable V2306 Cygni (formerly known as 1WGA J1958.2+3232), the spin period variability was detected, which shows a spin-up the white dwarf with a characteristic time of $(53 \pm 5) \cdot 10^4$ years. The value of the spin period was 733.33976(15) seconds. The value of the orbital period of the system was derived and improved to be 4.371523(9) hours [27].

The software was improved for more complex cases. V. V. Breus has developed the software FVSE (Flexible Variable Star Extractor) for detection of variable stars using CCD photometry. It works with the "varfind data" that could be exported after processing CCD frames using C-Munipack. The goals are the maximum automation and support of large fields of view with thousands of stars. The program chooses the comparison stars automatically, processes all time series using multiple comparison stars to get final light curves. Different filtering algorithms are used to reduce the impact of outlying points, imaging artifacts and low quality CCD frames without careful manual time series reduction. There were implemented various variable detection indices and plotting two-channel diagrams of selected pair of indices and mean brightness of the star to distinguish variables from constant stars for further manual check of outlying points as variable candidates [28, 29].

K. D. Andrych and I. L. Andronov [30] introduced the software MAVKA for determination of characteristics of extrema using observations in adjacent data intervals, with intended applications to variable stars, but it may be used for signals of arbitrary nature. Altogether, 11 types of functions are implemented (totally, 21 different approximations). The variety of methods allows to choose the "best" (statistically optimal) approximation for a given data sample. As the criterion, we use the accuracy of determination of the extremum. For all parameters, the statistical errors are determined. The methods are illustrated by applications to observations of pulsating and eclipsing variable stars, as well as to the exoplanet transits.

The methods implemented in the program were described in [31-33, 21]. The program was applied for the stars of different types: symbiotic [34] and eclipsing binaries, for which numerous studies were carried out by D. Tvardovskyi [35-38].

The program may be used for studies of individual objects, also using ground-based (NSVS, ASAS, WASP, CRTS et al.) and space (GAIA, KEPLER, HIPPARCOS/TYCHO, WISE, TESS et al.) surveys.

A special study was carried out on the statistical properties of the parameters of the Least squares model. The classical approach was based on the Fischer's information matrix. Andronov [39] improved the formulae for more general case of the scale and shift dependent weight function. Recent computer approach is to use the bootstrap algorithm, i.e. making numerous artificial data sets by filling it with the data from the initial data by choosing them randomly. This is discussed in more

detail in [40]. The method improves the Morlet-type wavelet analysis, which was previously applied e.g. by [41]

The net of complementary methods of data analysis should be used to study different types of variability.

References

[1] Andronov I. L. et al., 2003, Astronomical and Astrophysical Transactions, 22, 793

[2] Andronov I. L., 2010, Odessa Astronomical Publications, 23, 8

[3] Andronov I. L. et al., 2017, ASPC 511, 43

[4] Andronov I. L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 252

[5] Andronov I. L., 2017, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2018, 14, 177

[6] Vavilova I. B. et al., 2012, Kinematics and Physics of Celestial Bodies (in Russian), 28, 59

[7] Vavilova I. B. et al., 2012, Space science and technology (in Russian), 17, 74

[8] Vavilova I. B. et al., 2017, Proc. IAU 12, S325, 361

[9] Andronov I. L., Marsakova V. I., Kudashkina L. S., Chinarova L. L., 2014, Advances in Astronomy and Space Physics, 4, 3

[10] Kudashkina L. S., 2019, Astrophysics, 62, 623

[11] Kudashkina L. S., 2019, arXiv preprint arXiv:1912.08069

[12] Kudashkina L. S., 2020, Annales Astronomiae Novae, 1, 199

[13] Kudashkina L. S., 2003, Kinematics and Physics of Celestial Bodies (in Russian), 19,193

[14] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 93

[15] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 2017, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2018, 14, 283

[16] Chinarova L. L., Andronov I. L., 2000, Odessa Astronomical Publications, 13, 116

[17] AFOEV, http://cdsarc.u-strasbg.fr/afoev/

[18] Andronov I. L., Andrych K. D., Chinarova L. L., 2019, arXiv:1912.11470; 2020, Annales Astronomiae Novae, 1, 179

[19] Andronov I. L., Chinarova L. L., 2019, arXiv:1910.08799; 2020, Astronomical and Astrophysical Transactions, 2020, v. 31, No. 4

[20] Andronov I. L., Baklanov A. V., 2004, Astron. School's Rep., 5, 264

[21] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., arXiv:1912.07677; 2020, Journal of Physical Studies, Vol. 24, id. 1902

[22] Kolesnikov S. V., 2019, Journal of Physical Studies, Vol. 23, id. 3901

[23] Kolesnikov S. V., 2019, Journal of Physical Studies, Vol. 23, id. 4901

[24] Breus V. V. et al., 2012, Advances in Astronomy and Space Physics, 2, 9

[25] Breus V. V. et al., 2013, Journal of Physical Studies, 17, 3901

[26] Breus V. V., Andronov I.L., Dubovsky P., Petrik K., Zola S., 2019, Open European Journal on Variable Stars, 197, 8

[27] Breus V. V, Petrík K., Zola S., 2019, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 488, 4526

[28] Breus V. V., 2017, Advances in Astronomy and Space Physics, 7, 3

[29] Andrych K. D., Andronov I.L., 2019, Open European Journal on Variable Stars, 197, 65; arXiv preprint arXiv: 1812.06949

[30] Andronov I. L., 2005, Astronomical Society of the Pacific Conf. Ser., 335, 37

[31] Andrych K. D., 2015, Andronov I. L., Chinarova L. L., Odessa Astronomical Publications, 28, 158

[32] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 57

[33] Savastru S. V., Marsakova V. I., Andrych K. D., Dubovsky P., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 126

[34] Tvardovskyi D. E., Marsakova V. I., Andronov I. L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 135

[35] Tvardovskyi D. E. et al., 2018, Odessa Astronomical Publications, 30, 103

[36] Tvardovskyi D. E., 2019, arXiv preprint arXiv:1911.12415; 2020, Advances in Astronomy and Space Physics, 10, No. 1

[37] Tvardovskyi D. E. et al., 2019, arXiv preprint arXiv:1912.02087; 2020, Journal of Physical Studies, Vol. 24, id. 1901

[38] Andronov I. L., 1997, Astronomy and Astrophysics. Suppl. Ser., 125, 207

[39] Andronov I. L., Kulynska V. P., 2019, arXiv preprint arXiv:1912.13096; 2020, Annales Astronomiae Novae, 1, 167

[40] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 2010, Odessa Astronomical Publications 23, 67

[41] Chinarova L. L., 2010, Odessa Astronomical Publications, 23, 25

Computer modeling of irregularly spaced signals.

Statistical properties of the wavelet approximation using a compact weight function

Ivan L. Andronov, Violetta P. Kulynska

Department of Mathematics, Physics and Astronomy,
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

Abstract

The algorithm of modified wavelet analysis is discussed. It is based on the weighted least squares approximation. Contrary to the Gaussian as a weight function, we propose to use a compact weight function. The accuracy estimates using the statistically correct expressions for the least squares approximations with an additional weight function are compared with that obtained using the bootstrap method.

Introduction

Wavelet transform is a method, which is widely used in science, and in astronomy as well. Typically, in a time series analysis, the argument t_k of a signal x_k (k=1..n) is interpreted as "time". However, it may have another sense in the dependence $x(t)$.

The classical method is based on the analysis of infinite continuous function, so the infinite number of observations (e.g. [1]). In reality, only a limited number of observations is available. In the simplest case, the times are regularly distributed $t_k = t_j + (k-j)\cdot\delta$, ($k, j$=1..$n$), where δ is a time step (time resolution), so the coefficients may be computed using the Fast Fourier Transform (FFT) [2]. Such an algorithm is implemented into some software packages.

Generally, the discrete data are distributed very irregularly, e.g. in photographic, visual or CCD photometric surveys from ground based or space observatories. This challenges oversimplified formulae obtained for infinite data. The corresponding reviews on subsequently increasing number of methods are presented in [3-5].

Basic formulae

The mathematical model for the wavelet analysis of discrete signals with generally irregular times is described by Andronov [6,7]. Contrary to the direct replacement of the integrals (valid for a signal infinite in length) by sums [8], the least squares (LS) version is equivalent to that using orthogonal functions [6, 7 ,9]. The signal to noise ratio SNR may be increased by a factor of many times, if using the least squares method instead of oversimplified formulae [6, 7].

The approximation of the signal is

$$x_C(t) = C_1 - C_2 \cos(C_4 \cdot (t - C_3)), \tag{1}$$

where C_1 – the mean value of the approximation during the period (generally, not coinciding with a sample mean), C_2 – is a semi-amplitude, C_3 – is the moment of time corresponding to minimal value of the approximation, $C_4 = \frac{2\pi}{P} = \omega$ – angular frequency. If the signal is expressed in stellar magnitudes, the minimum of stellar magnitude m corresponds to a maximal intensity I, according to the Pogson's law

$$m = m_0 - 2.5 \lg(\frac{I}{I_0}), \tag{2}$$

where the index 0 corresponds to some standard star (e.g. [10]).

The test function, the minimum of which corresponds to the "best fit" parameters, may be written as [11]:

$$\Phi = \sum_{k=1}^{n} w_k p(u_k)(x_k - x_C(t_k))^2, \tag{3}$$

where $w_k = \sigma_0^2/\sigma_k^2$ – is the weight of the observation corresponding to the accuracy of the measurement σ_k, σ_0 is some positive constant, which is called the "unit weight error", $p(u_k)$ – a weight function, which is dependent on time difference $t_k - t_0$, but not on its accuracy σ_k. It is suitable to express u_k in dimensionless units: $u_k = (t_k - t_0)/P$.

Here t_0 – is the "shift" in the wavelet terminology, i.e. the trial moment of time, for which the approximation is computed. The coefficients C_1 and C_2 may be computed using non-linear LS method, and C_3 and C_4 after some iterations using non-linear LS (differential corrections) and convergence to the values, which minimize the test function Φ.

As the iterations for C_3 may converge not a minimum, but to a maximum, at each iteration, the value of C_3 should be corrected, if needed, by adding/subtracting $P/2$ to be inside the interval from $(t_0 - P/2)$ to $(t_0 + P/2)$.

The Eq. (1) may be rewritten in other forms using variables $u = (t - C_3)/P$ and $\varphi = 2\pi u$ for measuring time in units of the period and in radians, respectively:

$$x_C(t) = C_1 - C_2 \cos(2\pi \cdot (u - u_0)) = C_1 - C_2 \cos(\varphi - \varphi_0), \qquad (4)$$

The weight function used for the Morlet-type wavelet is a Gaussian

$$p(u) = \exp(-c \cdot u^2) = p_\varphi(\varphi) = \exp(-c_\varphi \cdot \varphi^2). \qquad (5)$$

Here c is a non-negative constant, and $c_\varphi = c/4\pi^2$. For $c = 0$, $p(u) = 1$, and the approximation is not dependent on t_0, becoming a "global" one instead of a "local" one. The "classical" value is $c = 1/2$, so $c_\varphi = 1/8\pi^2 \approx 1/80$. Small values $c \ll 1/2$ correspond to weighted asymptotically parabolic approximation

$$x_C(t) = (C_1 - C_2) + (2\pi^2 C_2/P^2) \cdot (t - C_3)^2 = \tilde{C}_1 + \tilde{C}_2 \cdot (t - C_3)^2 \quad (6)$$

with $C_4 \to 0$, $P \to \infty$, $C_2 \to \infty$, $C_1 \to \infty$, as the coefficients of the parabola converge to "normal" values corresponding to $\tilde{C}_1 = x_C(C_3)$ and $\tilde{C}_2 = \ddot{x}_C(C_3)/2$. In this case, no period may be determined.

A comparison of the results obtained using the wavelet analysis with different values of c shows some "uncertainty principle" as the width of the peaks at the periodogram for a given shift t_0 is inversely proportional to an "effective duration" of the interval. So, the peaks are nearly constant in width at a logarithmic scale of periods, whereas the ordinary periodogram (asymptotically, for $c = 0$) has a nearly constant width for frequency $f = 1/P$ [3, 4]. The "point-point" periodograms are reviewed in [12, 13]. Examples of applications of the wavelet analysis to study semi-regular variables using various c may be found e.g. in [14, 15]. The catalogue of characteristics of 173 semi-regular variables was presented by [16].

The weight function (5) is an excellent choice for continuous data, which are infinite in length. However, there is no advantage for irregular discrete data because the LS approach makes possible to use many other functions. The exponent is a very time-consuming function and does not decrease the bias at the borders.

Andronov [11] proposed to use a compact weight function for generally aperiodic "Running Parabolae" (RP)

$$p(z) = (1-z^2)_+^2 = \begin{cases} (1-z^2)^2 & \text{if } |z| \leqslant 1, \\ 0 & \text{if } |z| > 1. \end{cases} \tag{7}$$

Here $z_k = (t_k - t_0)/\Delta t = u_k/\gamma$, and $\gamma = \Delta t/P$ is the parameter used e.g. in the "Running Sine" (RS) approximation (=wavelet with a fixed period and "rectangular shape", see [17] for a review).

Assuming the same value of the functions $p(z)$ and their first and second derivatives, $c = 1/(2\pi^2\gamma^2)$, and thus

$$p_e(z) = \exp(-2z^2). \tag{8}$$

Both functions are shown in Fig. 1. They are very close at small $|z|$, but have infinite and finite length of intervals of non-zero values, respectively.

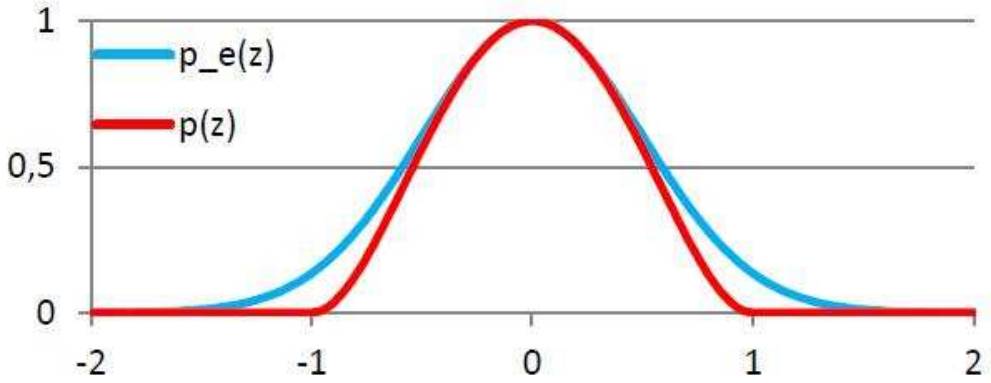


FIGURE 1. Weight functions $p_e(z)$ (Eq. (8)) and $p(z)$ (Eq. (7)).

Contrary to the RS algorithm with a "rectangular shape",

$$p_r(z) = \begin{cases} 1 & \text{if } |z| \leqslant 1, \\ 0 & \text{if } |z| > 1, \end{cases} \tag{9}$$

the use of smooth functions (Eq.(8),(9)) tending to zero for large $|z|$ along with their derivatives causes corresponding smooth variations of the approximation and its derivative as well [11].

Statistical properties of the approximation

To check statistical properties of the parameters, we generated $n_b = 10000$ "bootstrap" sets of $n = 101$ data points. The original "set" was defined as

$$x_{0k} = x_{00}(t_k) + \sigma_{00}\epsilon_k \tag{10}$$

$$x_{00}(t) = \exp(-\cos(\pi t)) \tag{11}$$

where $t_{0k} = -2 + 4(k-1)/(n-1)$ are uniformly distributed arguments ranging from -2 to $+2$, the adopted "theoretical" period $P_{00} = 2$, ϵ_k – are random numbers with theoretically "normal" (Gaussian) distribution with a zero mean and unit variance, and the "theoretical observational error" $\sigma_{00} = 0.2$. To make the signal not sinusoidal, an exponent was used in the theoretical function $x_{00}(t)$. The expected position of the minimum is $C_3 = 0$ and the scale coefficient $C_4 = \pi$. The initial data are shown in Fig. 2.

The basic functions for the differential corrections $f_\beta(t) = \partial x_C(t)/\partial C_\beta$ (see [3, 4] for details), are

$$\begin{aligned} f_1(t) &= 1, \\ f_2(t) &= \cos(C_4 \cdot (t - C_3)), \\ f_3(t) &= -C_2 C_4 \sin(C_4 \cdot (t - C_3)), \\ f_4(t) &= (t - C_3) C_2 \sin(C_4 \cdot (t - C_3)). \end{aligned} \tag{12}$$

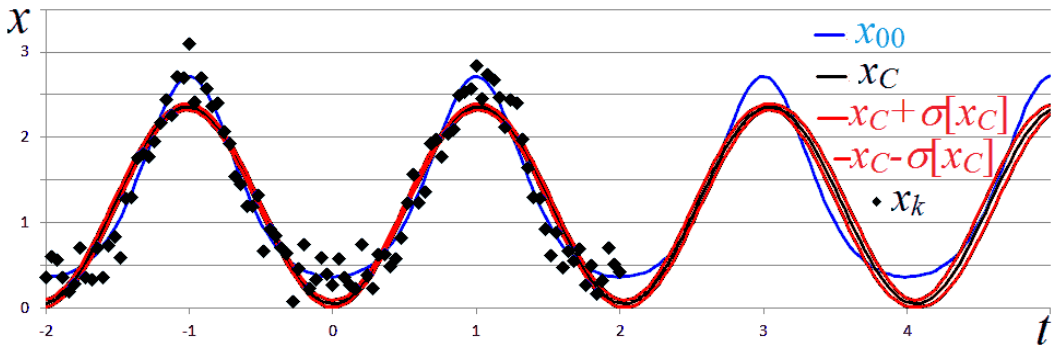


FIGURE 2. The initial function x_{00}, the initial signal x_k, the approximation $x_C(t)$, and the " 1σ error corridor" $x_C(t) \pm \sigma[x_C]$.

Occasionally, C_2 may be a "computer zero". In this case, the basic functions $f_3(t)$ and $f_4(t)$ are also zero. This makes degenerate the matrix of the normal equations. This problem may be solved by a shift of C_3 by $P/4$.

According to the bootstrap algorithm, from the initial set t_{0k}, x_{0k}, the artificial set ($t_k = t_{0j}$, $x_{0k} = x_j$) is generated, where j =int(n·rnd+1) is an integer random number from 1 to n. Totally, $N_b = 10000$ random samples were generated, for which the parameters were determined using differential corrections.

Besides these parameters, we included additional parameters characterizing not the signal, but the random distribution of the numbers in the "bootstrap samples": n_{min}, n_{max} – the minimal and maximal numbers of the observations; $n_{max} - n_{min}$ – the distance between the last and first observations in the sample; effective number of different observations [9, 11]

$$n_{eff} = \frac{n^2}{\sum_{k=1}^{n} n_k^2}, \tag{13}$$

n_k – is the number of occurrences of the k-th data point from the original sample in the "bootstrap" sample; n_0 – is the number of missing points; n_m – is the maximal number of occurrences of one point. Frequency polygons for these two characteristics are shown in Fig. 3. Unexpectedly, the dependencies are not smooth. As the sample mean values 51.0 and 36.9 and standard errors 3.5 are 3.2 for n_{eff} and n_0, respectively. So the outliers may be due to sampling of discrete values of n_0 into the intervals. This suggestion is confirmed by comparison of the histogram of discrete values with the expected nearly Gaussian distribution.

We keep the Fig.3 with outliers, just to show this possible methodological problem, which may be solved by using discrete distribution instead of binning to subintervals.

The positions of the "random borders" n_{min}, n_{max} may be shifted from the "natural borders" up to eight numbers (i.e. 0..8), with sample mean 1.56 and 100.43 (i.e. 0.56 from the borders of the original interval 1..101) and standard errors 0.92 and 0.95. The frequency polygons almost follow the exponential ("geometrical") distribution (Fig. 4):

$$n_j = (1 - e^{-1})e^{1-j}n. \tag{14}$$

The data-dependent parameters (after differential corrections) are: the coefficients C_β and their error estimates σ_β; moment of extremum $t_e = C_3$, and corresponding extremal value $x_e = C_1 - C_2$; weighted r.m.s. deviation of the observations from the approximation σ_W; unit weight error σ_0.

In Fig. 4 are shown frequency polygons only for two parameters –

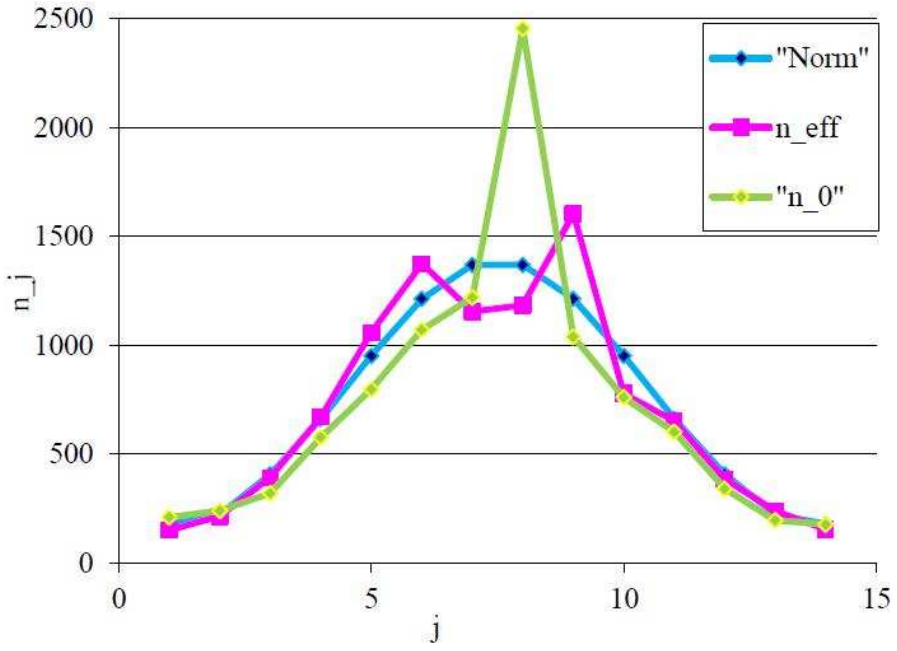


FIGURE 3. Frequency polygons $n_j(j)$ as the number of points n_j in a given j-th interval for "Normal" (Gaussian) distribution, n_{eff}, n_0. The values of the parameters are centered to a sample mean and normalized by dividing by a standard error as $(x - \overline{x})/\sigma$.

with a good agreement with normal distribution for the moment of extremum t_e, and some systematical deviation and corresponding extremal value x_e. This may be explained by an asinusoidal shape of the function $x_0(t)$, which has maxima, which are sharper than the minima. The cosine approximation is systematically lower at the minimum than the "pure signal" $x_0(t)$ or a "noisy data" x_k. So the shift and asymmetry of the distribution are caused by systematic difference in shape between the signal and approximation. This effect is much smaller for the parameters C_β.

The error estimates of the accuracy of parameters obtained using the "bootstrap" samples are significantly larger than that obtained using the least squares method, by a factor ranging from 1.31 to 1.41. A simple estimate of the ratio $((n - m)/(n_{eff} - m))^{1/2} = 1.44$ is in a reasonable agreement with the numbers determined above.

There are shifts between the parameters obtained for the original data sample (all points occur once) and the mean values for the same parameters obtained using "bootstrap" data. Except n_{eff}, n_0, for other parameters, the parameter $(x - \overline{x})/\sigma$ (parameter from the original sample minus the mean for bootstrap estimates, divided by a standard error from the bootstrap parameters) is typically much less than unity. However, the standard error of the mean is by a factor of $\sqrt{n}$ less than the

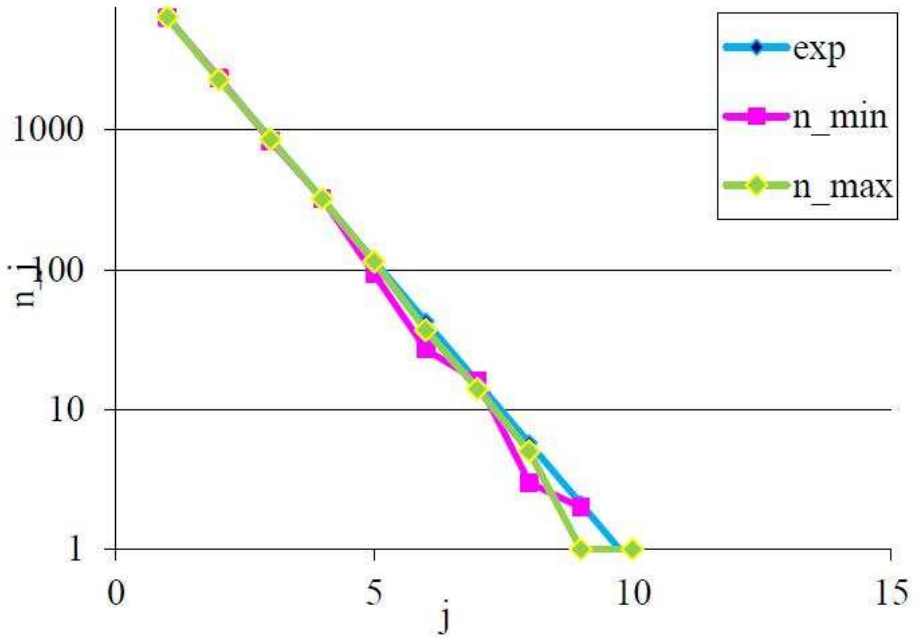


FIGURE 4. Frequency polygons $n_j(j)$ as the number of points n_j in a given j-th interval for a theoretical "exponential" distribution, n_{min} and n_{max}.

standard error of the data. In this case, the difference becomes much more significant.

Next question is on estimate of the statistical error of the moment minimum (and possibly other parameters) using the "bootstrap" technique (initially introduced by [18, 19]. Brát et al. [20] described their program based on the function separately studied by Mikulášek [21]. The output contains two values $\sigma_- = t_e - t_{0.025}$ and $\sigma_+ = t_{0.975} - t_e$, which correspond to percentiles $t_{0.025}$ and $t_{0.975}$, i.e. removing 2.5% of estimates either from small, or large side of the distribution.

This challenges the typical single definition of σ as an error estimate, which should be the same for positive and negative directions [22]. Moreover, this is used for the weight in Eq. (3). Following [13], one may argue that, assuming the Gaussian continuous distribution of observational errors and their statistical independence [3], $\sigma_- = \sigma_+ = 1.96\sigma$ for this probability level 95%. This means a decrease of the statistical weight w_k by a factor of $1.96^2 \approx 3.84 \approx 4$.

Thus one has to define a function $\sigma(\sigma_-, \sigma_+)$, which converts two values (σ_-, σ_+) to a single σ. There may be recommended similar methods of averaging: the r.m.s. $\sigma \approx ((\sigma_-^2 + \sigma_\pm^2)/2)^{1/2}/1.96$; the value corresponding to a mean weight $\sigma \approx ((\sigma_-^{-2} + \sigma_\pm^{-2})/2)^{-1/2}/1.96$, or to an interpercentile interval $\sigma \approx (\sigma_- + \sigma_+)/2/1.96$. If σ_-/σ_+ is close to unity, all three approximations are very close to each other.

