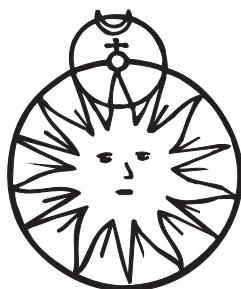


Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii

Polish Amateur Astronomers Society



E PUR SI MUOVE

# THE ASTRONOMICAL REPORTS

VOL. VIII

Kraków 2018

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej publikacji nie może być reprodukowana w żadnej formie ani żadną metodą bez pisemnej zgody wydawcy

Copyright © 2018 by Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii

**Zespół Redakcyjny/Editorial Board**

Tomasz Ściążor	redaktor naczelny/editor-in-chief
Marek Kubala	zastępca redaktora naczelnego/deputy editor-in-chief
Agnieszka Nowak	sekretarz redakcji/editorial secretary
Waldemar Ogłoga	
Arkadiusz Olech	
Sławomir Stachniewicz	

**Recenzenci/Reviewers**

Henryk Brancewicz, Polish Amateur Astronomical Society, Poland  
Kazimierz Czernis, Vilnius University, Lithuania  
Andrzej Kułak, AGH University o Science and Technology, Poland  
Marian Soida, Jagiellonian University, Poland  
Ireneusz Włodarczyk, Silesian Planetarium and Astronomical Observatory, Poland

**Redaktor techniczny/Technical editor**

Marek Kubala

**ISSN** 0208-9416

**Wydawca/Publisher**

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii  
ul. Miodowa 13a/35, 31-055 Kraków

# Spis treści/Contents

<i>Słowo od Redakcji.....</i>	3
<i>Editorial.....</i>	5
<b>RAPORTY/REPORTS</b>	
Wojciech BURZYŃSKI, Marek ZAWILSKI	
<i>Report of the Section of Observation of Positions and Occultations of the Polish Amateur Astronomical Society for the year 2017.....</i>	7
Mikołaj SABAT	
<i>Comets Observed from Poland in 2017.....</i>	16
Janusz BAŃKOWSKI, Tadeusz FIGIEL	
<i>Roczný raport Sekcji Obserwacji Słońca PTMA za 2017 r.....</i>	29
Gabriel MURAWSKI	
<i>Amatorskie obserwacje tranzytów planet pozasłonecznych.....</i>	33
Gabriel MURAWSKI	
<i>HD 286123 b – amatorskie odkrycie planety pozasłonecznej.....</i>	36
Gabriel MURAWSKI, Adam TUŻNIK	
<i>TYC 2836-1816-1 – gwiazda z dużymi plamami na powierzchni.....</i>	39
Stanisław ŚWIERCZYŃSKI	
<i>Maksima jasności gwiazdy zmiennej długookresowej <math>\chi</math> Cygni wyznaczone z obserwacji polskich miłośników astronomii zgromadzonych w bazie SOGZ-PTMA.....</i>	41
Stanisław ŚWIERCZYŃSKI	
<i>Krzywe jasności cefeid klasycznych z amatorskich obserwacji w bazie SOGZ-PTMA.....</i>	45
Marcin FILIPEK	
<i>Few observations of the asteroidal occultations from Jerzmanowice near Cracow, Poland, in 2017.....</i>	52
<b>ARTYKUŁY/ARTICLES</b>	
Ireneusz WŁODARCZYK	
<i>The Potentially Dangerous Asteroid (443104) 2013 XK22.....</i>	55

## SPRAWOZDANIA/PROCEEDINGS

Agata CHUCHRA

*Capture the elusive – what are the gravitational waves?.....60*

Krzysztof JUREK

*The investigation of asteroid magnetism.....66*

Natalia BANASIAK, Agnieszka DRABINA

*Potential use of electric and electromagnetic methods on Mars.....71*

## Słowo od Redakcji

Z przyjemnością prezentujemy Czytelnikom pierwszy, po bardzo długiej przerwie, numer wznowionego czasopisma naukowego Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii *The Astronomical Reports*.

Pierwotnym pomysłodawcą pisma, które pozwalałoby na drukowanie swoich prac zarówno przez polskich miłośników astronomii, jak również przez astronomów zawodowych, był dr Jan Gadomski, który już w 1956 r. rozpoczął wydawanie 2-3 stronicowego *Naukowego Dodatku do Uranii* (*Annual Scientific Suplement to Urania*). Kolejne trzy takie dodatki zostały opublikowane w latach 1959, 1961 i 1963. Po kilkuletniej przerwie, w 1975 r., z inicjatywy prof. Konrada Rudnickiego, dodatek ten pojawił się ponownie, tym razem jako de facto samodzielne czasopismo pod nazwą *The Astronomical Reports* (TAR). Czasopismo to, początkowo pod redakcją K. Rudnickiego, później K. Rudnickiego i P. Flina, było wysyłane nie tylko do bibliotek polskich, lecz również za granicę, gdyż jednym z jego celów było zaprezentowanie polskiego dorobku obserwacyjnego społeczności międzynarodowej. Dzięki temu egzemplarze TAR można znaleźć nawet w tak odległych miejscowościach, jak University of California (USA), a tytuł ten jest notowany na światowych listach naukowych czasopism astronomicznych, zamieszczanych w takich bazach danych jak SIMBAD (skróć *CraR*), GCVS (skróć *Krak Astr Rep*), czy też w publikacjach wydawnictwa Springer (skróć *Astron. Rep.*).

W latach 1974-1981 ukazało się łącznie sześć zeszytów TAR: Vol. I (1974), Vol. II (1975), Vol. III (1976), Vol. IV (1975-1978), Vol. V (1980), Vol. VI-VII (1981). W czasopiśmie publikowane były zarówno raporty obserwacyjne, jak również naukowe opracowania, często autorska, znanych wtedy lub w okresie późniejszym, astronomów polskich i zagranicznych. Wśród autorów mogą być wymienieni przykładowo prof. dr hab. H. Korpikiewicz, dr hab. T. Z. Dworak, dr hab. P. Flin czy prof. dr hab. K. Rudnicki.

W 1981 r., w efekcie ogłoszenia stanu wojennego, zawieszono wydawanie wszystkich czasopism, w tym również *Uranii* i *The Astronomical Reports*. Kiedy było to już możliwe, w 1982 r. wydano łącznie Vol. VI i Vol. VII w postaci jednego zeszytu (Vol. VI-VII) z rokiem wydania 1981. Do bibliotek zagranicznych nie przesłano już jednak tego ostatniego zeszytu, przez co często w katalogach można odnaleźć jedynie Vol. I-Vol. V.

Obecnie wznowiane pismo ma podobne jak poprzednio cele. Należy pamiętać o tym, że astronomia jest taką dziedziną nauki, w której amatorzy mają równe szanse poważnych

osiągnięć naukowych co zawodowi astronomowie, np. w takich dziedzinach jak obserwacje gwiazd zmiennych, zakryć planetoidalnych i innych, Słońca, komet itp. Często jednak wyniki amatorskich obserwacji pozostają w rękopisach i notatkach, bądź są przesyłane wprost do różnego rodzaju instytucji zagranicznych, i nie są udostępnione ogółowi społeczności astronomicznej. Polscy miłośnicy astronomii, studenci, magistranci i doktoranci oraz inni zainteresowani mogą w zasadzie publikować własne przyczynki naukowe w ogólnych międzynarodowych czasopismach wychodzących w Polsce, takich jak *Acta Astronomica* i inne. Te czasopisma przyjmują jednak artykuły spełniające formalnie wymagania redakcyjne dotyczące stylu pisania, poprawności języka obcego, formy ilustracji i inne, które często trudno spełnić ze względu na brak rutyny, a często i brak wystarczającej znajomości języka obcego. Również tematyka prac młodych astronomów często nie spełnia warunków merytorycznych czasopism profesjonalnych. *The Astronomical Reports* przyjmują ten sam formalny sposób publikacji co *Acta Astronomica* i najczęściej przyjmują prace opracowane już według formalnych wymagań, jakie są podawane w każdym numerze tego czasopisma. Przyjmują jednak również prace napisane po polsku i nie odpowiadające pozostałym wymaganiom. Takie prace są gruntownie adjustowane lub nawet od nowa pisane przez zespół redakcyjny, a w przypadku prac wyjątkowo wartościowych, nawet tłumaczone na język obcy – oczywiście, o ile zawierają poprawną i wartościową treść merytoryczną, co stwierdzają recenzenci-specjalisci. W ten sposób również ci młodzi astronomowie, czy też miłośnicy astronomii, którzy nie mają odpowiedniej rutyny w pisaniu prac naukowych, mają szanse wniesienia wkładu w ogólny postęp astronomii a przy okazji wdrożyć się do tego rodzaju działalności.

Wzorem lat 70., czasopismo rozsyłane będzie do bibliotek instytucji naukowych w kraju i za granicą, jak również do Oddziałów i Sekcji PTMA.

Redakcja zwraca się do wszystkich chętnych, miłośników astronomii, studentów astronomii i nauk pokrewnych o nadsyłanie swoich wartościowych prac, zwłaszcza wyników obserwacji naukowych, zastrzegając sobie prawo daleko idących przeróbek w teksthach. Osoby nie wyrażające zgody na takie przeróbki proszone są o wyraźne zaznaczenie tego przy nadsyłaniu prac. Prace nadesłane z takim zastrzeżeniem będą przyjęte takimi, jakimi są, lub będą odrzucone. Prace mogą być napisane po polsku lub w dowolnym języku konferencyjnym (angielskim, rosyjskim, francuskim lub niemieckim).

Redaktor naczelný The Astronomical Reports  
dr Tomasz Ściążor

## Editorial

We are pleased to present to the readers the first number, after a very long break, of the resumed scientific journal of the Polish Amateur Astronomical Society, *The Astronomical Reports*.

The actual originator of the journal, which would allow the printing of his works both by Polish astronomy amateurs, as well as by professional astronomers, was Jan Gadomski PhD, who in 1956 began publishing 2-3 pages of the *Annual Scientific Suplement to Urania*. The next three such supplements were published in 1959, 1961 and 1963. After a few years break, in 1975, on the initiative of prof. Konrad Rudnicki, this supplement appeared again, this time as a *de facto* independent journal called *The Astronomical Reports* (TAR). This journal, initially edited by K. Rudnicki, later K. Rudnicki and P. Flin, was sent not only to Polish libraries, but also abroad, because one of its goals was to present the Polish astronomical observations to the international community. Thanks to this, TAR can be found even in such remote places as the University of California (U.S.A.), and is listed on the world lists of scientific astronomical journals, published in such databases as SIMBAD (abbreviation: CraR), GCVS (abbreviation: Krak Astr Rep. ), or in the Springer publishing house (abbreviation: Astron. Rep.).

In the years 1974-1981, the six volumes of TAR were published: Vol. I (1974), Vol. II (1975), Vol. III (1976), Vol. IV (1978), Vol. V (1980), Vol. VI-VII (1981). The journal published both observational reports and scientific studies, often authored, at that time or at a later date, by Polish and foreign professional astronomers. Among the authors, for example, were prof. dr hab. H. Korpikiewicz, dr hab. T. Z. Dworak, dr hab. P. Flin or prof. dr hab. K. Rudnicki.

In 1981, as a result of the state of war in Poland, the publication of all journals and magazines, including *Urania* and *The Astronomical Reports*, was suspended. When it was possible, in 1982, Vol. VI and Vol. VII were published in the form of one volume (Vol. VI-VII) with the year of publication 1981. However, this last volume was not sent to foreign libraries, so often only Vol. I-Vol. V can be found there.

Currently, the renewal journal has similar goals as before. It should be remembered that astronomy is a field of science in which amateurs have equal opportunities for serious scientific achievements as professional astronomers, for example in such fields as observation of variable stars, occultations, the Sun, comets, etc. Often, however, the results of amateur observations remain in manuscripts and notes, or are sending directly to various types of

foreign institutions, and are not available to the general astronomical community. Polish astronomy enthusiasts, students, graduate students and doctoral students and other interested people can in principle publish their own scientific contributions in general international journals going out in Poland, such as *Acta Astronomica* and others. These journals, however, accept articles that meet the formal requirements of the style of writing, the correctness of a foreign language, forms of illustration and others that are often difficult to meet due to the lack of routine and the lack of sufficient knowledge of a foreign language. Also, the subject of the work of young astronomers often does not meet the substantive conditions of professional journals. *The Astronomical Reports* adopt the same formal way of publication as *Acta Astronomica*. It most willingly accept works already developed according to the formal requirements that are given in each issue of this journal. However, it also accept works written in Polish and not corresponding to other requirements. Such works are thoroughly adjusted or even re-written by the editorial team, and in the case of exceptionally valuable works even translated into a foreign language - of course, insofar as they contain correct and valuable substantive content, as stated by the reviewers-specialists. In this way, also these young astronomers or astronomy enthusiasts who do not have the proper routine in writing scientific papers, have a chance to contribute to the general progress of astronomy and, by the way, to implement this type of activity.

Following the former issues, the magazine will be sent to libraries of scientific institutions in Poland and abroad, as well as to the PTMA Branches and Sections.

The editors appeal to all willing people, astronomy enthusiasts, astronomy students and related sciences for sending their valuable works, especially the results of scientific observations, reserving the right to far-reaching revisions in the texts. Persons who do not agree to such modifications are asked to clearly indicate this when submitting works. Works sent with such a reservation will be accepted as they are or will be rejected. Works can be written in Polish or in one of the conference languages (English, Russian, French or German).

Editor in Chief of *The Astronomical Reports*

Tomasz Ścieżor

Wojciech BURZYŃSKI<sup>1</sup>, Marek ZAWILSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PTMA Oddział Białystok, Kolonia Księżyno 4, 15-601 Białystok, bialystok@ptma.pl

<sup>2</sup> PTMA Oddział Łódź, ul. Łucji 36, 91-491 Łódź, lodz@ptma.pl

## Report of the Section of Observation of Positions and Occultations of the Polish Amateur Astronomical Society for the year 2017

### Introduction

In 2017 three kinds of occultation phenomena were observed by the members of the Section of Observation of Positions and Occultations. These were: 1) total lunar occultations, 2) grazing lunar occultations and 3) asteroidal occultations. The results of the observations are presented below.

### Total lunar occultations

The observations of total lunar occultations (mainly of double stars, apart from the Hyades open cluster on August 16) have been made at five stations (see the Tables below). In 2017 a comparison of observed and calculated moments were possible thanks to the fact that the used Occult software was able to take into consideration the new dataset of the lunar limb profile obtained during the Kaguya lunar probe mission. This dataset makes it possible to calculate the predicted moments of phenomena with the precision of 0.1 sec instead of 1 sec. for the old photographic Watts dataset of the lunar limb profile (elaborated in 1960s).

Observation results show a small delay of recorded moments in relation to the Occult predictions, usually less than 1 second, apart from an unexpected large difference for the Aldebaran phenomena (both dis- and reappearance) on August 16; at two independent stations the difference was recorded of about 2 sec or even more. The last occultation of Aldebaran on November 6 also shows relatively large difference greater than 1 second. Therefore, next lunar phenomena should be observed in forthcoming years in order to obtain more results and to study these trends.

All observed occultations of double stars made with the time resolution of 0.04 sec. revealed substantial differences in relation to the Occult predictions, especially regarding the angular separation (and in consequence the time separation) of the stars' components. These

effects are visible on separate video frames as well as in the presented selected light curve plots.

Table 1. Stations and telescopes

No.	Location	Abbr	Geogr. coord. WGS84			Height m a.s.l.	Telescope <sup>#</sup> aperture/focal length [mm]/[mm]
			Longitude °   '   "	Latitude °   '   "			
1	Łódź Pomorska	Ld-1	19 27 33.4	51 46 41.3	225	Cass. 150/2250	
2	Łódź Julianowska	Ld-2	19 27 04.8	51 47 55.2	230	Cass. 90/1250	
3	Tobolice	Tb	19 03 22.3	51 54 48.2	140	Cass. 200/2032	
4	Królik Polski	KP	21 49 02.6	49 30 34.0	450	Newton 200/1000	
5	Lublin	Lb	22 35 47.5	51 14 35.4	201	Cass. 150/1800	

<sup>#</sup> all telescopes with electrical driving

Table 2. Stations, observers, timekeeping and methods of recording

No.	Location	Abbr	Observer	Timekeeping
1	Łódź Pomorska	Ld-1	Marek Zawilski, Remigiusz Jabłoński	Time inserter IOTA, CCD camera
2	Łódź Julianowska	Ld-2	Marek Zawilski	Time inserter IOTA, CCD camera
3	Tobolice	Tb	Marek Zawilski	Time inserter IOTA, CCD camera
4	Królik Polski	KP	Wiesław Słotwiński	Time inserter DCF GaPa Jawil, CCD camera
5	Lublin	Lb	Zbigniew Rzepka	DCF receiver, synchronised time registrator using the Mera-Poltik analog clock, camera Canon Power Shot A630 <sup>#</sup>

<sup>#</sup> the eyepiece projection applied

Table 3. Observation results

Date 2017	Ph. <sup>#</sup>	Star					Station	Weather conditions	Observed time UT	Difference obs.-pred. time UT <sup>*</sup>	Predicted time UT <sup>*</sup>
		Num- ber	Name	Mag.	Double	Sep. ["]					
March 8	DD	1238		6.0	6.9/6.9	0.009	Ld-2	good	19 31 44.63 <sup>1</sup>	44.3	+0.3
April 1	DD	94220		7.3	8.2/8.2	0.10	Ld-1	good	18 08 27.86 <sup>2</sup> 27.90	27.7	+0.2
April 1	DD	0741		5.5	6.5/6.5	0.08	Ld-1	good	18 13 10.39 <sup>2</sup> 10.43	09.8	+0.6

Date 2017	Ph. <sup>#</sup>	Star					Station	Weather conditions	Observed time UT	Predicted time UT <sup>*</sup>	Difference obs.-pred.
		Num-ber	Name	Mag.	Double	Sep. ["]			h m s		
May 1	DD	97168		7.8	8.8/8.8	0.10	Tb	good	19 06 45.49 <sup>2</sup> 45.53	45.1	+0.4
June 2	DD	1732		6.8	7.6/7.6	0.10	Tb	good	22 55 22.72 <sup>2</sup> 22.76	22.8	0.0
June 3	DD	1825		5.9			Lb	good	20 55 37.74	37.7	0.0
July 4	DD	2223	γ Lib	2.9	4.0/4.2	0.10	Tb	good	18 41 50.93 <sup>3</sup> 18 41 51.05	50.9	-0.1
July 6	DD	2497		6.5	7.8/7.8	1.3	Tb	good	23 32 04.46 <sup>4</sup> 04.54	03.8	+0.7
July 29	DD	1978	88 Vir	6.6	7.4/7.4	0.10	Tb	good	20 18 43.22 <sup>4</sup> 43.30	42.7	+0.4
Aug 16	RD	93928		7.5			Tb	good	02 26 19.50 <sup>1</sup> 19.54	19.1	+0.4
Aug 16	RD	0659		6.6			Tb	good	02 28 27.78 <sup>5</sup> 27.82	27.3	+0.5
Aug 16	RD	0661	71 Tau	4.5			Tb	good	02 44 49.22 <sup>6</sup> 49.30	48.2	+0.9
Aug 16	RD	93944		7.5			Tb	good	03 02 08.09 <sup>6</sup> 08.17	07.5	+0.7
Aug 16	RD	0671	θ <sup>2</sup> Tau	3.4			Tb	good	04 06 26.11 <sup>5</sup> 26.15	25.4	+0.7
Aug 16	RD	0669	θ <sup>1</sup> Tau	3.8			Tb	good	04 07 29.99	29.2	+0.8
Aug 16	DB	0692	α Tau (Aldebaran)	0.9			Tb	good (by day)	07 07 14.08	12.1	+2.0
Aug 16	DB	0692	α Tau (Aldebaran)	0.9			KP	good (by day)	07 08 53.86	51.9	+2.0
Aug 16	RD	0692	α Tau (Aldebaran)	0.9			Tb	good (by day)	08 05 25.02 <sup>5</sup> 25.06	22.9	+2.2

Date 2017	Ph. <sup>#</sup>	Star					Station	Weather conditions	Observed time UT	Difference obs.-pred.	Predicted time UT*
		Number	Name	Mag.	Double	Sep. ["]			h m s	s	
Aug 16	RD	0692	α Tau (Aldebaran)	0.9			KP	good (by day)	08 13 03.73	01.6	+2.1
Sept 29	DD	2886	56 Sgr				Tb	good	19 43 10.05 <sup>2</sup> 10.09	08.7	+1.4
Nov 6	DB	0692	α Tau (Aldebaran)	0.9			KP	air turbulences, strong wind	03 12 02.60 <sup>7</sup>	01.0	+1.6
Nov 6	DB	0692	α Tau (Aldebaran)	0.9			KP	through thin clouds	03 46 43.23	41.9	+1.3

# phenomenon; DD – disappearance at dark limb, DB – disappearance at bright limb, RD – reappearance at dark limb, RB – reappearance at bright limb

\* according to the Occult v.4.2.5.0 software

<sup>1</sup> no duplicity of the star detected

<sup>2</sup> a decrease of brightness on two video frames recorded

<sup>3</sup> a gradual decrease of brightness on four video frames recorded

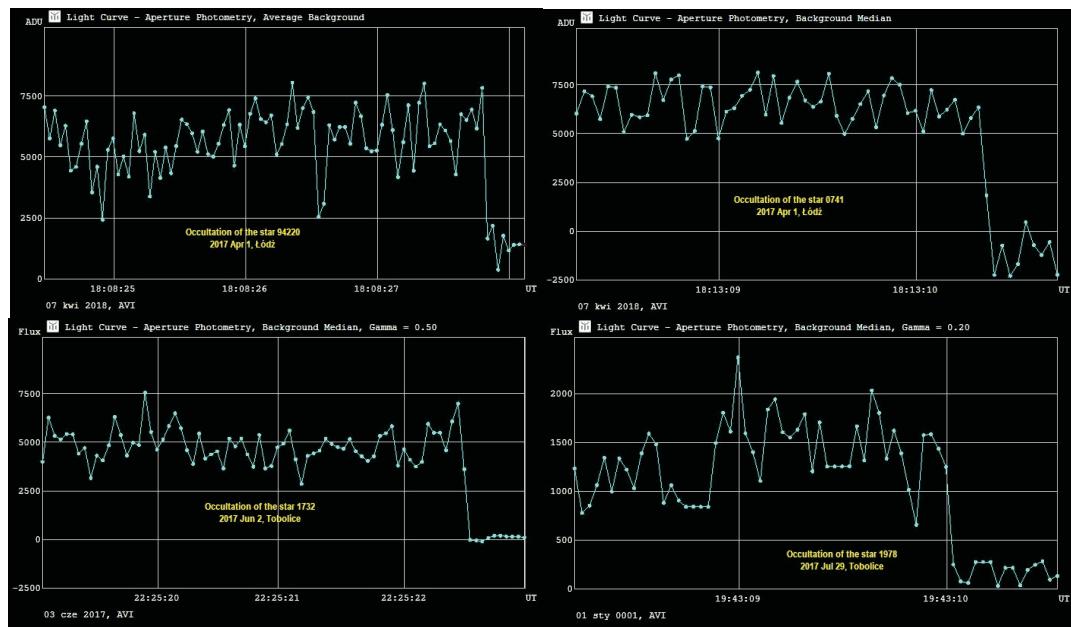
<sup>4</sup> a gradual decrease of brightness on three video frames recorded