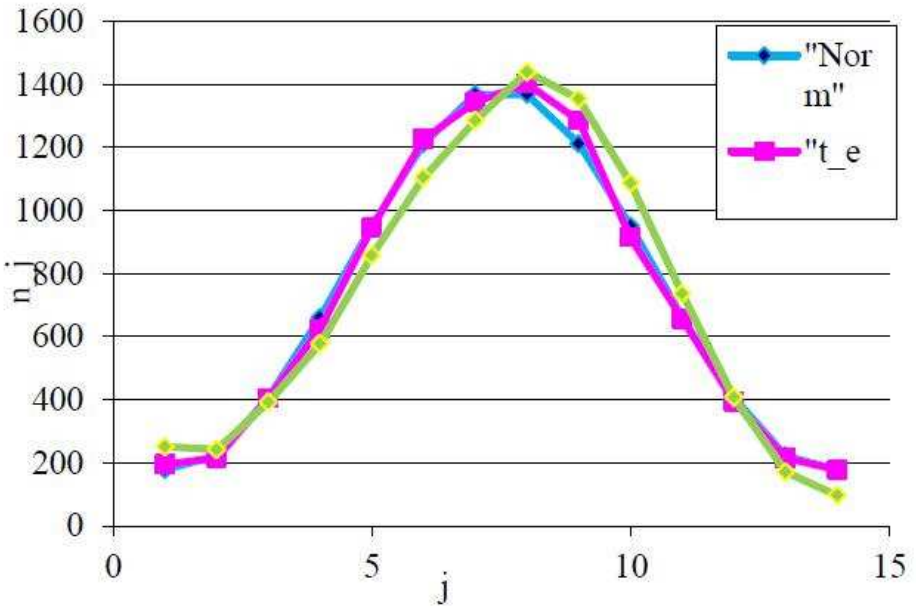


FIGURE 5. Frequency polygons $n_j(j)$ as the number of points n_j in a given j-th interval for the normal distribution ("Norm"), moment of extremum $t_e = C_3$, and corresponding extremal value $x_e = C_1 - C_2$. The frequency polygons for "Norm" and t_e, practically coincide with each other, but not with that of x_e.

This is also seen in our numerical experiment described above. Much more important to take into account the scaling by 1.96, which is not taken into account in the popular software described by [20].

If σ_-/σ_+ is far from unity, the distribution is non-Gaussian, and thus the use of the weights may be done, but loses its statistical justification as that corresponding to maximum likelihood [22].

Similarly, one may use other percentiles, e.g. that corresponding to 1σ:

$$\sigma \approx (t_{0.841} - t_{0.159})/2. \tag{15}$$

Here the percentiles correspond to a probability $1 - 2 \cdot 0.159 = 0.682$ instead of arbitrary 95% mentioned above. From our numerical experiments, both interpercentile estimates coincide with "bootstrap" r.m.s. value of σ within few per-cent (except variables with an exponential distribution). So they both may be recommended. However, the software [20] produces only σ_- and σ_+, so

$$\sigma \approx (t_{0.975} - t_{0.025}/2/1.96 = (\sigma_- + \sigma_+)/2/1.96 \tag{16}$$

As was mentioned above, this value is anyway larger than the LS estimate by a factor of 1.3...1.5, which causes an apparent additional decrease of the weight by a factor of $\approx 1.7 \ldots 2.2$.

Discussion

We have tested numerically the modification of the wavelet analysis using a compact (time-limited) weight function using non-linear least squares and an alternate "bootstrap" method of estimating statistical errors of the parameters.

Obviously, the bootstrap may be used for other types of approximations, for which we used the LS estimates: e.g. "global" trigonometric polynomials of statistically optimal order [3, 23, 24], "local" algebraic polynomials of statistically optimal order [16, 25], "symmetrical polynomials" [26], polynomial splines [27], "wall-supported" functions [28], "New Algol Variable" [29-33], "asymmetric hyperbolic secant" [34] and some other methods [35, 36].

The software MCV [37] is oriented mainly on "global" approximations, whereas MAVKA [38, 39] is oriented to statistically optimal determination of moments of extrema (ToM="Time of Minimum"), in the AAVSO [40] terminology. In MAVKA, the total number of approximations is 11 (totally, 21 function), but the wavelet analysis is not included yet in these programs.

The wavelet analysis is an effective tool for semi-regular pulsating variables [41-43], symbiotic binaries [44] and cataclysmic variables [36].

The proposed local weight function makes the wavelet analysis faster.

Acknowledgements

This work was initiated by Dr Bogdan Wszołek, who makes a great contribution to public outreach and popularization of astronomy via the international society "Astronomia Nova".
This work is a of the "Inter-Longitude Astronomy" [45, 46] international project, as well as of the "Ukrainian Virtual Observatory" [47, 48] and "AstroInformatics" [49].

References

[1] Daubechies I., 1992, Ten Lectures on Wavelets, SIAM, 194 p

[2] Cooley J. W., Tukey J. W., 1965, Mathematics of Computation, 19 (90): 297–301

[3] Andronov I. L., 1994, Odessa Astron. Publ, 7, 49

[4] Andronov I. L., 2003, ASP Conf. Ser. 292, 391

[5] Andronov I. L., Chinarova L. L., 2019, arXiv preprint arXiv:1910.08799; 2020, Astronomical and Astrophysical Transactions, 2020, v. 31, No 4

[6] Andronov I. L., 1998, Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, 14, 490

[7] Andronov I. L., 1999, Self-Similar Systems, Dubna, Russia, 29 July – August 1998, eds. V.B.Priezzhev and V.P.Spiridonov, Joint Inst. Nucl. Res., 57

[8] Szatmary K., Vinko J., Gal J., 1994, Astronomy and Astrophysics Suppl., 108, 377

[9] Foster G., 1996, Astronomical Journal, 112, 1709

[10] Lang K. R., 1999, Astrophysical formulae, Springer, ISSN0941-7834

[11] Andronov I. L., 1997, Astronomy and Astrophysics. Suppl. Ser., 125, 207

[12] Andronov I. L., Chinarova L. L., 1997, Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, 13, 67

[13] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2019, arXiv preprint arXiv:1912.07677 2020, Journal of Physical Studies, 24, 1902

[14] Chinarova L. L., 2010, Odessa Astronomical Publications, 23, 25

[15] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 2010, Odessa Astronomical Publications, 23, 67

[16] Chinarova L .L., Andronov I. L., 2000, Odessa Astronomical Publications, 13, 116

[17] Andronov I. L., Chinarova L. L., 2013, arXiv preprint arXiv:1308.1129; Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014, 10, 171

[18] Efron B., 1979, Ann. Statist. 7, 1

[19] B. Efron, R. J., 1993, Tibshirani, An Introduction to the Bootstrap, Chapman & Hall, 436 p., – ISBN: 978-0412042317

[20] Brát L., Mikulášek Z., Pejcha O., 2012, http://var2.astro.cz/library/1350745528˙ebfit.pdf

[21] Mikulášek Z., 2015, Astronomy and Astrophysics, 584, id.A8, 13 pp

[22] Anderson T. W., 2003, An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, 3rd ed. - Wiley

[23] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 1996, Odessa Astron. Publ., 9, 108

[24] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 2017, Odessa Astron. Publ., 30, 93

[25] Breus V. V., 2007, Odessa Astron. Publ., 20, 32

[26] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2015, Odessa Astron. Publ., 28, 158

[27] Andronov I. L., 1987, Publications of the Astronomical Institute of the Czechoslovak Academy of Sciences, 70, 161

[28] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2017, Odessa Astron. Publ., 30, 57

[29] Andronov, I. L., 2012, Astrophysics, 55, 536

[30] Andronov I. L., Breus V. V., Zola S., 2012, Odessa Astronomical Publications, 25, 145

[31] Savastru S. V., Marsakova V. I., Andrych K. D., Dubovsky P., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 126

[32] Andronov I. L. et al., 2015, Journal of Astronomy and Space Science, 32, 127

[33] Tkachenko M. G., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2016, Journal of Physical Studies, 20, 4902

[34] Andronov I. L., 2005, Astronomical Society of the Pacific Conf. Ser, 335, 37

[35] Andronov I. L., Marsakova V. I., 2006, Astrophysics, 49, 370

[36] Andronov I. L. et al., 1999, The Astronomical Journal, 117 (1), 574

[37] Andronov I. L., Baklanov A. V., 2004, Astron. School's Rep., 5, 264

[38] Andrych K. D., Andronov I. L., 2019, Open European Journal on Variable Stars, 197, 65; arXiv: 1812.06949

[39] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2019, eprint arXiv:1912.07677; 2020, Journal of Physical Studies, 24, 1902

[40] Kafka S., 2019, http://aavso.org

[41] Kudashkina L. S., 2003, Kinematics and Physics of Celestial Bodies (in Russian), 19,193

[42] Kudashkina L. S., 2019, Astrophysics, 62, 623

[43] Andronov I. L. et al., 2014, Advances in Astron. Space Phys., 4, 3

[44] Marsakova V. I., Andronov I. L., Chinarova L. L., Chyzhyk M. S., Andrych K. D., 2015, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2016, 12, 269; arXiv:0906.4136

[45] Andronov I. L. et al., 2003, Astronomical & Astrophysical Transactions, 22, 793

[46] Andronov I. L. et al., 2017, ASP Conf. Ser., 511, 43

[47] Vavilova I. B. et al., 2012, Kinematics and Physics of Celestial Bodies (in Russian), 28, 59

[48] Vavilova I. B. et al., 2012, Space science and technology (in Russian), 17, 74

[49] Vavilova I. B. et al., 2017, Proc. IAU Symposium, 325, 361

Multi-algorithm analysis of the semi-regular variable DY Per, the prototype of the class of cool RCRB variables

Ivan L. Andronov[1], Kateryna D. Andrych[1,2], Lidia L. Chinarova[1,3]

[1] Department of Mathematics, Physics and Astronomy,
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine, tt_ari@ukr.net
[2] Department of Theoretical Physics and Astronomy,
Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine, katyaandrich@gmail.com
[3] Astronomical Observatory, Odessa I.I. Mechnikov National University,
Odessa, Ukraine, llchinarova@gmail.com

Abstract

Multiple algorithms of time series analysis are briefly reviewed and partially illustrated by application to the visual observations of the semi-regular variable DY Per from the AFOEV database. These algorithms were implemented in the software MCV (Andronov and Baklanov, 2004), MAVKA (Andrych and Andronov, 2019; Andrych et al., 2019). Contrary to the methods of "physical" modelling, which need to use too many parameters, many of which may not be determined from pure photometry (like temperature/spectral class, radial velocities, mass ratio), "phenomenological" algorithms use smaller number of parameters. Beyond the classical algebraic polynomials, in the software MAVKA are implemented other algorithms, totally 21 approximations from 11 classes.

Photometric observations of DY Per from the AFOEV international database were analyzed. The photometric period has switched from $P = 851^d.1 \pm 4^d.1$ to $P = 780^d.5 \pm 2^d.7$ after JD 2454187 ± 9^d.

A parameter of sinusoidality is introduced, which is equal to the ratio of effective semi-amplitudes of the signal determined from a sine fit and the running parabola scalegram.

Key words: Astrophysics; Solar and Stellar Astrophysics; Instrumentation and Methods for Astrophysics; Data analysis; software MAVKA; SRb; RCRB; DY Per

Introduction

DY Per is classified in the "General Catalogue of Variable Stars" [1,2] as an SRb-type pulsating variable with a period of 900^d and a range of brightness variations 10^m.6-13^m.2 (V) and spectral class C4,5(R8). No period or initial epoch is mentioned in the "Variable Stars Index" (VSX) [3]. It was suspected to be an R CrB star based on the photometry by Alksnis [4]. He re-estimated a period to be 792^d and reported on irregular decline events (weakenings) occurring with an interval 726^d–934^d, with a mean value $\sim 810^d$, close to the main period. Alcock et al. [5] separated the stars similar to DY Per, to a separate class. They resemble R CrB, but have much lower temperatures ∼3500 K. Tisserand et al. [6] discussed the connection between RCRBs, DYPers, and ordinary carbon stars. So these stars are phenomenologically SRb, but are intermediate between them and R CrB. The R CrB stars are explained as a result of a merger of white dwarf companions in a binary system. Detailed classification of variable stars is listed in the GCVS [1, 2] and numerous monographs (e.g. [7-9])

The periodogram analysis (using the least squares sine approximation [10, 11] = TP1 = trigonometric polynomial of order 1) showed the periods of $857^d \pm 3^d$, $367^d \pm 1^d$ and $618^d \pm 4^d$ with semi-amplitudes $R_{\rm TP}$ of $1.^m13$, $0^m.39$ and $0^m.30$, respectively. The periods from the wavelet periodogram (using the improved modification [12, 13]) has shown two similar values 857^d, $366^d \pm 1^d$ and a very different 248^d [14].

In this paper, we analyze visual observations from the AFOEV database for the time interval following that studied in the catalogue by Chinarova and Andronov [14]. Totally, after filtration of unsure (:), fainter than (<) data and outliers [15] , there remained n=3762 data points obtained on JD 2451633–2458027, the range of magnitudes 10^m.4-16^m.32. we apply different methods for data analysis.

Periodogram analysis

We have applied the least squares sine approximation [10, 11] implemented in the software MCV [16]. The periodogram is shown in Fig. 1. There are some peaks, the highest of which corresponds to the period P=1/f=$794^d.6 \pm 1^d.0$, which is shorter than the GCVS [1] value of 900^d and more recent value $857^d \pm 3^d$ [14]. This may argue for a possible period decrease during the period of observations, which will be checked below.

The initial epoch T_0=2454431.4$\pm$2^d.5, semi-amplitude 0^m.88$\pm$0^m.02 and a mean (over the period) value 11^m.780$\pm$0^m.013.

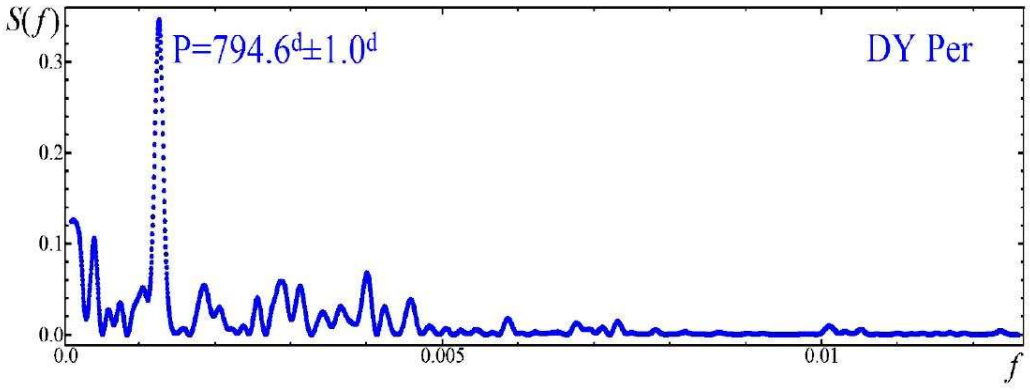


FIGURE 1. Periodogram $S(f)$ [10] of DY Per. The highest peak corresponds to the period $P = 1/f$=794^d.6$\pm$1^d.0.

The light curve is shown in Fig. 2. It is clearly visible that there are systematic deviations of the light curve from a mentioned sine curve either in the shape, or in the pulsation-averaged brightness.

Below, we describe various algorithms. For suitable comparison, they are all shown in a single Figure 2. The legends are: TP1 – Trigonometric Polynomial of the first order (sime); RP – Running Parabola; P – Polynomial; AP – asymptotic parabola; PS – parabolic spline; SP – symmetrical polynomial; NAV* – modified "New Algol Variable", RS – running sine.

The second peak (in height) corresponds to a long-term "period" 7543^d$\pm$543^d, semi-amplitude 0^m.544$\pm$0^m.024, T$_0$=2451398^d$\pm$47^d. However, this "period" exceeds the duration of observations, thus may be correctly named as a "possible cycle" or "characteristic time-scale".

Scalegram Analysis Using Running Parabolae

Andronov [17] introduced a complete set of equations describing the "running approximations" with arbitrary basic and weight functions, improved for the arguments, which are (generally) irregular. This is a typical case for astronomical observations from space and ground-based surveys.

For the signals with very low coherence, with drastic variations of the individual oscillations, the "running parabola" was proposed with the weight function $p(z) = (1 - z^2)^2$, $z = (t - t_0)/\Delta t$, t is the time of observation, t_0 is time of the center of interval of smoothing, and Δt is

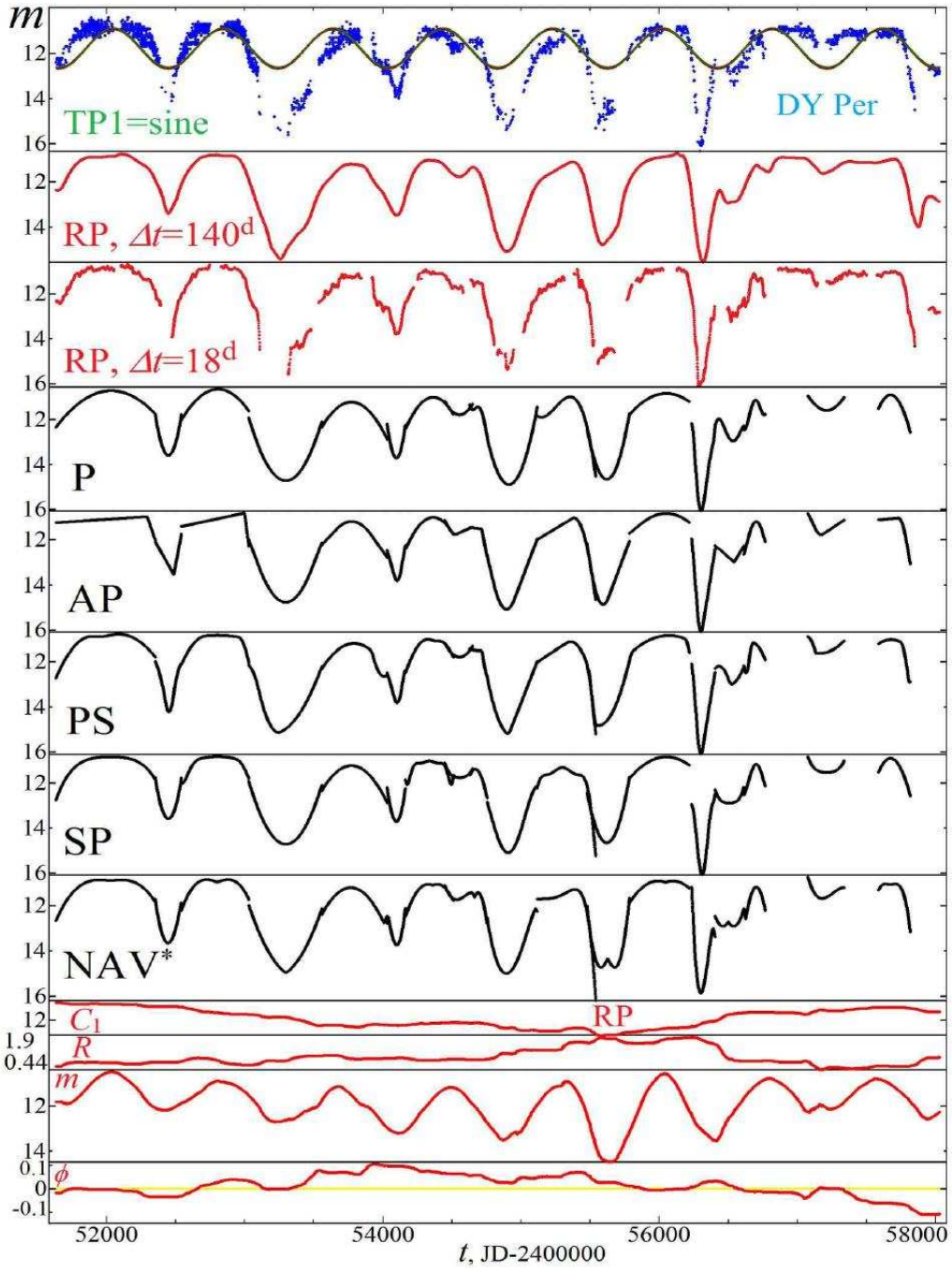


FIGURE 2. Light curve of DY Per from the AFOEV database and its approximations using various algorithms. In the bottom RS block, there are some more dependencies, i.e. the semi-amplitude R and the mean over the period C_1, the approximation m and phase ϕ.

the filter half-width. The value of Δt is a free parameter, which is to be determined from a scalegram analysis. The corresponding test functions are shown in Fig. 3.

There are three numerical criteria to determine the optimal value of the filter half-width Δt, namely, the r.m.s deviation of observations from the approximation σ_0, the r.m.s. accuracy of the approximation at times

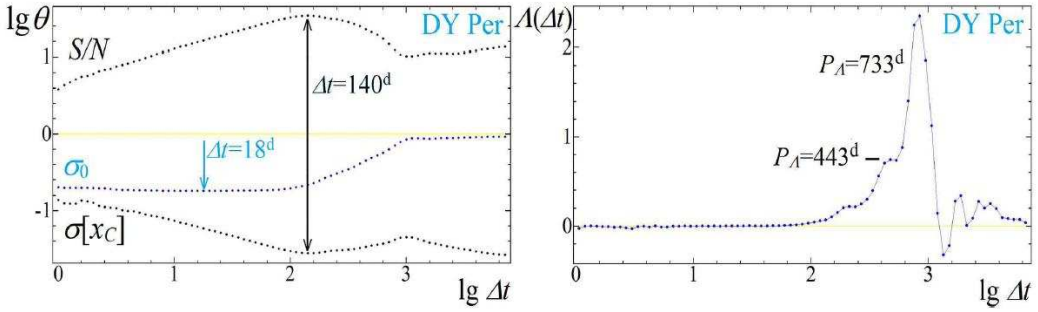


FIGURE 3. Left: scalegrams using the running parabola (RP) algorithm: Vertical lines correspond to minimum of σ_0 (18^d), minimum of σ [x_C] (140^d), and maximum of S/N (140^d). Right: the "Lambda" Λ scalegram.

of observations $\sigma[x_C]$, the amplitude signal-to-noise ratio S/N. The test function σ_0 is nearly constant at $\Delta t << P$ (as the systematic differences of the observations from the approximation are negligible), as well as at $\Delta t >> P$ (when the approximation asymptotically becomes a parabola). These nearly constant values ($\sigma_<$ and $\sigma_>$, respectively) may be used for an estimate of the characteristic semi-amplitude $R_\sigma = (2(\sigma_>^2 - \sigma_<^2 s))^{1/2}$ [18].

For this sample, minimal value $\sigma_<$ $=0^m.1785$ occurs at Δt=18^d, so R_σ=$(2(0.9219^2$- $0.1785^2))^{1/2}$ $=1^m.279$. This value is definitely larger than that determined from the TP1 approximation ($R_{\rm TP}$=$1^m.13$) indicating systematic deviations from a pure sinusoid (either due to possible harmonics of the periodic signal, or to presence of aperiodic events like brightenings/weakenings or period variations).

We even propose a dimensionless parameter of sinusoidality $R^* = R_{\rm TP}/R_\sigma$. This parameter is in a range from 0 to 1. For DY Per, it is equal to $R* = R_{\rm TP}/R_\sigma$ $=1^m.13/1^m.279$=0.88.

Another scalegram was proposed by [11]. It is based on the σ_0 scalegram and is proportional to $d\sigma_0^2/d(\lg \Delta t)$. Contrary to non-negative periodogram $S(f)$, $\Lambda(\Delta t)$ has more complicated shape even for a pure sine signal, including the intervals of negative values. It is shown If Fig. 3. The highest peak corresponds to P_Λ $=732^d.7$ and R_Λ $=0^m.971$. The second in height is a "hump" rather than a peak. It corresponds to R_Λ $=443^d.4$ and R_Λ $= 0^m.545$. This seems to be not a "period", but a characteristic time scale of sharper events at the light curve.

Approximations in separate intervals

In the corresponding methods, the whole interval of observations is split into smaller intervals containing the extremum and parts of the nearby ascending and descending branches. Typically, the only information extracted from the approximation, is the moment of minimum/maximum (ToM, according to the terminology of the AAVSO [19]), i.e. "extremum". It is used for the O-C analysis [8, 9, 20]. Obviously, the simplest function with an extremum is a parabola (P2=polynomial of order 2). For distinctly asymmetric extrema, one may use a cubic polynomial (P3) [8]. Generally, the degree of the polynomial should be determined automatically [10] to determine the parameter with a best accuracy. This algorithm was implemented many times, using various computer languages [10, 14, 20-24]. For symmetrical extrema, the simplest improvement of the parabola, is the symmetrical polynomial [10, 20, 23].

Pulsating stars generally have asymmetric extrema. However, for rare noisy observations, the statistically optimal method may correspond to some symmetric function, as the number of parameters, which describe an asymmetry, vanish.

The general often disadvantage of the algebraic polynomial is the presence of the apparent waves in the approximation, which are similar the Gibbs phenomenon in the trigonometric polynomial approximations. To avoid such waves, [25, 26] proposed an "asymptotic parabola" (AP) – the interval is split into three sub-intervals. Two straight lines ("asymptotes") are connected with a parabola, so the function and its first derivative are continuous. Contrary to polynomial splines, where the degree of the polynomial is generally constant, in the AP, the degree varies, as 1,2,1. Moreover, in AP, the number of subintervals is fixed to 3, but the borders are free parameters. The typical recommendation is to mark the intervals near extremum as wide as possible till the curve will have parabolic-like parts at the borders of the whole interval.

To improve the approximation for a wider interval (assuming they are symmetrical), two modifications were proposed: the parabolic spline (PS) [27] and the "Wall-supported" (WS) AP. Other WS algorithms are WSP (WS Parabola; effective for systems with transit eclipses) and WSL (WS Line; effective for systems with total eclipses) [28]. WS algorithms may be applied not only for typical eclipsing binary stars, but also for the systems with very different sizes of objects (either stars or exoplanets).

For the extrema without (nearly) flat parts, the interval may be split into two sub-intervals, where the border between them is the position of symmetry and thus of the extremum. Andronov [29, 30] and Mikulasek [31] proposed special "shapes" (="templates" ="patterns") to approximate symmetric signals near extrema. However, for narrow intervals, these functions were converted to Taylor power series, and only 3 first terms are used:

Andronov et al. [32] tested 50+ different functions and range them according to a quality of the ToM determination.

These methods are implemented in the software MAVKA, which is still in progress. Totally there are 11 classes of functions used for the approximation

Approximations using "Running Sines"

The complete set of equations describing statistical properties of the running approximations using arbitrary basic and weight functions, was presented by Andronov [17]. Partially, it was implemented to the wavelet analysis [12, 13] and was applied to pulsating stars e.g. by [33, 34]. However, the accuracy of the period determined from a short interval (e.g. in the wavelet analysis [35]) is much worth than the global approximations or using the O-C analysis. So the algorithm of "Running Sines" (RS) [36] algorithm fills the gap between the global sine approximation and local wavelet fit.

Four parameters obtained using the RS approximation, are shown at the bottom part of Fig. 2. Smooth variations of the mean (over one period) brightness varies and corresponds to a "period" seen at the periodogram (Fig. 1), which is longer than the data, and thus is doubtful. However, the variations of C_1 are large: $11^m.22$–$12^m.69$. The semi-amplitude R ranges from $0^m.44$ to $1^m.90$. This difference by a factor of $\sim$4 is smaller than in another semi-regular variable RU And ($0^m.027$–$1^m.204$) [33]. The RS approximation varies from $10^m.49$ to $14^m.49$, whereas the AP approximation (Δt=18^d) shows different range ($10^m.68$–$16^m.12$). In both cases, it is caused by narrow asinusoidal faintings near JD 2452475 and JD 2456286, respectively.

The phase of the RS approximation was computed using the light elements (=ephemeris) obtained in the section "Periodogram Analysis":

Max. JD = $2454431.4(\pm 2^d.5)+(794^d.6\pm 1^d.0)\cdot$E

The zero cycle number is defined in such a way, that the initial epoch T_0 is the closest to a sample mean time T_{mean}, i.e. $|T_0 - T_{mean}| \leqslant 0.5$P, according to recommendations by [10]. This differs from a common definition of T_0 as the first ToM in a sample, so the cycle numbers start from zero towards positive integer numbers.

At a larger vertical scale, the dependence of phase on time is shown in Fig. 4. Besides low-amplitude waves caused by non-sinusoidal shape of the light curve, there are trends of different signs. This argues for a "switch" between the periods at this epoch. The AP approximation shows that the minimum of the test function (a sum of squares of the residuals) corresponds to a "zero-length" parabolic transition between the asymptotes, contrary, e.g. to another semi-regular star [37].

The light elements for these two parts of the light curve before and after the switch at JD 2454187$\pm 9^d$ are:

Max. JD = 2452847.4($\pm 3^d.0$)+(851.1$^d \pm 4^d.1$)·E
Max. JD = 2456020.7($\pm 4^d.1$)+(780.5$^d \pm 2^d.7$)·E

The statistical errors are formally small because of the large number of observations. The systematic deviations of the observations from the TP approximation are large, but the ∼9.6% difference in the periods is statistically significant.