<sup>5</sup> an increase of brightness on two video frames recorded

<sup>6</sup> an increase of brightness on three video frames recorded; last moment not sure

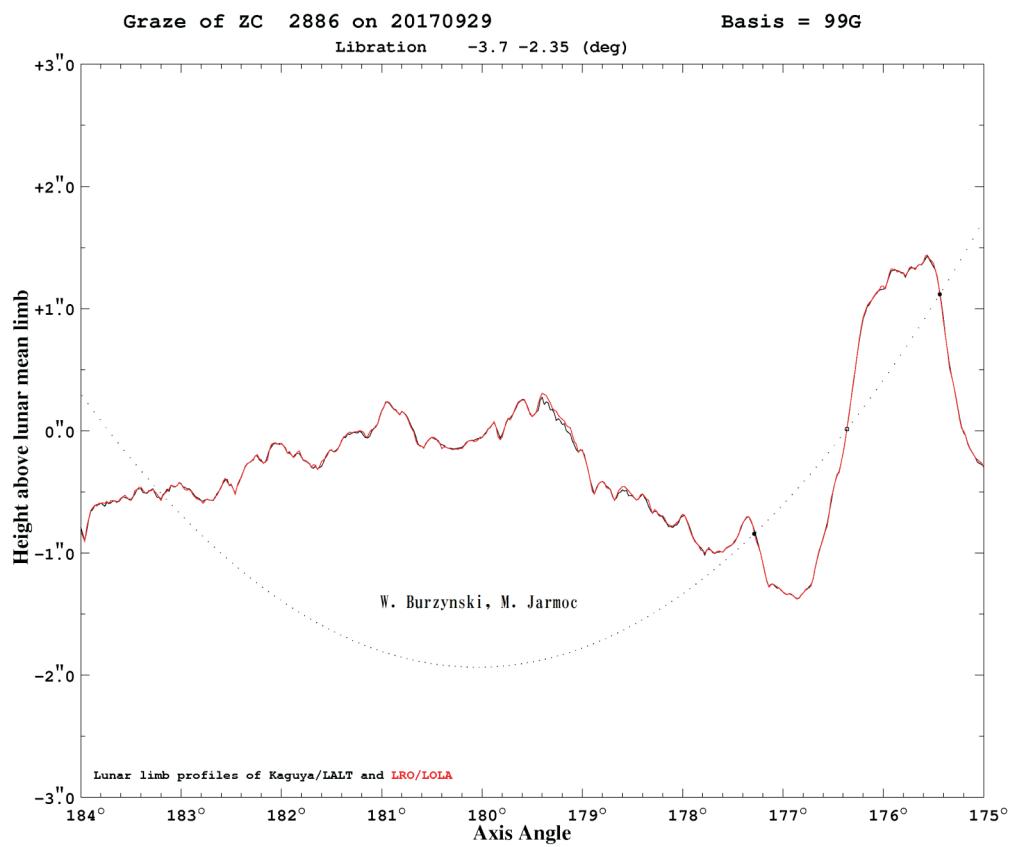
<sup>7</sup> not sure

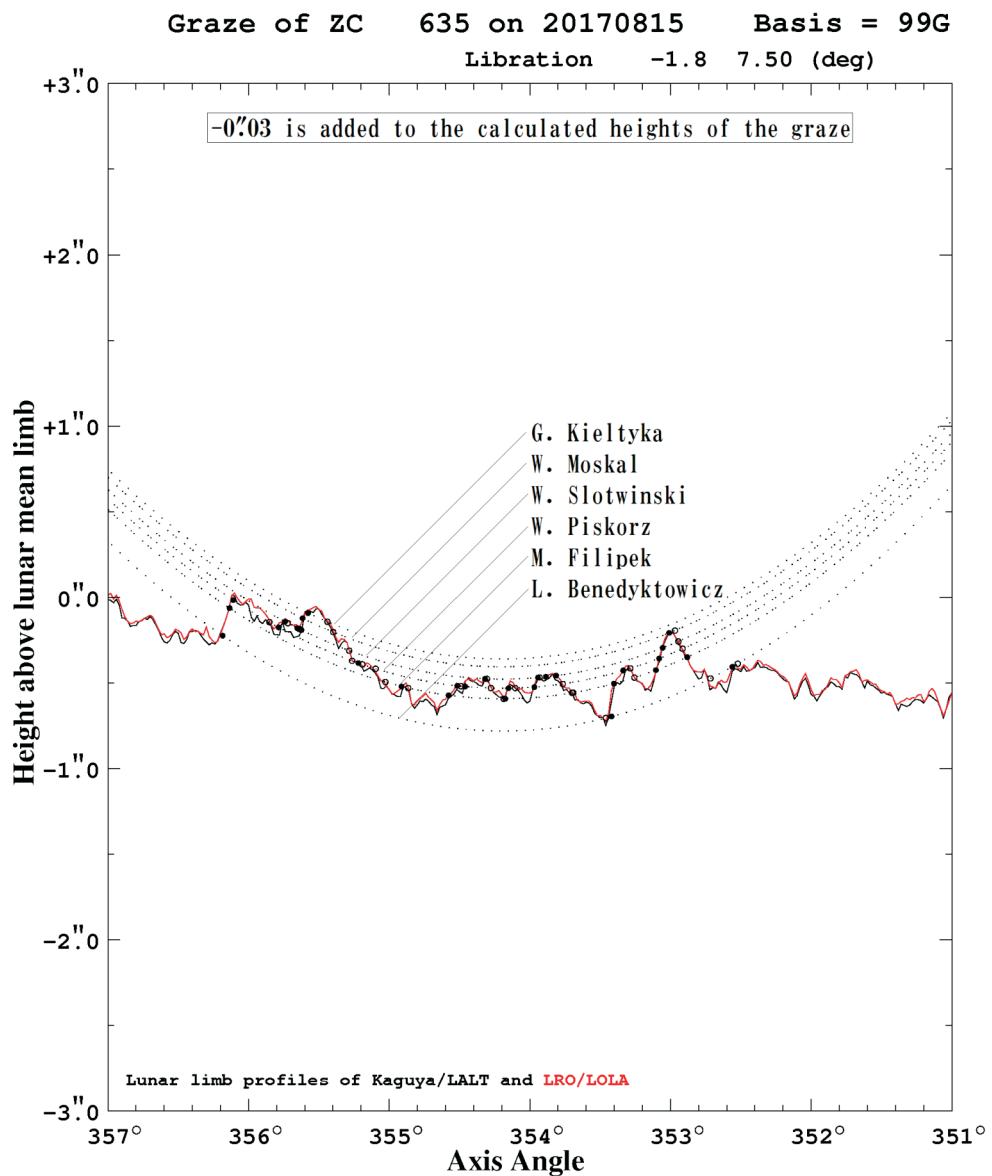
Below some examples of the lightcurves are presented. All of them have been obtained using TANGRA software that analyses the magnitude of the star in each video frame. The magnitude is equivalent to the number of pixels of the star image. In the plots, values of the measured flux as “signal minus background” are shown. In some cases, the negative flux values were determined which was a consequence of a distinct background as the ashy light of the Moon, disturbing the measurements.



## Grazing lunar occultations

In the last year 3 of 18 reported global grazing occultation were observed in Poland. Two of the grazes occurred on 15th August with an interval of 23 hours. One of them, the graze of ZC 635 (observations led by Leszek Benedyktowicz), was recorded by 6 observers with 58 events in total. Because of the duplicity of the stars, some of the phenomena were partial - the stellar disk did not hide completely behind the Moon's peaks. The observations coincide very well with the Moon's profile obtained by the Kaguya space probe, the average residuum of a single phenomenon can be estimated as  $0.007''$  which is adequate to 15 m on the surface of the Moon.





## Asteroidal occultations

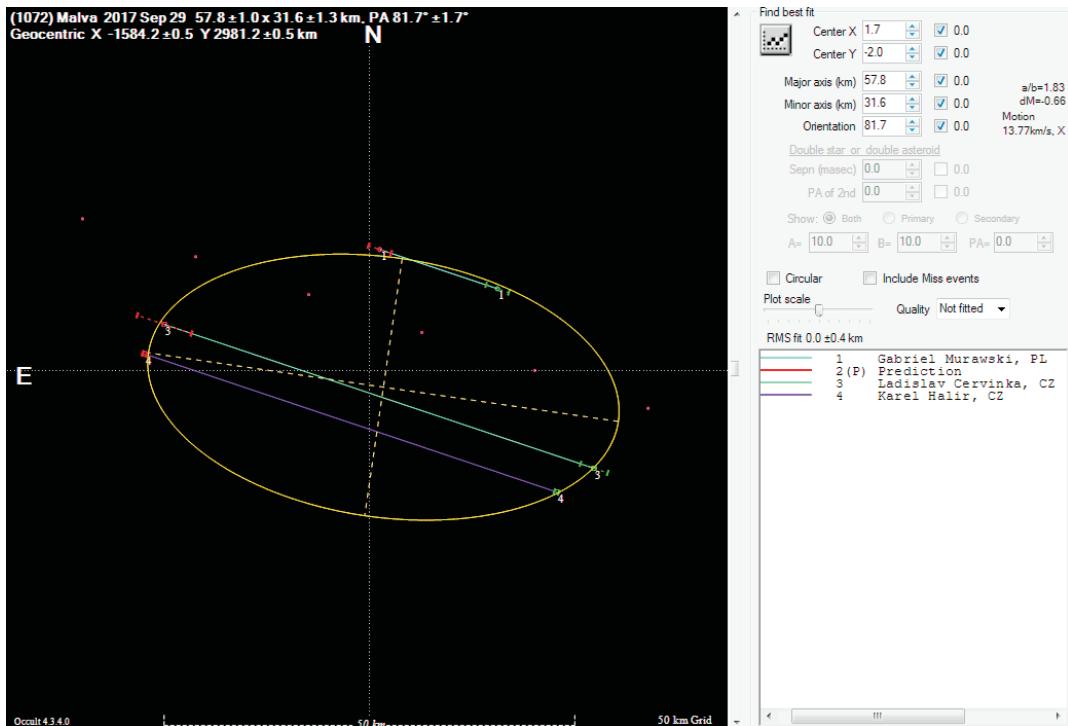
Table 4. Observation results of asteroidal occultations obtained in 2017

Lp	Date	Star no	Asteroid no	Observer	Location	Results and remarks
1	2017/01/06	4UC665-044532	(6174) Polybius	Wojciech Burzvński	Białystok - Ięnatki	no occultation
2	2017/03/14	TYC 2404-00176-1	(68) Leto	Dariusz Miller	Warszawa	no occultation
3	2017/03/14	TYC 2427-00775-1	(22) Kalliope	Wojciech Burzvński	Białystok - Ięnatki	POSITIVE, duration 8.07 s
4	2017/03/15	TYC 1913-00243-1	(936) Kunigunde	Marcin Filipk, Leszek Benedyktowicz	Jerzmanowice	no occultation
5	2017/05/16	TYC 0832-00644-1	(386) Siegena	Dariusz Miller	Warszawa	no occultation
6	2017/05/31	TYC 6184-00776-1	(534) Nassovia	Marcin Filipk	Jerzmanowice	no occultation
7	2017/06/07	4UC322-074639	(90568) 2004 GV9	Wojciech Burzvński, Maciej Jarmoc	Białystok - Pomigacze	no occultation, TNO object
8	2017/09/09	HIP 21673	(692) Susumu	Dariusz Miller	Warszawa	no occultation
9	2017/09/29	TYC 1870-01460-1	(1072) Malva	Gabriel Murawski	Suwalki	POSITIVE, duration 1.04 s
10	2017/09/30	2UCAC 35887778	(217) Eudora	Dariusz Miller	Warszawa	no occultation
11	2017/09/30	2UCAC 35887778	(217) Eudora	Marcin Filipk	Jerzmanowice	POSITIVE, duration 3,4 s
12	2017/10/08	TYC 5632-00827-1	(173) Ino	Dariusz Miller	Warszawa	no occultation
13	2017/10/12	TYC 5830-00820-1	(1755) Lorbach	Dariusz Miller	Warszawa	no occultation

In 2017, 3 out of 13 attempts to observe asteroidal occultation were successful. The most active observer was Dariusz Miller from Warsaw who has done nearly half of all observations. It is worth mentioning that Gabriel Murawski and Wojciech Burzvński have observed their first positive asteroidal occultation ever. Below the example of positive asteroidal occultation event with time chord no 1 observed by G. Murawski.

Accurate timings of asteroidal occultations can help refine the exact size and orbit of an asteroid, and even the exact position of the occulted star itself. Also, stars have been discovered to be members of previously unknown double star systems using these techniques; and in a few cases a satellite of the asteroid has been found or, if previously known, its size and orbit about the parent asteroid have been refined.

If several observers record disappearance and reappearance times, chords of timings can be combined to determine the shape of the asteroid such as shown in the picture below. Such information cannot be found using the largest telescopes in the world. Those telescopes lack the resolving capability to see details of asteroids of a few dozen kilometres in diameter only. So, the only way to find these details is timing asteroidal occultations.



Mikołaj SABAT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SOK PTMA Obserwatorium w Baranie, Baran 76, 26-080 Mniów, sabat.mikolaj.j@gmail.com

## Comets Observed from Poland in 2017

### Abstract

Comet Observers Section in Polish Amateur Astronomers Society (SOK PTMA) is an organization that takes its origin from 1985-1986 *International Halley Watch* campaign. Since then, observers coming mainly from Poland have made more than 15 000 observations of 242 comets, supplying the international database maintained and publicized by *International Comet Quarterly*. In this paper I present an annual summary of reports received by SOK PTMA during 2017. This year ended with 325 reports obtained for 12 objects, especially long-period comets as C/2015 V2 (Johnson), C/2017 O1 (ASASSN) and periodic objects, such as 41P/Tuttle-Giacobini-Kresak for which it was the third return observed in our section. The final result of 325 reports is also one of the most successful number in a last few years and the most successful since 2007 comet 17P/Holmes campaign.

### Introduction

Comet Observers Section in Polish Amateur Astronomers Society (SOK PTMA – Sekcja Obserwatorów Komet Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii) is an organization that takes its origin from 1985-1986 *International Halley Watch* campaign. Since then, observers coming mainly from Poland have made more than 15 000 observations of 242 comets, supplying the international database maintained and publicized by *International Comet Quarterly*. In comparison to last 2 years, a total number of 325 reports obtained for 12 objects in 2017 seems a quite good achievement and dramatic progression from only 87 observations in 2016. Nevertheless, our latest result is the most successful not only throughout recent 3 years, but the whole decade. Last time when observers efforts ended with more than 300 reports was in 2007 during the spectacular outburst of periodic comet 17P/Holmes. Although the 2015 observing campaign of C/2014 Q2 (Lovejoy) resulted in the highest number of reports for a single object since 17P/Holmes, we have not experienced such a great annual number of observations as this year. Some statistics of observations received in recent 3 years are presented in table below.

2015			2016			2017		
Comet	Observations		Comet	Observations		Comet	Observations	
	In the year	overall		In the year	overall		In the year	overall
C/2014 Q2	226	232	C/2013 US10	41	77	C/2015 V2	128	136
C/2013 US10	36	77	C/2014 S2	13	23	41P/T-G-K	83	
C/2014 S2	10	23	C/2015 V2	8	136	C/2017 O1	48	
P/2013 X1	6	14	P/2013 X1	8	14	45P/H-M-P	17	21
C/2015 F4	4		252P/LINEAR	6		C/2015 ER61	14	
C/2014 W2	3	6	45P/H-M-P	4	21	C/2017 E4	9	
C/2015 F3	3		C/2014 W2	3	6	2P/Encke	8	9
32P/C-S	3		9P/Tempel	2		29P/S-W	8	
C/2013 A1	1		2P/Encke	1	9	C/2016 R2	5	
9 objects	292 observations		C/2016 A8	1		24P/S.	2	
						62P/T.	2	
						C/2017 T1	1	
						325 observations		

As can be seen, the highest number of reports in a year were taken for comets: C/2015 V2 (Johnson) – 128, 41P/Tuttle-Giacobini-Kresak – 83 and C/2017 O1 (ASASSN) – 48. While 2017 was announced as the year of periodic comets, the most popular object for observers became hyperbolic C/2015 V2 (Johnson), due to relatively high brightness and good weather conditions in the spring of 2017. The year before, observers from northern hemisphere have not such a great opportunity to see several quite bright objects which visibility coincided with sky conditions good enough for stargazing.

Observers used only standard methods, recommended by the ICQ (International Comet Quarterly), for estimating comets apparent magnitude, its coma diameter, condensation and tail length with its position angle. The three most commonly used extrafocal methods for determining the brightness of comets are as follows.

1. The Sidgwick method (VSS – Vsekhsvyatskij-Steavenson-Sidgwick method [1]) is good for diffuse comets that do not have a strong central condensation. The observer compares the remembered in-focus image of the comet to the defocused image of a comparison star, which is defocused to the same coma size as for the in-focus comet.

- 
2. The Bobrovnikoff method (VBM – Van Biesbroeck-Bobrovnikoff-Meisel method) is correct only when the comet has a small coma; with this method, the observer slightly de-focusses both the comet and comparison stars by the same amount, until comet and star appear about the same size; however, the standard VBM method produces errant results for diffuse comets or comets with large comas.
  3. The Morris method combines both methods mentioned above. In this method the comet is defocused to achieve the defocused comet image as uniform as possible in surface brightness; the comparison stars are then defocused to the same size as this defocused comet image.

In this paper we present an annual summary of observations archived by SOK PTMA in 2017. Discussion includes comets observed in that year except C/2016 R2 (PanSTARRS), 24P/Schaumasse, 62P/Tsuchinshan and C/2017 T1 (Heinze), which observation periods extend to the following year and relevant analyzes would be publicized in the 2018 summary, to be published in *The Astronomical Reports*, 2019.

## Observations

### C/2015 V2 (Johnson)

<b>Number of observations:</b>		<b>Observation period:</b>			<b>Max. brightness</b>	
136		2016-08-26 – 2017-06-21			6.6 mag	
T [UT]	$\omega$ [ $^{\circ}$ ]	$\Omega$ [ $^{\circ}$ ]	i [ $^{\circ}$ ]	e	q [au]	P [yrs]
2017-06-12.33	164.894	69.848	49.877	1.0016	1.6370	–

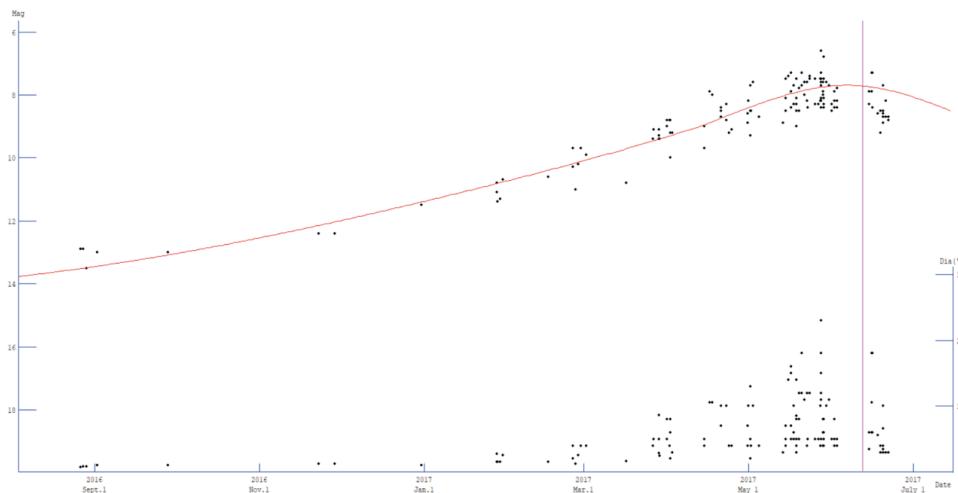
Comet C/2015 V2 (Johnson) is a comet on a hyperbolic orbit, discovered by Jess A. Johnson (Catalina Sky Survey) on 3 November 2015. During its perihelion passage on 12th June 2017 the object passed 1.6 au from the Sun, but its observations from Poland started more than 1.5 year earlier – in August 2016, when apparent magnitude of the comet was about 13 mag. Since then, it took another half a year to reach 10 mag and coma diameter exceeding 1.5 arcmin. Two weeks before perihelion passage, C/2015 V2 reached its maximal brightness of 6.6 mag, being visible in binoculars easily and, potentially, also to the naked-eye, but none confirmation reports were received. Time period of observations in SOK PTMA ends with a 299 days on 21 June 2017, two weeks after the closest approach to the Sun. To summarize, our section received 136 reports of apparent magnitude and coma diameter and also 15 estimations of cometary tail length. 13 observers participated in observation campaign, whose achievements are presented in table below.

Observer name	Location	Instruments used	Obs. number
Leszek Benedykowicz	Kraków	8B	3
Jerzy Bohusz	Myślin	25L, 38L	6
Franciszek Chodorowski	Białystok	7B, 11L	8
Marcin Filipek	Jerzmanowice	10B, 40L	13
Piotr Guzik	Kraków	5B, 8R, 27L, 33L	21
Maciej Jarmoc	Białystok	7B	2
Maciej Kwinta	Kraków	19L	27
Marian Legutko	Gliwice	20L, 30L	8
Mieczysław Leszek Paradowski	Lublin	3A, 4B, 5B, 6B, 15L, 30L	14
Jacek Powichrowski	Knyszyn	5B, 6B, 35L	20
Mikołaj Sabat	Kielce	27L	9
Tomasz Ścieżor	Kraków	10B	3
Mariusz Świątnicki	Zrębce	5B, 25L	3

Symbols used: B – binocular;

telescopes: L – Newton reflector, R – refractor, T – SCT, A – astrograph

Numbers present aperture of an instrument in centimeters.



Time period [d]	Results	Residuals
[-290 ; -58)	7.30 mag + 5 log Δ + 5 log r	± 0.34
(-58 ; +9]	6.00 mag + 5 log Δ + 10 log r	± 0.45

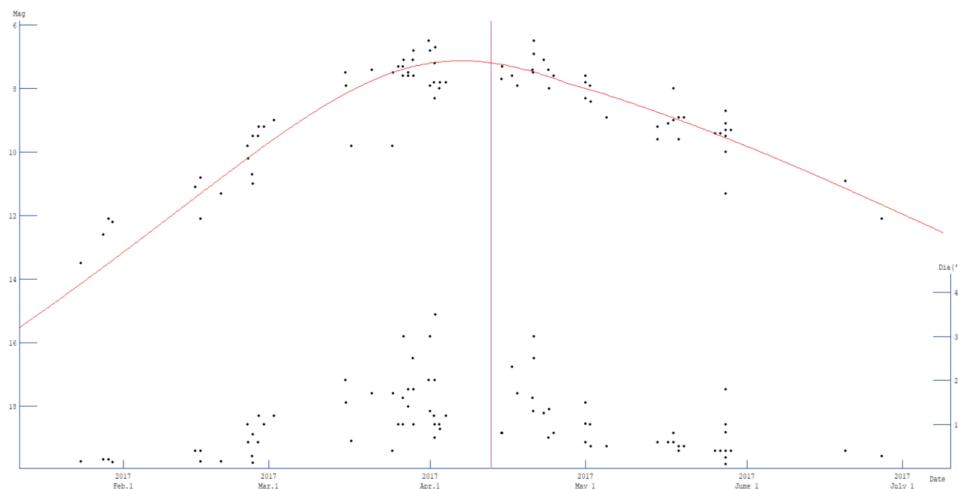
Note that: 1) time period = 0 d means perihelion date (T); 2) results are presented as constants in the following formula:  $H_0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$  (where:  $H_0$  – absolute magnitude,  $\Delta$  – comet-Earth dist.,  $n$  – comet activity,  $r$  – comet-Sun dist.); 3) residuals are given only for data included in the calculation.