Some recommendations fordifferent types

In this paper, the methods are illustrated by an application to DY Per, the prototype of the class intermediate between SRb and RCRB. We compared approximations of three types: global, running and local. For other stars, which are characterized by stable periodicity, one may recommend to use global trigonometric polynomial (TP) fits of statistically optimal order [10, 38, 39] (for pulsating and eclipsing (EB, EW subtypes) stars) or the "New Algol Variable" (NAV) [29, 30, 40, 41] with special shapes (applicable not only for the EA, but also to EB and EW systems). These methods use a complete phase curve. For shorter intervals near extremum, containing completely the ascending and descending branches, the approximations may vary from time-consuming "asymmetric hyperbolic secant" [20] and "log-normal-like" BSK [42] to faster methods with splitting an interval to two or three subintervals.

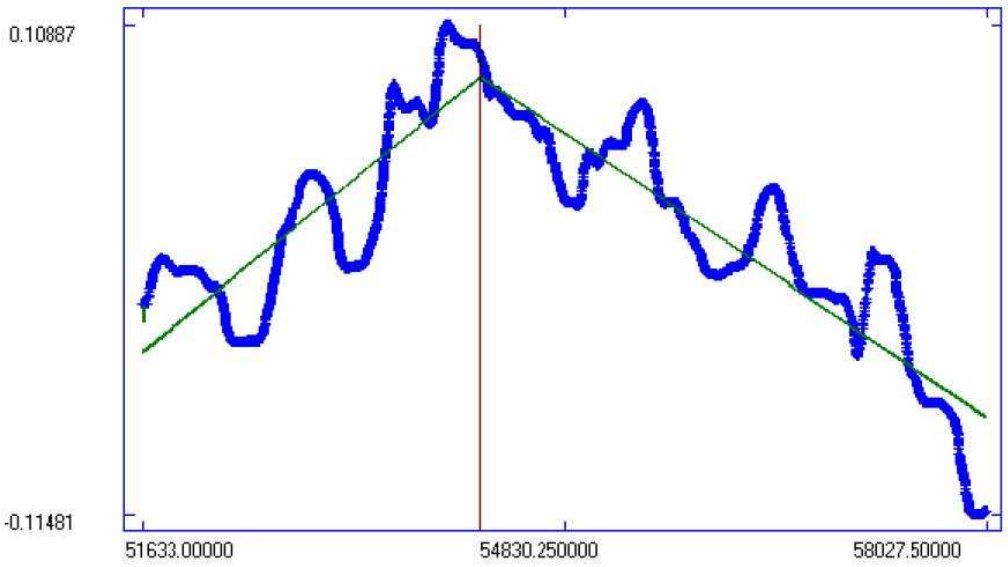


FIGURE 4. The screenshots from the software MAVKA on the (left) dependence of phase of the RS ("Running Sine") [36] approximation of DY Per on time (JD-2400000) (blue) and its approximation by the AP ("Asymptotic Parabola"). The vertical line corresponds to the moment of "switching" between the periods at JD 2454187$\pm 9^d$. The right figure represents the dependence of the test function on positions of the left and right borders of the inner parabola (see [28] for more details). For a better representation, the color of the pixel is not changed smoothly from minimum to maximum (as in common graphic representations), but has jumps to see isolines [28].

These faster algorithms are implemented in the software MAVKA and were applied to eclipsing (e.g. [43-48]), symbiotic [49-51] and pulsating (e.g., [52-53]) stars.

For cataclysmic variables, sometimes the extremum is missing, but available the moment of crossing of the smoothing curve by an inverse approximation $t(m)$ instead of an usual $m(t)$ [54, 55]. This may be done either in MCV, or in MAVKA. Other approximation (applied to intermediate polars) is a two-period model with (possibly) some harmonics [56-58]. This is available in MCV.

Conclusions

The net of complementary methods of data analysis should be used to study different types of variability.

Acknowledgements

This work was initiated by Dr. Bogdan Wszołek, who makes a great contribution to public outreach and popularization of astronomy via the international society "Astronomia Nova".

We thank the French Association of Variable Stars Observers AFOEV (Association Francaise des Observateurs d'Etoiles Variables, http://cdsarc.u-strasbg.fr/afoev) for a huge number of observations of variable stars made by amateurs and available on-line, particularly, DY Per. This work is a part of the "Stellar Bell" [58] part of the "Inter-Longitude Astronomy" [60, 61] international project, as well as of the "Ukrainian Virtual Observatory" [62, 63] and "AstroInformatics" [64].

References

[1] Samus N. N. et al., 2017, Astron. Rep., 61, 80 [AZh, 94,87]
[2] GCVS, http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/
[3] VSX, https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=25671
[4] Alksnis A., 1994, Baltic Astronomy, 3, 410
[5] Alcock C. et al., 2001, The Astrophysical Journal, 554, 298 (2001)
[6] Tisserand et al., 2009, Astronomy and Astrophysics, 501, 985
[7] Percy J. R., 2007, Understanding Variable Stars. Cambridge University Press
[8] Tsesevich V. P., 1980, Variable stars and their observation (in Russian), -M.: Science, 176c
[9] Tsesevich V. P., 1973, Eclipsing variable stars. New York, J. Wiley
[10] Andronov I. L., 1994, Odessa Astron. Publ., 7, 49
[11] Andronov I. L., 2003, ASP Conf. Ser., 292, 391
[12] Andronov I. L., 1998, Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, 14, 490
[13] Andronov I. L., 1999, Self-Similar Systems, Dubna, Russia, 29 July - August 1998 eds. V.B.Priezzhev and V.P.Spiridonov, Joint Inst. Nucl. Res., 57
[14] Chinarova L. L., Andronov I. L., 2000, Odessa Astronomical Publications, 13, 116
[15] Andronov I. L., 2001, Odessa Astron. Publ., 14, 255
[16] Andronov I. L., Baklanov A. V., 2004, Astron. School's Rep., 5, 264
[17] Andronov I. L., 1997, Astronomy and Astrophysics. Suppl. Ser., 125, 207
[18] Andronov I. L., Chinarova L. L., 1997, Kinematika Fiz. Nebesn. Tel., 13 (6), 67
[19] Kafka S., 2019, http://aavso.org
[20] Andronov I. L., 2005, Astronomical Society of the Pacific Conf. Ser., 335, 37
[21] Breus V. V., 2003, Odessa Astron. Publ., 16, 24
[22] Breus V. V., 2007, Odessa Astron. Publ., 20, 32
[23] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2015, Odessa Astron. Publ., 28, 158
[24] Andrych K. D., Andronov I. L., 2019, Open European Journal on Variable Stars, 197, 65; arXiv: 1812.06949

[25] Marsakova V. I., Andronov I. L., 1996, Odessa Astron. Publ., 9, 127
[26] Andronov I. L. Marsakova V. I., 2006, Astrophysics, 49, 370
[27] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2019, eprint arXiv:1912.07677; 2020, Journal of Physical Studies, 24, 1902
[28] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 57
[29] Andronov, I. L., 2012, Astrophysics, 55, 536
[30] Andronov I. L., 2012, Czestochowski Kalendarz Astronomiczny 2013, 9, 133
[31] Mikulášek Z., 2015, Astronomy and Astrophysics, 584, id.A8, 13 pp.
[32] Andronov I. L., Tkachenko M. G., Chinarova L. L., 2017, Astrophysics, 60, 57
[33] Chinarova L. L., 2010, Odessa Astronomical Publications, 23, 25
[34] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 2010, Odessa Astronomical Publications, 23, 67
[35] Foster G., 1996, Astronomical Journal, 112, 1709
[36] Andronov I. L., Chinarova L. L., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014, 10, 171
[37] Andronov I. L., Chinarova L. L., 2019, eprint arXiv:1910.08799; 2020, Astronomical and Astrophysical Transactions, 2020, v. 31, No 4
[38] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 1996, Odessa Astron. Publ., 9, 108
[39] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 93
[40] Andronov I. L. et al., 2015, Journal of Astronomy and Space Science, 32, 127
[41] Tkachenko M. G., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2016, Journal of Physical Studies, 20, 4902
[42] Bódi A., Szatmáry K., Kiss L. L., 2016, Astronomy and Astrophysics, 596, id.A24, 8 pp.
[43] Andronov I. L., Breus V. V., Zola S., 2012, Odessa Astronomical Publications, 25, 145
[44] Savastru S. V., Marsakova V. I., Andrych K. D., Dubovsky P., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 126
[45] Tvardovskyi D. E., Marsakova V. I., Andronov I. L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 135
[46] Tvardovskyi D. E. et al., 2018, Odessa Astronomical Publications, 30, 103
[47] Tvardovskyi D. E., 2019, arXiv:1911.12415; 2020, Advances in Astronomy and Space Physics, 10, No. 1
[48] Tvardovskyi D. E. et al., 2019, arXiv:1912.02087; 2020, Journal of Physical Studies, Vol. 24, id. 1901
[49] Marsakova V. I., Andronov I. L., Chinarova L. L., Chyzhyk M. S., Andrych K. D., 2015, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2016, 12, 269; arXiv:0906.4136
[50] Chochol D. et al., 1999, Contributions of the Astronomical Observatory Skalnate Pleso, 29, 31
[51] Chinarova L. L., Andronov I. L., Schweitzer E., 1994, Odessa Astronomical Publications, 7, 103
[52] Kudashkina L. S., 2003, Kinematics and Physics of Celestial Bodies (in Russian), 19,193
[53] Kudashkina L. S., 2019, Astrophysics, 62, 623.

[54] Andronov I. L., Chinarova L. L., Han W., Kim Y., Yoon J.-N., 2008, Astronomy and Astrophysics, 486, 855
[55] Andronov I. L., Andrych K. D., 2014, Odessa Astronomical Publications, 27, 38
[56] Breus V. V. et al., 2012, Advances in Astronomy and Space Physics, 2, 9
[57] Breus V. V. et al., 2013, Journal of Physical Studies, 17, 3901
[58] Yong-Gi Kim, et al., 2005, Journal of Astronomy and Space Sciences, 22, 197
[59] Andronov I. L. et al., 2014, Advances in Astron. Space Phys., 4, 3.
[60] Andronov I. L. et al., 2003, Astronomical and Astrophysical Transactions, 22, 793
[61] Andronov I. L. et al., 2017, ASP Conf. Ser., 511, 43.
[62] Vavilova I. B. et al., 2012, Kinematics and Physics of Celestial Bodies (in Russian), 28, 85
[63] Vavilova I. B. et al., 2012, Space science and technology (in Russian), 17, 74
[64] Vavilova I. B. et al., 2017, Proc. IAU Symposium, 325, 361

*



Ivan L. Andronov podczas przemówienia z okazji setnej rocznicy powstania Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii (Kraków, 5 październik 2019).

On the spin and orbital variability of the intermediate polars

Vitaly Breus[1], Ivan L. Andronov[1], Pavol Dubovsky[2], Karol Petrik[3,4], Stanisław Zoła[5,6]

[1] Department of Mathematics, Physics and Astronomy, Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine
[2] Vihorlat Astronomical Observatory, Humenne, Slovak Republic
[3] Hlohovec Astronomical Observatory, Hlohovec, Slovak Republic
[4] Institute of Physics, Silesian University in Opava, Czech Republic
[5] Astronomical Observatory of the Jagiellonian University, Krakow, Poland
[6] Mt. Suhora Observatory, Pedagogical University, Krakow, Poland

Abstract

We present a review of the results of long-term photometric monitoring of selected magnetic cataclysmic binary systems, which belong to a class named "Intermediate polars". We found a spin period variability in the V2306 Cygni system. We confirm the strong negative superhump variations in the intermediate polar RX J2133.7+5107 and improved a characteristic time of white dwarf spin-up in this system. We have investigated the periodic modulation of the spin phases with the orbital phase in MU Camelopardalis. We can propose simple explanation as the influence of orbital sidebands in the periodic signal produced by intermediate polar.

Key words: MU Cam – RX J2133.7+5107 – V2306 Cyg – V405 Aur – EX Hya – FO Aqr

Introduction

Cataclysmic variables are close binary systems consisting of a white dwarf and a main-sequence star filling the Roche lobe. The gravity of the primary component leads to capture of matter from the secondary component near the inner Lagrangian point. Due to the high angular momentum of the plasma leaving this point, the stream can not be accreted directly by the compact star, and instead it forms an accretion disk around the white dwarf.

The subclass of magnetic cataclysmic binary systems has a primary component with strong magnetic field that can destroy the inner part of the accretion disk or prevent it from being formed. Depending on the strength of the magnetic field, these systems are divided into intermediate polars and polars. The magnetic field of the primary component of the intermediate polars, often called DQ Her type stars, destroys the inner part of the accretion disk and matter is being accreted along the magnetic field lines, leading to the formation of one or two accretion columns near the magnetic poles. The matter forms a shock wave, heats up, and settles down on the surface of the white dwarf. The accretion columns in such systems are often the brightest sources of polarized radiation in a wide spectral range from X-ray to radio.

Usually intermediate polars show two types of optical variability. The orbital variability is caused by the rotation of the system. During one revolution, we see the emission sources i.e. stars, an accretion disk and a hot spot on the disk at different angles. Typically, the orbital period of intermediate polar is about 3-7 hours.

The spin variability is caused by the rotation of the white dwarf with one or two accretion columns, with the periods ranging from few to dozens of minutes.

Flickering, rare outbursts, changes from high to low luminosity states and other processes are also observed in this kind of objects, therefore, the light curve is a superposition of periodic and aperiodic processes of different matter.

The most comprehensive review was presented by Warner [1]. Cataclysmic variables with different degree of influence of the magnetic field onto accretion were reviewed e.g. by Andronov [27].

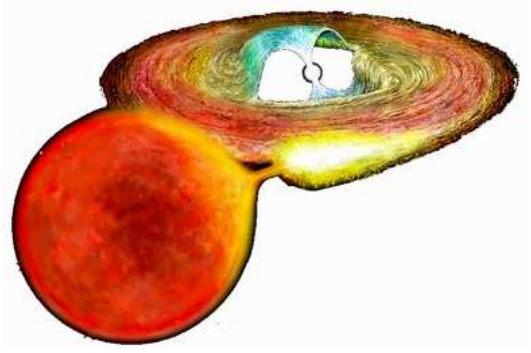


Figure 1. Schematic picture of intermediate polar: white dwarf, red dwarf, accretion disk and 2 accretion columns.

Observations and data reduction

Long term monitoring of intermediate polars is performed as a part of the Inter-Longitude Astronomy campaign [2] and "Ukrainian Virtual

Observatory" project [3].

High quality and long time series observations allow us to investigate fine effects on complex light curves and study the variations of the white dwarf rotation that cause period variations in intermediate polars.

We regularly obtain photometric data using Vihorlat National Telescope at the Astronomical Observatory on Kolonica Saddle, Slovakia (diameter of the main mirror is 1 meter); 60 cm Zeiss Cassegrain telescope at the Observatory and Planetarium of M. R. Stefanik in Hlohovec, Slovakia; 50 cm Zeiss and 40 cm Maksutow telescopes of Fort Skala Astronomical Observatory of the Jagiellonian University in Krakow, Poland. Sometimes we obtain time series from other telescopes in Ukraine, Korea, Hungary, Slovakia. In our research we use also long CCD time series from AAVSO international database and data obtained by such projects like ASAS, SuperWASP and others.

The reduction, consisting of calibration of scientific images for bias, dark and flatfield and extraction of instrumental magnitudes, was carried out with the Muniwin [4] and CoLiTecVS [5] software packages. The final derivation of magnitudes was obtained using the multiple comparison stars method described by Kim et al. [6] and implemented in Multi-Column View [7] (MCV) by I.L. Andronov and A.V. Baklanov. Period analysis and determination of extrema timings were carried out using Variable Stars Calculator [8],[9] (VSCalc) and MCV.

The (O-C) analysis was performed to study the variability of the orbital and spin periods of the systems. To increase the accuracy, for some data sets we determined one extremum per night of observations, for other we joined few consequent nights instead of using individual extrema timings. The method has been previously widely used for approximation of observations of intermediate polars (see Andronov & Breus [10]) and its last modifications including multiple iterations of (O-C) analysis for improvement of the value of the period of the system was recently described by Breus et al. [11].

As an (O-C) diagram we used to analyze the dependence of phase on the Julian date or the integer cycle number. The linear trend on this diagram argues for the necessary period correction, the parabolic trend shows a presence of period changes (in case of spin period of white dwarf in intermediate polars – spin-up or spin-down of this compact star). More complicated changes are frequently observable: spin-down may change to spin-up and back, sometimes the best fit for the O-C is a superposition of parabolic and periodic trigonometric functions.

We also study asynchronous polars, in which the rotation of the white dwarf is nearly synchronous with the orbital motion of the system [28], [29], [30] and classical polars, e.g. AM Her [31].

V2306 Cygni

The pulsating X-ray source 1WGAJ1958.2+3232 was discovered by Israel et al. in 1998 [12]. The star was named V2306 Cyg in 2003. Zharikov et al. [13] reported the detection of the orbital period of 4^h36^m ($0^d.1802$ $\pm 0^d.0065$) from photometry and the final value of $0^d.18152$ $\pm 0^d.00011$ from radial velocity variations. They confirmed the presence of (733.82 ±1.25) seconds spin period of the white dwarf using the spectroscopy and photometry and interpreted strong modulations with orbital period in the emission lines as a presence of a bright hot spot on the edge of the accretion disk.

Later on, Norton et al. [14] reported that the orbital period is (5.387 ±0.006) hours, corresponding to the -1 day alias of the period found by Zharikov et al. [13] and confirmed that the rotational period of the white dwarf is twice the pulse period. Soon afterwards, Zharikov et al. [15] repeated the analysis using own data along with the data provided by A. Norton. They confirmed their previous results and published the final value of $0^d.181195 \pm 0^d.000339$. However, they mentioned that a longer time base of observations is needed to improve this value.

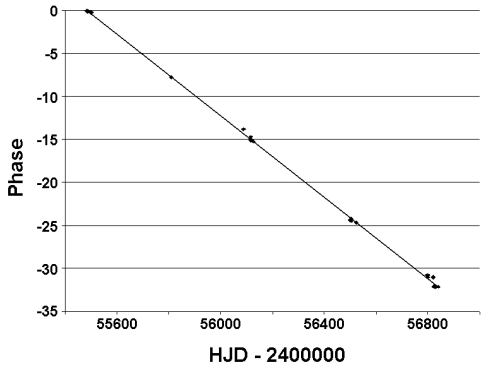


Figure 2. (O-C) diagram of V2306 Cyg for orbital minima using data obtained in 2010-2014, the cycle miscount is well noticeable.

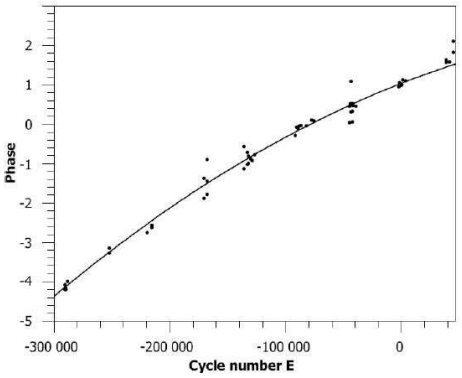


Figure 3. (O-C) diagram of V2306 Cyg for spin maxima with the parabolic fit that reveals the spin-up.

In our previous work [16] we analyzed the results of 6 years of photometric monitoring of this binary system and we were not able to find spin period variations from the (O-C) analysis, but found a regular cycle miscount for the previously published orbital period and concluded that an orbital period of $0^d.181545 \pm 0^d.000003$ better fitted our data.

From the analysis of observations gathered during 9 years of photometric monitoring of the intermediate polar V2306 Cygni, we discovered its white dwarf spin period variability. The characteristic spin-up time was $(53 \pm 5) \cdot 10^4$ years. The value of $dP/dt = (-8.73 \pm 0.79) \cdot 10^{-11}$ for the spin period has an order typical of intermediate polars [11]. For the epoch

of 2017, we derived the white dwarf spin rotation period of 1466.6795 seconds, with a formal accuracy of 0.0003 seconds. From the (O-C) analysis we improved the value of the orbital period of V2306 Cyg resulting in the value of $0^d.1821468 \pm 0^d.0000004$ that is 3 orders more accurate then published in [15]. It is impossible to get such high accuracy with short time base of observations.

The periodogram analysis revealed a period of 2.02 days, which was interpreted as a possible precession of the accretion disk in this system [16], but was not confirmed in our latest research.

RX J2133.7+5107

The X-ray source RX J2133.7+5107 was extracted from the ROSAT Galactic Plane Survey and classified as cataclysmic variable by Motch et al. [17]. De Miguel et al. observed this object in 2010-2016. They interpreted a modulation with 6.72 h period as a negative superhump and proposed a parabolic fit to the (O-C) diagram of the spin maxima that corresponds to characteristic time of spin-up of $0.17.10^6$ years [18].

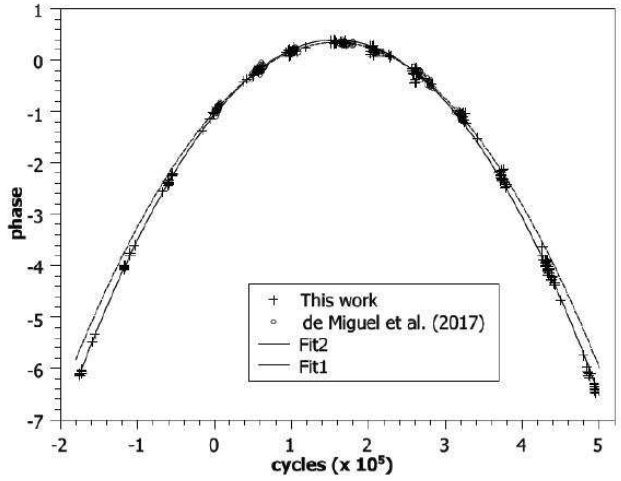


Figure 4. (O-C) diagram of RX J2133.7+5107. The fastest spin-up rate among known intermediate polars.

From the analysis of our own observations gathered during 12 years, we determined the value of the spin-up time-scale $1.536(3) \cdot 10^5$ years. The observed rate of spin-up is even faster then reported by [18] and one of the fastest of all known intermediate polars. Statistically optimal fit to the O-C diagram was the 4^{th} order polynomial. This is not usual for this class of objects, so we tried to fit the O-C with a superposition of parabolic and trigonometric polynomial trend in MCV, and found a long-term variability of the spin period with a period about 7 years. The reason of these changes is a subject for discussions – either the spin rotation rate is changing near its equilibrium period, or there is a third

body in this system. The negative superhumps are present in this system and the superhump period is stable from year to year.

MU Cam

In the case of MU Cam we have investigated the periodic modulation of the spin phases with the orbital phase (see Fig. 5). As a possible source of the unexpected scatter on this figure we have investigated the dependency of spin maxima timings on orbital phase described by Kim et al. [19].

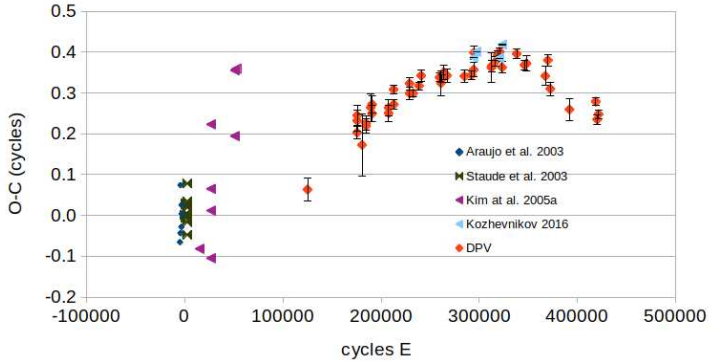


FIGURE 5. (O-C) diagram of MU Camelopardalis. Notice the scatter of the plot.

As an explanation they proposed inhomogeneous accretion flow from the secondary component of the binary system. However based on our new data we can propose simple explanation as the influence of orbital sidebands in the periodic signal produced by intermediate polar. This explanation is supported by the fact that the changes in spin maxima phase are observed mainly when the sideband frequency is dominant in the periodogram.

The presence of orbital sidebands is more prominent in low states but not only. The origin of orbital sidebands can be direct accretion from the stream and/or reprocessing of X-rays at some part of the system which rotates with the orbital period.

Other intermediate polars

We analyzed variability of the spin period of the white dwarf in the V405 Aur using our observations and previously published maxima timings. As we had gaps in observational data, we presented 2 hypotheses of the spin period variability of this system – a cubic ephemeris which may be interpreted by a precession of the magnetic white dwarf or a periodic change with a period of 6.2 years and semi-amplitude of 17.2±1.8

sec [20]. The periodic variations were interpreted by a light-time effect caused by a low-mass star (M3=0.09 M$\odot$) [21]. Observations obtained during recent years show the continuation of descending trend of the O-C diagram. So, only first hypothesis remains active, and the cubic ephemeris should be improved using updated data set.

For the intermediate polar EX Hya we obtained few own time series and processed all available data from AAVSO international database and different surveys. The parabolic fit to the O-C diagram corresponds to a characteristic time scale of $4.67(12)\cdot10^6$ years for the rotation spin-up [22], [23].

The intermediate polar FO Aqr shows complicated changes of the O-C diagram: according to historic data, from 1981 to 1987 the white dwarf showed a spin-down, later it changed to a spin-up [23]. The huge gap in the observational data did not allow us to fit the O-C diagram with analytical function and we fitted each part of the O-C separately [24]. Recently, we re-analyzed the maxima timings obtained between 2008 and 2018 and found the linear descending trend on the O-C, that shows us the spin rotation period during 10 years is different from that was used for O-C calculation. The residuals from the linear trend revealed sinusoidal-like changes with the period of about 16 years similar to discovered in RX J2133.7+5107 [25]. Up to now we are not able to fit the whole O-C with one smooth function, but it's ambiguous to talk about period jumps. Intermediate polars usually show smooth period variations.

Conclusions

Using more then 10 years of own photometric monitoring and published data we study variability of the spin periods to understand the evolution of this type of close binary systems. By this time we determined or improved the values of the spin rotation rate changes, improved values of the spin and orbital period values in selected intermediate polars and found few interesting effects in these systems. This investigation will be continued.

Magnetic cataclysmic binary systems are usually sources of polarized radiation in a wide spectral range from X-ray to radio. Despite the fact that this review includes only results obtained from optical photometry, our team studies these objects using polarimetry. S.V. Kolesnikov reviewed polarimetrical methods in astronomy [32], [33], [34], which particularly were applied for the observations of intermediate polars at the 2.6 m Shain telescope of the Crimean Astrophysical Observatory. For the data reduction, we have elaborated software Polarobs [35], [9].

References

[1] Warner B., 1995, Cataclysmic Variables (Cambridge: Cambridge University Press)
[2] Andronov I. L. et al., Astronomical & Astrophysical Transactions, 22(4-5), 793-798
[3] Vavilova I. B. et al., 2012, Kinematics and Physics of Celestial Bodies, 28, 85
[4] Motl D., 2011, C-Munipack project. http://c-munipack.sourceforge.net/
[5] Kudzej I. et al., 2019, Astronomische Nachrichten, 340, 1-3, 68-70
[6] Kim Y., Andronov I. L., Jeon Y., 2004, Journal of Astronomy and Space Sciences. 21, 3, 191-200
[7] Andronov I. L., Baklanov A. V., 2004, Astron. School Reports 5, 264
[8] Breus V. V., 2003, Odessa Astronomical Publications, (16), 24-26
[9] Breus V. V., 2007, Odessa Astronomical Publications, (20 (1)), 32-35
[10] Andronov I. L., Breus V. V., 2013, Astrophysics, 56(4), 518-530
[11] Breus V., Petrik K., Zola S., 2019, MNRAS, 488(4), 4526-4529
[12] Israel G. L., Angelini L., Campana S. et al., 1998, MNRAS, 298, 502
[13] Zharikov S. V., Tovmassian G. H., Echevarria J., Cardenas A. A., 2001, A&A, 366, 834
[14] Norton A. J., Quaintrell H., Katajainen S. et al., 2002, A&A, 384, 195
[15] Zharikov S. V., Tovmassian G. H., Echevarria J., 2002, A&A, 390, L23
[16] Breus V., Petrik K., Zola S., Baransky A., Hegedus T., 2015, Advances in Astronomy and Space Physics, 5(1), 17-20
[17] Motch C. et al., 1998, A&A, 132, 341-359
[18] de Miguel E. et al., 2017, MNRAS, 467, 1, 428-436
[19] Kim Y.-G., Andronov I. L., Park S.-S. et al., 2005, J. Astron. Space Sci., 22, 197
[20] Breus V. et al., 2013, Journal of Physical Studies, Vol. 17, p. 3902
[21] Breus V. et al., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014, 10, 197
[22] Andronov I. L., Breus V. V., 2013, Astrophysics, 56(4), 518-530
[23] Breus V. V., Andronov I. L., Hegedus T., Dubovsky P. A., Kudzej I., Petrik K., & Zola, S., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2013, 9, 153
[24] Breus V. V., Andronov I. L., Hegedus T., Dubovsky P. A., & Kudzej I., 2012, Advances in Astronomy and Space Physics. Vol. 2, p.9-10
[25] Breus V. V., Andronov I. L., Dubovsky P., Petrik K., & Zola S., 2019, Open European Journal on Variable Stars, 197, 8-9
[26] Andronov I. L. et al., 2017, ASPC 511, 43-50, 19
[27] Andronov I. L., 2008, Journal of Physical Studies, vol. 12, Issue 2, p. 2902
[28] Andronov I. L. et al., 2008, Central European Journal of Physics, Volume 6 (3), p. 385-401
[29] Andronov I. L., Baklanov A. V., 2007, Astrophysics, Volume 50, Issue 1, p. 105-124
[30] Andronov I. L., Baklanov A. V., Burwitz V., 2006, A&A, Volume 452, Issue 3, June IV 2006, p. 941-944
[31] Andronov I. L., Kolesnikov S. V., Shakhovskoy N. M., 1997, Odessa Astronomical Publications, (10), 15
[32] Kolesnikov S. V., 2019, Journal of Physical Studies, 23, №3, 3901
[33] Kolesnikov S. V., 2019, Journal of Physical Studies, 23, №4, 4901
[34] Kolesnikov S. V. et al., 2016, Odessa Astronomical Publications, (29), p. 74-77
[35] Breus V. V. et al., 2007, Astronomical & Astrophysical Transactions, 26, 4, p. 241-243

Preliminary analysis of periodogram shapes of RV-type stars and their classification

Larisa S. Kudashkina

Odessa National Maritime University, Department of Mathematics, Physics and Astronomy, kuda2003@ukr.net

RV-type (RV Tau) stars are pulsating yellow supergiant stars whose light curves are characterized by alternating deep and shallow minima. They have spectral types from F to G at maximum brightness, and from K to M at minimum. The changes in the brightness are correlated with the changes of the spectrum. The period from one deep minimum to the next (the "formal" period) ranges from 30 to 150 days. The total change of brightness can reach 3-4 magnitudes in V [1].

The RV-type stars are heterogeneous, and their evolutionary stage is not well understood. Often RV-type star may be misclassified as a cepheid of a population II or a yellow semi-regular variable. Also most RV-type stars show expected decreases in the period, although (O-C) diagrams are dominated by random fluctuations period from cycle-to-cycle. Analysis of IRAS data show that the rate of mass loss seems to be decreasing, probably the stars go out from AGB.

Thus, RV-type stars are probably executing blue loops after AGB, or are in their final transition from the AGB to the white dwarf stage [2].

The position of the RV-type stars and related objects are shown on the Figure 1.

A periodogram analysis of 47 stars noted in GCVS (1) as RV-type stars was carried out. Note that the research methods applied here have earlier been applied to longperiodic variables (Mira-type stars and semi-variables). An overview of the results is given, for example, in the papers [3, 4]. For the analysis, the programs of I. L. Andronov and co-authors

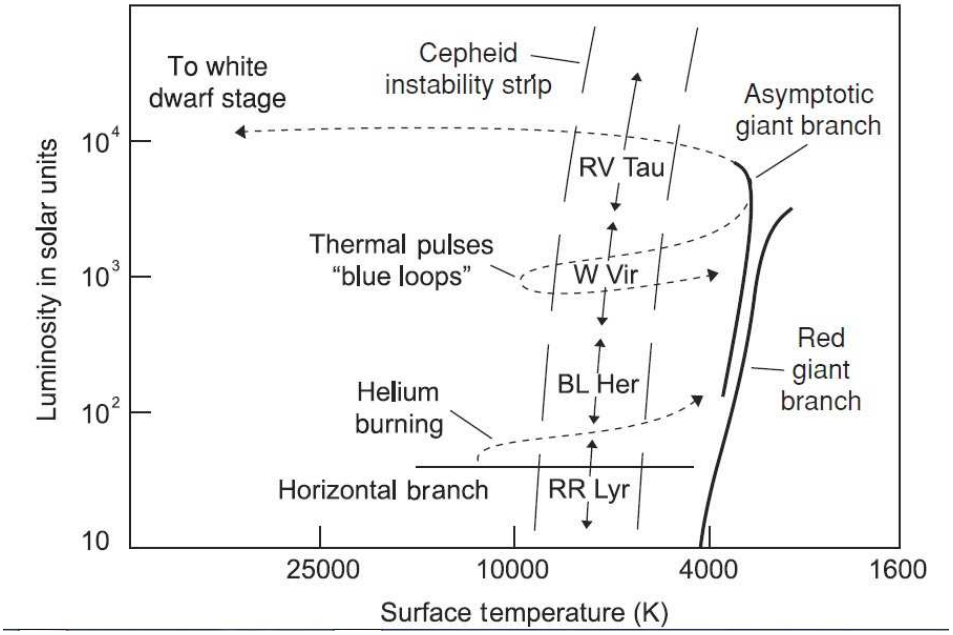


FIGURE 1. The position of the RV-type stars on HR-diagram taken from the book of J. R. Percy [2].

were used [5, 6, 7]. The technique of working with photometric observations of databases, such as AFOEV, AAVSO, ASAS and similar ones, has been repeatedly described in works [8, 9, 10]. To determine individual extrema of pulsating variables, we have used the program VSCalc [11] and, recently, the gradually improving versions of the program MAVKA [12, 13, 14]. The mean light curves were given with the best period and approximated using the program MCV [15].

The preliminary classification of the periodograms was carried out. The periodograms were observed according to their shapes. By the classification we counted the fact of presence or absence of certain structures: two peaks in a 2:1 ratio, the presence of satellites at these peaks indicating the result of beats.

Table 1 shows the classification groups. Group I includes objects showing the periodogram typical form of RV-type stars, and the ratio of the periods of the two main peaks is indicated. Group II includes objects whose periodograms contain signs of multiperiodicity (Multi-p) or vice-versa, only one clear peak, instead of two (Single-p). Group III includes objects whose periodograms are highly noisy mainly due to the small number of observations. They do not show typical structures of RV-type stars.

The study identified stars that most likely do not belong to the RV-type. The indications of these objects as mistakenly classified, are presented for example in [16].

I (19)		II (7)		III (17)		Reclass (4)	
Star	P2/P1	Star		Star		Star	Type
AC Her	2.0	MT Lyr		TT Oph		BI Cep	SR
AR Sgr	2.0	V 861 Aql		TX Per		OR Her	SR?
AZ Sgr	1.99	DY Aql		V 381 Aql		V 609 Oph	SR?
EQ Cas	2.0	SZ Mon	Single-p	AR Pup		QV Aql	RV?
EZ Aql	2.0	V 967 Cyg	Single-p	RY Ara			
LN Aql	2.0	V 399 Cyg	Single-p	BT Lac			
RX Cap	2.01	AD Aql	Multi-p	SU Gem	?		
SS Gem	2.0			SX Cen			
TX Oph	2.03			DZ UMa			
UZ Oph	1.95			IW Car			
V Vul	2.01			GK Lac			
V 1008 Cyg	2.66			V 428 Aur			
V 453 Oph	1.99			V 590 Aql			
V 360 Cyg	2.0			AI Sco	Multi-p		
U Mon	-			DF Cyg	Multi-p		
EP Lyr	2.0			RV Tau	Multi-p		
GK Cyg	2.0			TW Cam	Multi-p		
V 457 Cyg	2.01						
R Sge	2.01						

Table 1. The classification groups according to periodogram shapes.

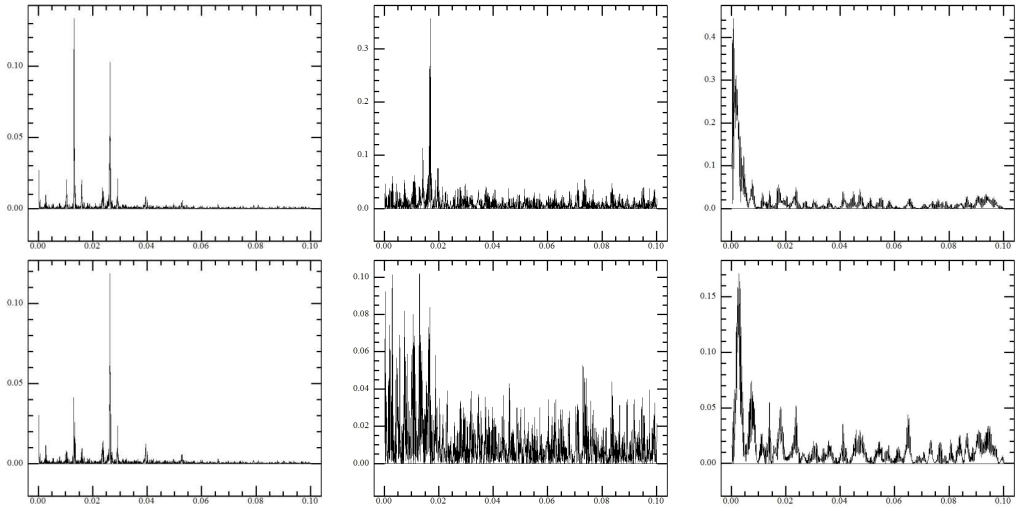


Figure 2. The periodograms: V Vul – on the left (gr. I), V 399 Cyg – in the middle (gr. II), IW Car – on the right (gr. III). In the second periodograms (bottom) we have prewhitened the data by subtracting the contribution with a period corresponding to the highest peak.

Figure 2 shows examples of periodograms typical of groups I, II, and III. On all periodograms, the frequency is set on the horizontal axis, and the value of the test function is set on the vertical axis.

About the reclassified objects, the following may be noted. Otherwise to those, that listed in Table 1 in the column "Reclass", there are several other objects that do not clearly show characteristics of the behaviour of

Databases	The elements was calculated by FDCN	Number of obs.
AFOEV	JD_{max}= (2451932±4) + (683.9± 0.4)^{d}E	1994
AASVO-vis	JD_{max}= (2451907.1± 1.9) + (682.3± 0.3)^{d}E	2327
AASVO-V	JD_{max}= (2454631±7) + (685.3± 0.4)^{d}E	646
AASVO-B	JD_{max}= (2449848±98) + (686.2±0.6)^{d}E	51
ASAS-V	JD_{max}= (2457361±4) + (714±4)^{d}E	94

TABLE 2. The elements for SU Gem.

stars of the RV-type. For example, the star SU Gem shows the variability characteristic of stars such as Mira Ceti.

The peak corresponding to the period P=$684^d.3$±0.5 has the greatest value of the test function (fig. 3). In GCVS [1] is noted the value approximate to our $684^d.3$ as the time of the change of average brightness. However, the period of 50 days specified in the same place was not revealed according to our analysis. The period of 684.3 days specified by FDCN (FOUR-N) program [17] corresponding to the observations of the different databases in the range from 682 to 715 days. A summary of the results is given in Table 2. According them we can classification SU Gem as Mira-type star. Only well-known from GCVS [1] its spectral type F5-M3 notes the star hotter than Mira. This star can be classified as a semi-regular variable.

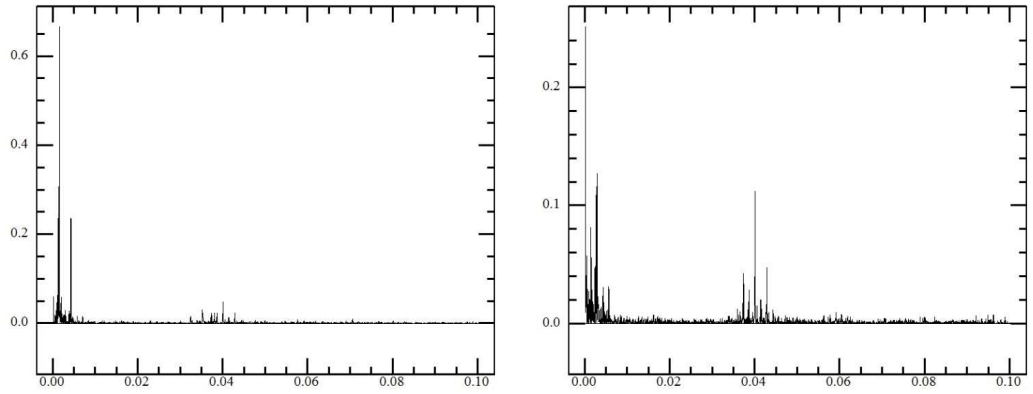


FIGURE 3. Periodograms for the star SU Gem. The high peak corresponds to a period of 684.3 days. The right periodogram is obtained after subtracting the contribution with a period of $684^d.3$.

This study is done in the framework of projects "Inter-Longitude Astronomy" [18, 19, 20], "Ukrainian Virtual Observatory" [21] and "Astroinformatics" [22].

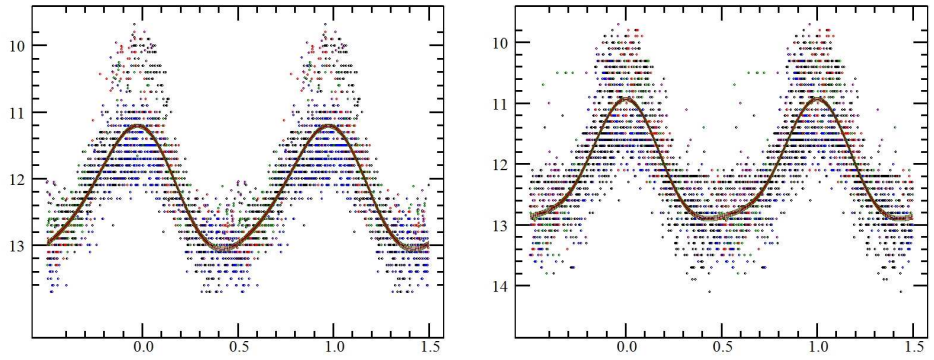


FIGURE 4. The mean light curve of SU Gem with a period of 684^d, obtained from observations by members AFOEV (left) and from observations by members AAVSO (right). In all the figures of the light curves, the phase is set on the horizontal axis, and the brightness of the star is set on the vertical axis.

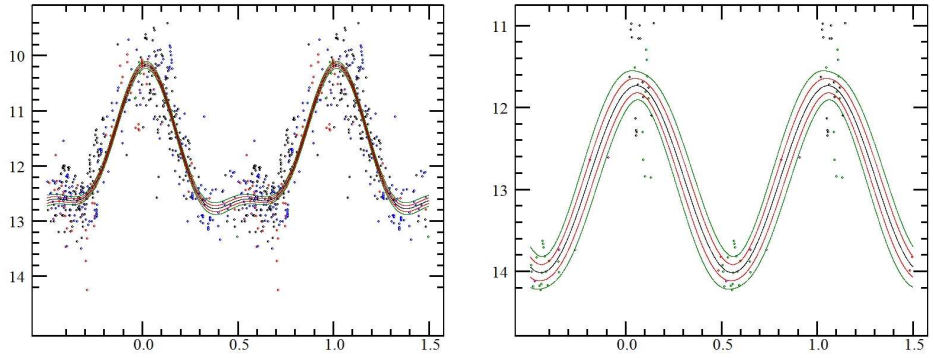


FIGURE 5. The mean light curve of SU Gem with a period of 685^d, obtained from observations by members AAVSO in V- (left) and B-band with a period of 686^d (right).

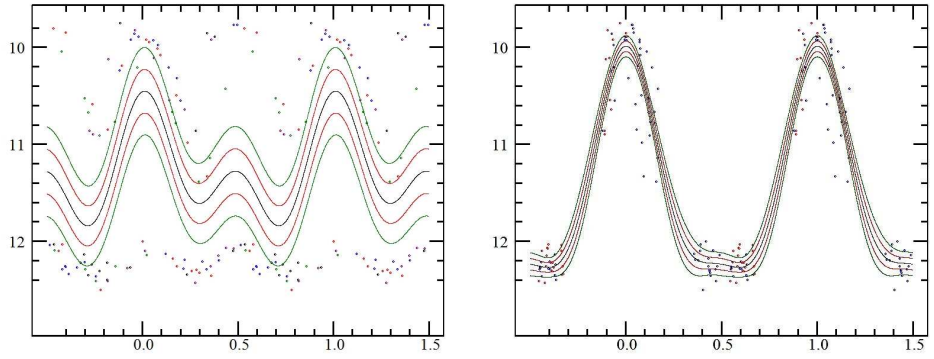


FIGURE 6. The mean light curve of SU Gem, obtained from observations of ASAS with period 50^d (left) and with period that has been refined as 715^d (right).

Acknowledgements

The authors are thankful to Kafka S. [23] and the members of the AAVSO for their observations and to Prof. I. L. Andronov for useful discussions.

References

[1] Samus N. N. et al., 2017, Astron. Rep., 61, 80 [AZh, 94, 87]
[2] Percy J. R., 2007, Understanding Variable Stars. Cambridge University Press
[3] Kudashkina L. S., 2003, Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, 19, 193
[4] Kudashkina L. S., 2019, Astrophysics 62, 623
[5] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L.L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 57. DOI: 10.18524/1810-4215.2017.30.118521
[6] Andronov I. L., 1998, Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, 14, 490
[7] Andronov I. L., 2003, ASP Conf. Ser., 292, 391
[8] Kudashkina L. S., Andronov I. L., 1996, Odessa Astron. Publ., 9, 108
[9] Marsakova V. I., Andronov I. L., 2006, Astrophysics, 49, 506
[10] Marsakova V. I., Andronov I. L., 2007, Astrophysics, 50, 76
[11] Breus V. V., 2007, Odessa Astron. Publ., 7, 32
[12] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L.L., 2015, Odessa Astron. Publ., 28, 2, 12
[13] Andrych K. D., Andronov I. L., 2018, arXiv preprint arXiv: 1812.06949
[14] Andrych K. D., Andronov I. L., 2019, Open European Journal on Variable Stars, 197, 65
[15] Andronov I. L., Baklanov A. V., 2004, Astron. School's Rep., 5, 264
[16] Zsoldos E., 1991, IBVS 3557, 1
[17] Andronov I. L., 1994, Odessa Astron. Publ., 7, 49
[18] Andronov I. L., 2003, ASP Conf. Ser., 292, 391
[19] Andronov I. L. et al., 2014, Advances in Astron. Space Phys., 4, 3
[20] Andronov I. L. et al., 2017, ASP Conf. Ser., 511, 43
[21] Vavilova I. B. et al., 2012, Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, 28, 85
[22] Vavilova I. B. et al., 2017, Proc. IAU Symposium, 325, 361
[23] Kafka S., 2019, http://aavso.org

Catalogues of giant radio sources

Agnieszka Kuźmicz[1,2]

[1] Astronomical Observatory, Jagiellonian University, Kraków, Poland
[2] Queen Jadwiga Astronomical Observatory, Rzepiennik Biskupi, Poland

Introduction

Giant radio sources are peculiar class of objects due to the extremely large (> 0.7 Mpc) sizes of their observed radio structures. It is believed that this is relatively rare feature, because only $\sim$6% of all known radio sources exceed this size (e.g. [1]). The reasons why some radio sources have grown to such large sizes are not fully explained, however detailed multiwavelength studies have progressed significantly our knowledge about the nature of giants (e.g. [2-5]).

It is considered that the large sizes of giants can be due to: advanced age of the radio source, lower density of intergalactic medium in which the radio jets propagate ([6], [7]), more powerful active nuclei located in the centres of the host galaxies ([1], [8]), advanced age of the radio structures ([3], [19]) or multiple episodes of their radio activity ([9], [10]). However, we still don't know which of the above factors are most necessary to create giant radio source. Most likely, several of them have to occur at the same time.

Catalogues of giants

The crucial point in research of giant's origin is studying large and homogenous samples of such objects. Thanks to the work of many scientists, a lot of new giant radio sources where found during last several years.

- Kuźmicz et al. 2018 ([11]) is a complete compendium of giants published and found till 2018 year. In this work we catalogued 349 radio sources with sizes up to 4.7 Mpc. They span a wide range of

redshifts ($0.016 < z < 3.22$) and radio powers ($23 < \log P_{tot} < 28.3$ W/Hz). The collected sample significantly increased the number of giants at high redshifts ($z > 1$), as well as those with sizes exceeding 2 Mpc.

- Dabhade et al. 2019 ([12]) completed sample of 239 giants (of which 225 are new discoveries) using low frequency sky survey – LOFAR Two-metre Sky Survey first data release ([17]). It covers only 424 deg^2 region, but the survey is very sensitive on low surface brightness features and it has a high resolution, what makes LOFAR survey a valuable tool in identifying giants.

- The smaller sample of giants was compiled by Kozieł-Wierzbowska et al. 2020 ([13]), as a part of ROGUE project. The authors catalogued all radio galaxies with extended or unresolved radio morphologies associated with optical counterparts. They catalogued 32 616 radio galaxies of which 33 are giants.

All giants collected in above catalogues were found based on semi-automated search techniques, as well as "systematic" visual search and findings of individual radio sources. The largest number of giants is recognised in the sky regions which are covered by the Faint Images of the Radio Sky at Twenty-Centimeters (FIRST, [14]) and NRAO VLA Sky Survey (NVSS, [15]) radio surveys, with availability of optical data from Sloan Digital Sky Survey (SDSS, [16]). As it was pointed out by [11], despite that some regions are covered by both radio and optical surveys the number of giants found in this regions is still very low. For example such regions are placed near the North Galactic Pole ($12^h < \alpha < 14^h.4$, $0° < \delta < 18°$) and in an area bounded by $21^h.8 < \alpha < 3^h.6$, $0° < \delta < 18°$. The deficiency of known GRSs in those particular regions is not because of a lack of radio and optical data but due to lack of conducting any systematic surveys for giants.

Statistical estimates [11] show that the number of giants should be much larger than the number of giants known today. The current number of giants is not only limited by the availability of radio and optical data, but also by the sensitivity of the radio and optical surveys. Assuming homogeneous distribution of giants on the celestial plane and the detection sensitivity of surveys similar to the sensitivity of FIRST/SDSS, the total number of giants should be at least 2000, and for sensitivity of LOFAR this number is six times larger [12]. It shows that we should expect to find a lot of new giants, even based on data available for years.

Searching for a new giants

In our work we would like to find missed giants based on NVSS, FIRST and SDSS surveys. We plan to search them in a systematic way, focusing first on the regions with low number of radio sources identified as giants.

In our preliminary search in a whole FIRST survey coverage we found 75 new giants of which nearly half are quasars and 17 of them are high-redshift ($z > 1$) sources. Most of new giants were selected throughout cross-machng of the FIRST Catalogue of extended radio sources ([18]) with SDSS sky survey. In this automatic search we found more than hundred candidates. In next step we carefully verified the sizes, morphologies, positions of host galaxies and redshifts, what reduced the number of giants to 65. The next 10 giants were found throughout systematic search in a narrow strip of declination $\sim 12^{\circ}$ and rectastension range 0^h – 1^h. It shows that large number of new giants can be found in such a way, therefore in near future we plan to begin the systematic search of giants. We realise, that this work is very time consuming and require a lot of patience but it will significantly enlarge the number of known giants giving an oportunity to provide an extensive research bringing us closer to understanding the nature of giants. In Figure 1 we plot the distribution of giants known to date – catalogued by [11], [12], [13], as well as our new findings.

Acknowledgements

The study was conducted with financial support from the Polish National Science Centre as a part of the FUGA grant (Project No. 2016/20/S/ST9/00142) and is continuated in OPUS project No 2018/29/B/ST9/01793.

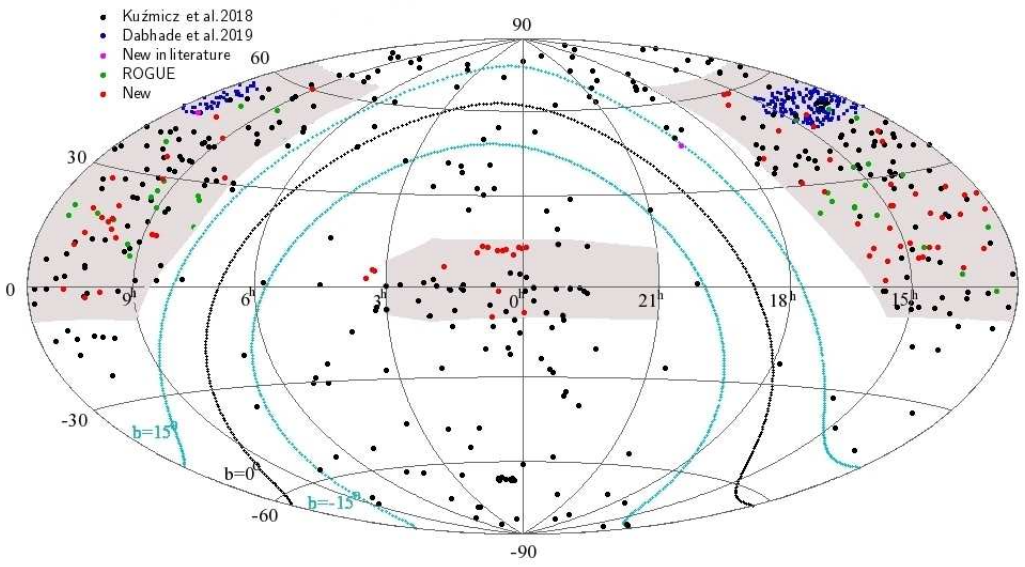


FIGURE 1. Distribution of GRSs in the plane of the sky in equatorial coordinates. The blue lines are plotted at Galactic latitudes $b = \pm 15°$ denoting the larger Galactic extinction regions. In grey we coloured the sky area that is covered by the FIRST survey.

References

[1] Ishwara-Chandra C. H., Saikia D. J., 1999, MNRAS, 309, 100
[2] Jamrozy M., Konar C., Machalski J., Saikia D. J., 2008, MNRAS, 385, 1286
[3] Machalski J., Jamrozy M., Saikia D. J., 2009, MNRAS, 395, 812
[4] Konar C., Jamrozy M., Saikia D. J., Machalski J., 2008, MNRAS, 383, 525
[5] Kuligowska E., Jamrozy M., Kozieł-Wierzbowska D., Machalski J., 2009, AcA, 59, 431
[6] Machalski J., Jamrozy M., Zoła S., Kozieł D., 2006, A&A, 454, 85
[7] Subrahmanyan R., Saripalli L., Safouris V., Hunstead R. W., 2008, ApJ, 677, 63
[8] Kuźmicz A., Jamrozy M., 2012, MNRAS, 426, 851
[9] Subrahmanyan R., Saripalli L., Hunstead R. W., 1996, MNRAS, 279, 257
[10] Machalski J., Jamrozy M., Stawarz Ł., Kozieł-Wierzbowska D., 2011, ApJ, 740, 58
[11] Kuźmicz A., Jamrozy M., Bronarska K., Janda-Boczar K., Saikia D. J., 2018, ApJS, 238, 9
[12] Dabhade P. et al., 2019, 2019arXiv190400409D, accepted to A&A
[13] Kozieł-Wierzbowska D., Goyal A., Żywucka N., 2020, 2019arXiv1912 09959K, (submited to ApJS)
[14] Becker R. H., White R. L., Helfand D. J., 1995, ApJ, 450, 559
[15] Condon J. J., Cotton W. D., Greisen E. W., Yin Q. F., 1998, AJ, 115, 1693
[16] Albareti F. D., Allende Prieto C., Almeida A. et al., 2017, ApJS, 233, 25
[17] Shimwell T. W., R ottgering H. J. A., Best P. N. et al., 2017, A&A, 598, A104
[18] Amirkhanyan V. R., 2013yCat.8094....0A
[19] Mack K.-H., Klein U., O'Dea C. P., Willis A. G., Saripalli L., 1998, A&A, 329, 431

Imaging polarimetry of the Kordylewski Dust Cloud in the Lagrange point L5 of the Earth and Moon

Judit Slíz-Balogh[1,2] and Gábor Horváth[2]

[1] Department of Astronomy, ELTE Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, judit.sliz@gmail.com

[2] Environmental Optics Laboratory, Department of Biological Physics, ELTE Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, gh@arago.elte.hu

Based on the following two papers:

Judit Slíz-Balogh, András Barta, Gábor Horváth (2018) Celestial mechanics and polarization optics of the Kordylewski dust cloud in the Earth-Moon Lagrange point L5. Part I.: 3D celestial mechanical modeling of dust cloud formation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 480 (4): 5550-5559 (doi: 10.1093/mnras/sty2049)

Judit Slíz-Balogh, András Barta, Gábor Horváth (2019) Celestial mechanics and polarization optics of the Kordylewski dust cloud in the Earth-Moon Lagrange point L5. Part II.: Imaging polarimetric observation: new evidence for the existence of Kordylewski dust cloud. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 482 (1): 762-770 (doi: 10.1093/mnras/sty2630)

Introduction

In 1767 Euler discovered three unstable collinear points (L1, L2, L3) and in 1772 Lagrange found two triangular points (L4, L5) in the gravitational field of two bodies moving under the sole influence of mutual gravitational forces (e.g. [21]). In the three-body problem of celestial mechanics the L4 and L5 Lagrange points are stable in linear approximation, if the mass ratio $Q = m_{smaller}/(m_{larger} + m_{smaller})$ of the two primaries is smaller than $Q^* = 0.0385$ (e.g. [13]). Astronomers found

a large number of minor celestial bodies around these points of the planets of our Solar System and the Sun. The most well-known are the Greek and Trojan minor planets around the L4 and L5 points of the Sun-Jupiter system ([18], [17]). Minor planets have also been found around the triangular Lagrange points of the Sun-Earth (e.g. [6]), Sun-Mars (e.g. [2]) and Sun-Neptune systems (e.g. [19]).