After eliminating all outliers, two curves can be fitted. First curve represents the observations made up to 58 days before perihelion, second one represents the rest. As can be seen, in this period activity of the comet increased twice, as the object was heading towards

the Sun. Also its absolute magnitude changed, reaching 6 mag near perihelion – 1,3 mag more than before. That indicates the increase of gas-dust emission from the comet, reflecting in higher albedo and continuous growth of coma and tail. Estimations of coma diameter from August 2016 to February 2017 indicate quite constant values near 250 000 km or not more than 4 arcmin in the sky. Then, a moderate growth was reported until comet's perihelion passage, when its coma was about 830 000 km wide. At that time comet's tail also reached its highest value of about 2 500 000 km. Observations made after the closest approach to the Sun were noticeably less accurate due to comet's lower position in the sky. Many observations from that period were made under urban skies, which resulted in underestimated values of coma's diameter and less accurate estimations of apparent magnitude of the object [2]. Even though, within the range of reported observations, typical cometary behaviour was seen with object's activity growing as it approaches closer to the Sun.

#### 41P/Tuttle-Giacobini-Kresak

Number of observations:		Observation period:			Max. brightness		
83		2017-01-23 – 2017-06-26			6.5 mag		
T [UT]	$\omega$ [ $^{\circ}$ ]	$\Omega$ [ $^{\circ}$ ]	i [ $^{\circ}$ ]	e	q [au]	P [yrs]	
2017-04-12.75	62.157	141.068	9.229	0.6612	1.0450	5.42	



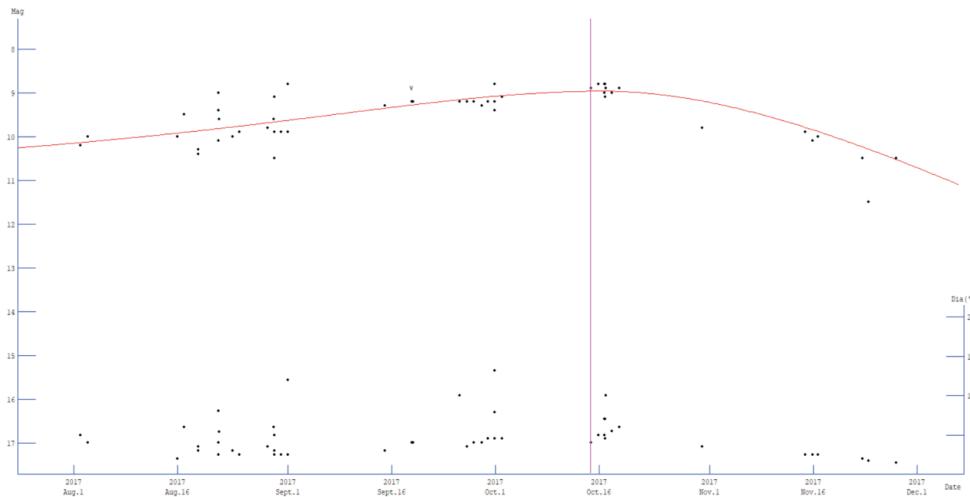
Time period [d]	Results	Residuals
[-79 ; +15)	10.70 mag + 5 log $\Delta$ + 30 log r	$\pm 0.56$
(+15 ; +75]	11.10 mag + 5 log $\Delta$ + 15 log r	$\pm 0.43$

Note that: 1) time period = 0 d means perihelion date (T); 2) results are presented as constants in the following formula:  $H_0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$  (where:  $H_0$  – absolute magnitude,  $\Delta$  – comet-Earth dist., n – comet activity, r – comet-Sun dist.); 3) residuals are given only for data included in the calculation.

41P/Tuttle-Giacobini-Kresak is a periodic comet first discovered in 1858. In SOK PTMA it was already observed during returns in 2000 and 2006, but none of them were as favorable as that in 2017. During last two apparitions, 41P reached magnitudes 8.4 and 7.8 respectively, but its observation conditions were not that well. 2017 return was supposed to be the most attractive in recent 40 years. Finally, the comet fulfilled high expectations and reached maximum magnitude of 6.5 in mid-April, steadily brightening high above the horizon from magnitude 13 in late January. As expected for a comet on short-period orbit, fluctuations of its absolute magnitude were not notable. Although, after comet's perihelion passage, activity decreased by the factor of 2, while coma diameter stayed at its maximal value of about 230 000 km during the whole April. Coma condensation was relatively low, because of its small distance to the Earth (less than 0.25 au from late February to late May) with the closest approach at 0.142 au at the break of March/April 2017. Cometary tail was not observed.

### C/2017 O1 (ASASSN)

Number of observations:		Observation period:			Max. brightness	
48		2017-08-02 – 2017-11-27			8.8 mag	
T [UT]	$\omega$ [ $^{\circ}$ ]	$\Omega$ [ $^{\circ}$ ]	i [ $^{\circ}$ ]	e	q [au]	P [yrs]
2017-10-14.78	20.908	25.810	39.848	0.9964	1.4987	8529.5



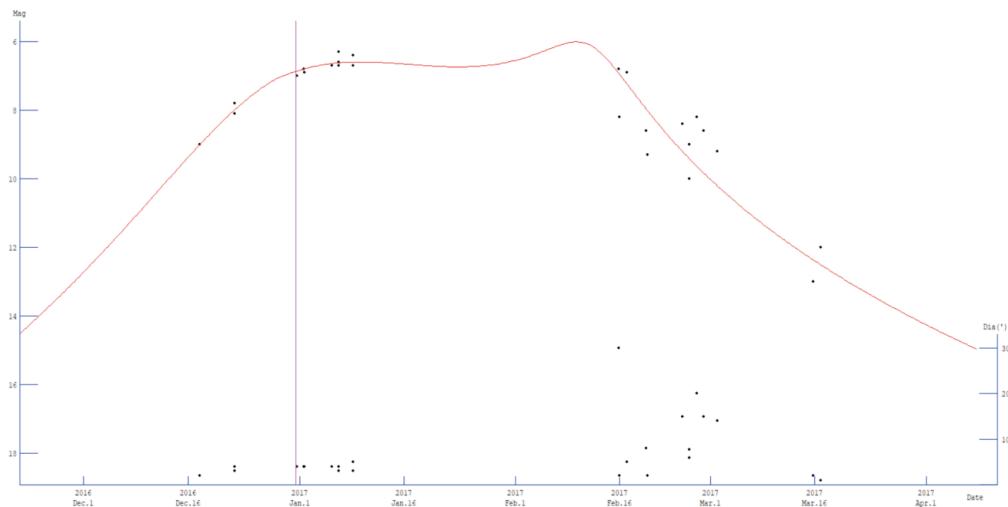
Time period [d]	Results	Residuals
[-73 ; 0)	10.55 mag + 5 log $\Delta$ - 5 log r	$\pm 0.34$
(0 ; +44]	4.40 mag + 5 log $\Delta$ + 30 log r	$\pm 0.13$

Note that: 1) time period = 0 d means perihelion date (T); 2) results are presented as constants in the following formula:  $H_0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$  (where:  $H_0$  – absolute magnitude,  $\Delta$  – comet-Earth dist.,  $n$  – comet activity,  $r$  – comet-Sun dist.); 3) residuals are given only for data included in the calculation.

The C/2017 O1 (ASASSN) is a long-period comet discovered on 19 July 2017 by the All Sky Automated Survey for Supernovae (ASASSN) system. At that time it was a faint object at magnitude 15.3 [3]. In just a few days, however, the comet experienced a strong increase in brightness by a factor of 100 to reach 10 mag. The formula before perihelion distinctly shows that C/2017 O1 experienced an outburst, enabling it to reach absolute magnitude of 10.55 (maximal apparent magnitude of 8.8 reached just after perihelion is a result of passing by the Earth in distance about 2 times closer than to the Sun). That provided an opportunity for observers from northern hemisphere to see the comet in binoculars as well. After an outburst, comet's emission retreated (despite solar approach), which reveals in negative activity parameter. The real coma diameter also indicates an outburst shortly before the discovery, with maximum estimated value of 530 000 km at the end of August and rapid decrease after perihelion passage, showing that new amount of produced material were not as large as before. In the observation period, the comet was relatively or clearly diffuse with DC 2-3 in August and September to DC 1-2 in autumn. Comet's tail was not visible.

#### 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova

Number of observations:		Observation period:			Max. brightness	
21		2016-12-17 – 2017-03-16			6.3 mag	
T [UT]	$\omega$ [ $^{\circ}$ ]	$\Omega$ [ $^{\circ}$ ]	i [ $^{\circ}$ ]	e	q [au]	P [yrs]
2016-12-31.27	326.282	88.982	4.248	0.8240	0.5325	5.26



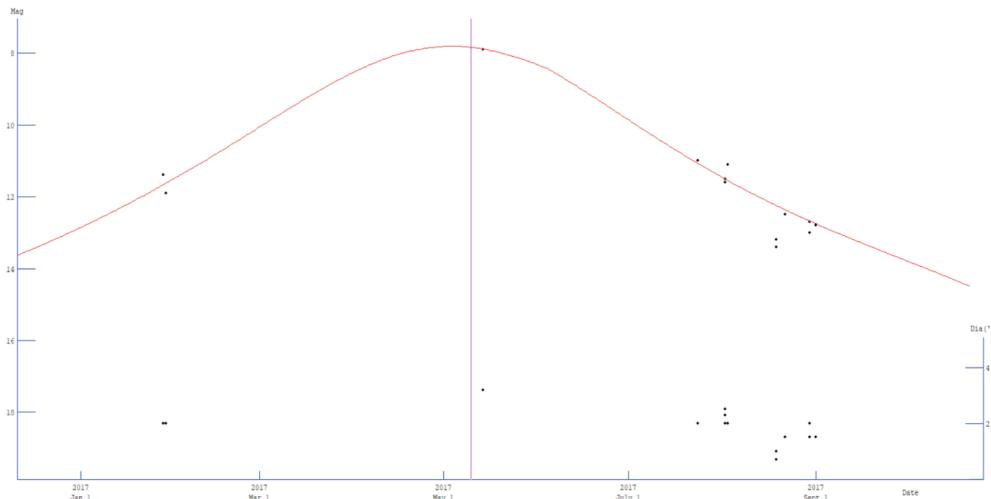
Time period [d]	Results	Residuals
[-14 ; -3)	14.40 mag + 5 log $\Delta$ + 25 log r	$\pm 0.12$
(-3 ; +75]	11.70 mag + 5 log $\Delta$ + 15 log r	$\pm 0.51$

Note that: 1) time period = 0 d means perihelion date (T); 2) results are presented as constants in the following formula:  $H_0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$  (where:  $H_0$  – absolute magnitude,  $\Delta$  – comet-Earth dist.,  $n$  – comet activity,  $r$  – comet-Sun dist.); 3) residuals are given only for data included in the calculation.

The fourth most commonly observed comet in 2017 was the short-period 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova. Despite previous expectations of remarkably high brightness during this apparition, Polish observers reported only 21 estimations, which confirms uneasy observing conditions. The closest approach to the Earth came on 11<sup>th</sup> February at the distance of 0.08 au, when comet was 0.98 au from the Sun, resulting in ultimately low coma condensation degree (DC=1) and wide diameter of the coma, extending up to 30 arcmin in mid-February. In fact, real diameter of the coma was not varying significantly, reaching about 200 000 km. Object's low position in the sky made comet chasing even more difficult. Despite that fact and its visibility early in the evening, comet reached the highest magnitude of 6.3 mag during the first week of the year and a week after its perihelion. Absolute magnitude was 11.7 mag at that time and comet's activity decreased by a factor of 1.67.

#### C/2015 ER61 (PanSTARRS)

Number of observations:		Observation period:			Max. brightness	
14		2017-01-28 – 2017-09-01			7.9 mag	
T [UT]	$\omega$ [ $^{\circ}$ ]	$\Omega$ [ $^{\circ}$ ]	i [ $^{\circ}$ ]	e	q [au]	P [yrs]
2017-05-09.95	68.194	235.220	6.349	0.9974	1.0421	7855.9



Time period [d]	Results	Residuals
[-101 ; +25)	$7.20 \text{ mag} + 5 \log \Delta + 10 \log r$	$\pm 0.22$
(+25 ; +115]	$6.96 \text{ mag} + 5 \log \Delta + 15 \log r$	$\pm 0.19$

Note that: 1) time period = 0 d means perihelion date (T); 2) results are presented as constants in the following formula:  $H_0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$  (where:  $H_0$  – absolute magnitude,  $\Delta$  – comet-Earth dist.,  $n$  – comet activity,  $r$  – comet-Sun dist.); 3) residuals are given only for data included in the calculation.

The C/2015 ER61 (PanSTARRS) is a long-period comet that passed through perihelion on 9<sup>th</sup> May 2017 at the distance of 1.04 au. First observations from Poland were made on late-January, but continuous series of reports starts half a year later in late July. Before that, there was only one observation from the perihelion period, estimating the highest brightness of the object (7.9 mag in mid-May). For the major range of observations, C/2015 ER61 was a faint 11-magnitude object with small and diffuse coma (2-2.5 arcmin). It was not a very active comet too. With absolute magnitude only a bit higher after the perihelion passage, its activity increased by about a half [4]. Due to staying in relatively long distances from the Sun, evolution of the coma was not dramatic. It reached maximal diameter of 180 000 km.

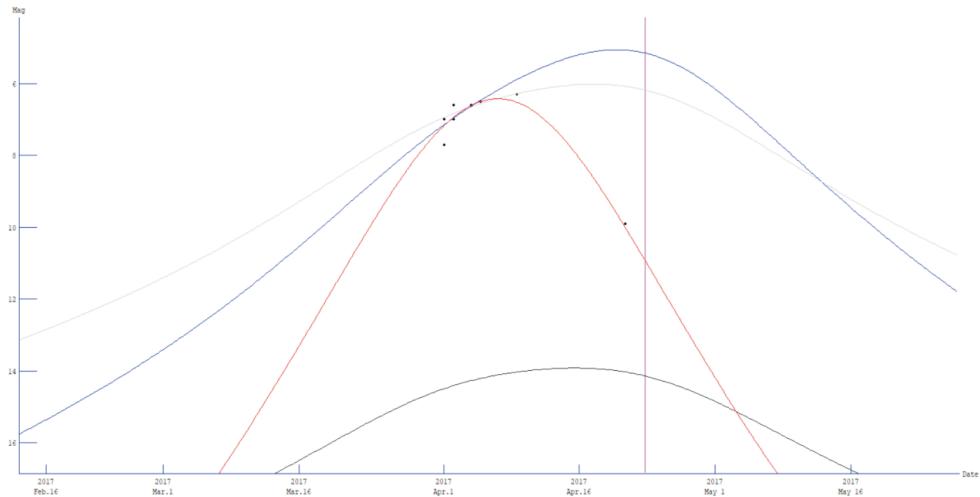
#### C/2017 E4 (Lovejoy)

Number of observations:		Observation period:			Max. brightness		
9		2017-04-01 – 2017-04-21			6.3 mag		
T [UT]	$\omega$ [ $^{\circ}$ ]	$\Omega$ [ $^{\circ}$ ]	i [ $^{\circ}$ ]	e	q [au]	P [yrs]	
2017-04-23.31	87.244	223.172	88.187	0.9990	0.4936	10 440	

The C/2017 E4 (Lovejoy) is a long-period comet discovered on 10 March 2017 by Australian amateur-astronomer Terry Lovejoy. Unlike his earlier discoveries, such as sungrazing comet C/2011 W3 or already mentioned C/2014 Q2, the newest find had not seemed to make another surprise. According to the earliest predictions, its brightness should have stopped before reaching 10 mag or even ~14 mag (black curve), but just a few days after the announcement of Lovejoy's discovery, the comet started to brighten rapidly, reaching about 6 mag during the first week of April. After a few days of consolidation, in mid-April the object was fading nearly as quickly as brightened earlier. The full Moon of 11<sup>th</sup> April interrupted continuous observations and when the conditions were good enough again, a few days before comet's perihelion, we receive only one report from Poland with estimated brightness over 3 mag lower (9.9 mag). Other observers from another countries reported similar values [2, 5].

Time period [d]	Results	Residuals
[-22 ; -2]	$18.75 \text{ mag} + 5 \log \Delta + 37.5 \log r$ (T+15)	$\pm 0.24$

Note that: 1) time period = 0 d means perihelion date (T); 2) results are presented as constants in the following formula:  $H_0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$  (where:  $H_0$  – absolute magnitude,  $\Delta$  – comet-Earth dist.,  $n$  – comet activity,  $r$  – comet-Sun dist.); 3) residuals are given only for data included in the calculation.

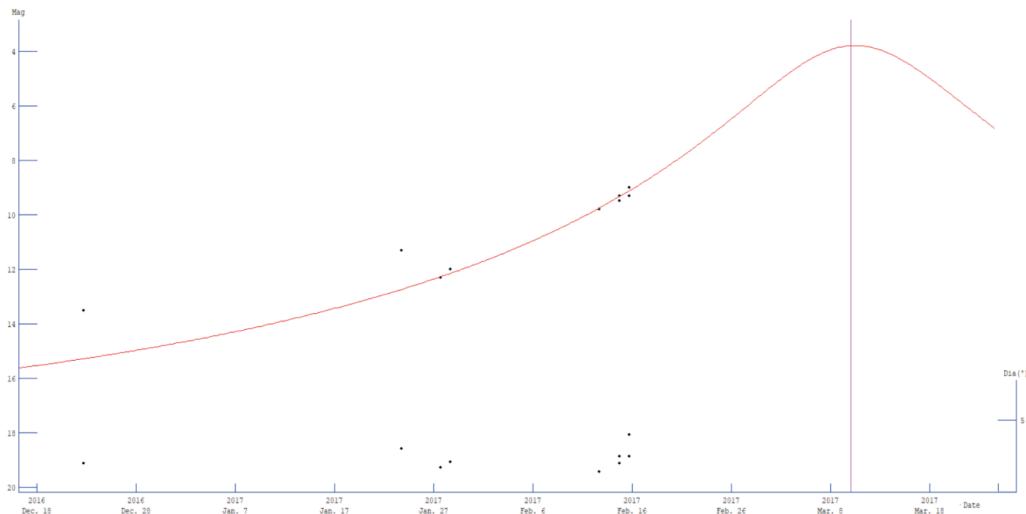


Additional curves	Results	Residuals
Predicted brightness (black)	$17 \text{ mag} + 5 \log \Delta + 10 \log r$	-
First possibility (blue)	$11.07 \text{ mag} + 5 \log \Delta + 20 \log r$	$\pm 0.26$ , (for 8 obs.)
Second possibility (grey)	$9.8 \text{ mag} + 5 \log \Delta + 10 \log r$	$\pm 0.11$ , (for 7 obs.)

From 9 reports received by SOK PTMA the best matched result is  $18.75 \text{ mag} + 5 \log \Delta + 37.5 \log r$  ( $T+15$ ) – red curve. As can be seen, this curve is shifted to the left by 15 days from perihelion, maintaining residuals in low values. This action prevents from receiving negative activity factor (and significantly higher residuals), assuming that comet reached the highest brightness 15 days before perihelion. It confirms that C/2017 E4 experienced a massive outburst before 8<sup>th</sup> April, when its emission almost stopped. Both rapid fluctuations in observed brightness and unusual shape of the light curve tell us about some non-expected behavior of the object. As it turned out, there were more evidences that small comet nucleus disintegrated, possibly exactly on 8<sup>th</sup> April [6]. After that, the comet started to fade out despite getting closer to the Sun. Sharply reduced gas and dust emission resulted in decreasing size of coma, which in its best had a diameter of 150 000 km on April 10<sup>th</sup>, when there was still a lot of matter scattering the sunlight and then, after less than two weeks – only about 90 000 km (1 obs.). We may only speculate how bright would be C/2017 E4 if it had not experienced such a dramatic event. Additional curves shows alternative results for that comet, excluding the last observation made after disintegration of cometary nucleus. Residuals are good enough to fit these curves with observations from 1<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> April and, the grey curve, fits even better than shifted red one, mentioned earlier. If activity of this comet had been constant and its nucleus had not disintegrate, it should have reached 6.0 magnitude or even higher. In addition, results corresponding to the grey curve also fit very well after re-calculating values to the heliocentric magnitudes and assuming distance corrections, nevertheless poor number of available data crossed out odds of more accurate analysis.

## 2P/Encke

Number of observations:		Observation period:			Max. brightness	
9		2016-12-22 – 2017-02-15			9.0 mag	
T [UT]	$\omega$ [ $^{\circ}$ ]	$\Omega$ [ $^{\circ}$ ]	i [ $^{\circ}$ ]	e	q [au]	P [yrs]
2017-03-10.09	186.564	334.560	11.778	0.8483	0.3359	3.30



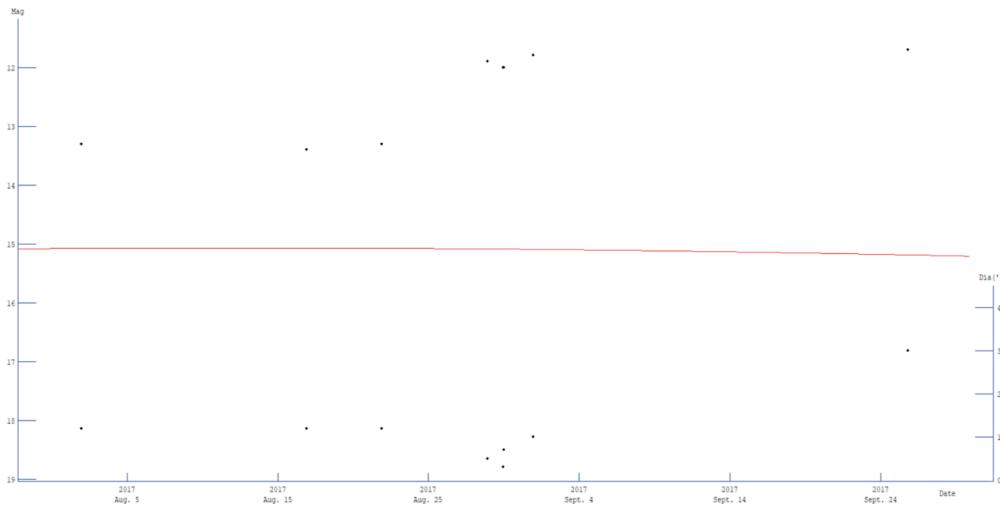
Time period [d]	Results	Residuals
[-78 ; -23]	11.79 mag + 5 log $\Delta$ + 15 log r	$\pm 0.11$

Note that: 1) time period = 0 d means perihelion date (T); 2) results are presented as constants in the following formula:  $H_0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$  (where:  $H_0$  – absolute magnitude,  $\Delta$  – comet-Earth dist., n – comet activity, r – comet-Sun dist.); 3) residuals are given only for data included in the calculation.