What about the vicinities of the Lagrange points L4 and L5 of the Earth and Moon? Since the mass ratio $Q = m_{Moon}/(m_{Earth} + m_{Moon})$ = 0.012195 of the Moon and Earth is smaller than $Q^* = 0.0385$, the L4 and L5 points are theoretically stable. Thus, interplanetary particles with appropriate velocities could be trapped by them. In spite of this fact, they may be empty due to the gravitational perturbation of the Sun.

In 1961 Kordylewski found two bright patches near the L5 point, which may refer to an accumulation of dust particles ([10]). Since that time this hypothetic formation is called the Kordylewski dust cloud (KDC). We investigated a three-dimensional four-body problem consisting of three massive bodies, the Sun, the Earth and the Moon (primaries) and a low-mass test (dust) particle, 1860000 times separately. Our aim was to map the size and shape of the conglomeratum of particles not escaped from the system sooner than 3650 days around L5.

Using ground-born imaging polarimetry, we presented a new observational evidence for the existence of the KDC around the L5 point of the Earth–Moon system. Excluding artefacts induced by the telescope, cirrus clouds, or condensation trails of airplanes, the only explanation remained the polarized scattering of sunlight on the particles collected around the L5 point. By our polarimetric detection of the KDC we think it is appropriate to reconsider the pioneering photometric observation of Kordylewski. Our polarimetric evidence is supported by the results of simulation of dust cloud formation in the L5 point of the Earth–Moon system.

Results

Theoretically, there are extended small-concentration particle clouds around the L4 and L5 Lagrange points of the Earth-Moon system. Although the first mention of the possible accumulation of the zodiacal dust near the L2 point of the Sun-Earth system goes back to Moulton ([12]), Kordylewski ([10]) was the first to photograph two faint patches

near the L5 point from the Polish mountain Kasprowy Wierch between 6 March and 6 April 1961. During his observation time, these patches with an angular diameter of about 6° were slightly displaced relative to the L5 point. Since that time, these patches are believed by some scientists to be the KDCs. However, it is very difficult to detect the KDCs against the galactic light, star light, zodiacal light and skyglow ([14]).

In spite of the pioneer observation by Kordylewski (1961) the existence of the KDCs is still under dispute, due to their extreme faintness making it difficult to confirm their existence. So far, there was no any convincing observational result, because the KDC is a very faint phenomenon, and it is also difficult to distinguish it from the even fainter zodiacal light. The latter is the sunlight scattered by the zodiacal dust. In the region of the antisolar point, the intensity of the zodiacal light is relatively enhanced, because each dust particle is seen in full phase. This phenomenon is the gegenschein (counterglow). So, it seems also the most convenient to photograph the KDC when it is near the antisolar point (full phase). However, in this case the polarization signature of the KDC is the weakest, consequently, its polarimetric study is the most difficult.

Over the past decades, some contradictory results have been achieved: Roosen ([15], [16]) found no evidence to the existence of KDCs near the L4 and L5 points. He suggested that if the KDCs exist at all, they are not associated with the Earth-Moon libration points. Wolff et al. ([25]) did not find excess light in excess of 5 % of the light of the neighbouring night sky near the Lagrange points L4 and L5 of the Earth-Moon system, even though they photographed under astronomically favorable circumstances from an aircraft. However, Vanysek ([23]) reported a successful visual observation (with naked eye of numerous persons) from an aircraft organized four times by NASA in 1966. The observers on that airplane described very faint nebulosities near the L4 and L5 points at large phase angles. Note that in the paper of [23] the phase angle of the antisolar point was 180°. Vanysek proposed to detect the KDC during and shortly after the new-Moon phase, at small phase angles because of the strong forward scattering of sunlight by cloud particles.

The KDC may be a transient phenomenon, because the L4 and L5 points might be unstable due to perturbations of the Sun, solar wind and other planets, as many astronomers believe. According to our computer simulations, the KDC has a continuously changing, pulsing and whirling shape, furthermore, the probability of dust particles being trapped is random due to the occasional incoming of particles and their incidental

velocity vectors. Therefore, the structure and particle density of the KDC is not constant. The above-mentioned contradicting photometrical observations ([10]; [15], [16]; [25]; [23]) also hint at the possible transient feature of the KDC.

However, at a lunar eclipse the KDC could not be observed at all ([1]). A photographic search ([22]) did not find any objects at the Earth-Moon Lagrange points L4 and L5. The limiting magnitude for the detection of libration objects near L4 and L5 was 17-19th magnitude. Thus, this survey was not sensitive enough to detect such diffuse clouds such as the KDCs. The Japanese Hiten space probe (using the Munich Dust Counter, an impact ionization detector designed to determine mass and velocity of cosmic dust) has passed through the L4 and L5 points of the Earth and Moon system, but did not find an obvious increase in dust concentration compared to the surrounding space ([5]).

In spite of these negative results, there are, however, some positive reports about the photometric observations of the KDC. Analyzing the data from the Rutgers OSO-6 Zodiacal Light Analyzer experiment, Roach ([14]) concluded that these dust clouds do exist in the L4 and L5 points, their angular size is about 6° as seen from the Earth, and they move around the libration points. Using a number of parallel cameras at the observing station Roztoki Górne, Winiarski ([24]) determined that the colours of the dust clouds near the L4 and L5 points differ from those of the counterglow (gegenschein), which means that the dust particles constituting them are also different.

According to our computer simulations, the KDC around the Lagrange point L5 of the Earth-Moon system is a dynamic structure with inhomogeneous, temporally changing particle density composed of several particle clusters. Since this dust cloud is illuminated by direct sunlight, the faint light scattered from the dust particles can be observed and photographed from the Earth surface with appropriately radiance-sensitive detectors. Such a pioneer photographical documentation has been first performed by Kordylewski ([10]). According to the other above-mentioned successful trials ([23]; [14]; [24]), the KDC can be visually detected only from small phase angles (determined by the observer, the Sun and the L4/L5 point), i.e. at or near "full dust moon". In this case the degree of polarization p of dust-scattered sunlight is minimal, practically zero. Since at phase angles near to 90° the p of dust-scattered sunlight is maximal, it gives us the best chance to polarimetrically detect the KDC under this condition. Using imaging

polarimetry, we indeed detected the polarization signature of the KDC in the L5 point of the Earth and Moon (Figures 1 and 2). Due to the nearly 90° phase angle, the very faint light scattered by the KDC cannot be discerned in the colour photographs and the patterns of radiance I measured by us in the red, green and blue spectral ranges (Figure 2).

Theoretically, dust-scattered sunlight becomes partially linearly polarized with the direction of polarization perpendicular to the scattering plane determined by the Sun, the ground-born observer and the dust region observed ([9]; [4]; [3]). We have indeed found this forecasted characteristic in the patterns of the angle of polarization measured with imaging polarimetry (Figure 2). This is one of the strongest proof that we observed a sunlit light-scattering object outside the Earth's atmosphere, rather than a terrestrial phenomenon. A further fact supporting the observation of the KDC is that in the measured α-patterns several clusters occur, as our simulations suggest.

Theoretically, the closer the angle of scattering is to 90°, the higher the degree of polarization p is of scattered light. We really found that the p-values of the KDC observed at 01:14:15 UT on 19 August 2017 with 87°.3 phase angle are higher than those observed at 23:29:67 UT on 17 August 2017 with 73° phase angle (Figures 1A, B and 2A, B). This is further convincing evidence that we registered the KDC with imaging polarimetry, rather than another phenomenon.

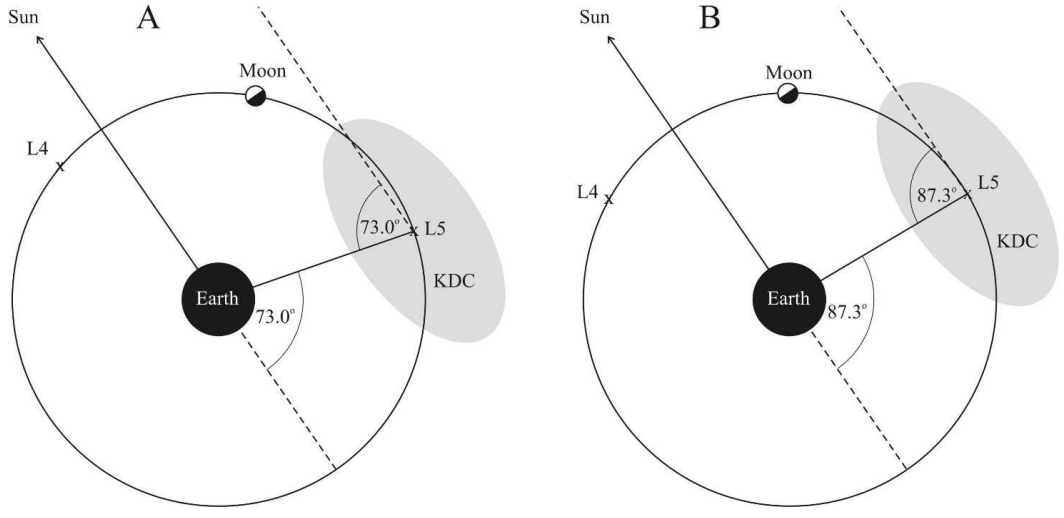


FIGURE 1. Positions of the Moon and the L5 Lagrange point of the Earth-Moon system in the plane of the Moon's orbit on 17 August 2017 at 23:29:67 UT with 73°.0 phase angle (A), and on 19 August 2017 at 01:14:15 UT with 87°.3 phase angle (B). Apart from the Earth and Moon, the relative dimensions are not to scale. The Sun's direction is indicated by an arrow. KDC: Kordylewski dust cloud.

All ground-based observing systems are confronted with the light pollution of manmade ground-born light sources. These artificial lights usually increase the degree of linear polarization of skylight due to atmospheric aerosols ([11]). Shkuratov et al. ([20]), Kocifaj ([7]) and Kocifaj et al. ([8]) investigated the optical properties of these aerosol particles and their effect on light polarization. The photometric and polarimetric laboratory measurements of different surfaces and aerosol particles performed by Shkuratov et al. ([20]) demonstrated the so-called negative polarization induced by the multiple scattering of light on rough surfaces and aerosols. Kocifaj et al. ([8]) examined and compared the linear polarization of light scattered by homogeneous-sphere particles and Gaussian-core particles. Kocifaj ([7]) carried out light pollution simulations and concluded that the role of ground-based light sources in light pollution is considerably enhanced under overcast sky conditions. The location of our imaging polarimetric measurements (Badacsonytördemic, 17°28′15″ E, 46°48′ 27″ N) is far away from all major settlements and there were only some local minor point sources (lamps), which were the same for all measurements, including the control measurement (without the L5 Lagrange point). Furthermore, during our measurements the sky was clear, cloudless. Thus, the effect of aerosol-induced light pollution on the measured polarization patterns was negligible during our measurements.

The direction of polarization of skyglow is perpendicular to the plane determined by the observer (polarimeter), the skyglowing celestial point observed and the ground-born light-polluting source (e.g. city lights). This direction is quite different from the measured direction of polarization of the KDC, which is perpendicular to the scattering plane (marked with a yellow straight line in Figure 2) determined by the observer (polarimeter), the Sun and the L5 Lagrange point. Due to the minimal light pollution in our measurement site, a relevant contribution of skyglow to the measured polarization signature was out of question. A minimal skyglow could have appeared only near the horizon, but the field of view of our imaging polarimetric telescope was far from the horizon. Thus, skyglow effects were surely negligible.

Figure 3 shows the computer-simulated volume density distribution of particles of the KDC around the L5 point, where the numbered windows correspond to the fields of view of our imaging polarimetric telescope with which the polarization patterns of the sky around L5 were measured.

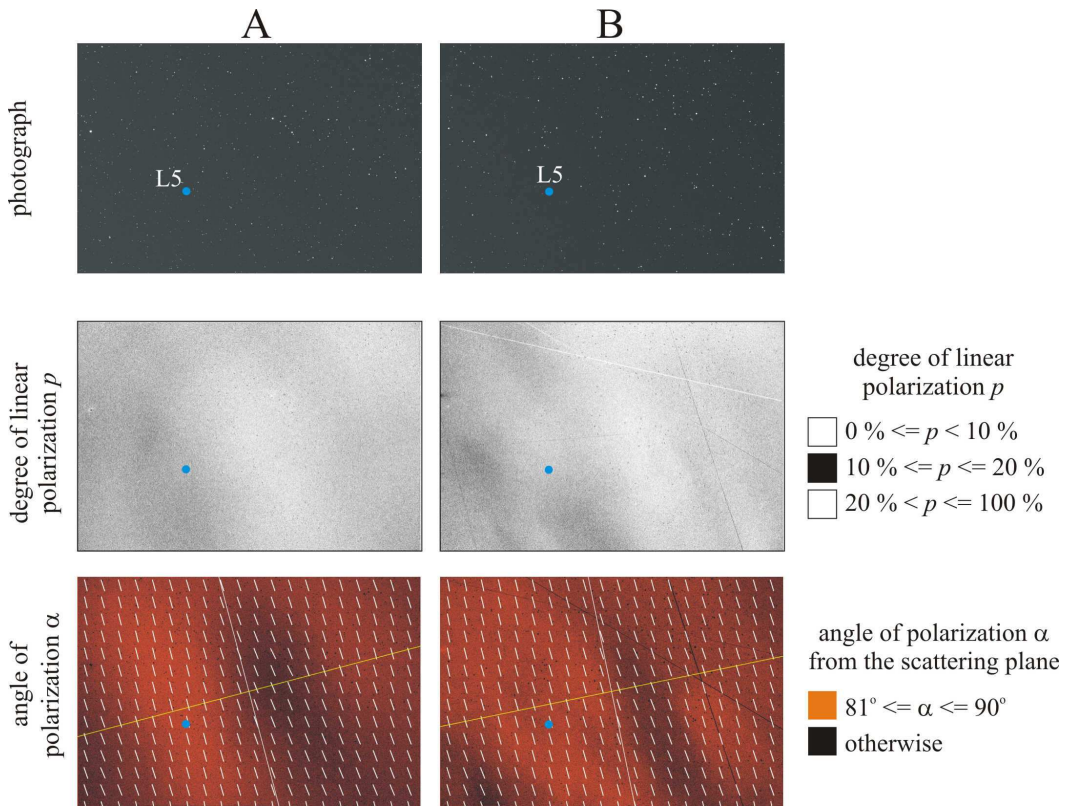


FIGURE 2. (A) Colour photograph, and patterns of radiance I, degree of linear polarization p and angle of polarization α (clockwise from the scattering plane) of the sky around the L5 Lagrange point of the Earth-Moon system measured by imaging polarimetry in the green (550 nm) spectral range at 23:29:67 UT on 17 August 2017 (picture center: RA = 2^h 12^m $28^s.2$, DE = 8° 3′ 52″.6) (A), and at 01:14:15 UT on 19 August 2017 (RA = 3^h 11^m $23^s.36$, DE = 12° 21′ 15″.38) (B). The position of the L5 point is shown by a blue dot. In the α-patterns the short white bars represent the local directions of polarization, while the long yellow and white straight lines show the scattering plane and the perpendicular plane passing through the center of the picture, respectively. The Kordylewski dust cloud is visible in both the p-pattern (clusters of black pixels with $10\% \leqslant p \leqslant 20\%$) and the α-pattern (red pixels with $81° \leqslant \alpha \leqslant 90°$). The I-, p- and α-patterns are very similar in the red (650 nm) and blue (450 nm) spectral ranges. Apart from the perpendicular white and yellow straight lines, the straight tilted lines in the p- and α-patterns of the B slides are traces of satellites.

Figures 4 and 5 display the mosaic patterns of the degree of polarization p and angle of polarization α of the KDC around L5 measured in the green (550 nm) with imaging polarimetry on 19 August 2017. Comparing the simulated particle density and the measured polarization patterns, a remarkable similarity can be seen: in all three patterns a multipartite structure occurs with several elongated clusters, showing that the KDC is a heterogenous particle cluster. The polarization patterns of the different neighbouring windows cannot be exactly fitted, because the sequential polarimetric measurements happened in slightly

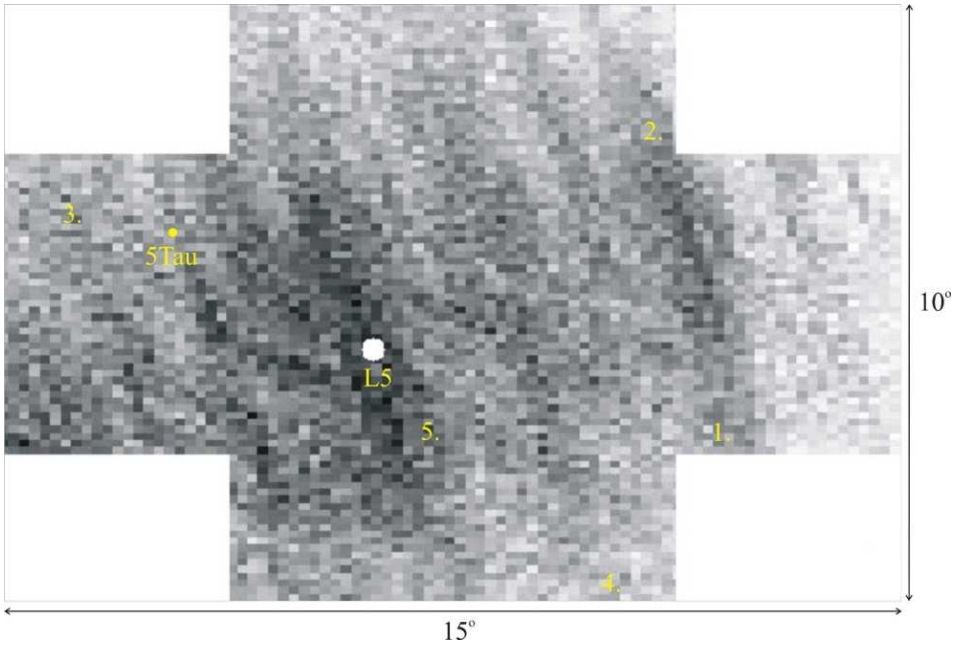


FIGURE 3. Computer-simulated volume density distribution of the particles of the KDC around the L5 point (white dot) of the Earth-Moon system. The darker the grey shade, the larger is the particle density. The numbered windows correspond to the fields of view of our imaging polarimetric telescope with which the polarization patterns of the sky around L5 were measured.

different points of time due to the necessary exposure (3×180 s), and during this short period the structure of the dynamic dust cloud slightly changed.

On the basis of the above arguments we conclude that for the first time we have observed and registered polarimetrically the Kordylewski dust cloud around the Lagrange point L5 of the Earth and Moon. By this we corroborated the existence of the KDC first observed photometrically by Kordylewski ([10]).

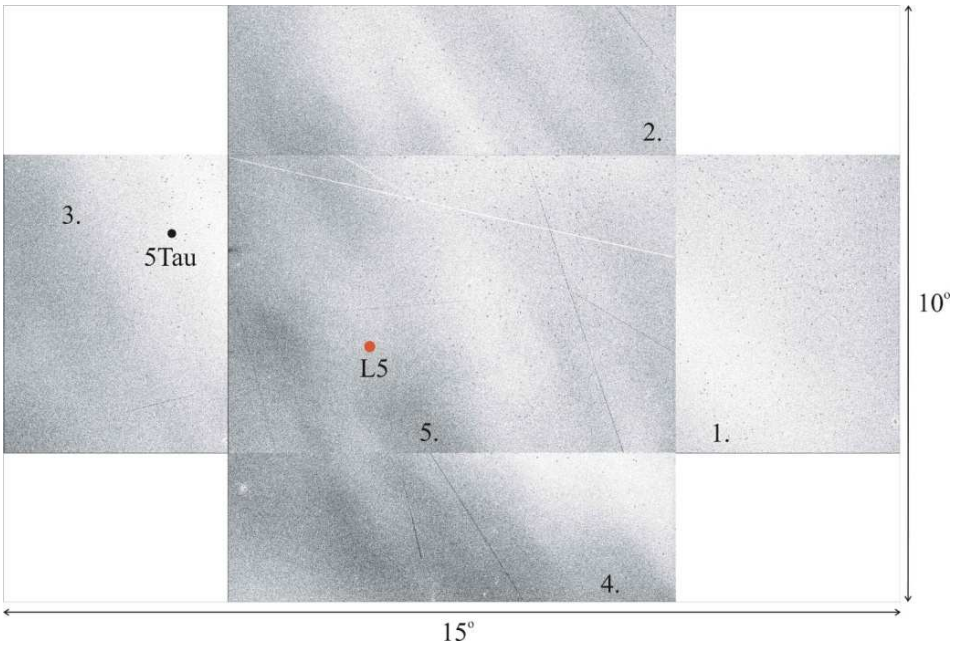


FIGURE 4. Mosaic pattern of the degree of linear polarization p of the KDC around the L5 point (red dot) measured on 19 August 2017 in the green (550 nm) with imaging polarimetry. The mean time (UT) of the patterns are: (1) 00:03:34, (2) 00:26:51, (3) 00:50:25, (4) 01:02:26, (5) 01:14:15.

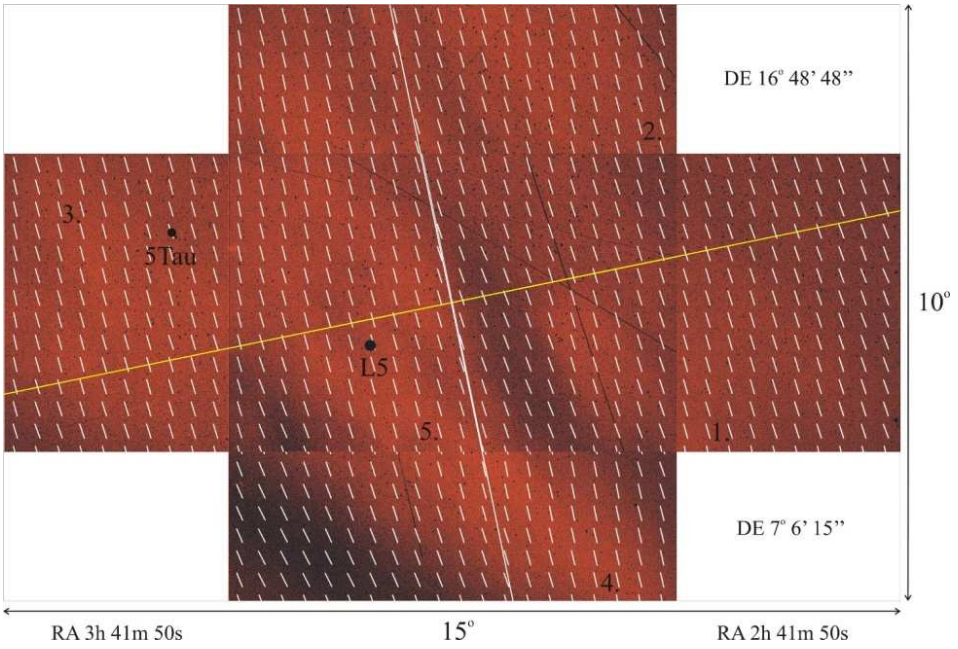


FIGURE 5. The angle of polarization α (clockwise from the scattering plane). The short white bars represent the local directions of polarization. The long yellow and white straight lines show the scattering plane and the perpendicular plane passing through the center of the picture, respectively.

References

[1] Bruman J. R., 1969, Icarus 10, 197

[2] Christou A., 2017, American Astronomical Society, DDA meeting, #48, 402.02

[3] Collett E., 1994, Polarized Light: Fundamentals and Applications., Marcel Dekker Inc, New York

[4] Coulson K. L., 1988, Polarization and Intensity of Light in the Atmosphere, A. Deepak Publishing, Hampton, Virginia, USA

[5] Igenbergs E. et al., 2012, in Levasseur-Regourd A. C. , Hasegawa H., eds, Origin and Evolution of Interplanetary Dust. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p. 45

[6] John K. K., Graham L. D., Abell P. A., 2015, Lunar and Planetary Science Conference, 46, 2845

[7] Kocifaj M., 2008, Appl. Opt., 47, 792

[8] Kocifaj M., Kundracik F., Videen G., 2008, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer., 109, 2108

[9] Köennen G. P., 1985, 1985pln..book.....K, *Polarized light in nature*

[10] Kordylewski K., 1961, Acta Astron., 11, 165

[11] Kyba C. C. M., Ruhtz T., Fischer J., Hölker F., 2011, J. Geophys. Res., 116, D24106(doi: 10.1029/2011JD016698)

[12] Moulton F. R., 1900, AJ, 21, 17

[13] Murray C. D., Dermott S. F., 1999, Solar System Dynamics, UK: Cambridge University Press

[14] Roach J., 1975, Planet. Space Sci., 23, 173

[15] Roosen R. G., 1966, Sky Telesc., 32, 139

[16] Roosen R. G., 1968, Icarus, 9, 429

[17] Schwarz R., Dvorak R., 2012, Celest Mech Dyn Astr, 113, 23

[18] Schwarz R., Funk B., Bazsóá ., 2015, Orig. Life Evol. Biosph., 45, 469

[19] Sheppard S. S., Trujillo C. A., 2006, Science, 313, 511

[20] Shkuratov Y., Bondarenko S., Kaydash V., Videen G., Munoz O., Volten H., 2007, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer., 106, 487

[21] Szebehely V., 1967, Theory of Orbits: The Restricted Problem of Three Bodies. Academic Press, New York

[22] Valdes F., Freitas R. A., Jr., 1983, Icarus, 53, 453

[23] Vanysek V., 1969, Nature, 221, 47

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

[25] Wolff C., Dunkelman L., Hanghney L. C., 1967, Science, 157, 427

On investigation of aerodynamically generated infrasound waves

Piotr M. Strzelczyk

Dept. of Fluid Mechanics and Aerodynamics Rzeszów University of Technology, Rzeszów, Poland, piotr.ma.strzelczyk@gmail.com

The paper presents concept of research project prepared by Department of Fluid Mechanics and Aerodynamics Rzeszów University of Technology, Association Astronomia Nova, Politechnical Institute of State Higher Vocational School in Krosno in cooperation with Swedish Institute for Space Physics, IFR Kiruna.