The 2P/Encke is the most commonly observed periodic comet in SOK PTMA as its 2017 return was the fourth tracked by Polish observers. At the same time, it was the least favorable appearance among them. Maximal brightness was just 9.0 mag, while in 2013 and 2007 it was about 7.0 mag and even 6.6 mag in 2003. A number of received data is not satisfactory too, but conditions of this year's return explain that situation. The nine received observation reports resulted in well-fitted curve obtained for  $H_0 = 11.79$  and  $n=6$ , which are values typical for this kind of cometary object. Coma diameter increased from 120 000 km in late December 2016 to maximum estimation of 150 000 km in mid-February. After that, comet position in the sky already prevented further observation about three weeks before perihelion.

## 29P/Schwassmann-Wachmann

Number of observations:		Observation period:			Max. brightness	
8		2017-08-01 – 2017-09-25			11.7 mag	
T [UT]	$\omega$ [ $^{\circ}$ ]	$\Omega$ [ $^{\circ}$ ]	i [ $^{\circ}$ ]	e	q [au]	P [yrs]
2019-03-07,76	47.775	312.395	9.368	0.0430	5.7668	14.79



The 29P/Schwassmann-Wachmann is a periodic comet that never approaches close to the Sun – its orbit now is nearly circular and lies outside the orbit of Jupiter, but when the object was discovered on November 15, 1927, its initial eccentricity was 0.15 and since then it stabilized to 0.04 [7]. Despite being far from the Sun, comet 29P is well-known because of its outbursts that may occur even few times a year. More than 1.5 years before perihelion, comet was visible from Poland, reaching 11.7 mag on 25 September. Coma diameter in August was only  $\sim$ 1 arcmin, extending to 3 arcmin in late September. Real diameter was constant at 250 000 km, although the last received report estimates it to be even more than two times wider (600 000 km). As can be seen from the comparison between expected (red curve) and estimated magnitudes, in mid-2017 another outburst was experienced of 29P, strongly increasing its activity. Even though, it was still a difficult object for observation and measurements.

## References

- [1] *The ICQ Comet Information Website*, [www.icq.eps.harvard.edu](http://www.icq.eps.harvard.edu)
- [2] *Comet Observation database (COBS)*, [www.cobs.si/analysis](http://www.cobs.si/analysis)
- [3] Amorim A. et al., *Comet C/2017 O1 (Asassn)* [2017CBET.4426....2A]

- [4] Sekanina Z., *Major outburst and splitting of long-period comet C/2015 ER61 (Pan-STARRS)* [arXiv:1712.03197v1]
- [5] *Schweifstern – Mitteilungsblatt der VdS-Fachgruppe Kometen Nr. 171*
- [6] Faggi S. et al., *The Volatile Composition of newly-discovered C/2017 E4 (Lovejoy) before its dissolutionas revealed by iSHELL at NASA/IRTF* [2017DPS....4930502F]
- [7] Kronk G.W., *Cometography*, Cambridge University Press  
Orbital data: *Minor Planet Center*  
Software used for calculations: *Comet* [author: Yoshida S.]

Janusz BAŃKOWSKI, Tadeusz FIGIEL

Sekcja Obserwacji Słońca PTMA, Oddział Poznański PTMA,  
DK Krag, ul. Dmowskiego 37, 61-772 Poznań, astrotafig@gmail.com

## Roczny raport Sekcji Obserwacji Słońca PTMA za 2017 r.

Sekcja Obserwacji Słońca od momentu jej reaktywacji w 2012 roku prowadzi obserwacje plam słonecznych metodami: wizualną, poprzez projekcję na ekran oraz metodą fotograficzną. Od 2012 roku sekcją kieruje Tadeusz Figiel. Sekcja może się pochwalić również nową stroną internetową <http://sos.poa.com.pl>, na której obserwatorzy bezpośrednio zapisują swoje obserwacje. W 2017 r. sekcja przeprowadziła 1358 obserwacji wyznaczających liczbę Wolfa i 858 obserwacji dla parametru SN. Taka różnica wynika z tego, iż nie wszyscy obserwatorzy prowadzą pełne obserwacje wyznaczając oba parametry aktywności Słońca.

### Styczeń 2017

Maksymalna aktywność przypadła na 17 – 26 stycznia. Wtedy liczba Wolfa R osiągnęła wartość 35. Natomiast aktywność plamo-twórczą SN 50 zarejestrowano 27 stycznia. Cztery plamy w grupach 2628 i 2629 wykazywały półcienie. Grupa 2628 dniu 21 stycznia wygenerowała rozbłysk powierzchniowy klasy C9.1. Członkowie sekcji SOS PTMA wykonali 115 obserwacji, a średnia liczba Wolfa R wyniosła 19,45 i SN – 17,98. Raporty przysyпалo 10 obserwatorów.

### Luty 2017

W lutym na uwagę zasłużyła grupa 2638, która w momencie przejścia przez środek tarczy Słońca prezentowała się okazałym półcieniem z ciemnym cieniem. W lutym nie odnotowano poważnych rozbłysków. Średnia liczba Wolfa R=14,48 (67 obserwacji) i SN=12,43 (46 obserwacji) świadczyły o niskiej aktywności Słońca.

### Marzec 2017

Od 6 do 20 marca na tarczy Słońca nie dostrzeżono ani jednej plamy. Dopiero pod koniec miesiąca pojawiły się trzy grupy, w których można było naliczyć aż 11 plam. Pomimo iż

wykonaliśmy 111 obserwacji, to średnia liczba Wolfa wyniosła zaledwie 12,55, a średnia aktywność plamo-twórcza SN – 17,56.

## Kwiecień 2017

Na początku kwietnia dominowała południowa grupa oznaczona symbolem AR 2645. W grupie tej można było naliczyć aż 23 plamy, z czego 14 z nich posiadały półcienie. Taki stan na powierzchni Słońca sprawił, iż aktywność plamo-twórcza SN kilka razy przekroczyła 200. Był to jednak tylko krótki epizod, gdyż pod koniec miesiąca nastąpiła cisza. Średnia liczba Wolfa w kwietniu wyniosła 24,39 wygenerowana spośród 128 obserwacji a średnia SN – 30,85, spośród 46 obserwacji.

## Maj 2017

W pierwszej połowie maja na Słońcu nic się nie działo. Dopiero 23 maja ukazały się pierwsze grupy wizualnie ledwie widoczne. W tym czasie liczba Wolfa oscylowała w granicach  $R = 50$ . Ostatecznie średnia liczba Wolfa wyniosła 15,1 a średnia SN – 12,76.

## Czerwiec 2017

Początek czerwca zdominowany przez grupę AR 2661. Wyznaczono średnią dla  $R=18,07$ , a  $SN=20,75$ . Swoje wyniki przysłało 11 obserwatorów.

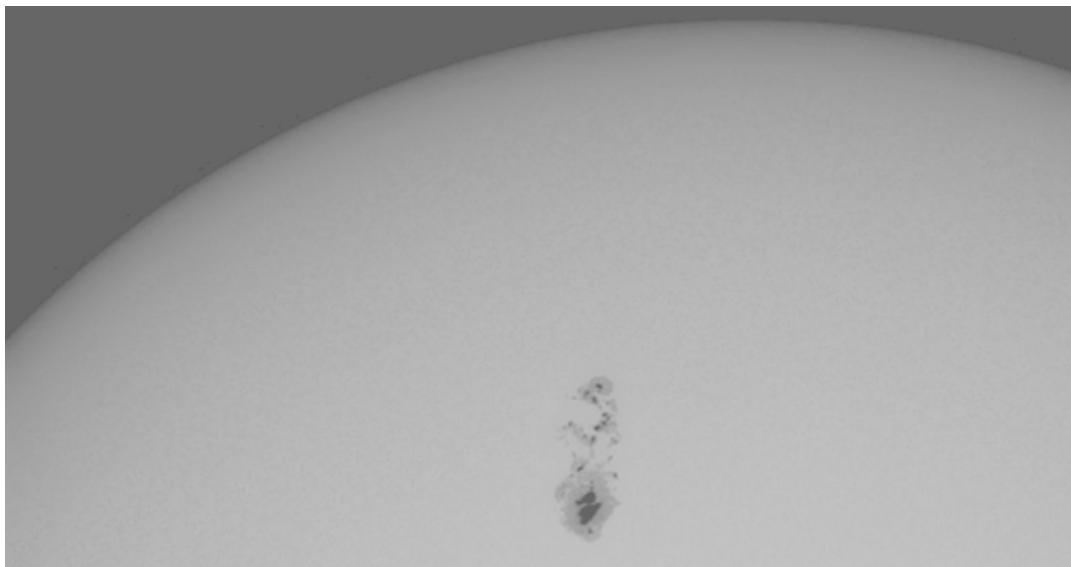
## Lipiec 2017

W lipcu na tarczy słonecznej pojawiły się dwie grupy: jedna po stronie północnej i jedna po stronie południowej. Ciekawą grupą okazała się grupa oznaczona symbolem AR 2665, w której to 14 lipca doszło do potężnego rozbłysku klasy M 2,4 połączonego z koronalnym wyrzutem masy. Grupa ta zajmowała 710 mln. części powierzchni Słońca. W ostatnim tygodniu lipca Słońce powróciło do zerowej aktywności. Średnia liczba Wolfa w lipcu wyniosła  $R=13,67$ , a średnia SN=17,91.

## Sierpień 2017

W sierpniu aktywność Słońca nieco wzrosła, a to za przyczyną pojawienia się grup AR 2671 i AR 2672.

20 sierpnia na tarczy Słońca mogliśmy naliczyć w dwóch grupach aż 30 plam. W tych grupach dochodziło do częstych rozbłysków klasy C. Pod koniec miesiąca pojawia się kolejna ciekawa grupa oznaczona symbolem AR 2674. W sierpniu 11 obserwatorów przeprowadziło 152 obserwacje. Na podstawie przesyłanych raportów wyliczono średnią  $R=25,08$ , a średnią SN na poziomie 43,35.



Fot. 1. Fotografia grupy 2665 z dnia 9.07.2017, fot. J. Bańkowski.

## Wrzesień 2017

We wrześniu na tarczy Słońca dominowały dwie grupy: AR 2674 na półkuli północnej i AR 2673 na półkuli południowej. Północna grupa 2674 była szczególnie porozrywana, składając się z licznych plam z półcieniami. Utrzymujące się pole magnetyczne beta-gamma-delta generowało rekordowe rozbłyski od klasy M do X. 6 września grupa AR 2674 wygenerowała rozbłysk klasy X9.3, który dominował przez 17 minut. Dobę później znów rozbłysk się powtórzył osiągając ponownie tę samą energetyczną klasę. Pomiędzy tymi rozbłyskami w różnym czasie dochodziło do serii rozbłysków klasy C i M. Jak podały profesjonalne obserwatoria słoneczne był to rekordowy rozbłysk tego cyklu. Zastanawiające jest, że kiedy przypadało teoretyczne maksimum 24 cyklu, nie odnotowywano aż takich potężnych rozbłysków. Teraz, kiedy powoli zbliża się minimum, Słońce jednak lubi zaskakiwać. Warto tylko przypomnieć, że był on pierwszym takim rozbłyskiem wysokiej skali, który został zaobserwowany po 12 latach. Był to również najlepszy miesiąc w roku, jeśli chodzi o aktywność plamo-twórczą. Średnia liczba Wolfa wygenerowana spośród 102 obserwacji wyniosła 33,97, a średnia SN=43,13.

## Październik 2017

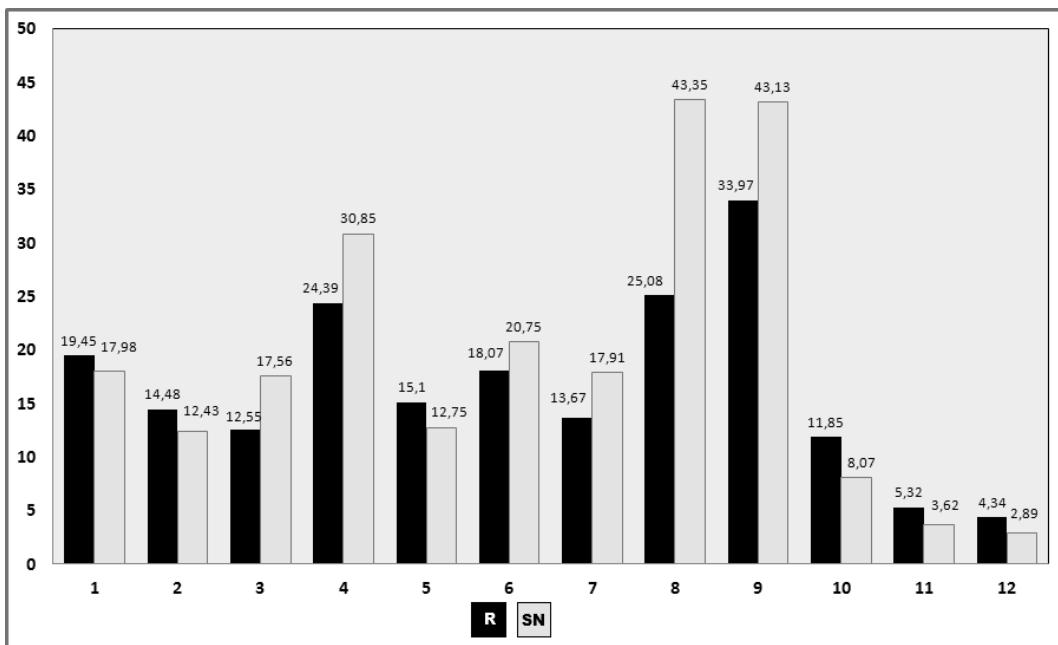
W październiku pogoda nie sprzyjała wykonywaniu obserwacji Słońca. Również na jego tarczy od 10 do 20 dnia miesiąca nie było widać plam. Pomimo wykonanych 120 obserwacji uzyskano średnią liczbę Wolfa R=11,85 i średnią SN=8,07. Raporty w tym miesiącu przysyłało 9 obserwatorów.

## Listopad 2017

W listopadzie, podobnie jak w październiku, pogoda nie sprzyjała obserwacjom Słońca. W zaledwie 12 dniach słonecznych przeprowadzono 100 obserwacji. Uzyskano średnią liczbę Wolfa R=5,32 i średnią SN=3,62.

## Grudzień 2017

W grudniu odnotowaliśmy dalszy spadek aktywności Słońca, o czym może świadczyć średnia liczba Wolfa uzyskana spośród 89 obserwacji R=4,34 i średnia SN=3,62. Raporty nadesłało 7 obserwatorów.



Rys. 1. Wykres aktywności słonecznej R i SN za 2017 rok sporządzony na podstawie obserwacji przesłanych przez członków Sekcji SOS PTMA. Liczby na osi poziomej oznaczają numery kolejnych miesięcy 2017 roku.

Gabriel MURAWSKI

Uniwersytet Medyczny w Białymostku, Wydział Lekarski, ul. Jana Kilińskiego 1, 15-089 Białystok,  
SOTES (Stacja Obserwacji Tranzytów Egzoplanet w Suwałkach),  
libmar96@gmail.com

## Amatorskie obserwacje tranzytów planet pozasłonecznych

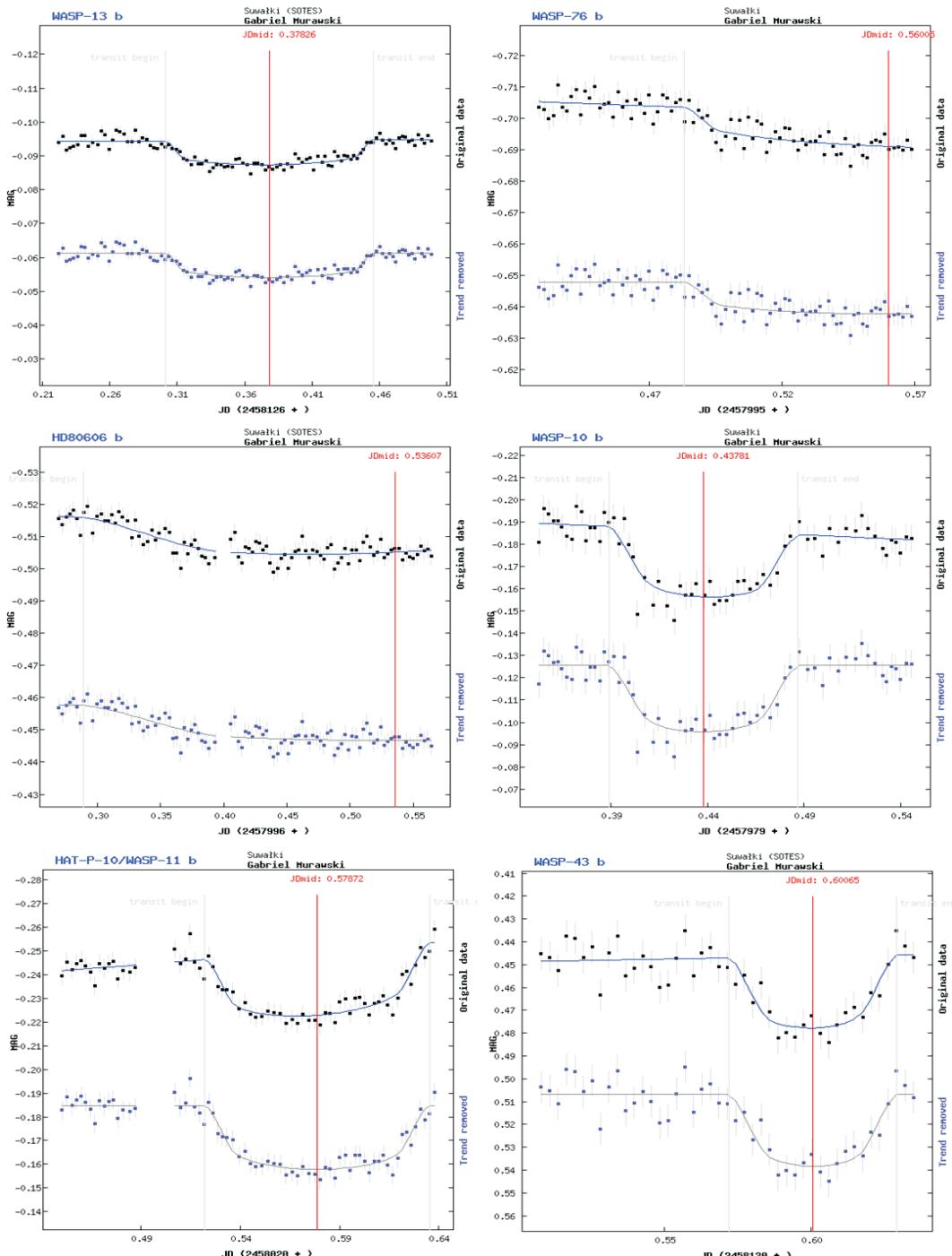
### Streszczenie

Najłatwiejszą metodą rejestracji egzoplanety jest jej przejście na tle macierzystej gwiazdy. Zjawisko to jest zwane tranzytem. Pierwsze tego typu zjawisko zarejestrowano w 1999 roku. Niedługo później stały się celem astronomów amatorów. W tym artykule zajmiemy się podsumowaniem obserwacji przeprowadzonych w 2017 roku (i styczniu 2018) za pomocą kamery CMOS (ZWO ASI178MM-c) oraz obiektywu Canon FD 300mm f/2.8L.

### Raport

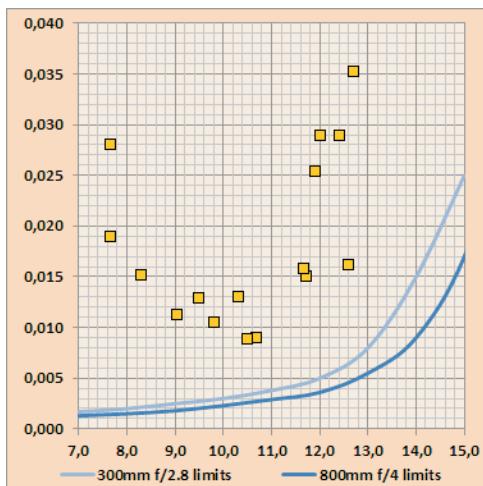
Nowoczesne kamery CMOS (typu QHY, ASI) nie są często wykorzystywane w celach fotometrycznych. Wynika to z bardziej zaawansowanych możliwości sprawdzonych już matryc CCD. Kamery CMOS, pomimo niskiej studni, charakteryzują się bardzo małym poziomem szumu, wysoką wartością QE i bardzo krótkim czasem przesyłania klatki. Oprócz tego, bardzo niska cena powoduje, że są o wiele bardziej przystępne amatorom. Niewielka ilość publikacji na temat ich wykorzystania w obserwacji gwiazd zmiennych spowodowała, że postanowiłem przyjrzeć się jej nieco bliżej od strony fotometrycznej. W ich monitorowaniu najbardziej interesuje nas dokładność pomiarowa. Im lepsza, tym wyraźniej będzie widoczne np. zjawisko tranzytu egzoplanety. W związku z tym, próby ich detekcji były porównywane z wykresami dostępnymi w bazie danych ETD (Exoplanet Transit Database) wykonane teleskopami o podobnej średnicy.

W ciągu 7 miesięcy (zaczynając od lipca 2017 roku) przeprowadziłem 17 pozytywnych obserwacji tranzytów dla gwiazd o jasnościach między 7,5 a 13,0 magnitudo: HD 189733 b, HD 209458 b, WASP-33 b, WASP-52 b, WASP-10 b, WASP-2 b, Qatar-5 b, HD 80606 b, WASP-76 b, KELT-16 b, HAT-P-49 b, HAT-P-10/WASP-11 b, WASP-12 b, XO-4 b, EPIC 247098361 b, WASP-43 b, WASP-13 b. Poniżej przedstawiono krzywe jasności sześciu wybranych obserwacji wykonanych w różnych warunkach.



Rys. 1. Wybrane krzywe jasności z obserwacji tranzytów planet pozasłonecznych.

Na podstawie różnic w jasności gwiazdy, spadku blasku, przejrzystości, wysokości nad horyzontem czy obecności Księżyca, udało się określić zasięg dostępności dla aktualnego



Rys. 2. Aktualne granice możliwości rejestracji tranzytów egzoplanet. Oś X – jasność obiektu w magnitudo; oś Y – głębokość spadku blasku. Ciemna linia ukazuje przewidywania dla niedawno zakupionego teleskopu Newtona 8" f/4, jednak żadnej rejestracji tranzytu jeszcze nie przeprowadzono.

Uzyskiwana dokładność pomiarowa jest na tyle dobra, że wiele nieodnalezionych wcześniej planet pozasłonecznych metodą tranzytu znajduje się w granicach możliwości rejestracji. Do takich należy między innymi EPIC 247098361 b, którą zaobserwołem 5 miesięcy przed oficjalną publikacją pracy naukowej na temat jej odkrycia. Wszystkie próby stanowią przygotowanie do procesu weryfikowania kandydatek na nowe planety pozasłoneczne znajdowane przez KELT-North (Kilodegree Extremely Little Telescope), a w 2019-2020 także TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite), co jest głównym projektem SOTES na najbliższe lata.