The aim of project

The purpose of the project is to build a network of infrasound stations dedicated for meteor observations. The additional application may by monitoring of antropogenic infrasound noise (wind turbines, airplanes, rotorcrafts, traffic, railways, explosions, artillery, etc.). The project will give a material to study of high speed aerodynamics and for astronomical studies on small bodies of Solar System. It also may be a source of information on the environmental sources of infrasounds for other researchers.

There are many sources of infra-sounds in nature as well as of antropogenic origin: some big animals (elephants, rhinoceroses, giraffes, tigers, big whales), tunderstorms, tornadoes, sprites and elfes in higher atmosphere, wind interaction with mountains and civil engineering structures, volcanoes, conventional and nuclear explosions, artillery, shelling water power plants, wind turbines, traffic, airplanes, helicopters, starting rockets, reentry of spaceships and atmospheric entry of meteoroids.

State of art

From the scientific point of view meteors are very interesting objects, both for aerodynamicists and astronomers [8], [10–13], [17–19].

The fastest man-made objects reached about Ma=40 Mach number. The fastest flows in the Earth, were achieved in so called "suicidal wind tunnels" employing detonation Voitenko compressor, where Mach number was about Ma=100. Some shock tubes allow to get Mach numbers $Ma >$45 [22].

Moreover, due to the fact that sizes of meteoroids ranging from millimeters to meters. The average frequency of meteors with diameter up to 10 m is 1 per hour. The bodies with diameter of 20 m enter atmosphere with frequency 1 per 50...100 years [1, 3, 15]. The range of body size 1 cm – 10 m and free path of molecules at the mentioned height is of order l_0=1 m gives a range of Knudsen numbers Kn=0,1...100. That means the flow around some of meteoroids may be treated as a free-molecular or continuous, with respect to size of object. This means high Mach and low Reynolds numbers flows. At the high speeds the body enter atmosphere (meteoroid or spaceship) is exposed on strong heating. This may be divided into: convective heating due to hot gas flow when temperature rises rapidly at the shock wave [7, 13] and chemical reactions between the surface of body materials and atmospheric gases, and radiative heat exchange (see: Stefan Boltzmann Law). At very high speeds the radiative effects are much greater then the convective ones. This leads to ablation of the surface of body. At the greatest heights, the wake of meteoroid is mainly composed of ablation products, which allows to make a spectroscopic observation of the brighter meteors. However, when the weather is poor, we are not able to make a visually/photo/video observations. The other ways are radio and acoustic observations. In the daylight only huge bolid phenomena may be observed. The radio-observations are made employing methods of active and passive radiolocation. The passive method uses far placed radio sources like TV, FM radio stations, and reflection of their signals from meteor wakes, which are highly ionized [23, 24]. Single receiver is able to count meteors in the sky region which covers antenna. Three receivers in the interferometric array are able to determine direction and distance and thus length of the ionized wake [18, 23]. The velocity may be estimated from the Doppler's effect, when the path is already known. In case of the acoustic infrasound registration of meteors one may make observations

independent of the weather conditions and daytime light. This is possible due to the fact, that long waves (infrasound) show smaller dispersion on water droplets or ice crystals in the air in comparison with higher frequencies.

The observations made in Institutet för Rymdfysik (IFR) in Sweden and at University of Western Ontario in Canada shown that detection of the atmospheric infrasouds generated aerodynamically may be observed from even thousands of kilometers. Swedish observations detected meteors from Ural to Greenland and even over Portugal. There was a possibility to detect also a supersonic aircraft "Concorde" over North Atlantic [8]. As the meteoroid is flying in the atmosphere, a system of shock waves is generated: the forward shock and trailing shock. Due to hypersonic velocity range, the angle (referred to the direction of inflow) of shock waves is very small.

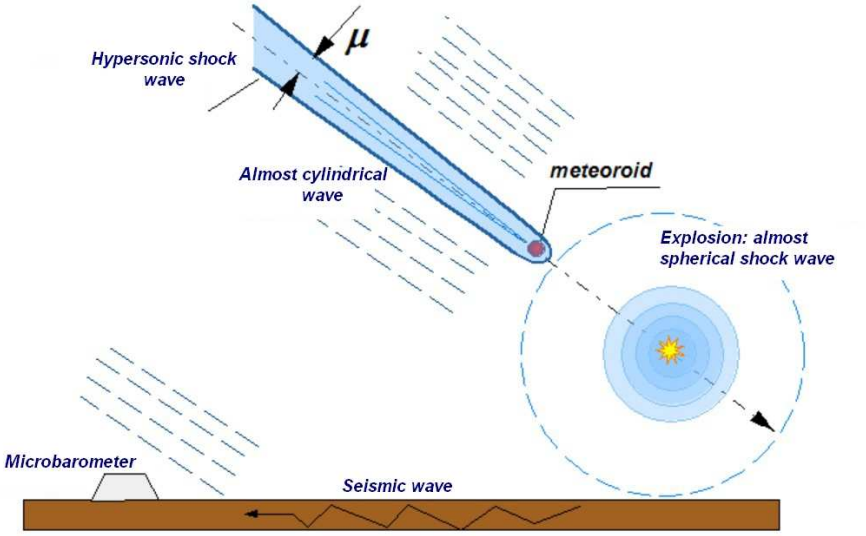


Figure 1. Hypersonic shock wave generated by meteoroid.

As a result, a front bow shock encompasses a front of the body and in the backwards it forms nearly cylindrical shock layer. Nearly the same appears for the trailing shock. The result is a nearly cylindrical shock surface in the wake of meteoroid. At high distances it may be treated as a linear sound source: hypersonic shock wave changes into acoustic, infrasound wave. The time series of infrasonic signal for the meteor phenomenon is similar to the N-wave, observed at sonic boom generated by supersonic airplane. The value of amplitude of pressure, and time of duration allow to calculate the energy of phenomenon [2]. The net of receivers (microphones, microbarometers) allows to calculate the path and the velocity of the object.



Figure 2. N-wave scheme, and example of Schlieren (shadowgraph) form aerobalistic TsAGI facility [5].

The main features of infrasonic observations are:

– the observations are not limited to the night (24h/7d);

– detection of phenomena local and global (depending on energy phenomenon and extension of the network);

– estimation of small bodies stream [7, 6];

– determination of place of potential impact (dark phase of flight);

– estimation of kinetic energy of meteoroid [4, 9, 10, 14, 16].

Regular infrasonic observations of meteors were associated with activity of network CTBT (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty) to detect nuclear explosions in the Earth's surface and atmosphere[7]. The networks especially dedicated to atmospheric phenomena, like meteors and aurora, had been developed by IRF in Sweden [7, 8], University of Western Ontario in London, Canada [17], and in Switzerland by Meteorfachgruppe [18]. The first infrasonic observation of bolide was associated with the Tunguska disaster, when the shock wave was registered by barographs around the whole globe [2].

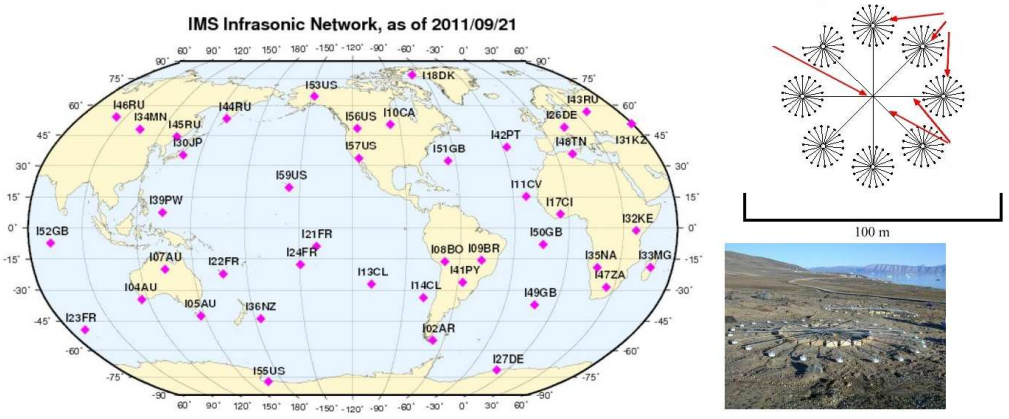


Figure 3. CBTBT ifrasonic detectors network [8].

The most spectacular observations made in barometric way were:

- Podkamiennaya Tunguska 1908 (visual/ barometrc/sejsmographic): explosion in atmopshere [2, 3, 21];
- Moravka 2003 (video/barometric/sejsmographic): impact [17];
- Neuschwanstein 2004 (video/barometric/sejsmographic): impact [12];
- Carnacas 2007: (only: barometric./sejsmographic): impact;
- Indonesia 2009: (video/barometric/sejsmographic);
- Chelyabinsk /Chebarkul) 2013: (video/radar/barometric/sejsmographic): explosion, impact [20].

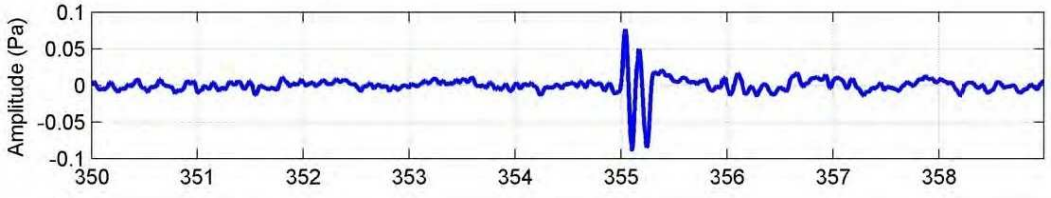


Figure 4. Barogram generated by meteoroid N-wave [12].

Concept and plan of research

There is a need to build a long array of detection stations, each served by acquisition system employing micro computer with GPS module (the same time signal for all stations), three capacitor microphones, camera system all over the sky to identify night phenomena and bright daytime bolides and other aerodynamic sources, three antenna passive radar built on basis DBTV USB receivers with common clocking. The passive radiolocation system will support for infrasound observations, especially at cloudy weather as well as for daytime meteor swarms.

One station would will be equipped with VLF receivers, to detect long wave emissions from the meteor wakes [6, 16].

For very reach swarms, like Perseids, conducting of 3 ballon infrasound missions are considered, to obtain the observation points at height of order of 30 km. This will be achieved with pack of the meteorological baloons carrying a nacelle with one point infrasoud detector, and wide-angle camera, microcomputer with GPS receiver.

Metodology of investigations

In contrast to electromagnetic (radio, video, photo) observations the propagation of infrasound wave front is dependent on temperature distribution in the atmosphere (1).

$$a = \sqrt{\frac{\partial p}{\partial \rho}} = \sqrt{\kappa R_i T} \qquad \kappa = C_p/C_V \qquad (1)$$
$$a \approx 20.05\sqrt{T} \qquad \text{for air}$$

Where: κ -is an Poisson's adiabatic exponent, R_i =287 J/kg/K is an individual gas constant for the air.

In troposphere and mesosphere the speed of sound decreases with height, in tropopause is constant, while in stratosphere it increases.

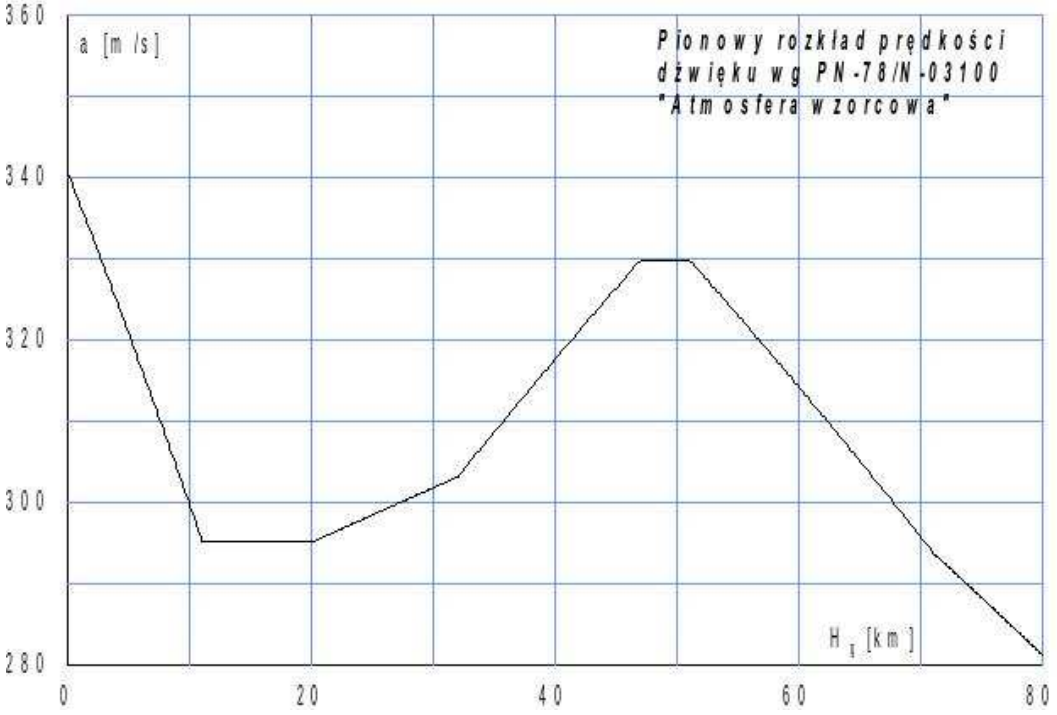


Figure 5. Vertical speed of sound disribution, according to the standard atmosphere.

This causes the path of "acoustic ray" dependant on height above the Earth surface (2), Fig. 6. Hence, the backward in-time integration is necessary to get a position of source. Fortunately the sound propagation is nearly isentropic process, so back-time integration is possible. The region of intersection of the acoustic rays will give an approximate position of source in the space-time, and the velocity of the object.

The trajectory of ray describe the following differential equations:

$$\frac{dx}{dz} = -\sqrt{\frac{T_0}{T(z)}Ma_0^2 - 1} \qquad \text{for gradient layer} \qquad (2)$$
$$\frac{dx}{dz} = -\sqrt{Ma_0^2 - 1} \qquad \text{for isothermic layer}$$

Moreover, the determination of the kinetic energy is possible, and thus, determination of mass of the object entering atmosphere. There will be a need to employ model of atmosphere up to H=120 km, or better employing of current atmospheric data. Of course the solar activity influences on temperature and speed of sound in higher layers of atmosphere. Also information on vertical wind profiles is desirable.

For very high speeds typical for meteors, Mach angles are very small, e.g. for $Ma = 40$: about 1°.50, for $Ma = 200$: approx. 0°.25, and for Ma= 240 this is $0°.2389 = 0°14' 19''$. For such velocities the angle of oblique shock wave is nearly equal to the angle of Mach lines (or characteristics). This allows us to treat a wake of the meteoroid as an approximately cylindrical surface of pressure wave emission. Hence, it is possible to model the phenomenon employing an approximation for the cylindrical source [11, 13, 14]. This allows to estimate kinetic energy and mass of the object. However, for detailed studies one needs to use a methods of Computational Fluid Mechanics.

The measurement system will have 3 stations, each equipped with 4 capacitor microphones, 3 antennas and 1 reference antenna for passive radar. Three antennas will observe sky, whereas one will be directed

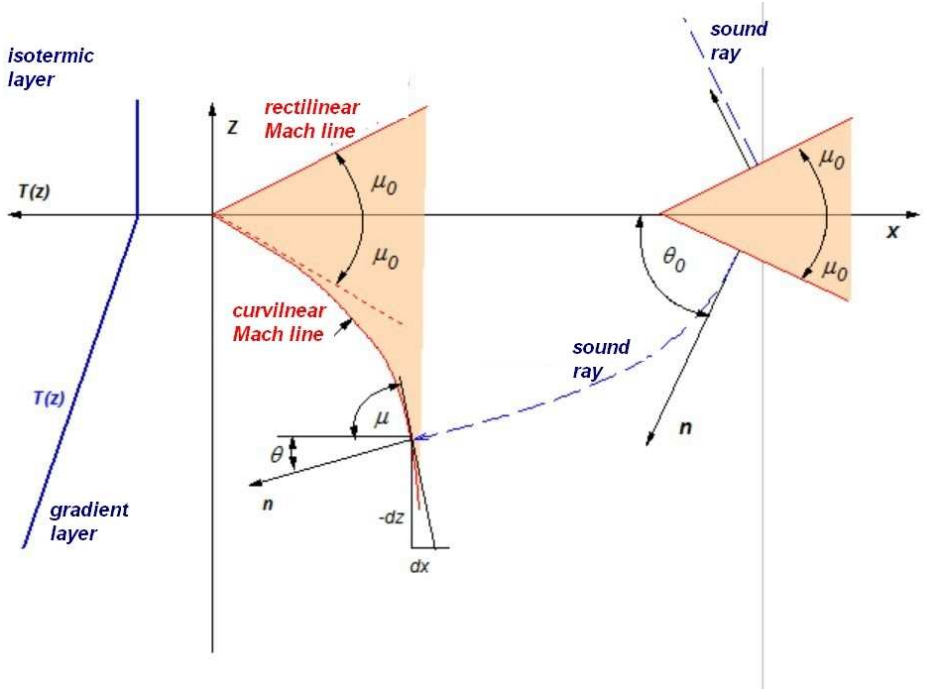


Figure 6. Propagation of sound wave in different layers of atmosphere.

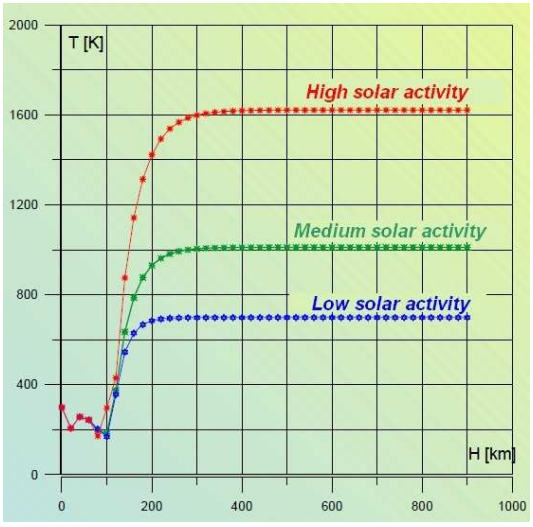


FIGURE 7. Temperature in atmoshere vs. solar activity.

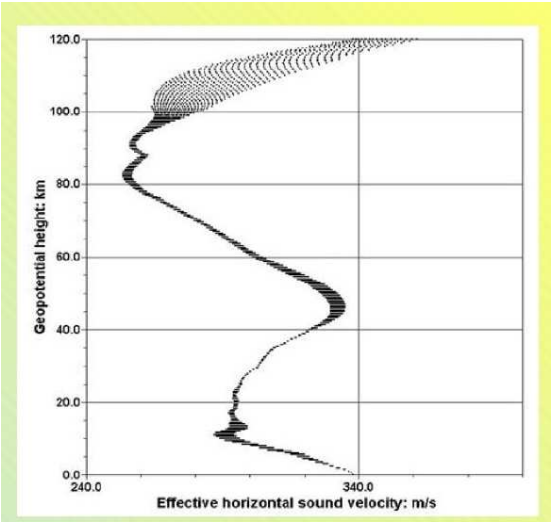


FIGURE. 8. Speed of sound vs. geopotential height.

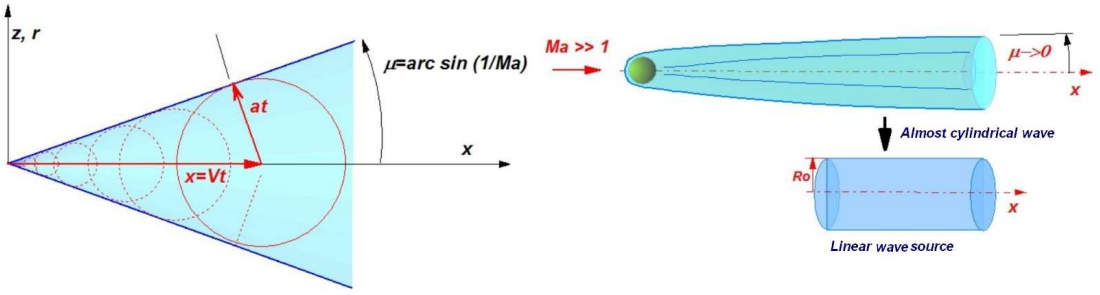


FIGURE 9. Hypersonic shock waves generated by meteoroid.

into nearest TV mast/tower, to get a reference signal. One, additional station, will be equipped with 3 flow-type microbarometers designed at RUT and VLF receiver [16]. Each sensor will be placed in windshield [8]. The shield is designed to suppress speed pulsations coming from ground-level wind, and sizes are significantly smaller than in the case of a rosette, less complicated construction. It is possible to use tunnel wind tunnel-like deturbulizing meshes. The acoustic part of system will be equipped with Raspberry Pi RBOOM/AllWeather microcomputers each with one infrasound sensor and GPS 200 module, for the same time signal for all stations, similar to that presented in [20]. The optical and radio part of system will employ microcomputer/nettop/barebone. The computer will serve as essental unit of the stations, collecting measurements from the sensors placed in terrain. The sensors will be placed in the square with side length of order L=100 m.

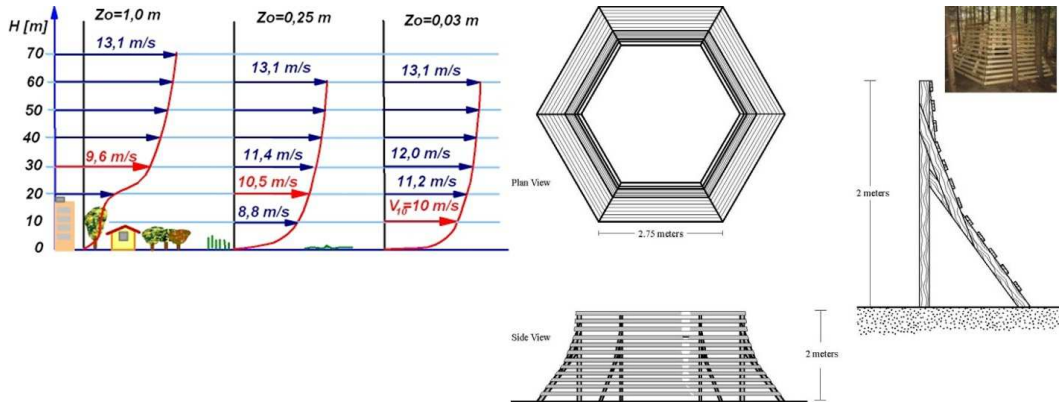


FIGURE 10. Earth boundary layer and wind shield for infrasonic transducer. The shield drawing and photo [8].

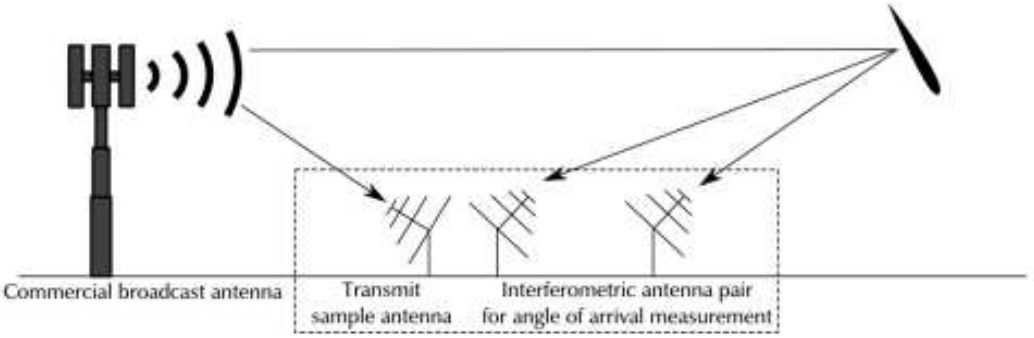


FIGURE 11. DVBT radar for meteor observations [24].

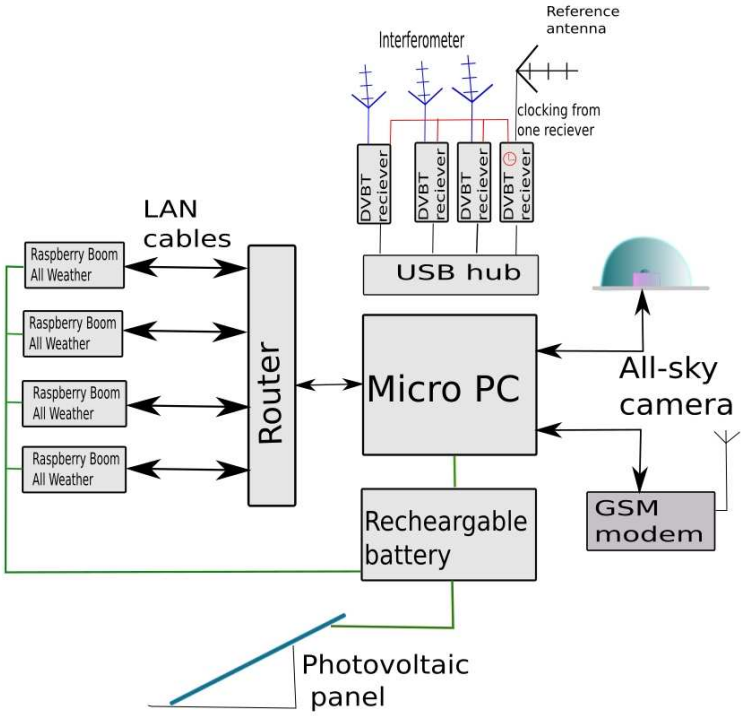


FIGURE 12. Proposed architecture of observation station.

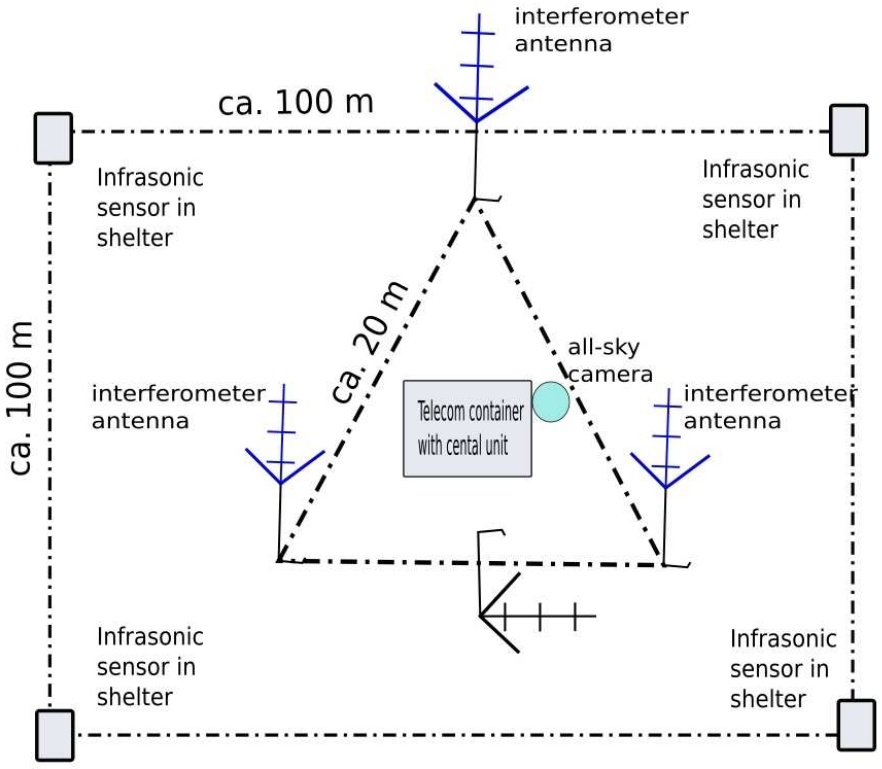


Figure 13. Proposed spatial orgainsation of observation station.