Obserwacje tranzytów egzoplanet umożliwiły także odkrycie 52 nowych gwiazd zmiennych leżących w tle. Najczęściej znajdowanym typem były zmienne EW (W Ursae Majoris) – 55% wszystkich przypadków. Przebieg moich prac (tranzytów i zmiennych) można śledzić na stronie SOTES (Stacja Obserwacji Tranzytów Egzoplanet w Suwałkach) na Facebooku.

## Zakończenie

Pomimo małego zainteresowania kamerami CMOS pod kątem fotometrii, przeprowadzone testy wskazują na duży potencjał w ich zastosowaniu. Niezwykle ważna jest ich niska cena. Niektóre wyniki są porównywalne do tych, które uzyskują obserwatoria astronomiczne dysponujące sprzętem o wartości kilkakrotnie większym. Ze względu na spodziewane podobne wyniki korzystając droższej kamery ZWO ASI1600MM-c, kolejnym celem jest przygotowanie zestawu obserwacyjnego opierającego się na kilku teleskopach 6" lub 8" f/4 wyposażonych w matryce IMX178. Przy ekstremalnie niskich kosztach na każde stanowisko (poniżej 4000 złotych), porównywanie wyników z każdej kamery powinno umożliwić uzyskiwanie dokładnych krzywych jasności nawet dla milimagnitudowych tranzytów.

Gabriel MURAWSKI

Uniwersytet Medyczny w Białymostku, Wydział Lekarski, ul. Jana Kilińskiego 1, 15-089 Białystok,  
libmar96@gmail.com

## HD 286123 b – amatorskie odkrycie planety pozasłonecznej

8 marca 2018 roku została opublikowana praca [1] autorstwa Liang Yu (Massachusetts Institute of Technology) i współpracowników, w której, razem z innymi członkami projektu, omawia ona odkrycie dwóch planet pozasłonecznych: HD 286123 b (EPIC 247098361 b) oraz HD 89345 b (EPIC 248777106 b). Badania 21-letniego miłośnika astronomii z Suwałk, autora niniejszej publikacji, przyczyniły się bezpośrednio do potwierdzenia planetarnego charakteru pierwszej z nich.

8 marca 2017 roku (dokładnie rok przed publikacją) rozpoczęła się kampania 13. misji K2 sondy Kepler, która zakończyła się 27 maja. W tym czasie, jej detektory były skierowane w stronę gwiazdozbioru Byka. Dziewiątego września zostały opublikowane przez Andrew Vanderberga (Harvard Smithsonian Center for Astrophysics) skorygowane krzywe jasności dla około 21 tysięcy gwiazd, które sonda przez ten czas monitorowała. Przejrzałem je wszystkie w celu poszukiwania kandydatek na nowe tranzytujące planety pozasłoneczne. Ostatecznie na liście znalazły się cztery obiekty, które znajdują się w zasięgu obserwacji amatorskich.

Jedną z nich była EPIC 247098361.01, krążąca wokół gwiazdy o jasności 9.8 magnitudo odlegiej o 435 lat świetlnych. Na podstawie siedmiu zarejestrowanych spadków jasności o 1% co 11.17 doby wyznaczyłem efemerydę do przyszłych zjawisk. W nocy z 29 na 30 września 2017 roku miał nastąpić kolejny tranzyt widoczny z terenu Polski. Nie było to pełne zjawisko, bowiem gwiazda wschodziła niedługo po rozpoczęciu tranzytu trwającego 328 minut. Ostatecznie, przeprowadziłem obserwacje drugiej połowy zjawiska, od godziny 23:00 do 05:30. Wówczas obiekt znajdował się wystarczająco wysoko nad horyzontem. Do rejestracji wykorzystałem kamerę ASI178MM-c, teleobiektyw Canon FD 300mm f/2.8L oraz montaż paralaktyczny EQ5. Ten zapas czasu miał za zadanie ukazać różnicę zmian jasności, kiedy HD 286123 znajdowała się w stałym blasku. W sumie uzbierałem 9000 klatek, co stanowi blisko 30 gigabajtów materiału.

Celem obserwacji było potwierdzenie periodyczności oraz charakteru sygnału z danych sondy Kepler. W niektórych przypadkach dodatkowe rejestracje tranzytów (szczególnie przy odpowiedniej skali obrazu) umożliwiają rozdzielenie kilku gwiazd, które na klatkach wykonanych przez sondę zlały się ze sobą. Wówczas można dokładnie sprecyzować, który obiekt

---

odpowiedzialny jest za spadki jasności. Rejestracja zakończyła się sukcesem – spadek jasności o około 0.01 magnitudo był zgodny z przewidywaniami, a moment końcowy tranzytu nastąpił dokładnie o wyznaczonej godzinie.

Początkowo nie było pewności czy zarejestrowany tranzyt był wywołany faktycznie przez planetę pozasłoneczną. Mogła to być druga gwiazda będąca w układzie binarnym. Dopiero metoda radialna (przesunięcia ku czerwieni i fioletowi na skutek zaburzeń grawitacyjnych) miałaby ostatecznie potwierdzić czym tak naprawdę jest to drugie ciało wokół EPIC 247098361. Obserwacja została przesłana do bazy danych ExoFOP w celu dalszego oczekiwania na kontakt. 12 stycznia 2018 roku zostałem członkiem projektu Liang Yu, razem z 26 innymi osobami. Po dwóch miesiącach artykułu doczekał się publikacji na łamach arXiv.org.

Pomiary prędkości radialnej potwierdziły planetarny charakter EPIC 247098361 b. Należy on do tzw. ciepłych Saturnów (*warm Saturn*). Określenie „ciepły” jest związane z dość dużą odlegością od gwiazdy. Temperatura, która panuje w atmosferze, wynosi około 1000 K. To znacznie mniej niż dla typowego gorącego Jowisza (*hot Jupiter*), dla których wartość ta często wynosi nawet do kilku tysięcy stopni. Z kolei „Saturn” jest związany z masą obiektu. Na podstawie prędkości radialnej udało się wyznaczyć masę HD 286123 b na 41% masy Jowisza. Przy promieniu 1,08 R<sub>J</sub> ukazuje to niewielką gęstość planety pozasłonecznej. Wartość ta jest mniejsza niż dla wody, podobnie jak Saturn w Układzie Słonecznym. Stąd przyjęto, że gazowe giganty o małej gęstości będą określane typem Saturnów. Metoda radialna ukazała jeszcze jedną niespodziankę – HD 286123 b znajduje się na ekscentrycznej orbicie. Przy mimośrodzie  $e=0.268$ , dystans między gwiazdą macierzystą a planetą zmienia się w zakresie 11-19 milionów kilometrów.

Planeta pozasłoneczna może być obserwowana zaledwie 7 razy w ciągu roku. Wynika to z dość długiego okresu orbitalnego. Oprócz tego, HD 286123 b znajduje się dość blisko eklipytyki. To ogranicza widoczność planety w miesiącach letnich, która może być obserwowana wyłącznie w okresie jesienno-zimowym. Pierwsze zjawisko widoczne w Polsce w sezonie 2018/2019 nastąpi w nocy z 30 na 31 sierpnia 2018 roku. Podobnie jak w przypadku mojej obserwacji, dostępna do rejestracji będzie tylko i wyłącznie druga połowa tranzytu.

EPIC 247098361 jest jasnym celem, a sam spadek blasku jest bardzo duży. Dość słabo poznaliśmy grupę tzw. ciepłych Saturnów, a wspólnie z kryta przeze mnie egzoplaneta ma dodatkowo ekscentryczną orbitę. W kolejnych latach stanie się jednym z celów największych teleskopów na świecie, co pozwoli lepiej poznać jej naturę. Przewiduje się, że zaćmienie wtórne (czyli zakrycie planety przez gwiazdę – odwrotność tranzytu) powinno być również widoczne przez Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba, którego planowany start jest wiosną 2019 roku. Pozwoli to bezpośrednio określić temperaturę panującą w obrębie planety. W związku z tym, pojawi się jeszcze jedna praca naukowa na temat HD 286123 b, głównie w celu omówienia składu jej atmosfery oraz ewolucji. Być może przyszłe obserwacje metodą radialną wskażą sygnał drugiego, nieznanego ciała wokół HD 286123. Na chwilę obecną znamy tylko jedną egzoplanetę w tym układzie.

Jestem jednym z 28 współautorów publikacji naukowej, co jednocześnie określa mnie jako współodkrywca nowej planety pozasłonecznej. Druga egzoplaneta (HD 89345 b), choć zawarta w tym samym artykule, nie była przeze mnie obserwowana. Choć EPIC 247098361 b była dostępna już przez obiektyw, w tym momencie skupiam się na rozbudowie sprzętu obserwacyjnego do rejestracji przyszłych kandydatek planet pozasłonecznych odnajdowanych przez sondę TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite). Podobnie jak w przypadku Keplera, obserwacje będą polegały na weryfikowaniu spadków jasności wynikających z wystąpienia tranzytu. Udana rejestracja w przypadku HD 286123 b ukazuje, że w warunkach amatorskich jest to możliwe do wykonania. Docelowy zestaw będzie składał się z dwóch teleskopów 20-centymetrowych, dwóch kamer oraz dwóch montaży paralaktycznych. Równolegle pracujące zestawy umożliwiłyby rejestrację wielu kandydatek jednocześnie, a większa średnica pozwoli skupić się na tych słabszych celach. Warto wspomnieć, że obserwacji dokonuję na terenie miasta Suwałk (SOTES: Stacja Obserwacji Tranzytów Egzoplanet w Suwałkach).

## Literatura

- [1] Yu L. et al, *Two warm, low-density sub-Jovian planets orbiting bright stars in K2 campaigns 13 and 14*, <https://arxiv.org/abs/1803.02858>

Gabriel MURAWSKI<sup>1</sup>, Adam TUŻNIK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Medyczny w Białymostku, Wydział Lekarski, ul. Jana Kilińskiego 1, 15-089 Białystok,  
libmar96@gmail.com

<sup>2</sup> Uniwersytetu Jagiellońskiego, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, ul. Łojasiewicza 11,  
30-348 Kraków

## TYC 2836-1816-1 – gwiazda z dużymi plamami na powierzchni

26 grudnia 2017 roku został wysłany raport o obserwacji nowej gwiazdy zmiennej, odkrytej przez autorów niniejszej publikacji w gwiazdozbiorze Andromedy. Nosi ona oznaczenie TYC 2836-1816-1 i należy do zmiennych typu RS Canum Venaticorum. Najczęściej podejrzewa się, że są to układy binarne zawierające dwie gwiazdy o silnej aktywności plamotwórczej. Analiza danych wykazała, że obserwowany obiekt składa się z pojedynczej gwiazdy.

Zmiennaść tego obiektu została rozpoznana w 2017 r. przez autorów na podstawie analizy baz danych ASAS-SN przy wykorzystaniu metody „data mining” (przeszukiwanie dostępnych danych dostępnych w Internecie). Wśród rozpoznanych kandydatek, jedna z nich okazała się być zmienną typu RS o dużej amplitudzie.

Od 2014 roku, ASAS-SN (All Sky Automated Survey for SuperNovae) obserwował gwiazdę regularnie przez następne cztery lata. Największe zmiany blasku rejestrowano w 2015 roku, kiedy to TYC 2836-1816-1 osiągała amplitudę zmian jasności sięgającą do 0,62 magnitudo z okresem 35,5 dnia. Tak duże różnice jasności wskazywały na obecność plamy zajmującej powierzchniowo nawet 40% widocznej części tarczy gwiazdy. W momencie maksimum blasku, gwiazda ma jasność 12,15 magnitudo i może być obserwowana wizualnie przez teleskopy o średnicy powyżej 10 centymetrów. Na przełomie 2017 i 2018, zakres zmian blasku wynosił między 12,20 a 12,55 magnitudo, stąd plamy mogą być nadal rejestrowane.

Aby zweryfikować, czy obiekt może stanowić akurat układ podwójny, przeanalizowano wcześniejsze dane z Northern Sky Variability Survey (NSVS, 1999-2000) oraz Super Wide Angle Search for Planets (SuperWASP/SWASP, 2006-2008). NSVS wykazał istnienie pojedynczej plamy z okresem około 38 dni, z kolei SWASP – dwie plamy ze zmiennym okresem między 35,3 a 36,8 dnia. Zmienny kształt i wahania okresu wskazują na istnienie plam na różnych szerokościach geograficznych gwiazdy. Dodatkowe przesunięcia w fazie ukazują pojawianie się i znikanie ich po różnych stronach TYC 2836-1816-1.

W ciągu ostatnich dwóch miesięcy, jeden z autorów (G. Murawski) odnalazł także 20 innych gwiazd rotacyjnych, z czego jedna znajduje się w układzie podwójnym. Najbardziej

aktywna z całej dwudziestki (GSC 03287-01432) osiąga amplitudę jasności do 0,55 magnitudo, co także świadczy o plamach sporych rozmiarów, niewiele mniejszych niż w przypadku gwiazdy TYC 2836-1816-1.

Stanisław ŚWIERCZYŃSKI

Sekcja Obserwatorów Gwiazd Zmiennych PTMA, PTMA Oddział w Warszawie,  
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa, sswdob@poczta.onet.pl

## Maksima jasności gwiazdy zmiennej długookresowej $\chi$ Cygni wyznaczone z obserwacji polskich miłośników astronomii zgromadzonych w bazie SOGZ-PTMA

$\chi$  Cygni, odkryta przez G. Kircha w 1686 roku jest jedną z najjaśniejszych miryd. W maksimum może osiągnąć jasność wizualną 3,3 mag natomiast w minimum jej jasność spada niekiedy do 14,2 mag. Maksymalna amplituda w zakresie wizualnym wynosi aż 10,9 mag, co odpowiada różnicy natężeń blasku około 22 900 razy(!). Są to jednak wartości maksymalne. Przeciętnie w maksimum  $\chi$  Cyg osiąga jasność 5,2 mag a w minimum 13,4 mag.

Podstawowe dane dla  $\chi$  Cyg z GCVS (Ogólny Katalog Gwiazd Zmiennych – Instytut Astronomiczny Stenberga w Moskwie):

współrzędne na epokę 2000: RA = 19 h 50 m 33,9 s, DEC =  $+32^{\circ}54'53''$ ;

amplituda zmian jasności wizualnej: 3,3 – 14,2 mag;

średnia amplituda zmian jasności wizualnej: 5,2 – 13,4 mag (AAVSO);

moment początkowego maksimum: Mo = JD2442140;

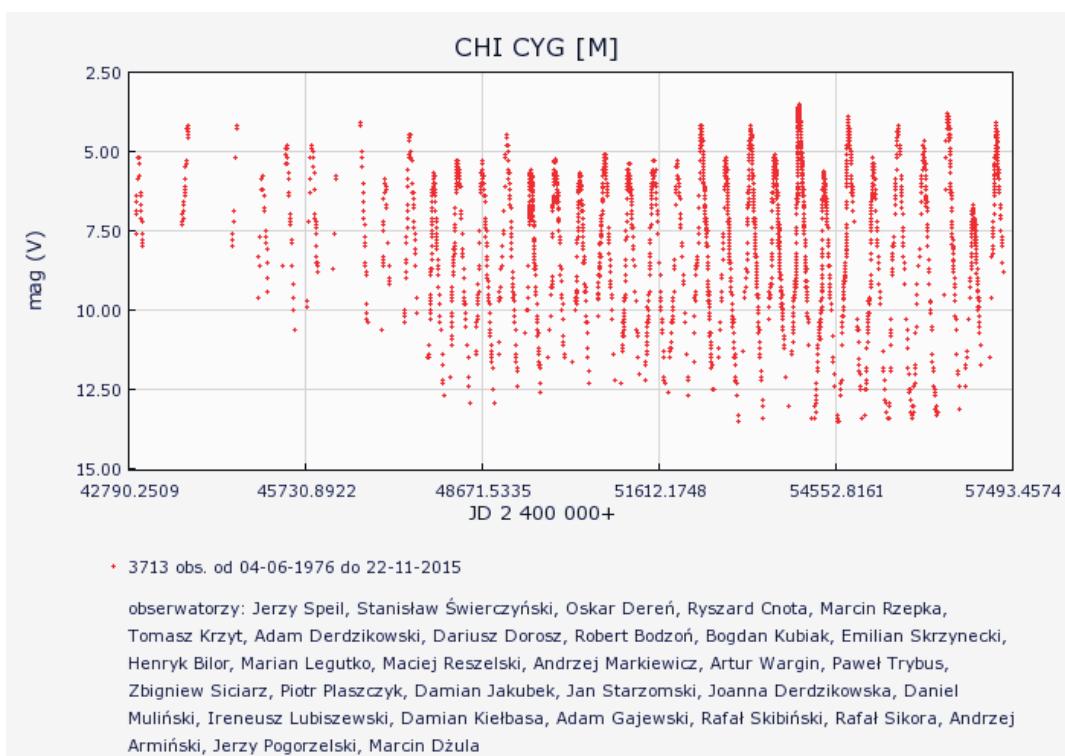
okres P = 408,05 d;

M - m = 0,41;

widmo: S6.2e - S10.4e (NSE).

W bazie danych SOGZ-PTMA znajduje się 3713 obserwacji tej zmiennej wykonanych przez 31 obserwatorów od 4.06.1976 do 22.11.2015. Wszystkie obserwacje przedstawia wykres na rys. 1.

Na podstawie tych obserwacji zostało wyznaczonych, metodą aproksymacji wielomianowej (program TS12 z AAVSO), 31 momentów i wysokości maksimów jasności. Wyniki przedstawia tab. 1. W poszczególnych kolumnach podano: JDmax – moment maksimum wyrażony w dacie juliańskiej, Data – moment maksimum wyrażony w dacie cywilnej,  $\pm$  – niepewność wyznaczenia momentu maksimum w dobach, mag(max) – maksimum jasności, niepewność wizualna 0,1 mag, Dł. cyklu – odstęp czasu w dobach pomiędzy dwoma kolejnymi maksimami.



Rys. 1. Krzywa jasności  $\chi$  Cyg wyznaczona na podstawie obserwacji zgromadzonych w bazie SOGZ-PTMA.

Tab. 1. Momenty i wysokości maksimów jasności  $\chi$  Cyg wyznaczone na podstawie obserwacji zgromadzonych w bazie SOGZ-PTMA.

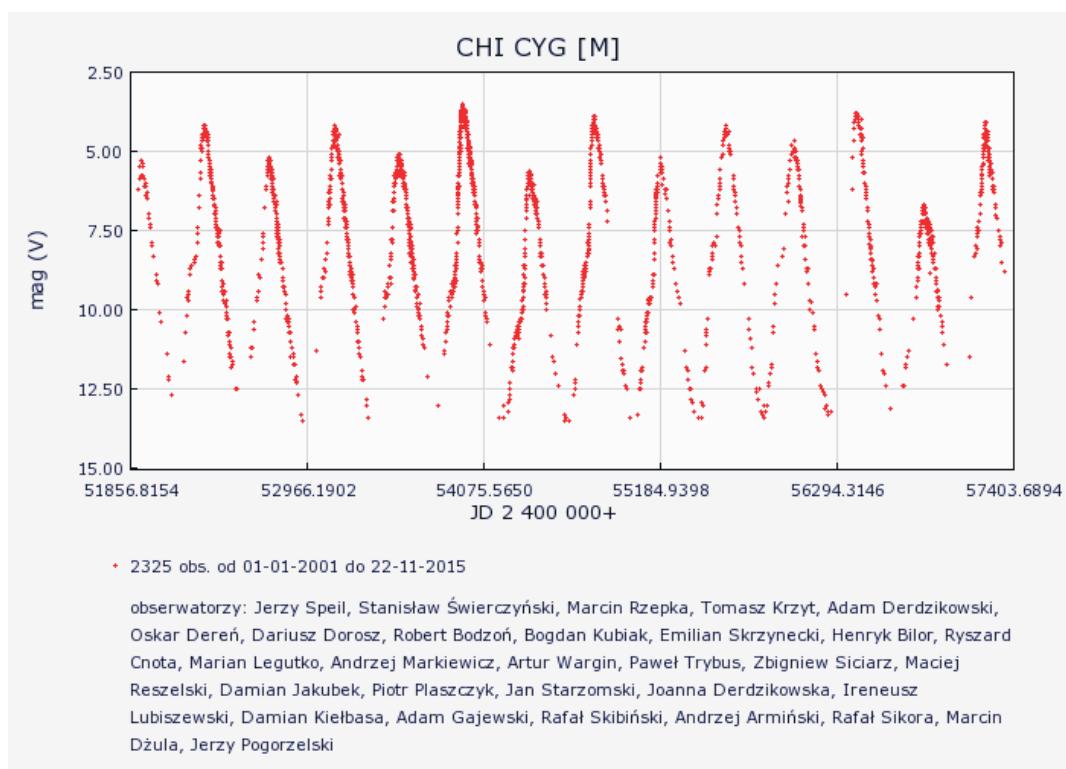
Lp	JDmax	Data	$\pm$	mag(max)	Dł. cyklu
1	2442961	01.07.1976	1	5,2	
2	2443782	30.09.1978	1	4,2	
3	2445023	22.02.1982	3	5,8	
4	2445420	26.03.1983	2	4,9	397
5	2445848	27.05.1984	3	4,8	428
6	2447066	27.09.1987	3	5,9	
7	2447482	16.11.1988	2	4,5	416
8	2447877	16.12.1989	1	5,8	395
9	2448283	26.01.1991	1	5,2	406
10	2448686	04.03.1992	3	5,4	403
11	2449090	12.04.1993	2	4,7	404
12	2449495	22.05.1994	2	5,9	405

Lp	JDmax	Data	$\pm$	mag(max)	Dł. cyklu
13	2449898	29.06.1995	2	5,7	403
14	2450308	12.08.1996	2	6,0	410
15	2450724	02.10.1997	2	5,6	416
16	2451123	05.11.1998	2	5,8	399
17	2451541	28.12.1999	4	5,9	418
18	2451932	22.01.2001	2	5,7	391
19	2452327	21.02.2002	2	4,3	395
20	2452733	03.04.2003	1	5,4	406
21	2453145	19.05.2004	2	4,5	412
22	2453548	26.06.2005	3	5,4	403
23	2453950	02.08.2006	2	3,8	402
24	2454365	21.09.2007	1	5,8	415
25	2454770	30.10.2008	1	4,0	405
26	2455187	21.12.2009	2	5,4	417
27	2455601	08.02.2011	1	4,4	414
28	2456023	05.04.2012	2	4,9	422
29	2456421	08.05.2013	2	3,8	398
30	2456845	06.07.2014	3	7,0	424
31	2457233	29.07.2015	1	4,4	388
			średnia	5,2	407
			max	7,0	428
			min	3,8	391

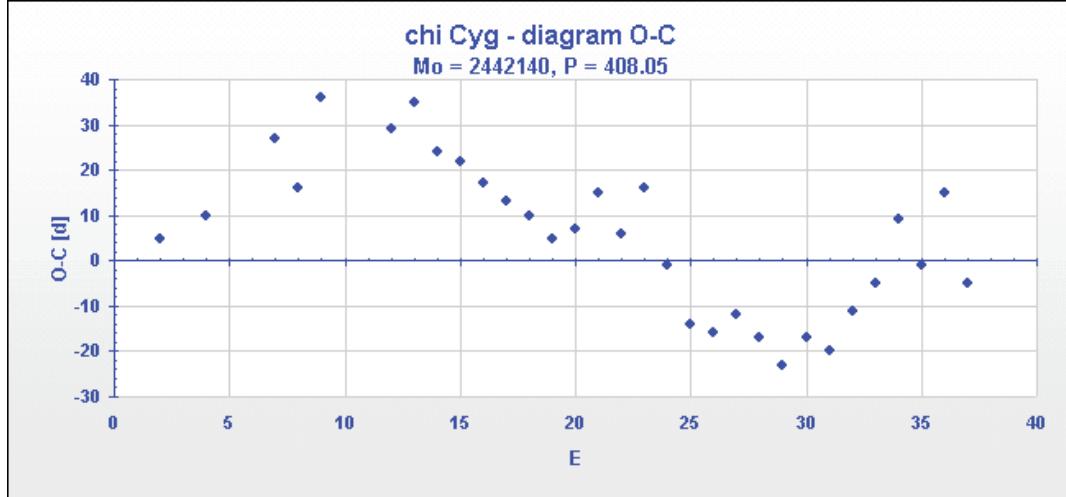
Najwyższe maksimum, 3,8 mag, obserwowano w JD 2453950 (2.08.2006) oraz w JD 2456421 (8.05.2013) a najniższe, 7,0 mag, w JD 2456845 (06.07.2014). Rozpiętość wysokości obserwowanych maksimów wynosi 3,2 mag. Średnia wysokość maksimów wynosi 5,1 mag. Warto nadmienić, że maksima z 2006 i 2013 roku były najwyższymi maksimami od 1858 roku (3,6 mag), natomiast maksimum z roku 2014 było najniższym jakie kiedykolwiek obserwowano.

Czas trwania wyznaczonych długości cykli zawierał się w przedziale 391 – 428 dni, średnio cykl trwał 407 dni. Maksymalne odchylenie od tej wartości wyniosło 21 dni (5%) a odchylenie standardowe 9 dni (2%).

Czternaście ostatnich cykli (obserwacje w XXI wieku) wyróżnia dokładna przemienność wysokich i niskich maksimów co ilustruje wykres na rys. 2., natomiast wykres na rys. 3. przedstawia diagram O-C dla wszystkich maksimów obserwowanych przez polskich miłośników gwiazd zmiennych.



Rys. 2. Krzywa jasności  $\chi$  Cyg w XXI wieku.



Rys. 3. Diagram O-C dla maksimów  $\chi$  Cyg.

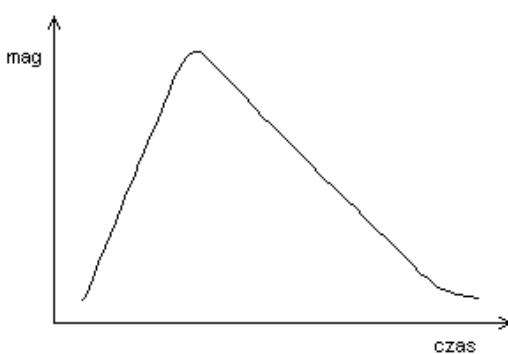
Stanisław ŚWIERCZYŃSKI

Sekcja Obserwatorów Gwiazd Zmiennych PTMA, PTMA Oddział w Warszawie,  
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa, sswdob@poczta.onet.pl

## Krzywe jasności cefeid klasycznych z amatorskich obserwacji w bazie SOGZ-PTMA

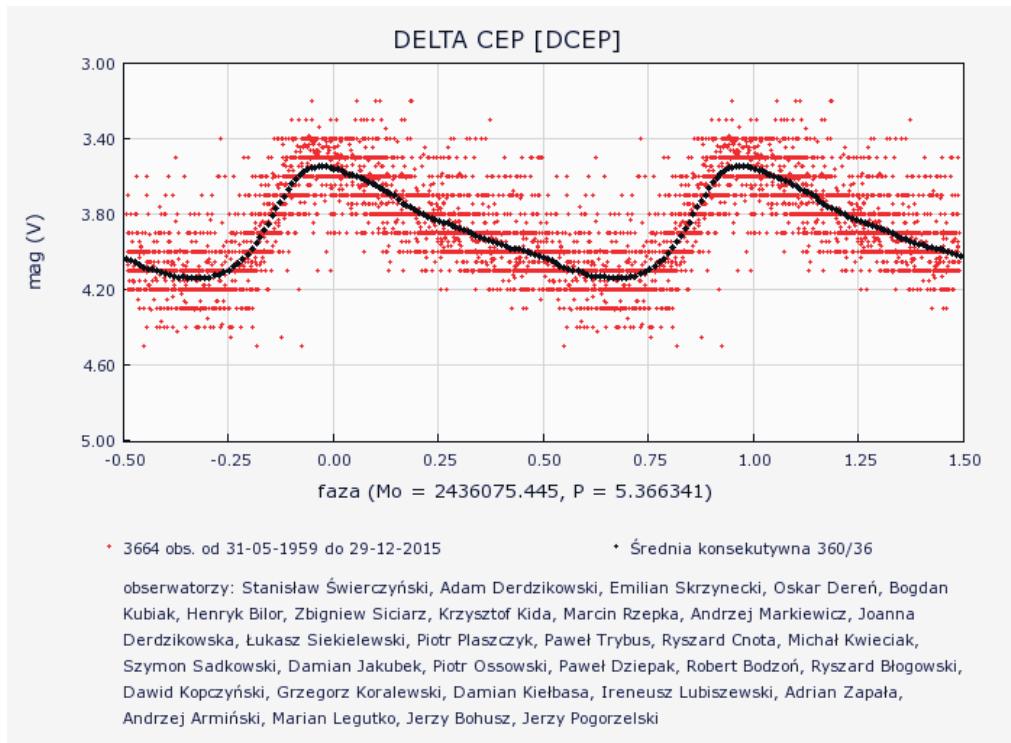
Cefeidy klasyczne (ich prototypem jest  $\delta$  Cephei, której zmienność odkrył w 1784 roku astronom amator John Goodricke), są gwiazdami zmiennymi pulsującymi, których okres pulsacji jest związany ze średnią jasnością absolutną. Zależność ta została wykorzystana do pomiaru odległości pobliskich galaktyk. Są to jasne olbrzymy i nadolbrzymy przeważnie typów widmowych F i G, o okresach pulsacji od 1 do około 60 dni i amplitudach zmian jasności od ok. 0,2 mag do ok. 2,0 mag.

Ich krzywa jasności jest zbliżona do sinusoidy, jednak wzrost jasności jest zawsze szybszy niż późniejszy jej spadek. Zmiany jasności cefeid spowodowane są w głównej mierze zmianami temperatury efektywnej podczas pulsacji, a w mniejszym stopniu zmianami rozmiarów.

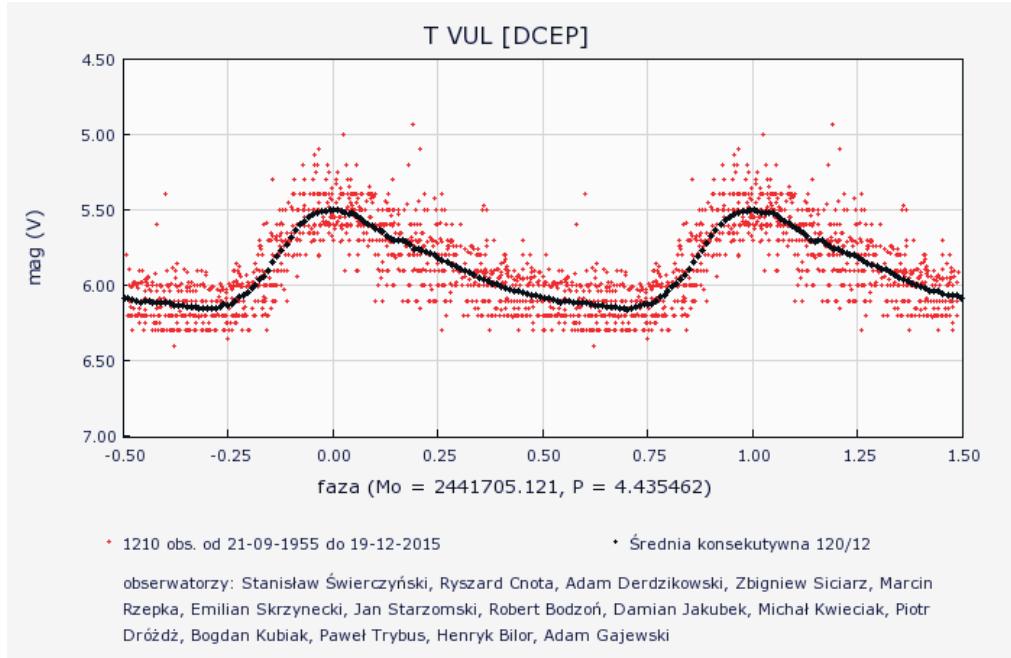


Rys. 1. Schemat krzywej jasności cefeidy o okresie krótszym od jednego tygodnia

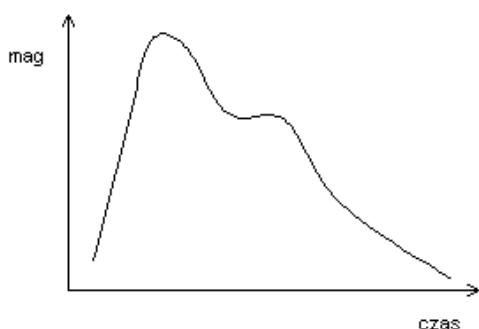
Interesująca jest obserwowana zależność kształtu krzywej jasności od długości okresu. Cefeidy o okresie krótszym od tygodnia mają gładką krzywą jasności, zarówno na gałęzi rosnącej jak i na gałęzi opadającej, co schematycznie obrazuje rys. 1. Tego typu krzywą jasności mają takie cefeidy jak RT Aurigae (okres 3,7281 d), SU Cygni (3,8455 d), T Vulpeculae (4,4355 d),  $\delta$  Cephei (5,36634 d) itp. Na rys. 2. i rys. 3. zaprezentowano przykłady takiego przebiegu krzywej jasności uzyskane z obserwacji polskich miłośników gwiazd zmiennych.



Rys. 2. Krzywa jasności gwiazdy δ Cephei odtworzona na podstawie 3664 ocen jasności wykonanych w latach 1959–2015 przez polskich miłośników astronomii.

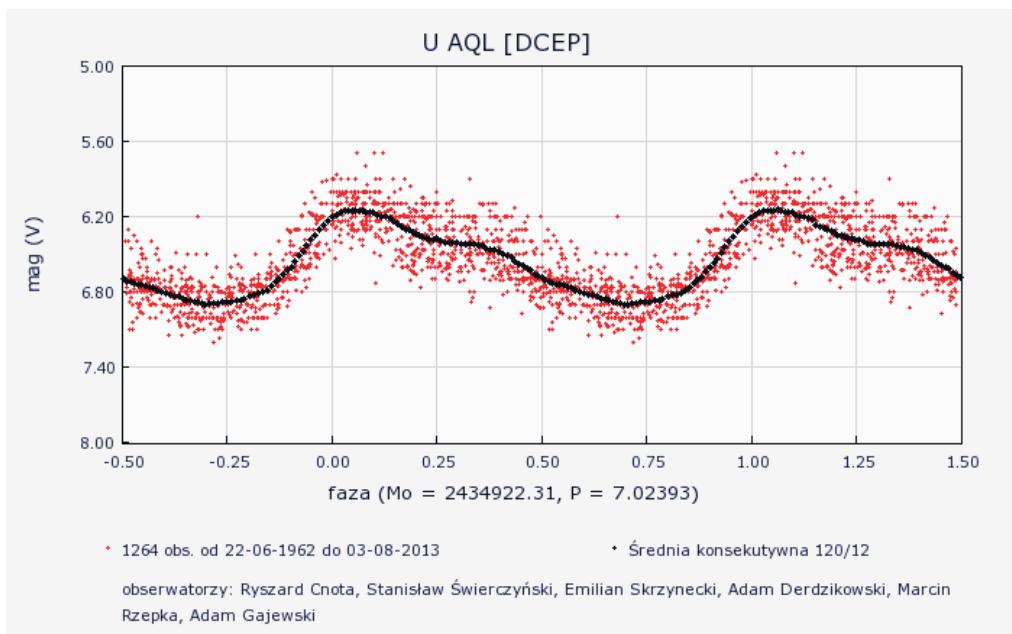


Rys. 3. Krzywa jasności gwiazdy T Vulpeculae odtworzona na podstawie 1210 ocen jasności wykonanych w latach 1955–2015 przez polskich miłośników astronomii.

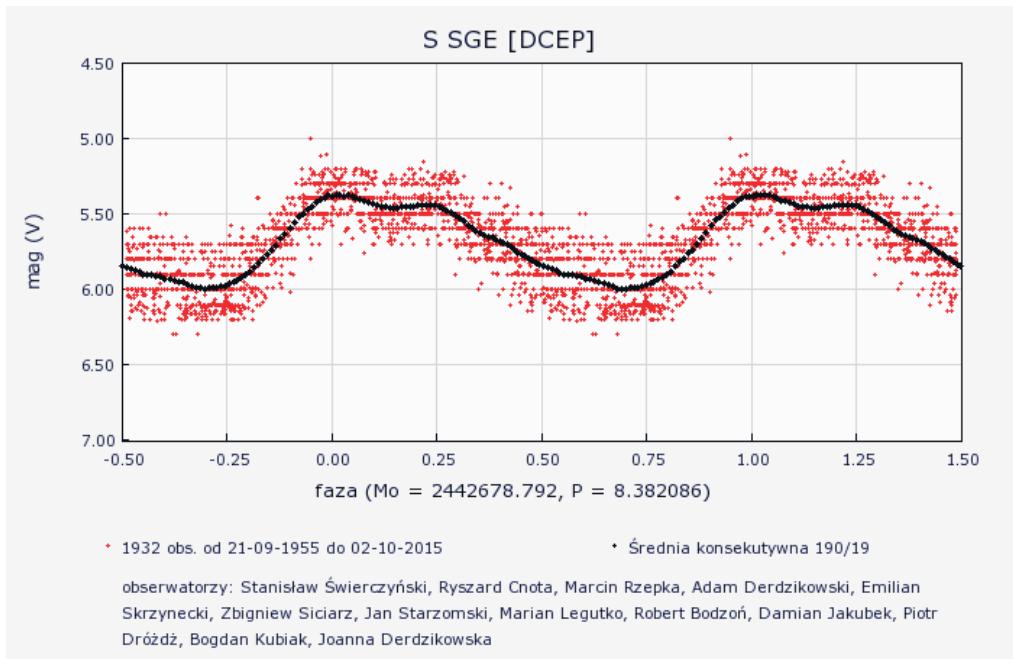


Rys. 4. Schemat krzywej jasności cefeidy o okresie rzędu jednego tygodnia

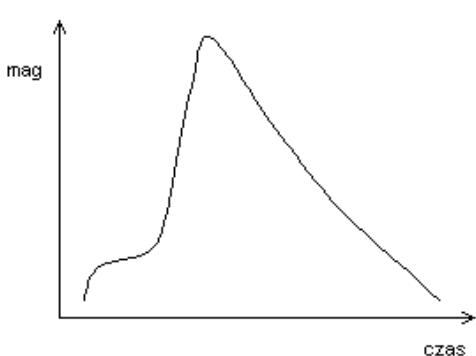
Krzywe jasności cefeid o okresie rzędu jednego tygodnia często mają kształt pokazany schematycznie na rys. 4. Gałąź rosnąca krzywej jasności ma gładki przebieg, natomiast na gałęzi opadającej obserwujemy charakterystyczny garb. Tego typu kształt mają takie cefeidy jak: U Sagittari (okres 6,7452 d), U Aquilae (7,0239 d),  $\eta$  Aquilae (7,1766 d), W Geminorum (7,9138 d), U Vulpeculae (7,9907 d), S Sagittae (8,3821 d) itp. Na rys. 5. i rys. 6. przedstawiono dwa przykłady takich przebiegów, wyznaczone na podstawie polskich obserwacji amatorskich.



Rys. 5. Krzywa jasności gwiazdy U Aquilae odtworzona na podstawie 1264 ocen jasności wykonanych w latach 1962-2013 przez polskich miłośników astronomii.

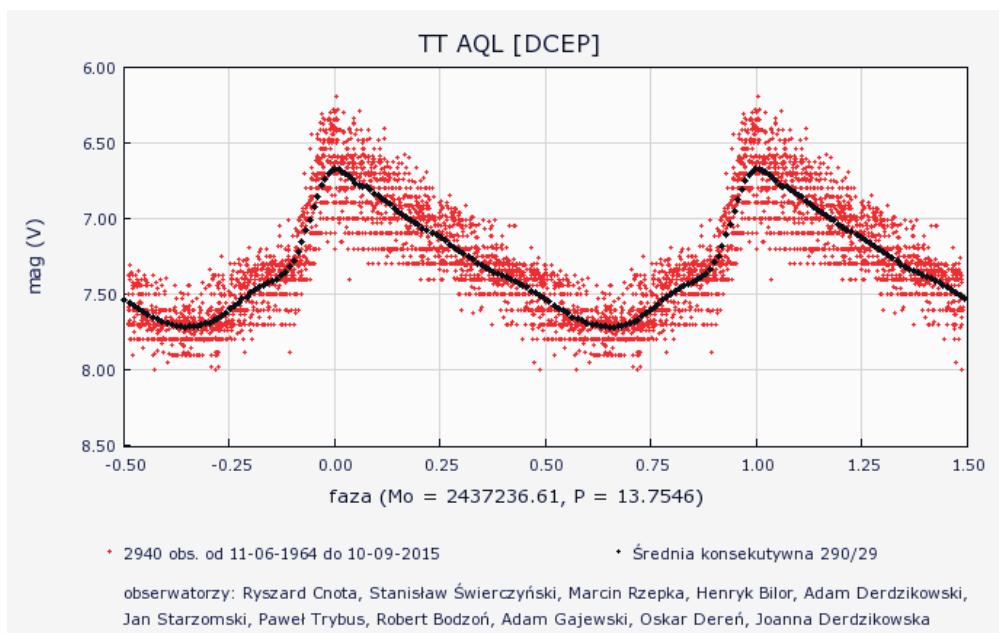


Rys. 6. Krzywa jasności gwiazdy S Sagittae odtworzona na podstawie 1932 ocen jasności wykonanych w latach 1955-2015 przez polskich miłośników astronomii.

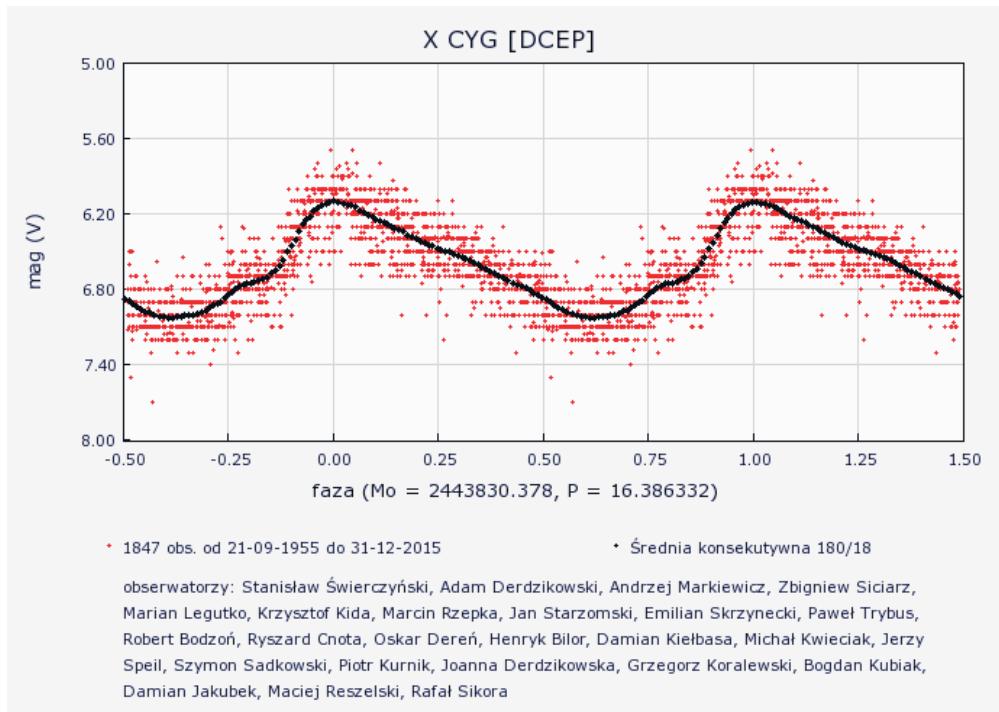


Rys. 7. Schemat krzywej jasności cefeidy o okresie rzedu dwóch tygodni.

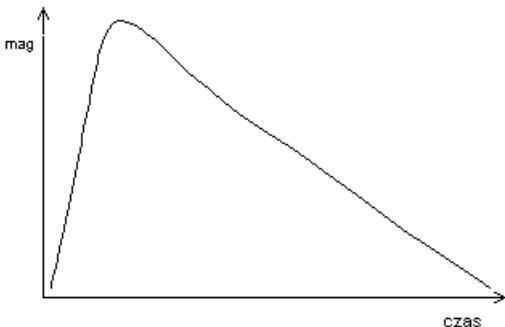
Krzywe jasności cefeid o okresie rzędu dwóch tygodni mają często kształt schematycznie przedstawiony na rys. 7. Gałąź opadająca ma gładki przebieg, natomiast na gałęzi rosnącej obserwujemy garb lub zatrzymanie wzrostu jasności. Tego typu krzywe mają takie cefedy jak: TT Aquilae (okres 13,7546 d), TX Cygni (14,7098 d), RW Cas (14,7949 d), SZ Cygni (15,1096 d), X Cygni (16,3863 d), SZ Aquilae (17,1379 d) itp. Na rys. 8. i rys. 9. przedstawiono dwa przykłady takich przebiegów, wyznaczone na podstawie polskich obserwacji amatorskich.



Rys. 8. Krzywa jasności gwiazdy TT Aquilae odtworzona na podstawie 2940 ocen jasności wykonanych w latach 1964-2015 przez polskich miłośników astronomii.