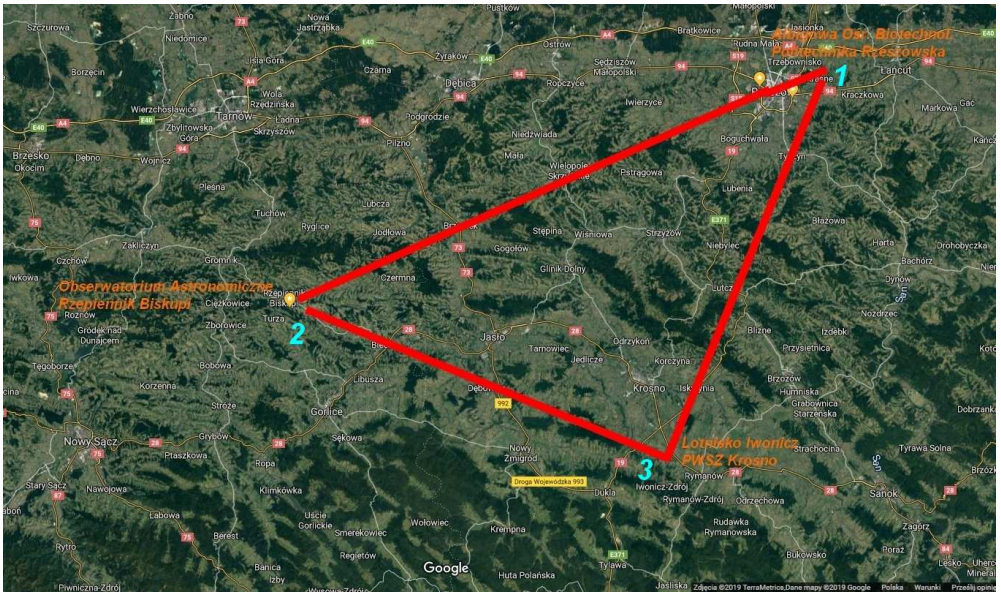


Figure 14. Proposed localisations of observational stations: 1 – Rzeszow University of Technology, Centre of Biotechnology in Albigowa; 2 – Queen Jadwiga Astronomical Observatory in Rzepiennik Biskupi; 3 – PWSZ Krosno, Airfield in Iwonicz.

Such distance gives an sufficient, measurable time delay for the front wave arrival. Each station will have an all-sky camera, capturing only moving objects, to reduce amount of data, and a passive radar based on USB DBTV receivers. Three receivers will be clocked from one clock, to

avoid time shift in data, and they will have 3 individual TV antennas to obtain an interferometer, creating passive radar. The fourth antenna will be a reference antenna directed into neighbour TV or FM station. A local routers allow to collect the data from infrasound and radio sensors.

The each station will have an electric battery support with solar charger and GSM modem for data transmission. The NAS for the data storage from the observational stations, will be placed at Rzeszów University of Technology. The results of acoustic measurements will be compared with radio and optical observations to identify phenomena (to reject airplanes, helicopters, etc.), find direction of flight, velocity, energy and possible impact site. The results of observation will be made available, on request, also for other researchers, for meteoric astronomy, meteorologic, geophysical and environmental studies. The necessary software will be programmed employing freeware environments: Python, Scilab, Maxima. The result of the work should be a series of publications, including: scientific papers, conference speeches, popular science papers, and a monographical book.

Final remarks

Acoustic method of meteor detection is relatively new one. This research method:

- can bring a lot of valuable information regarding: trajectory, energy of meteoroid mass, aerothermodynamics, also the flight dynamics of these objects;
- can be a great complement to traditional research methods;
- can be a source of valuable comparative material for aerodynamic studies high speeds.

The project of infrasonic measurements of infrasound generated by meteors and other aerodynamic sources had been proposed in the grant competition “OPUS 18” of National Science Center of Poland, NCN.

References

[1] Bronshten V. A., 2012, *Physics of Meteoric Phenomena*, Science. Springer Science & Business Media., ISBN 9789400972223

[2] Farinella P., Foschini L., Froeschlé Ch., Gonczi R., Jopek T. J., Longo G., Michel P., Patrick, 2001, *Probable asteroidal origin of the Tunguska Cosmic Body*, Astronomy & Astrophysics, 377, 1081–1097

[3] Faure G., Mensing F. M., 2007, *Introduction to Planetary Science*, The Geological Perspective Springer Verlag

[4] Gia N., Brown P., 2017, *Refinement of Bolide Characteristics from Infrasound measurements*, Planetary and Space Science, 04

[5] Guriaszkin L. P., Krasilshchikow A. P., Podobin V. P., 1970, *Aerobalisticzeskaja truba dla izmierienija soprotiwlienija modieliej w swobodnom polietie pri gipierzwukowych skorostiach*, Uchenye Zapiski TsAGI, T.1. No. 2

[6] Keay C. S. L., 1993, *Progress in Explaining the Mysterious Sounds Produced by Very Large Meteor; Fireballs*, Journal of Scientific Exploration, Vol. 7, No. 4, pp. 337-354

[7] Landau L. D., Lifszyc E .M., 1994, *Hydrodynamics*, PWN Warszawa (in Polish translation)

[8] Liszka L. J., 2008, *Infrasound: a summary of 35 years of infrasound research*, IFR Sc. Rep. No., 291

[9] Liszka L. J., 2008, *Listening to Meteors*, IFR Sc. Rep. No., 295

[10] Lobanovsky Y. I., 2013, *Acoustic Methods for Evaluation of High Energy Explosions*, Irkut Corp. Report, Moskwa

[11] Revelle D. O., Brown P. G., Spurny P., *Entry dynamics and acoustics/infrasonic/seismic analysis for the Neuschwanstein meteorite fall*, Meteoritics & Planetary Science 39, Nr 10, pp.1605–1626

[12] Silber E. A., 2013, *Infrasound as a scientific tool to study meteors*, IMC Poznań 22-23 August 2013

[13] Tarnogrodzki A., 2003, *Gas Dynamics*, WKiŁ Warszawa, str. 120-126 (in Polish)

[14] Cooke W. J. (red.),*Meteoroids: The Smallest Solar System Bodies*, NASA/CP-2011-216469

[15] Wayne W. E., Brown P. G., Revelle D. O., 2004, *Bolide Energy Estimates From Infrasonic; Measurements*, Earth, Moon, and Planets, 95, pp. 501–512

[16] Zgrablić G. et al., 2002, *Instrumental recording of electrophonic sounds from Leonid fireballs*, J. of GeophysicalResearch, Vol. 107, No. A7, 10.1029/2001ja000310

[17] Brown P. G., Kalenda P., Revelle D. O., Borović J., 2003, *The Moravka meteorite fall: 2. Interpretation of infrasonic and seismic data*, Meteoritics & Planetary Science 38, Nr 7, 989–1003

[18] www.meteor.uwo.ca

[19] www.eol.jsc.nasa.gov

[20] www.meteorastronomie.ch

[21] http://www.esa.int/Enabling˙Support/Operations/Russia˙asteroid˙impact˙ESA˙update˙and˙assessment

[22] https://history.nasa.gov/SP-440/ch6-15.htm

[23] http://kaira.sgo.fi/2013/09/passive-radar-with-16-dual-coherent.html

[24] https://hackaday.com/2015/06/05/building-your-own-sdr-based-passive-radar-on-a-shoestring/#more-157857

Third components with elliptical orbits in the eclipsing binaries: EQ Tau, IR Cas, IV Cas, RY Aqr & RZ Com

Dmytro E. Tvardovskyi [1,2]

[1] Odessa I. I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine

[2] Department "Mathematics, Physics and Astronomy", Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

Abstract

This research is our forth article related to the topic of cyclic O-C changes, third components as the physical process that cause these changes and elliptical orbits of the third components. Here five more eclipsing binary stars were investigated: EQ Tau, IR Cas, IV Cas, RY Aqr and RZ Com. All of them have cyclic O-C curve with superposition of parabolic trend. We computed the mass transfer rate, minima possible mass of the third component and their errors for each of the researched stars.

Key words: O-C curve, mass transfer, third component, elliptical orbit; individual: EQ Tau, IR Cas, IV Cas, RY Aqr, RZ Com

All of the researched stars are well-known eclipsing binaries which were observed during long period of time. Thus, a lot of photometric, photoelectric observations were done by amateur astronomers and by specialized telescopes. All available data from databases AAVSO [1] and BRNO [2] was used in this research as well as results of the previous investigations made by other authors. Firstly, we took some important general parameters from General Catalogue of Variable Stars (GCVS, [3]) and other researches.

For any of researched stars errors of the masses were not computed. Thus, they were estimated as 7% of the stellar masses, because it is

Stellar systems	Initial epoch (JD-2400000)	Period (days)	M_1 $[M_\odot]$	M_2 $[M_\odot]$	Reference
EQ Tau	40213.325	0.34134848	1.22	0.539	[4]
IR Cas	56521.639	0.680685	1.43	1.22	[5]
IV Cas	56507.365	0.998507	2.6	1.24	[6]
RY Aqr	52500.021	1.966577	1.27	0.26	[7]
RZ Com	34837.4198	0.33850604	1.03	0.45	[8]

TABLE 1. Some parameters of the studied eclipsing binaries.

average value of the errors.

Secondly, all previous articles and abstracts were analyzed. Here is a brief overview of previously published results together with our O-C curves. On all figures pink dots are BRNO observations, blue ones are moments of minima which were computed using AAVSO data. Black line is approximation, in addition the $\pm\sigma$ and $\pm 2\sigma$ confidence intervals are shown, where σ is an unbiased estimate or the r.m.s. deviation of the points from the fit.

EQ Tau

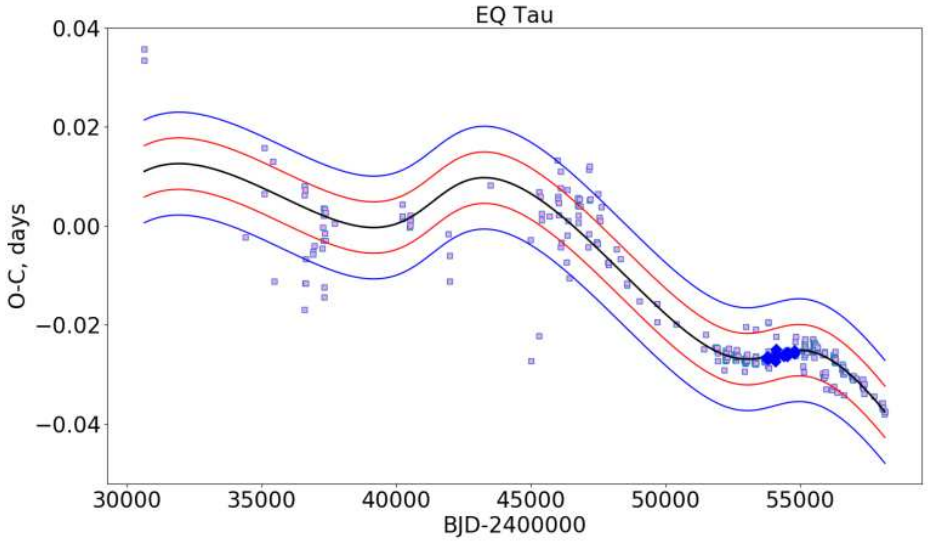


FIGURE 1. O-C curve of EQ Tau.

Mass transfer rate was computed in [5]. Third component mass was calculated [5] and [9].

IR Cas

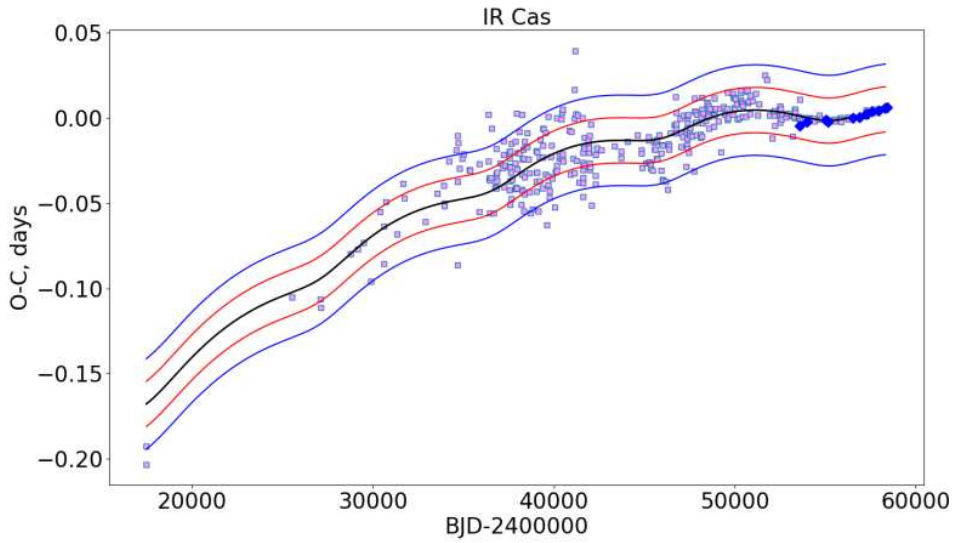


FIGURE 2. O-C curve of IR Cas.

Mass transfer rate and mass of the third component were computed in [5].

IV Cas

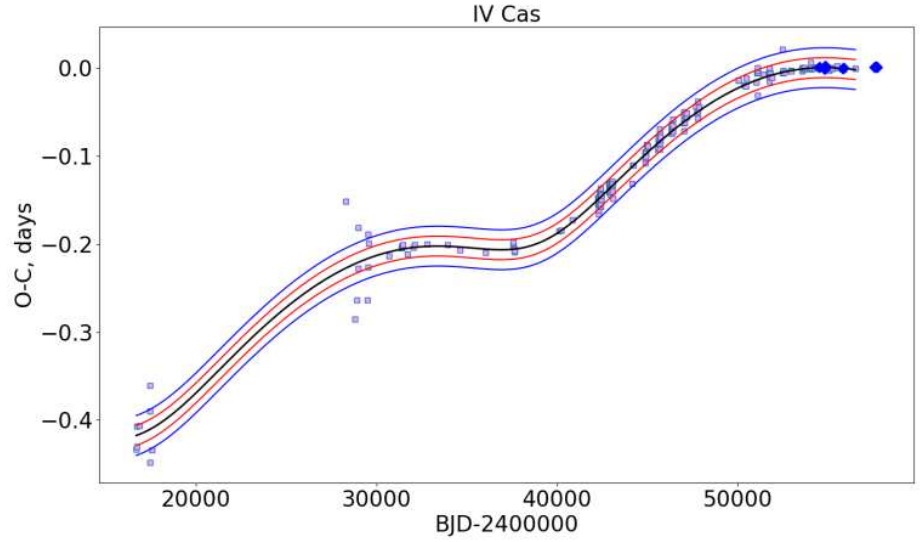


FIGURE 3. O-C curve of IV Cas.

In [6], [10] and [11] minimal possible mass of the third component was calculated. In [10] and [11] orbital elements were also estimated.

RY Aqr

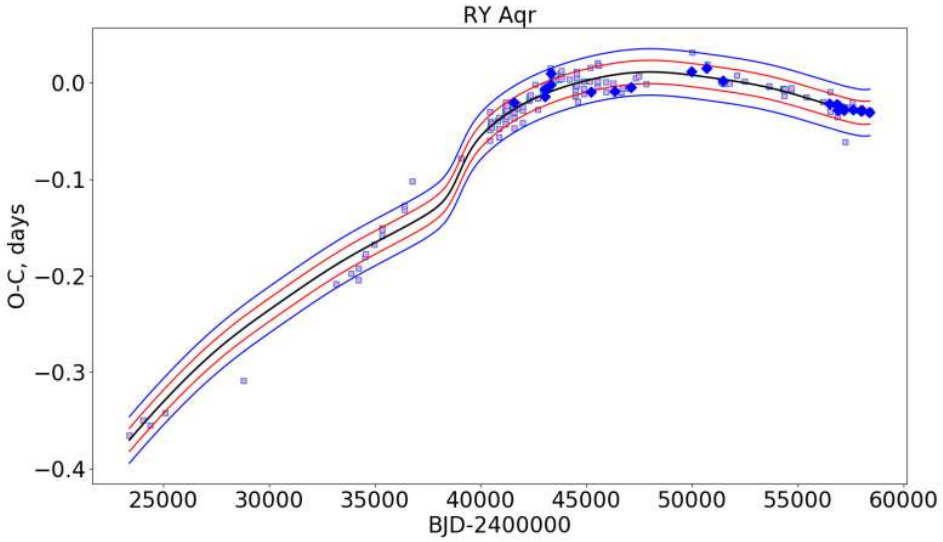


Figure 4. O-C curve of RY Aqr.

In [12] mass transfer rate was estimated and third component's orbital elements were computed. In [7], [12] and [13] third component mass was calculated.

RZ Com

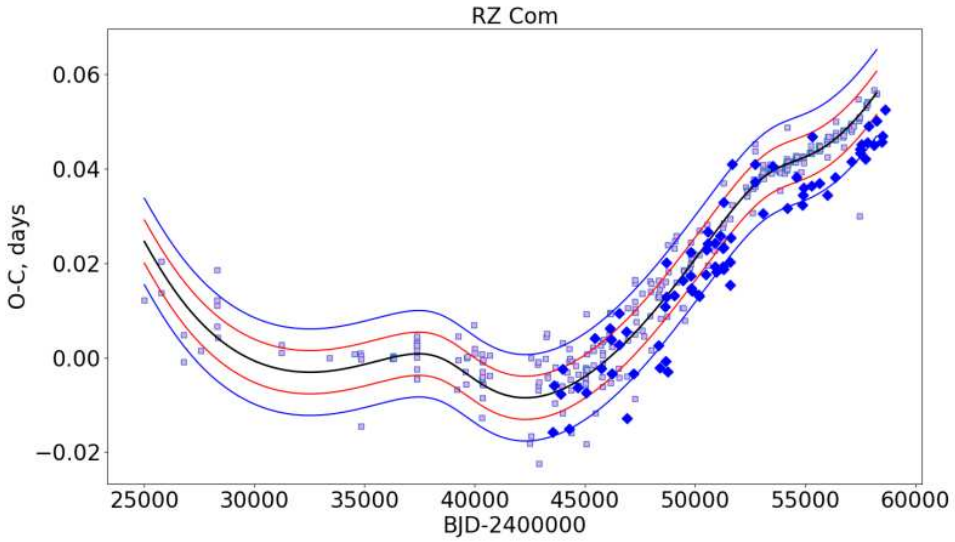


Figure 5. O-C curve of RZ Com.

In [8] mass transfer was supposed and in [14] mass transfer rate was computed. Third component was supposed in [15], [16] and [14], but it's mass was estimated in [15] and [14].

Now it is necessary to describe general aspects of the processing algorithm:

1. Collecting data from database BRNO;
2. Downloading observations from AAVSO;
3. Splitting AAVSO data onto separate minima;
4. Obtaining moment of extremum for each minimum;
5. Joining data form BRNO and obtaining moments of minima;
6. Obtaining values of O-C;
7. Plotting and approximating O-C curves;
8. Obtaining period of cyclic and rate of stable O-C changes;
9. Computing parameters of the physical processes that cause such changes.

For calculating moments of minima from AAVSO observations the software MAVKA was actively used. This code was kindly provided by K.D. Andrych and I.L. Andronov [17], [18], [19]. As the result, 171 minima were obtained.

For better visibility, the possible orientations of the orbits (within the errors of all elements) are shown on the Fig. 6. Solid colorful lines are hundreds of orbits with different orbital elements that could describe observed O-C curves. To plot each of these orbits, some orbital elements (a, e, ω) were evaluated in range (mean value – error; mean value + error) with relatively small step.

Black arrows show direction to the observer. Black "+" sign in the center of each subfigure is the position of the triple system barycenter. Units of measurement on the axis are million kilometers.

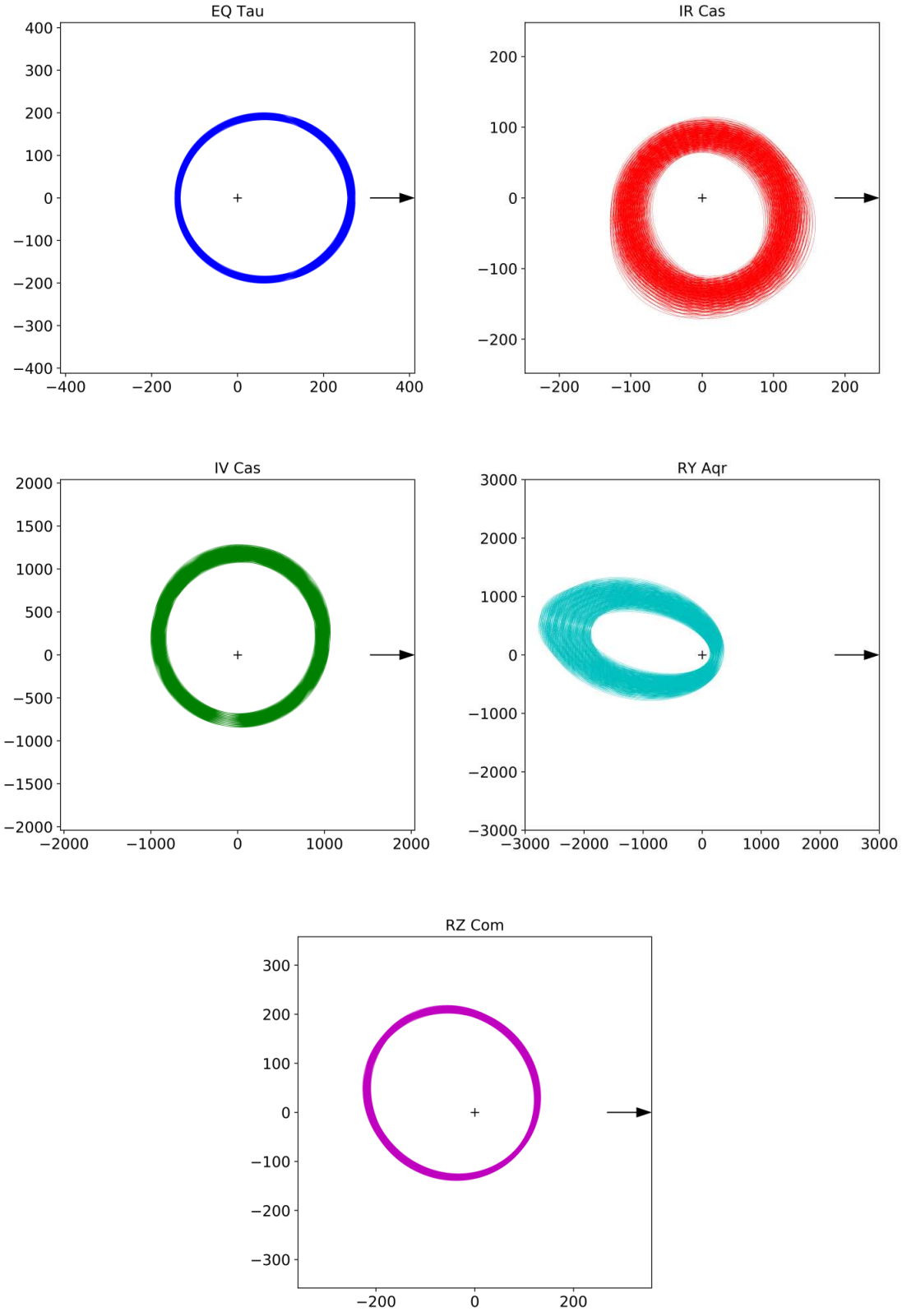


FIGURE 6. Possible orientations of the binary systems' orbits and $\pm 1\sigma$ "error corridors".

Value	EQ Tau	IR Cas	IV Cas	RY Aqr	RZ Com
α, $10^{-12}\frac{1}{days}$	-109±4	-115±8	-19±13	-452±15	170±2
β, 10^{-6}	8.0±0.4	12.8±0.7	10.9±0.9	48.3±1.3	-13.0±0.1
γ, days	-0.138±0.011	-0.353±0.016	-0.566±0.014	-1.290±0.025	0.243±0.003
$a \sin i$, 10^6km	202±4	114±10	970±50	1300±200	177±2
e, 1	0.31±0.02	0.25±0.13	0.22±0.04	0.82±0.06	0.34±0.02
ω, rad	3.14±0.06	1.9±0.6	4.55±0.15	6.05±0.04	5.58±0.08
t_0, MJD	9700±500	4000±2000	16800±1700	18700±900	16600±400
T, days	12700±100	9400±300	21900±800	20200±365	14900±132
Ḿ, $10^{-9}\frac{M_\odot}{year}$	26±4	220±150	11±7	36±3	33±4
M_3, $M_\odot$	0.20±0.01	0.17±0.02	1.25±0.13	1.11±0.29	0.14±0.01

Table 2. Results of calculations and O-C approximation parameters.

Acknowledgements

This research was done as the part of the projects Inter-Longitude Astronomy [20], [21], UkrVO [22], [23] and AstroInformatics [24], [25] as well as previous researches [26], [27], [28]. We sincerely thank to Ivan L. Andronov for fruitful discussions and to AAVSO and BRNO databases for providing data for this research. In addition, we are grateful to Kateryna D. Andrych and Ivan L. Andronov [17], [18], [19], [29], [30] for providing software MAVKA that made this investigation possible.

References

[1] American Association of Variable Stars Observers, https://www.aavso.org/
[2] Brno Regional Network of Observers, http://var2.astro.cz/ocgate/?lang=en
[3] Samus N. N. et al., 2017, Astronomy Reports, 61, 1, 80
[4] Kevin B. Alton, 2009, JAAVSO, 37, 148
[5] Kai Li et al., 2014, The Astronomical Journal, 147, 98
[6] Zache P., 2006, ASP Conference Series, 349
[7] Zache P., 2008, Doctoral Thesis, arXiv:0801.4258v1
[8] ShengBang Qian, 2001, MNRAS, 328, 635
[9] Yulan Yang, Qingyao Liu, 2002, The Astronomical Journal, 124, 3358
[10] Wolf M. et al., 2006, Information Bulletin on Variable Stars, 5735
[11] Parimucha Š. et al., 2018, Research in Astronomy and Astrophysics, 18, 4, 47
[12] Manzoori D., Salar A., 2016, The Astronomical Journal, 152, 26
[13] Soydugan F., 2008, Astronomical Notes, 329, 6, doi:10.1002/asna.200710972
[14] Nelson R. H., Alton K. B., 2019, Information Bulletin on Variable Stars, 6266
[15] Qian Sheng-Bang, He Jia-Jia, 2005, PASJ, 57, 977
[16] He Jia-Jia, Qian Sheng-Bang, 2008, Chin. J. Astron. Astrophys, 8, 4, 465
[17] Andrych K. D., Andronov I. L., 2019, Open European Journal on Variable Stars, 197, 65
[18] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2017, Odessa Astronomical Publications, 30, 57

[19] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., Marsakova V. I., 2015, Odessa Astronomical Publications, 28, 158

[20] Andronov I. L. et al., 2017, ASP Conf. Ser., 511, 43

[21] Andronov I. L. et al., 2003, Astronomical & Astrophysical Transactions, 22, 793

[22] Vavilova I. B. et al., 2017, IAU Symp., 325, 361

[23] Vavilova I. B. et al., 2012, Space science and technology (in Russian) 17, 74

[24] Vavilova I. B. et al., 2012, Kinematics and Physics of Celestial Bodies (in Russian), 28, 2, 85

[25] Vavilova I. B. et al., 2012, Kinematics and Physics of Celestial Bodies (in Russian), 28, 2, 59

[26] Tvardovskyi D. E. et al., 2018, OAP, 31, 103

[27] Tvardovskyi D. E., Marsakova V. I., Andronov I. L., 2019, arXiv: 1912.02087 (Journal of Physical Studies, 2020, 24, submitted)

[28] Tvardovskyi D. E., 2019, arXiv: 1911.12415 (AASP, 2020, submitted)

[29] Andrych K. D., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2019, arXiv: 1912.07677 (Journal of Physical Studies, submitted)

[30] Andronov I. L., Andrych K. D., Chinarova L. L., 2019, arXiv:1912.11470 (Annale Astronomii Nowej, submitted)

The animals went in three by three

Virginia Trimble[1,2]

[1] Departament of Physics & Astronomy, University of California, Irvine, USA
[2] Queen Jadwiga Astronomical Observatory, Rzepiennik Biskupi, Poland

Abstract

The history of astronomy (as well as of everything else) is littered with coincidences. Here are three, wherein the same thing was discovered, done, or attempted by three different astronomers, communities, or small groups at very nearly the same time. One comes from 19th century spectroscopy, one from professional organizations, and one from numerical modeling of stellar evolution.

Introduction

"Well the idea was in the air", has often been voiced in connection with priority disputes, modestly by the winners and sourly by the losers. Double discoveries are common enough for all of us to think of an example or two, for instance, Newton, Leibnitz, and the calculus, or Darwin, Alfred Russel Wallace and biological evolution. The discovery of the periodic table, whose official sesquicentennial we have just passed through, was something like a sextuplet discovery [1], where the driver had been a conference of "men of science" at Karlsruhe in 1860 whose product had been an agreed-upon set of atomic weights, whose systematics could then be sought. The choice of 1869 for D__(discovery) day means that Dmitri Ivanovich Mendeleev was the winner. For our three astronomical cases, all three prime-movers were in some sense winners.

Three new elements

Mendeleev's table had some holes and uncertainties. Chemists spent another 60 years filling in all the blanks among the heavy elements. But

there seemed also to be a giant chasm between hydrogen, with weight one, and lithium with weight seven. Where might one expect light elements? Perhaps high in the earth's atmosphere, or in the outer layers of the sun, or among the stars. And so came the spectroscopists who discovered the elements nebulium (William Huggins 1846) [2], helium (Norman Lockyer 1868) [3], and coronium (Charles A. Young and William Harkness, separately 1869) [4]. Admittedly, two of these turned out not to be new elements, but rather common, well known elements under unusual conditions, hardly possible on earth. The trio is nevertheless, I think, interesting, both because nothing else like it has ever again happened in astronomy and because of the shared circumstances that facilitated the discoveries.

The advent of radio and infrared astronomy yielded many initially unidentified spectral features, sharp and diffuse, but no one tried to attribute them to new chemical elements, only to unexpected molecules, with X-ogen turning out to be HCO^+; many of the diffuse features probably PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons); and (back in the visible part of the spectrum) some broad lines in white dwarfs briefly blamed on molecular helium, but really just hydrogen with the spin degeneracies broken by very strong magnetic fields.

As for the circumstances, plots of the number of chemical elements known through time display a sort of stair-steps-for-the-unwary appearance (Fig. 1) with large rises whenever a new technique was brought to bear on discovery, for example the use of electric currents in the early 1800s by Humphrey Davy and others to break up molecules of mystery substances in solutions of salts into their constituent atoms. Then Robert Bunsen and Gustav Kirchhof caused such a step when they applied optical spectroscopy to other mystery solutions heated by (Bunsen burner) flames. Flame colors gave names to their 1860 Cesium and 1861 Rubidium as well as William Crookes's 1861 Thalium (Dupre and Dupre's claim of blue-flamed Effluvium was a laboratory based mistake). Thus in the 1860s new elements were expected, and spectroscopy had become an acceptable way of identifying them. What is more, B&K had quickly recognized the features of sodium and iron in sunlight (incidentally falsifying the claim of a famous philosopher that we could never know what the celestial objects were made of).

Second, there was serendipity all around. Huggins was the first astronomer to turn his telescope and spectroscope (meaning you look at the spectrum rather than photographing it) toward a nebula, the one now

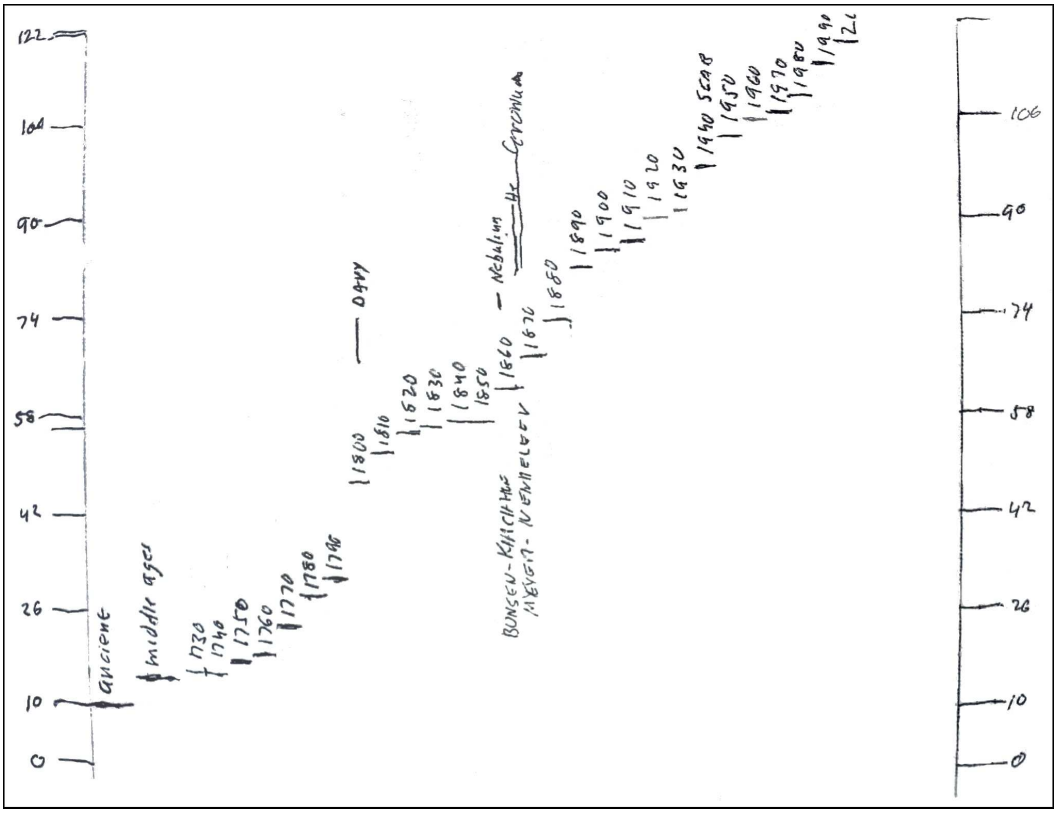


FIGURE 1. Growth with time of the number of known chemical elements, with markers indicating the years for a few key chemists and for the discoveries of nebulium, helium, and coronium. (drawn by the author from readily-available data).

called the Cat's Eye, after looking at a bunch of stars. He was duly surprised to see at first just one emission feature (later several) that we now recognize as a blend of modern wavelengths 5007 and 4958 Angstroms, corresponding to no known laboratory substance. Those lines often kept the names "nebular" and N1 and N2 even after they were understood and remain the brightest features in spectra of many kinds of nebulae. The total solar eclipses of 1868 (in India) and 1869 (across the US) put many astronomers in the paths of looking for various things. On site in India, Jules Janssen realized he could catch light from the solar chromosphere without waiting for an eclipse by placing the slit of his spectrograph where he knew there was a prominence. Norman Lockyer did the same back home in England soon after and decided that the emission near 5889 Angstroms was not just the blended Na-D lines. Pogson (you might know him for the magnitude scale) had said the same in India. Two expeditions sent to look at the 1869 eclipse focused on light from the corona and its spectrum. The new wavelength there was 5303 Angstroms (K 1474 on Kirchoff's scale). The D feature is about

1640 on the Kirchoff scale (with measures refrangibility and so goes backwards by our standards). So, in chronological order and with some mild priority disputes and haggling over names, we acquired nebulium from Higgins, helium from Lockyer and Pogson, and coronium from Young and Harkness.

The third favorable circumstance was that all were looking just before astronomers began switching from actual eye observing to recording images and spectra on photographic plates. The emulsions on those early plates, coated with silver halides, had their greatest sensitivity at short blue to ultraviolet wavelengths. The human eye is most sensitive around yellow-green, and, sure enough, the discovery lines of all three 1860s astronomical elements fall in the yellow-green part of the spectrum.

When laboratory chemists began to fill in the gaps in Mendeleev's table, and Henry Moseley clarified a few ambiguities with X-ray crystal spectroscopy, it became clear that there was no space for either nebulium or coronium. And even helium required an 8th column to be added on the right side at the end of the century, after William Ramsey found it in gas seeping from uranite, a uranium ore. That column now also accomodates Ne, Ar, Kr, Xe, Ra, and Oganesson.

While nebulium and coronium are not real elements, their emission lines are, of course, real, and remain the strongest in modern spectrograms. Eddington had guessed in around 1926 that nebulium might be some common element, highly ionized. Half right, as it were, and it was Ira Sprague Bowen the next year [5] who showed that the strongest were twice-ionized oxygen radiatively de-exciting from levels the atoms could reach only by collisional excitation. At sensible, terrestrial densities, collisional de-excitation would follow immediately. In the tenuous gases of the Cat's Eye, NGC 7027, and all the rest, there was time for radiative de-excitation by photons carrying a unit of orbital as well as one unit of spin angular momentum. The transitions are called "forbidden" but, obviously, are only relatively so.

The decoding of coronium came during the Second World War from Bengt Edlen [6] and Walter Grotrian [7], who considered the systematics of elements from Al up to Fe as they lost ever more electrons; neutral Al, Si^{-1}, P^{-2}, S^{-3}, Cl^{-4}, Ar^{-5}, up to Fe^{-13} (called Fe XIV, but that is just to make it more difficult), will each have the same electron configurations and so similar spectra, but shifted to higher energy and shorter and shorter wavelengths, because the remaining electrons see ever-stronger unshielded positive charges from their nuclei. Edlen's article was the

written version of his 1945 George Darwin lecture and is a wonderful read, thought it must have made a rather dense talk. He clarifies the ways in which the coronal lines are like and unlike the nebular ones. Both are forbidden transitions, but the nebular are magnetic dipole transitions with lifetimes of hundreds to thousands or more seconds, while the coronal lines are electrical quadrupole transitions, with lifetimes of a fraction of a second (but strong electric dipole lines have lifetimes less than microseconds). In addition, because sunlight is much brighter in the corona than is starlight in a typical extended nebula, some of coronal excitation is probably radiative.

Lest I forget to mention it, a key step in solving the nebulium and coronium problems was the recognition of many lines of each type (that is ones with laboratory counterparts) and improved wavelength measurements, so that the theorists had numbers to match and to match more precisely.

In this regard, the success of Bernard Lyot in constructing a coronograph, so that he didn't have to wait for eclipses was of immense importance [8], as was the trick used by Lockyer to catch chromospheric spectra any old day. The name coronium apparently lagged the line discovery by a couple of decades [9].

In due course, the chemists had to invite the astronomers back in when they wanted to know how much of each element was to be found in the cosmos and where it all came from. These – the enormous preponderance of hydrogen followed by helium – and the full range of nucleosynthesis from that H & He left by the big bang on up to U and Th are works still in progress.

There is, however, a fine old custom in astronomy that, whenever one thinks of a new way of making something (cosmic rays; X-rays from binary stars; and also for instance gold and silver and rare earths) one is inclined to claim that the new mechanism is the only important one. And if each mechanism were as powerful as the inventors claimed, we would be blinded by the X-rays and drowning in gadolinium.

A trio of subdisciplinary divisions (not a very exciting title)

New organizations form when a critical number of persons become dissatisfied with the existing ones or when they feel they have an important new idea to sell. Think of political parties, evangelical churches, and garden clubs, as well as scientific societies. The critical number for scientists has often been something like 60-100, as reflected in the founding sections of the American Association for the Advancement of Science (1868), the American Physical Society (1899), and the American Astronomical Society (1895, under a slightly different name).

And so, in 1969-70, a subset of the members of three different societies felt the need to sell the same idea – the importance of high energy or relativistic astrophysics and concluded that existing structures of their main organizations did not meet their needs. The driver was undoubtedly the richness of new discoveries and theories following the opening radio and X-ray windows, jointly coming in turn from World War II technology and Cold War worries, thus inflow of money for science, at least in the US triggered by the Soviet launch of Sputnik. Think on the one hand of quasars, pulsars, X-ray binaries, black hole candidates, and the microwave background, and, on the other, of NASA (founded in 1956) and ESRO (founded in 1962 and renamed ESA in 1975) as both beneficiaries and intermediaries of the discovery-to-community process.

Marginally, the American high energy astrophysicists became dissatisfied first, threatening to leave and join the American Physical Society, which had asked Chandrasekhar to be the founding chair of an astrophysics division. Because solar astronomers, planetary scientists, and dynamicists were feeling similar discontents, a quartet of divisions came quickly into being. These were firsts for the AAS, and only two, history and laboratory astrophysics, have since been added. The founders of the High Energy Astrophysics Division were clearly thinking of "high energy per event or source", not just "high energy per photon", because they included radio astronomers, supernova theorists, and opical astronomers as well as X-ray, gamma-ray, and cosmic-ray observers and interpreters. Chandrasekhar was a founding member, but the first chair was solar physicist Eugene Parker.

Meanwhile, as it were, the American Physical Society, which had had subdisciplinary divisions since 1943 (addressing major branches of physics, not the outliers) went ahead with what was first called a Division

of Cosmic Physics in 1970. No list of of the founding members seems to exist, but the first chair was John A. Simpson, a cosmic ray physicist, and the leadership remained largely in that community for a decade or more, meaning, one supposes, that they were thinking of "high energy per particle". The name was changed to Division of Astrophysics in 1983, and the membership was approaching 2000 by 2004. I became the 31st chair, and 4th female chair in 2000 (I chaired the AAS-HEAD in 1993, and, incidentally, efforts to get the two divisions to meet together largely failed). With the growing membership came sprawling research interests, now including both high energy per event and high energy per photon, not to mention neutrinos and gravitational waves.

Because the International Astronomical Union meets only every three years, vs twice a year for AAS and APS, 1970 was the first opportunity to establish a Commission on High Energy Astrophysics. That duly happened, as Commission 48 (47, Cosmology, appeared the same year). The IAU had formed in 1919 with about 30 disciplinary commissions, so C48 was not a pioneer. Its 59 founding members included 26 in common with the early membership of HEAD, signifying that, in those days, half of everything expensive in the world belonged to the USA. Again the founders covered the whole range of wavelengths and relevant theoretical territories, but as the Commission aged, it gradually came to think of itself as "high energy per photon" (As a member of its organizing committee 1985-91 I tried to oppose this, unsuccessfully). Thus in 1994, under last president J.P. Ostriker, it folded itself into Commission 44, Observations from Space, founded in 1958 as Observations from Outside the Terrestrial Atmosphere.

The IAU abolished all of its existing Commissions in 2015, having revamped its Divisions in 2012. At least in the first iteration of this reform, High energy Phenomena and Fundamental Physics is the name of Division D, which has only one Commission, D1, Gravitational Wave Astrophysics. Active Galaxies live in cross-divisional Commission X-1, Supermassive Black Holes, Feedback, and Galaxy Evolution. Pulsars, supernovae, X-ray binaries, gamma ray bursts, and others of our old friends among HEAp seem to be homeless.

Of our triplettes so far, only one of the elements survived (helium) and two of the subdisciplinary divisions (HEAD of AAS and DAP of APS). We go on the third case of three nearly-simultaneous achievements, in hopes that all three will prove still to be with us.

President	Herbert Friedman*
Vice President	Martin Rees*
Organizing Committee	Alastair Cameron*, Vitaly Ginzburg, Thomas Gold*, Kenneth Greisen*, Philip Morrison, Franco Pacini, Dennis Sciama, Maurice Shapiro*, Iosif Shklovskij, Francis Graham Smith
Members	Luiz Alvarez, Geoffrey Burbidge*, Talbot Chubb*, George Clark*, Georg Dautcourt, Giovanni Fazio*, James Felten*, Carl Fichtel*, George Field*, Philip Fisher*, William Fowler*, Gordon Garmire*, Riccardo Giacconi*, Livio Gratton, Howard Greyber, Herbert Gursky*, Satio Hayakawa, Fred Hoyle, James Valentine Jelley, Ben-Zion Kozlovsky, Vladimir Gdalevich Kurt, Malcolm Longair, Masara Matsuoka, Yuval Ne'eman, Minoru Oda, Eugene Parker*, Vahe Petrosian*, Kenneth Pounds, Hubert Reeves, Bruno Rossi*, Edwin Salpeter*, William Saslaw, Evry Schatzman, Peter Scheuer, Giancarlo Setti, Giora Shaviv, Sabatino Sofia, Peter Sturrock*, Rashid Sunyaev, Sergej Ivanovich Syrovatskij, Kip Thorne*, James Truran*, John Wheeler, Lodewijk Woltjer*, Yakov Zeldovich

Table 1. The founding members of the IAU Commission on High Energy Astrophysics from 1970. (from the author's article in a history of the American Astronomical Society) [10].
* Commission members who also belonged to HEAD within its first decade. The IAU Commission requires that one cannot be considered for election within three years of obtaining the PhD and that a new member is restricted to membership in a single commission for the first triennium. Therefore Trimble was elected to the IAU in 1973, into Commission 48 in 1976, and on to the organizing committee for the 1985-1994 terms.

Three small groups address evolution of close binary stars

Attempts to model, or at least understand, the structure of gaseous stars go back to the 19th century. Analytical methods were summarized by Chandrasekhar [11], the transition to numerical methods (using hand-cranked or early electronic calculators) by Schwarzschild [12]. He once remarked that he could do one model per day and, since it took about 30 time steps to reach red giant structure, one evolutionary track per month (Martin Schwarzschild took very few holidays). The 2020 time

scale is similar: it takes 5 minutes or less to calculate a model, but you spend a month debugging your program. The transition to main-frame computers was complete in time for Icko Iben to write review in 1965 [13], and his evolutionary tracks appear in textbooks to this day. But the most complete discussion of how to create a computerized model at that time is given by Rudolf Kippenhan and colleagues about to enter the bunary fray [14]. A more European version of this story is found, for instance, in textbooks by Schwatzman and Praderie [15] and by de Loore and Doom [16].

It soon became clear that numerical techniques developed to study the evolution of single stars could be used to compute evolution of binaries. Such programs began almost simultaneously in Göttingen, in Ondrejov, and in Warsaw. The major players in each place, with the effective leader first and others in roughly the order they began to contribute were:
G ottingen (later moved to Munich): Rudolf Kippenhahn, Albert Weigert, Hans-Christoph Thomas, Daniel Lauterborn (later Munich), Horst Mauder (later Bamberg), K. Kohl, Sjur Refsdal (later Oslo).
Ondrejev, Czechoslovakia: Miroslav (Mirek) Plavec, Petr Harmanec, Jiri Horn, Svatopluk Kris, Jiri Grygar. The effort was somewhat disrupted by Plavec's move to UCLA and the early death of Jiri Horn, but Harmanec in due course became president of the Czech Astronomical Society and is still interested in binaries.
Warsaw: The senior astronomer who appears on some of relevant papers was Stefan Piotrowski, but it is clear that the leadership came from Bohdan Paczyński, bringing in Janusz Ziółkowski, Andrzej Kruszewski, Wojciech Krzemiński, Wojciech Dziembowski, Sławomir Ruciński, Ryszard Sienkiewicz, Robert Jędrzejewski, Anna Żytkow and Irena Semeniuk. Notice this includes two women, which was a lot for the time. Paczyński's later co-authors included Ene Ergma (Tartu), Bożena Muchotrzeb Czerny (Warsaw), Inge Juliana Sackmann Christy (Canada and Caltech), and the present author. All three groups were represented in 1966 at a conference in Uccle (the Belgian Royal Observatory), and it was clear that they agreed at least on the resolution of the Algol paradox – when the more evolved member of a pair is the less massive, it is because material has been transferred to the initial secondary. Everyone met again the next year in Prague at the 1967 IAU General Assembly, with again general agreement among the theorists, but violent disagreement when Paczyński suggested that mass transfer in massive binaries could leave the initial primary as a Wolf-Rayet star. The opposition

came from spectroscopist Anne Barbara Underhill, who was sure that most of the apparent composition anomalies were caused by "anomalous excitation", and that WRs are pre- not post- main sequence stars. She held to that for the rest of her life. Meanwhile the theorists were together again in Trieste, for Mass Loss from Stars. [17],[18],[19],[20]

By the time of the Trieste meeting, it was clear that there were real discrepancies between models and observations of binary, or supposedly, binary stars, and Jorge Sahade suggested a meeting to be devoted to resolving these. It became IAU Colloquium No. 6, held in Elsinore, Denmark 15-19 September 1969, fifty years to the day ago as I write this. The title, Mass Loss and Evolution in Close Binaries [21] should probably have been "Mass transfer and evolution in close binaries". The German theorists were represented by Mauder and Lauterborn, the Czechs by Harmaneč and Horn, and the Poles by Paczyński. I was there as a gate-drasher, though I hadn't meant for it to be that way, and had specifically asked permission by letter to organizer Gyldenkerne to come. By sad chance, his son had just been killed in some accident; he never answered the letter (perhaps never read it); and I showed up and was allowed to stay, of course the only woman there. The group of 21 included also some distinguished observers, a subset of whom show up in a photograph in the IAU 100th anniversary history [22].

Within a couple of years, mass transfer back onto a compact remnant could be followed and associated with novae and their relatives and perhaps X-ray binaries and accreting black holes [20].

Just a little later, groups in Amsterdam (led by Edward P.J. van den Heuvel) and in Moscow (overall leadership from Alla Massevitch, but main participants A.V. Tutukov and Lev R. Yungelson) took up studies of interacting binary stars, and indeed the three receantly shared the V.A. Ambartsumian Prize in Astrophysics for their work, particularly as it pertains to later evolutionary phases, and also the distinction among cases A, B, and C, depending on whether the primary fills its Roche lobe on the main sequence, during the first red giant phase, or later.

A curious contribution came from American graduate student H.E. Benson at UC Berkeley. He attempted to follow both stars with complete evolutionary codes through at least the completion of the first phase of mass transfer. But after a few tenths of a solar mass had been dumped on M2, its Roche lobe was also filled, and he didn't quite know what to do. So he submitted his thesis and left astronomy.

What were the drivers that brought these three groups into the same

astro-niche at so nearly the same time? Undoubtedly, as Paczyński wrote in 1971 [20], the existence of working codes for single star structure and evolution (though by 1967 he was improving those as well), but also the rapid advance in speed and storage capacity of computers, which brought suitable equipment within the reach (just barely) of some less than prosperous institutions.

One element has survived; two of the high energy astrophysics society divisions; what about the three-pronged assault on close binary evolution? Well, the IAU once again has a Commission called Binary and Multiple Systems of Stars (President 2018-21 V. Trimble), and there are at least a few members headquarterd in Munich (or at least Garching by), Prague, and Warsaw, but they are largely engaged in other activities, though the OGLE gravitational lens program skippered by Andrzej Udalski is at least a remote (and now already 27 year old) project remotely descended from the Warsaw efforts.

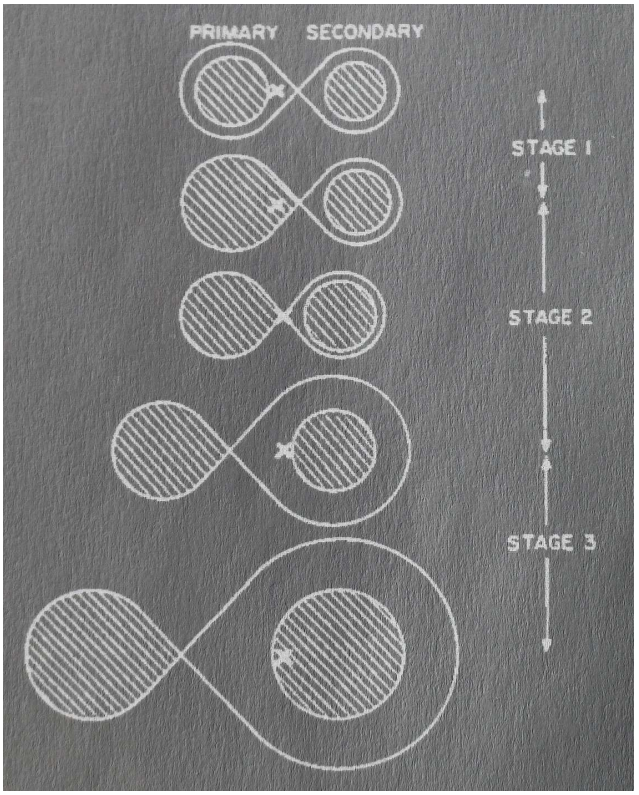


Figure 2 Early stages of the evolution of an interacting binary system, in which the more massive star first fills its Roche lobe and transfers material to its companion on a rapid (Kelvin-Helmholtz) time scale until the mass ratio is more than reversed. (from an article by Bohdan Paczyński in the proceedings of IAU Colloquium 6: Copenhagen Observatory).

Conclusions

So, here we have three cases of nearly simultaneous similar achievements by three different individuals or groups, one in astronomical spectroscopy (by individuals), one in organizations of professional astronomers (by large groups), and one in computational astrophysics (by individuals skippering small groups). In each case, new technology was a key contributor: optical spectrographs; radio and X-ray telescopes (the Crab Nebula as the first extra solar system sources of practically everything had a role to play here); and digital computers.

Have there been other examples? The discoveries of exoplanets by radial velocity studies, transit light curves, and direct imaging have each required major equipment development and innovation, though the three were far from simultaneous. The OGLE project has been a significant contributor to exoplanet discoveries, though the many, weird and wonderful binaries it found most pleased mentor Paczyński.

I would be very interested in hearing from readers about other examples of tripartite astronomical advances.

Oh, and about those animals, entering, I suppose, Noah's Ark. The folk song starts out, "The animals went in two by two, the elephant and the kangaroo". But I've heard several versions of the next lines. "The animals went in three by three; the monkey he got stuck in a tree". Or, "The animals went in three by three, no unicorns, just a chimpanzee". And so forth.

Acknowledgements

First, of course, thanks to editors – Agnieszka Kuźmicz and Bogdan Wszołek – for their encouragement and acceptance of this pioneering effort. But also to the dozens, at least, of colleguagues, who by electing me to assorted positions of minor governance in the AAS, APS, IAU, and IUPAP have put me in a position to know about some of these items first hand. And finally eternal gratitude to the late Daniel Popper for going to bat for me with the organizers of IAUC 6 so that they let me stay, for an absolutely fascinating meeting!

References

[1] Scerri E. R., 2007, The Periodic Table, Oxford University Press
[2] Becker B. J., 2011, Unravelling Starlight: William and Margaret Huggins and the Rise of the New Astronomy, Cambridge University Press
[3] Nath B. B., 2013, The story of Helium and the Birth of Astrophysics, Springer-Verlag
[4] Hufbauer K., 1991, Exploring the Sun, The Johns Hopkins University Press, p. 112
[5] Bowen I. S., 1927, Nature 129, 473
[6] Edlen B., 1945, MNRAS, 105, 323 (this is not the "discovery" paper, but it is exceeding clear and well written)
[7] Grotrian W., 1939, Naturwissenschaften, 27, 214
[8] Lyot B., 1939, MNRAS, 99, 580
[9] Gruenwald A., 1887, Chem. News 56, No 1462, p. 2
[10] Trimble V., 1999, "The origin of the divisions of the American Astronomical Society and the history of the high energy astrophysics division" in D.H. DeVorkin Ed. The American Astronomical Society's First Century, American Institute of Physics for the AAS
[11] Chandrasekhar S., 1939, Stellar Structure, Univ. of Chicago Press
[12] Schwarzschild M., 1958, Structure and Evolution of the Stars, Princeton University Press
[13] Iben I., 1965, Ann. Rev. Astronomy & Astrophysics, 5, 517
[14] Kippenhahn R., Weigert A., Hofmeister E., 1967, Methods of Computational Physics, 7, 5 & 129
[15] Schatzman E. L., Praderie F., 1993, The Stars. Springer-Verlag
[16] de Loore C. W. H., Doom C., 1992, Structure and Evolution of Single and Binary Stars, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
[17] Hack M., 1969, Ed. Mass Loss from Stars, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
[18] Domanget J., 1967, Ed. Comm. Obs. Roy. Belg. Uccle, 1317
[19] Perek L., 1968, Ed. Highlights of Astronomy, Dordrecht: Reidel
[20] Paczyński B., 1971, Ann. Rev. Astronomy & Astrophysics, 9, 183
[21] Gyldenkerne K., West R. M., 1970, Eds. IAU Colloq. 6, Mass Loss in Close Binaries, Copenhagen University Observatory
[22] Andersen J., Baneke D., Madsen C., 2019, The International Astronomical Union/Uniting the Community for 100 years. Springer-Verlag



Rakiety w kolejce startowej – Rzepiennik Biskupi, 11 sierpnia 2019 roku.

ISBN 978-83-957016-0-3