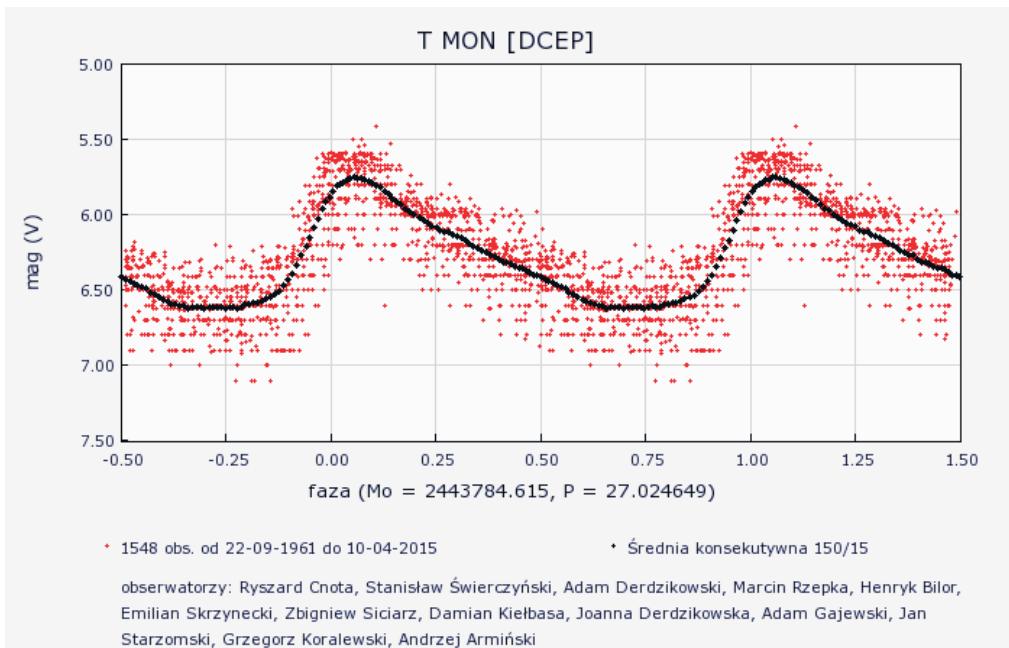


Rys. 9. Krzywa jasności gwiazdy X Cygni odtworzona na podstawie 1847 ocen jasności wykonanych w latach 1955-2015 przez polskich miłośników astronomii.

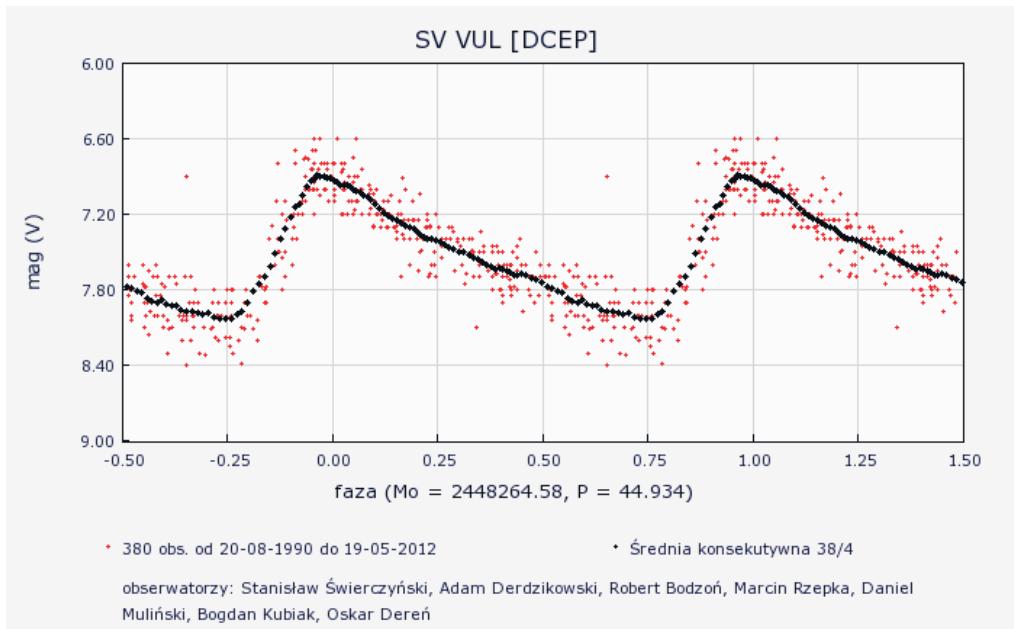


Rys. 10. Schemat krzywej jasności cefeidy o okresie rzędu trzech tygodni i dłuższym.

Cefiedy o okresach rzędu trzech tygodni i dłuższych mają krzywe schematycznie pokazane na rys. 10. Obie gałęzie mają przebieg gładki z tym, że minimum jasności występuje krótko przed maksimum co sprawia, że gałąź rosnąca jest bardzo stroma. Tego typu krzywe mają np. T Monocerotis (okres 27,0246 d) (rys. 11.) i SV Vulpeculae (44,9304 d) (rys. 12.).



Rys. 11. Krzywa jasności gwiazdy T Monocerotis odtworzona na podstawie 1548 ocen jasności wykonanych w latach 1961-2015 przez polskich miłośników astronomii.



Rys. 12. Krzywa jasności gwiazdy SV Vulpeculae odtworzona na podstawie 380 ocen jasności wykonanych w latach 1990–2012 przez polskich miłośników astronomii.

Podane przykłady pokazują, wbrew temu co się dość powszechnie sądzi, że różnorodność przebiegu krzywych jasności cefeid klasycznych czyni te zmienne interesującymi obiektami miłośniczych obserwacji.

Marcin FILIPEK

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Oddział Krakowski, ul.Miodowa 13a/35, 31-055 Kraków,  
marfil@wp.pl

## Few observations of the asteroidal occultations from Jerzmanowice near Cracow, Poland, in 2017

All described observations were made in Jerzmanowice village near Cracow, Poland. It's coordinates: latitude 50°12'46.1" N, longitude 19°44'58.6" E, altitude 430 m.

Event code: S – start of observation, I – interrupt start, D – disappearance of a star, B – blink, F – flash, E – end of observation, J – interrupt end, R – reappearance of a star, O – other (specified).

Designations: P.E. – personal error (time delay), included at the given time of the event, Acc – accuracy of the timing method.

### 1.

Date: 2017 Mar 15, star: TYC 1913-00243-1, asteroid: (936) Kunigunde

Type of observation: negative, occultation was not observed

Telescope used:

type: Newton

aperture: 25.0 cm

focal length: 100 cm

mount: equatorial

motor drive: yes

Timing and recording:

timekeeping: GPS inserter SE OSD TomaszTech

sensor: camera Mintron MS-168EP

recording: PC

Observing conditions:

atmospheric transparency: good

wind: no

star image stability: good

temperature: 3°C

Observation quality: good

Observation report:

<b>Event code</b>	<b>Event time (UTC)</b>	<b>P. E.</b>	<b>Acc.</b>
S	19h21m00.0s		
E	19h41m00.0s		

2.

Date: 2017 May 31, star: TYC 6184-00776-1, asteroid: (534) Nassovia

Type of observation: negative, occultation was not observed

Telescope used:

type: Newton

aperture: 25.0 cm

magnification: 110×

mount: equatorial

motor drive: yes

Timing and recording:

timekeeping: time-signal

station: DCF 77.5 MHz, Germany

mode of recording: stopwatch

device of recording: visual

Observing conditions:

atmospheric transparency: good

wind: no

star image stability: good

temperature: 12°C

Observation quality: good

Observation report:

<b>Event code</b>	<b>Event time (UTC)</b>	<b>P. E.</b>	<b>Acc.</b>
S	22h29m00.0s		
E	22h36m00.0s		

3.

Date: 2017 Sep 30, star: 2UCAC 35887778, asteroid: (217) Eudora

Type of observation: positive, occultation was observed

Telescope used:

type: Newton

aperture: 40.0 cm  
magnification: 105×  
mount: azimuthal  
motor drive: no

Timing and recording:

timekeeping: time-signal  
station: DCF 77.5 MHz , Germany  
mode of recording: stopwatch  
device of recording: visual

Observing conditions:

atmospheric transparency: good  
wind: no  
star image stability: good  
temperature: 5°C

Observation quality: good

Observation report:

<b>Event code</b>	<b>Event time (UTC)</b>	<b>P. E.</b>	<b>Acc.</b>
S	22h45m00.0s		
D	22h46m59.8s	0.4s	0.2s
R	22h47m03.2s	0.4s	0.2s
E	22h50m00.0s		

Additional comment: disappearance and reappearance gradually

Ireneusz WŁODARCZYK

Polish Amateur Astronomical Society, Powstańców Wlkp. 34, 63–708 Rozdrażew, Poland

## The Potentially Dangerous Asteroid (443104) 2013 XK22

### Abstract

I computed impact solutions of the potentially dangerous asteroid (443104) 2013 XK22 based on 95 optical observations from December 14.43128 UTC, 2013 to September 17.350847 UTC, 2015. I used the freely available orbfit Software Package and followed its orbit forward in the future searching for close approaches with the Earth, which can lead to possible impacts up to 2109. I used different non-gravitational parameters in the motion of the asteroid (443104) 2013 XK22. Asteroid (443104) 2013 XK22 belongs to so called possible recovery Near Earth Asteroids.

Key words: astrometry – minor planets, asteroids: individual: (443104) 2013 XK22

### Introduction

The asteroid (443104) 2013 XK22 was discovered on December 14, 2013 by the Catalina Observatory. It is a potential Earth impactor and now, as of September 25, 2015, is listed on the Sentry Risk Table of the JPL NASA with the rating on the Palermo Technical Impact Hazard Scale ( $PS=-4.51$ ) [6]. Moreover, the asteroid (443104) 2013 XK22 is listed on the top on the CLOMMON2 site ( $PS=-4.38$  (maximum)) provided by the NEODyS [7]. The impact solutions of the JPL NASA and the NEODyS are different because of different additional parameters, for example values of additional model parameters connected with the non-gravitational effects. To compute possible impact solution of the asteroid (443104) 2013 XK22 with the Earth we take into account the orbfit software with the JPL DE405 ephemerides, perturbations of additional 25 massive asteroids, weighting and selection of observations according to the NEODyS, the error model based on Chesley, Baer & Monet [1] and the Yarkovsky effects. We searched for the possible impacts using the nongravitational parameter, A2 in the range  $(-60.0, +60) \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$ .

In this paper we present results of computed possible impact solution using all above assumptions.

## Orbit of asteroid (443104) 2013 XK22

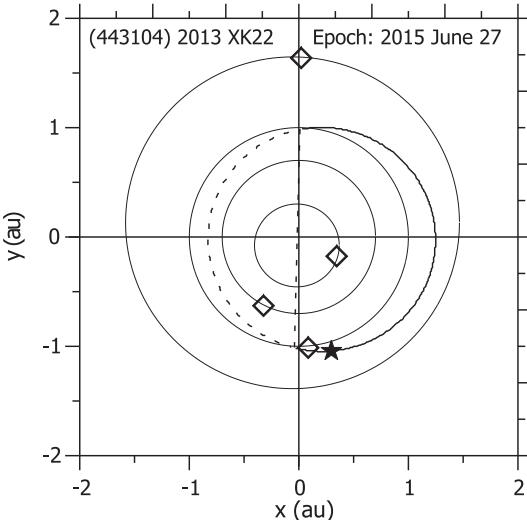


Fig. 1. The orbit of (443104) 2013 XK22 in the ecliptic plane. Positions of the asteroid and planets are presented for the epoch 2015 June 27. The dashed line denotes the part of the orbit of (443104) 2013 XK22 below the ecliptic plane.

dynamical cases we used the freely available orbfit software v.4.2 [11]. This new version includes the new error model based on Chesley, Baer & Monet [1]. In all our computations, we follow the same method of the weighting and selection of observations that is being used by the NEODyS site [5]. We used the JPL DE405 and additionally 25 perturbing asteroids according to Farnocchia et al. [2], Tab. 1. lists keplerian orbital elements of the asteroid (443104) 2013 XK22 with their uncertainties computed by the author. Computed absolute magnitude,  $H = 24.174$ , i.e. almost the same as of the NEODyS.

Fig. 1. presents the orbit of (443104) 2013 XK22 in the ecliptic plane. Positions of the asteroid and planets are presented for the epoch 2015 June 27. The dashed line denotes the part of the orbit below the ecliptic plane.

Tab. 1. The starting keplerian orbital elements of asteroid (443104) 2013 XK22 without the Yarkovsky effects.

$a$ [au]	$e$	$i$ [ $^\circ$ ]	$\Omega$ [ $^\circ$ ]	$\omega$ [ $^\circ$ ]	$M$ [ $^\circ$ ]
Epoch 2015 June 27.0 = JDT 2457200.5					
The orbfit software, without Yarkovsky effects, rms=0.6005"					
1.045621268944	0.203376870220	6.9942896883	268.4095880278	265.6517428909	89.1900409983
1.70941E-07	6.06409E-07	1.71074E-05	1.40198E-05	4.11062E-05	9.55840E-05

## Possible impact solutions

To compute possible impact solutions we used starting orbital elements from tab. 1. without the Yarkovsky/YORP effects. Also we used different values of the non-gravitational parameter A2. First, we computed possible impact solutions up to 2109 using different non-gravitational parameter A2 in the range  $(-60, +60) \times 10^{-15}$  au/d<sup>2</sup> every  $10 \times 10^{-15}$  au/d<sup>2</sup>. Tab. 2. lists computed possible impact solutions for different parameters of A2. In all cases we computed 5001 VAs using  $3\sigma$  uncertainty and multiple solution method of Milani et al. [3, 4]. The non-gravitational parameter A2 is proportional to the non-gravitational parameter da/dt, related with the spin of asteroid and is proportional to  $\cos(\gamma)$ , where  $\gamma$  is the obliquity of the asteroid equator with respect to its orbital plane [2].

Tab. 2. shows that impacts may occur for different signs of value of A2, i.e. for different spin directions. Negative value of the non-gravitational parameter A2 denotes retrograde spin rotation and A2 greater than 0 denotes asteroid with prograde spin rotation. It is interesting that all possible impacts occur in 2101 and 2102, almost at the same moment, but with different impact probability, and does not depend on the value of non-gravitational parameter A2. Possible impacts after 2102 depend on value of A2. In all solutions presented in Tab. 2. computed impact velocity,  $V_{\text{impact}}$ , i.e. a geocentric velocity of the asteroid (443104) 2013 XK22 at atmospheric entry is of about 13.14 km/s. Also, the kinetic energy of impact:  $0.5 \cdot \text{Mass} \cdot V_{\text{impact}}^2$ , measured in Megatons of TNT, is about 3.40, where the mass has been computed assuming a uniform spherical body with the computed diameter and a mass density of 2.6 g/cm<sup>3</sup>. The diameter of asteroid is computed using the absolute magnitude  $H$  based on all observations, which gives  $H=24.174 \pm 0.5$ .

Tab. 2. Asteroid (443104) 2013 XK22. Possible impact solutions computed for different non-gravitational parameter A2

$A2 = -60 \times 10^{-15}$ au/d <sup>2</sup>				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		2109/06/20.192
impact prob.	4.22E-05	1.21E-07		2.10E-08
$A2 = -50 \times 10^{-15}$ au/d <sup>2</sup>				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		
impact prob.	4.10E-05	1.18E-07		
$A2 = -40 \times 10^{-15}$ au/d <sup>2</sup>				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		2109/06/20.196
impact prob.	3.97E-05	1.14E-07		1.98E-08
$A2 = -30 \times 10^{-15}$ au/d <sup>2</sup>				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		
impact prob.	3.85E-05	1.11E-07		
$A2 = -20 \times 10^{-15}$ au/d <sup>2</sup>				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		
impact prob.	3.74E-05	1.07E-07		

$A2 = -10 \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.397		
impact prob.	3.62E-05	1.04E-07		
$A2 = 0 \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.397	2106/06/20.387	
impact prob.	3.51E-05	1.01E-07	4.98E-09	
$A2 = +10 \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.398		
impact prob.	3.40E-05	9.77E-08		
$A2 = +20 \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396	2106/06/20.387	2108/06/19.932
impact prob.	3.29E-05	9.45E-08	4.67E-09	5.44E-09
$A2 = +30 \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		
impact prob.	3.18E-05	9.15E-08		
$A2 = +40 \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		2108/06/19.935
impact prob.	3.08E-05	8.85E-08		5.07E-09
$A2 = +50 \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		
impact prob.	2.98E-05	8.56E-08		
$A2 = +60 \times 10^{-15} \text{ au/d}^2$				
date	2101/06/20.318	2102/06/20.396		
impact prob.	2.88E-05	8.28E-08		

## Summary

We computed possible impact solutions for the asteroid (443104) 2013 XK22 till 2109 for different values of ‘a priori’ given non-gravitational parameters A2. First possible impacts occur in 2101 for all given values of A2.

Because of the short observational arc of the asteroid (443104) 2013 XK22 it is almost impossible to compute the real non-gravitational parameter A2.

Note added in proof: in 2016 four astrometric observation of the asteroid (443104) 2013 XK22 were made but the main possible impact in 2101 still occurs. Next observational window is in 2028.

## Acknowledgements

I would like to thank Grzegorz Sitarski for standing discussion on potentially dangerous asteroids.

## References

- [1] Chesley, S. R., Baer, J., Monet, D. G., 2010, Icarus, 210, 158
- [2] Farnocchia, D., Chesley, S. R., Chodas, P. W., Micheli, M., Tholen, D. J., Milani, A., Elliott, G. T., Bernardi, F., 2013, Icarus, 224, 192
- [3] Milani, A., Chesley, S.R., Sansaturio, M.E., Tommei, G., Valsecchi, G.B., 2005a, Icarus 173, 362
- [4] Milani, A., Sansaturio, M.E., Tommei, G., Arratia, O., Chesley, S.R., 2005b, A&AS 431, 729
- [5] Włodarczyk, I., Cernis, K., Boyle, R. P., Laugalys, V., 2014, MNRAS, 438, 2621
- [6] <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>
- [7] <http://newton.dm.unipi.it/neodys/index.php?pc=4.1>
- [8] <http://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/Unusual.html>
- [9] <http://neo.jpl.nasa.gov/stats>
- [10] <http://newton.dm.unipi.it/neodys/index.php?pc=1.1.9&n=443104>
- [11] <http://adams.dm.unipi.it/~orbmaint/orbit/>

Agata CHUCHRA

Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Będzińska 60, 41-205 Sosnowiec,  
agatka.chuchra@gmail.com

## Capture the elusive – what are the gravitational waves?\*

### Abstract

Each of us knows, more or less, what gravity is – an attractive force acting on all objects of the Universe. Gravity makes that stars and galaxies do not fall apart, planes or rockets need to have engines and people jumping from high – parachutes. Gravity, though discovered as the earliest of the basic four interactions, today is one of the biggest riddle of physics.

The existence of gravitational waves was predicted by Albert Einstein in the general theory of relativity published in 1916. Indirect evidence of the existence of gravitational waves was provided by Joseph Taylor and Russel Hulse. In 1974 they discovered a binary system (PSR B1913+16) consisting of a pulsar and another neutron star. In the course of long-term observations of the system, due to accurate timing of this pulsar, the orbit of this dual system was determined and it's gradual tightening was observed. It was found that the system, according to general relativity theory, slowly loses energy by the emission of gravitational waves. Direct gravitational waves detection is very troublesome because of their weak interaction with matter however, now due to specialized interferometers, it is possible.

### Introduction

Gravitational waves are ‘ripples’ in space-time that propagate as waves at the speed of light. As the gravitational wave passes it distorts the objects (from atoms to people) for a while. There is characteristic scheme, when the object is stretched vertically, it is squeezed horizontally. The gravitational wave can be produced by any massive object, whose quadrupole moment change. Spherically symmetrical mass movements, such as a collapse, an explosion or an axially symmetric rotating star, do not produce gravitational waves. The good sources of

---

\* Paper presented at the 3<sup>rd</sup> konference „Geofizyka w Kosmosie” (“Geophysics in Space”), organised on May 14-15, 2017 by the student science clubs Koło Naukowe Geofizyków AGH GEOFON, Studenckie Koło Naukowe Geofizyków PREM and Silesian Planetarium.

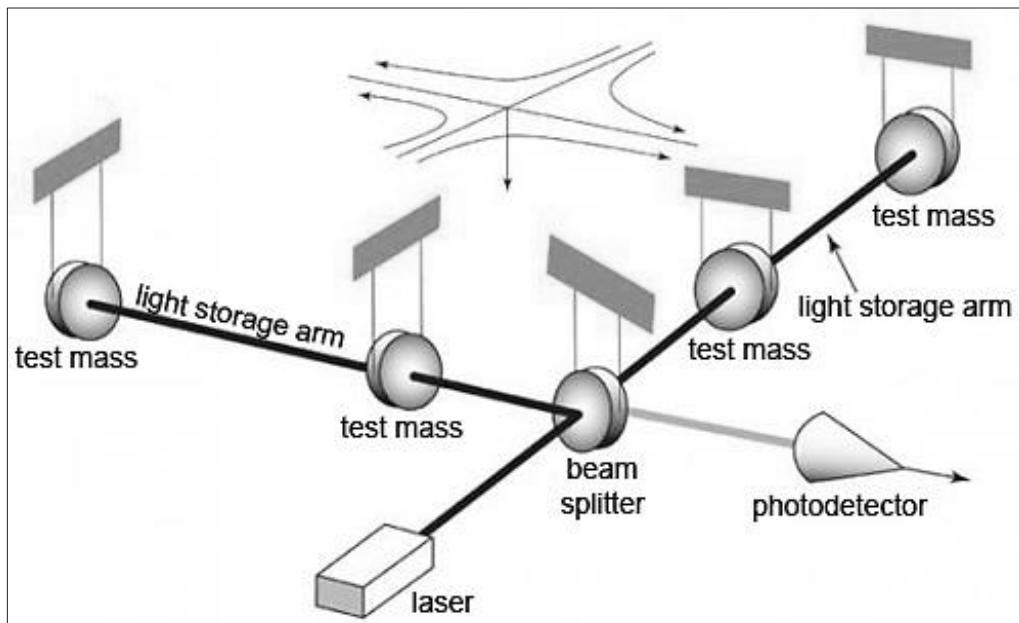


Fig. 1. A schematic diagram of interferometer detector. Source: [https://www.learner.org/courses/physics/visual/visual.html?shortname=ligo\\_interferometer](https://www.learner.org/courses/physics/visual/visual.html?shortname=ligo_interferometer)

these waves are: non-spherical supernovae, rotating deformed neutron stars and binary system of stars or black holes. Experiments to detect gravitational waves began in the 1960s with Weber's resonant mass detectors [10], followed by an international network of cryogenic resonant detectors [4]. These detectors can only receive high frequencies (103-104 Hz), characterizing such phenomena as supernovae explosions and neutron star collisions. Interferometric detectors were first suggested in the early 1960s [7] and the 1970s. A gravitational-wave detector is a modified Michelson interferometer that measures gravitational-wave strain as a difference in length of its orthogonal arms [1]. The interferometric detectors consist of two arms at right angles to each other and measure the distance between suspended test masses (mirrors) using lasers (fig. 1.). A beam of laser is splitting by a beam splitter to each arm and reflected by mirrors many times. At the intersection of the arms the beam of light interferes. Pulses are sent at equal intervals, traveling at light speed, so they reach the detector at regular intervals [8]. Normally both of the beams of light meet at antiphase coherence (destructive interference) – there is no interference pattern on photodetector. But when a gravitational wave passes by, the stretching and squashing of space causes the length of the arms of the interferometer alternately lengthens and shortens. As the interferometers' arms change lengths, the laser beams take a different time to travel through the arms, pulses reach the detector at irregular intervals, sometimes the beams of light meet at antiphase and sometimes at in-phase coherence – an interference pattern is produced – the gravitational waves are registered [1]. The measured value is the amplitude of the wave (strain), which is proportional to the reciprocal of the distance to the source. Currently gravitational-wave detectors are:

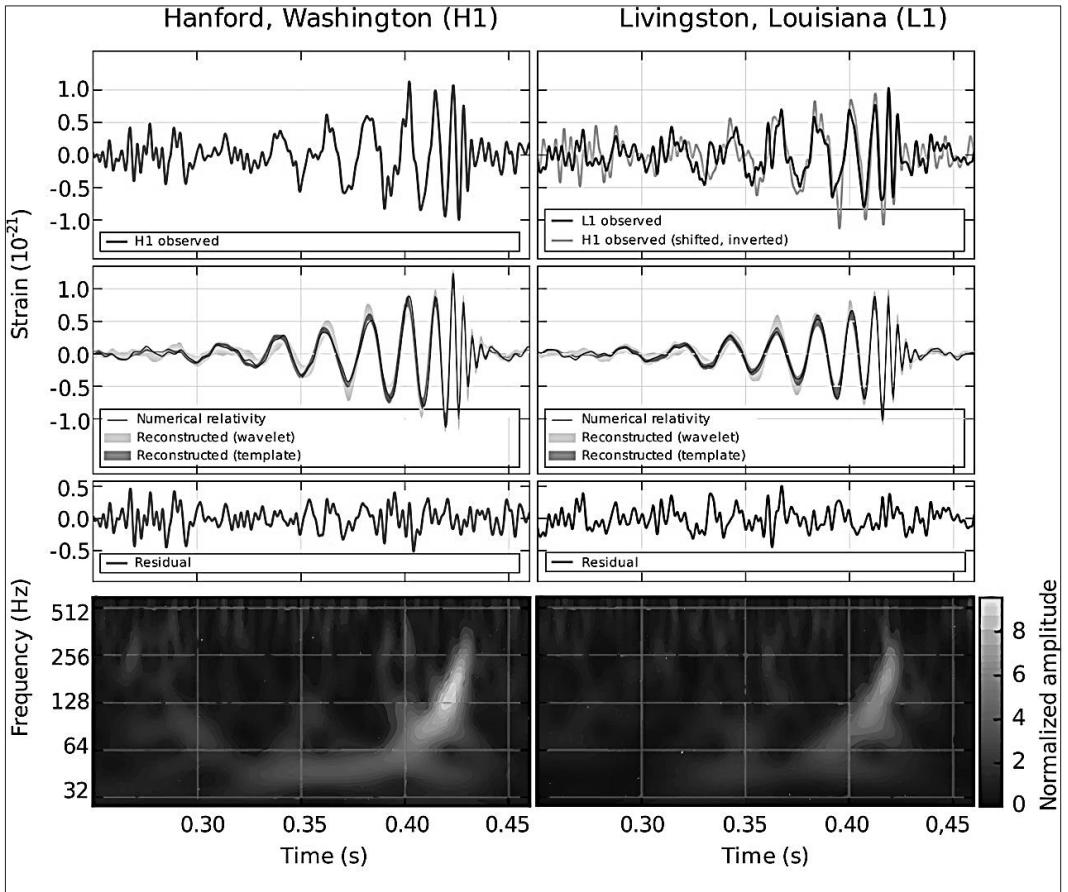


Fig. 2. The gravitational-wave event GW150914 observed by the LIGO Hanford (H1, left column panels) and Livingston (L1, right column panels) detectors. Times are shown relative to September 14, 2015 at 09:50:45 UTC. For visualization, all time series are filtered with a 35–350 Hz bandpass filter to suppress large fluctuations outside the detectors' most sensitive frequency band, and band-reject filters to remove the strong instrumental spectral lines. Top row, left: H1 strain. Top row, right: L1 strain. GW150914 arrived first at L1 and  $6.9 \pm 0.5$  ms later at H1; for a visual comparison, the H1 data are also shown. Second row: gravitational-wave strain projected onto each detector in the 35–350 Hz band. Solid lines show a numerical relativity waveform for a system with parameters consistent with those recovered from GW150914. Shaded areas show 90% credible regions for two independent waveform reconstructions. One (dark gray) models the signal using binary black hole template waveforms. The other (light gray) does not use an astrophysical model, but instead calculates the strain signal as a linear combination of sine-Gaussian wavelets. These reconstructions have a 94% overlap. Third row: residuals after subtracting the filtered numerical relativity waveform from the filtered detector time series. Bottom row: a time-frequency representation of the strain data, showing the signal-frequency increasing over time.

Source: Abbott B.P. et al., *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger* [1].

TAMA300 in Mitaka campus of the National Astronomical Observatory of Japan (prototype of larger interferometer KAGRA, which is built in an underground Kamioka mine, Hida, Gifu

prefecture of Japan), GEO600 in Germany, VIRGO in Italy and two LIGO detectors in United States (one in Hanford and one in Livingston). A century after the fundamental predictions of Einstein and Schwarzschild, LIGO detectors recorded the first direct detection of gravitational waves (also the second and even the third).

## Observations

On 14<sup>th</sup> September, 2015 the LIGO Hanford and Livingston observatories detected the coincident signal GW150914 (fig. 2.). GW150914 was being produced by the coalescence of two black holes (one with a mass  $36^{+5}_{-4} M_{\odot}$  and second with a mass  $29^{+4}_{-4} M_{\odot}$ ) – their orbital inspiral, merger and subsequent final black hole ringdown at a luminosity distance of  $410^{+160}_{-180}$  Mpc. The final black hole mass was  $62^{+4}_{-4} M_{\odot}$  with  $3^{+0.5}_{-0.5} M_{\odot}c^2$  radiated in gravitational waves. The chirp signal lasted over 0.2 seconds and increased in frequency and amplitude in about 10 cycles from 35 Hz to 250 Hz [1]. The signal is in the audible range and has been described as resembling the ‘chirp’ of a bird [6]. On 11<sup>th</sup> February 2016 this first direct detection of gravitational waves was announced by the LIGO and Virgo collaborations. The second observation of gravitational waves (GW151226) was made on 26th December 2015 and announced on 15<sup>th</sup> June 2016 (fig. 3). The source was coalescence of two black holes with initial mass  $14.2^{+8.3}_{-3.7} M_{\odot}$  and  $7.5^{+2.3}_{-2.3} M_{\odot}$  at a distance of 440Mpc. The final merged black hole had mass  $20.8^{+6.1}_{-1.7} M_{\odot}$  with  $1M_{\odot}c^2$  radiated as gravitational waves. The black holes were smaller than in the first event, which led to different timing for the final orbits and allowed LIGO to see more of the last stages before the black holes merged – 55 cycles (27 orbits) over one second with frequency increasing from 35 to 450 Hz in the new data [2, 5]. Recorded signals from the event GW151226 are shown in fig. 3. In contrast to data from GW15091, the signal is not easily visible. On 4<sup>th</sup> January, 2017 for the third time gravitational waves were recorded and on 1<sup>st</sup> June, 2017 was announced by the LIGO Scientific Collaboration (LSC) and the European-based Virgo collaboration. The signal was carefully analysed by researchers from more than 100 scientific institutions and found that GW170104 is reliably and consistent with general relativity. Analysis indicated that the signal resulted from the inspiral and merger of a pair of black holes with mass  $31.2^{+8.4}_{-6.0} M_{\odot}$  and  $19.4^{+5.3}_{-5.9} M_{\odot}$  at a distance of  $880^{+450}_{-390}$  Mpc from Earth corresponding to a redshift of  $z = 0.18^{+0.08}_{-0.07}$ . The final black hole had mass  $48.7^{+5.7}_{-4.6} M_{\odot}$  and two solar masses have been radiated away as gravitational waves [3]. Polish research group POLGRAW, as a part of the Virgo Collaboration, participated actively in the discovery of GW170104.

## Conclusion

Observations recorded on 14<sup>th</sup> September, 2015 was the first direct detection of gravitational waves and the first observation of a binary black hole merger, and it was the brightest

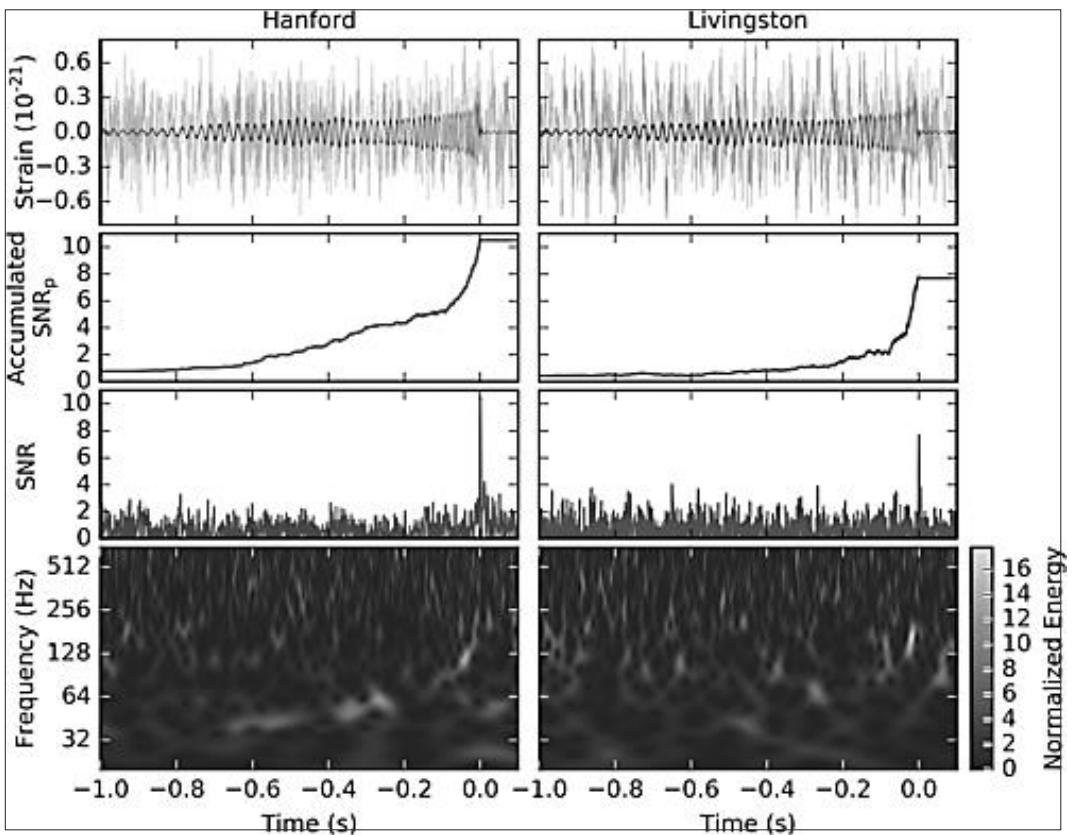


Fig. 3. Event GW151226 observed by the LIGO Hanford (left column) and Livingston (right column) detectors. First row: strain data from the two detectors, where the data are filtered with a 30–600 Hz bandpass filter to suppress large fluctuations outside this range and band-reject filters to remove strong instrumental spectral lines. Also shown (in the middle of this waveform chart) is the best-match template from a nonprecessing spin waveform model reconstructed using a Bayesian analysis with the same filtering applied. As a result, modulations in the waveform are present due to this conditioning and not due to precession effects. The thickness of the line indicates the 90% credible region. Second row: the accumulated peak signal-to-noise ratio ( $\text{SNR}_p$ ) as a function of time when integrating from the start of the best-match template, corresponding to a gravitational-wave frequency of 30 Hz, up to its merger time. The total accumulated  $\text{SNR}_p$  corresponds to the peak in the next row. Third row: signal-to-noise ratio (SNR) time series produced by time shifting the best-match template waveform and computing the integrated SNR at each point in time. The peak of the SNR time series gives the merger time of the best-match template for which the highest overlap with the data is achieved. The single-detector SNRs in LIGO Hanford and Livingston are 10.5 and 7.9, respectively, primarily because of the detectors' differing sensitivities. Fourth row: time-frequency representation of the strain data around the time of GW151226. Source: Abbott B.P. et al. *GW151226: Observation of Gravitational Waves from a 22-Solar-Mass Binary Black Hole Coalescence* [2].

phenomenon ever observed by man ( $L = 3.6^{+0.5}_{-0.4} \cdot 10^{49}$  W – a level greater than the combined power of all light radiated by all the stars in the observable universe) [1, 11]. Additional

---

detections confirm the first detection and turn the spotlight from the experiment itself to what it teaches us about the contents and maybe later origin of the Universe. Signals recorded by LIGO strongly bolster Einstein's theory of relativity and it potentially changes the shape of scientific inquiry into the next century, opening new exciting chapter in astronomy [5].

## References

- [1] Abbott B.P. et al., *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger*, Physical Review Letters, 116, 2016, 061102-1.
- [2] Abbott B.P. et al. *GW151226: Observation of Gravitational Waves from a 22-Solar-Mass Binary Black Hole Coalescence*, Phys. Rev. Lett., 116, 2016, 241103.
- [3] Abbott B.P. et al. *GW170104: Observation of a 50-Solar-Mass Binary Black Hole Coalescence at Redshift 0.2*, Phys. Rev. Lett. 118, 2017, 221101.
- [4] Astone P. et al., *IGEC2: A 17-month search for gravitational wave bursts in 2005–2007*, Phys. Rev. D 82, 2010, 022003.
- [5] Ball P., *LIGO Bags Another Black Hole Merger*, Physics, 9, 2016, 68.
- [6] Castelvecchi D., Witze A., *Einstein's gravitational waves found at last*, Nature News, doi:10.1038/nature.2016.19361 (11.02.2016).
- [7] Gertsenshtein M. E. and Pustovoit V. I., *On the detection of low frequency gravitational waves*, Sov. Phys. JETP 16, 1962, 433.
- [8] Kosarzycki R., *Fale grawitacyjne: powtórzenie wiedzy przed konferencją LIGO!*, PULSKOSMOSU.pl, 12.02.2016.
- [9] Kowalska I., *Detektory fal grawitacyjnych*, Delta, październik 2010.
- [10] Press W. and Thorne K., *Gravitational-wave Astronomy*, Annu. Rev. Astron. Astrophys., 10, 1972, 335.
- [11] Lecture of Bulik T., *O detekcji fal grawitacyjnych*, <https://zapytajfizyka.fuw.edu.pl/wp-content/uploads/slajdy-tb.pdf>.

Krzysztof JUREK

AGH University of Science and Technology, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, Student Geophysical Society GEOPHONE, Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,  
krzysztof.jurek94@gmail.com

## The investigation of asteroid magnetism<sup>\*</sup>

### Abstract

Asteroids are small minor planets without an atmosphere. In contrast to the comets and meteoroids, they are in the same localisation in which they were formed. The asteroids could be made of the ice, rocks or iron.

The interest in the topic of magnetism of the asteroids begun in 1990. In that year magnetometer of the Galileo's mission noticed of perturbation of magnetic field during flyby the Gaspra and later in 1993 near Ida. The asteroids have become the object of interest of space science and plasma physics scientists. In 1996 began the NEAR Shoemaker mission which objective was an investigation of Eros (finished in 2001) the rock asteroid similarly to the Gaspra and Ida.

The article content knowledge of the magnetism of the asteroids based on the data from the Galileo and NEAR Shoemaker missions.

Keywords: magnetism, Galileo mission, NEAR Shoemaker mission, asteroids, Eros, Gaspra, Ida

Asteroids in pop culture are associated with catastrophic movies and a potential threat for our Blue Planet. For the mining industry, the asteroids are a potential income source. Whereas for scientists the asteroids are a source of information about the Beginning of the Universe. The meteorites which are objects of fascination not only for astrophysicist or geologists but also for collectors often take their beginning at asteroids and deliver some data of chemical composition of asteroids and their physical properties. It was proved that the meteorites could have a magnetic field, which has inherited from the times of forming the Solar System [1]. Thus, if the meteorites are have the natural remnant magnetisation, asteroids could have their own natural remnant magnetisation or even their own magnetic field like the Earth.

---

\* Paper presented at the 3<sup>rd</sup> konference „Geofizyka w Kosmosie” (“Geophysics in Space”), organised on May 14-15, 2017 by the student science clubs Koło Naukowe Geofizyków AGH GEOFON, Studenckie Koło Naukowe Geofizyków PREM and Silesian Planetarium.

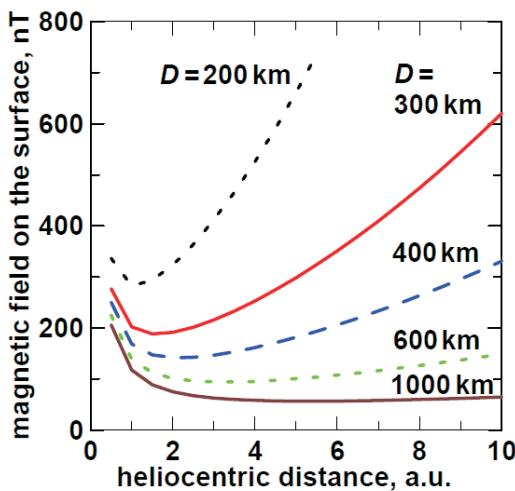


Fig. 1 The theoretical value of a magnetic field on the surface of the asteroid with protecting magnetosphere. Source: Starukhina & Kharkov, 2012.

According to Starukhina and McCord [5] the magnetic field of the airless body is necessary to protect its surface with the known distance from the Sun (fig. 1.).

Vesta is, after Ceres, the second massive asteroid in the Main Belt of Asteroids. It was discovered by Heinrich Olbers in 1807 at Bremen, Germany. Its perihelion distance is 2.15 AU, aphelion distance 2.57 AU, semi-major axis 2.36 AU ([solarsystem.nasa.gov](http://solarsystem.nasa.gov) [June 2017]; [ssd.jpl.nasa.gov](http://ssd.jpl.nasa.gov) [June 2017]). The diameter of the asteroid is 525.4 km. Thus, according to Starukhina and McCord [5], the magnetic field of Vesta should be at least 175 nT.

On October 18<sup>th</sup>, 1989 Galileo spacecraft was launched. The main aim of Galileo mission was to investigate the Jupiter and its atmosphere. The Galileo provide us much more information, among others, the direct observations of the collision a comet with a planet, the first flyby the asteroid and the discovery of the moon Dactyl of the asteroid Ida. This spacecraft started also the period of asteroid magnetism investigations ([solarsystem.nasa.gov](http://solarsystem.nasa.gov) [June 2017]). On October 29<sup>th</sup>, during a flyby at distance 1600 km from little (7 km of diameter) asteroid (951) Gaspra, Galileo spacecraft detected fluctuations of interplanetary magnetic field (IMF). Later, on August 28<sup>th</sup>, 1993 the spacecraft detected the fluctuation of IMF at the distance of 2 400km from the asteroid (243) Ida (diameter 32 km) [3].

The Interplanetary Magnetic Field is an effect of solar magnetic field and solar wind - plasma, the ionised gas, which transport solar magnetic field to the distant part of the Solar System (the flow of ionised gas generates a magnetic field in distant parts of Solar System). The detections of IMF fluctuation in the surroundings of (951) Gaspra and (243) Ida encourage scientists to begin the detailed research of asteroids magnetism. The magnetism of asteroids is interesting for scientists for a few reasons. The presence of remnant magnetization allows for

The presence of a magnetic field is confirmed by the measurements reflectance spectra measurements. Such data obtained for the Vesta and the Moon, indicate that the Moon, which magnetic field is weaker in relative to its dimensions, is covered by regolith which is much more mature than on the Vesta. Moreover, in Vesta's spectra, there is a lack of red spectral slope, which is connected to the presence of nanograins of reduced iron. One of the mechanisms of the reduced iron formation is the interaction of the solar wind with the surface of the celestial body. Thus, the absence of that form of iron in Vesta's regolith could suggest the presence of protecting magnetic field around the asteroid [5].

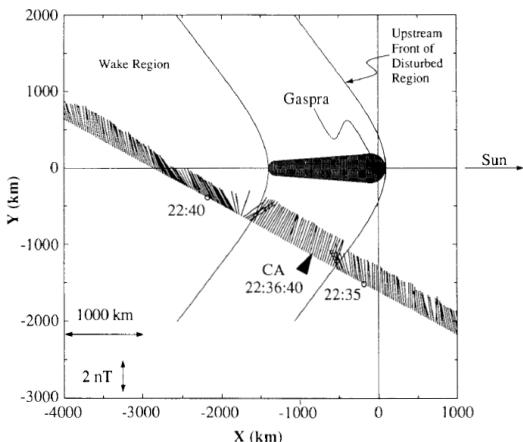


Fig. 2. The direction of magnetic field vector during Galileo flyby the (951) Gaspra. Source: Kivelson et al., 1995.

value indicates the body with the magnetic field of  $3.3 \cdot 10^{-6}$  T. Whereas, the fluctuation of Interplanetary Magnetic Field in the vicinity of Ida, resulting from weak remnant magnetization (palaeomagnetism), is a remnant from the period of creation the asteroid or its metamorphism. The dimensions of the Ida exclude the theory about the magnetohydrodynamic source of magnetism.

The targeted asteroid space mission was the NASA mission to (433) Eros. Eros is the first known of the Near Earth Asteroid, discovered in 1898 by A. Charlois at Nice (France) and C.G.Witt at Berlin (Germany) at the same night on August 13<sup>th</sup>. Eros belongs to the Amor group. This is a group of Near-Earth asteroids with orbits similar to (1221) Amor (range of solar distances 1.017 AU – 1.3 AU). The perihelion distance of Eros is 1.13, aphelion distance 1.78 AU, the semi-major axis is 1.46 AU ([ssd.jpl.nasa.gov](http://ssd.jpl.nasa.gov) [June 2017]). Like Gaspra and Ida, Eros is the asteroid of S type ([solarsystem.nasa.gov](http://solarsystem.nasa.gov) [May 2017]). In 2000 the NEAR-Schoemaker spacecraft on February 14<sup>th</sup>, 2000, came into the orbit of this asteroid. Eros orbits around the Sun, between orbits of Earths and Mars, and intersect the martian orbit. Eros is a block of alumina-silicate rock with dimensions 13×13×13 km and density 2.4 g/cm<sup>3</sup> similar to the Earth's mantle density ([solarsystem.nasa.gov](http://solarsystem.nasa.gov); [nineplanets.org](http://nineplanets.org), [May 2017]). The NEAR mission was a pioneer in space investigations, it was the first time that spacecraft came into asteroid orbit and landed on the asteroid surface ([solarsystem.nasa.gov](http://solarsystem.nasa.gov) [May 2017]).

Magnetometer installed on the board of the NEAR-Schoemaker spacecraft was build with the cooperation of Laboratory for Extraterrestrial Physics of NASA's Goddard Space Flight Space Centre, and Space Department of John Hopkins University Applied Physics Laboratory [1]. The magnetometer allows to measure a wide range of magnetic field values. The full scale from  $\pm 4$  nT to  $\pm 65.536$  nT was divided into 8 parts, automatically switched. The data was digitalised with the frequency of 20 Hz, and allow to use a high-pass filter to detection high-frequencies fluctuations of the magnetic field [1].

inference about the conditions of the asteroid formation, its metamorphic processes and other events [1].

During a flyby in surrounding of the (951) Gaspra, the magnetometer of the spacecraft detected the change of the magnetic field direction (fig. 2.). The data from Galileo survey of Gaspra and Ida was used to prepare magnetic models of asteroids. It was concluded, that the fluctuations of the IMF near the Gaspra are possibly connected to the interaction of solar wind with the asteroid magnetic field, but it is a less likely that their source is the magnetic field of the asteroid. The measured

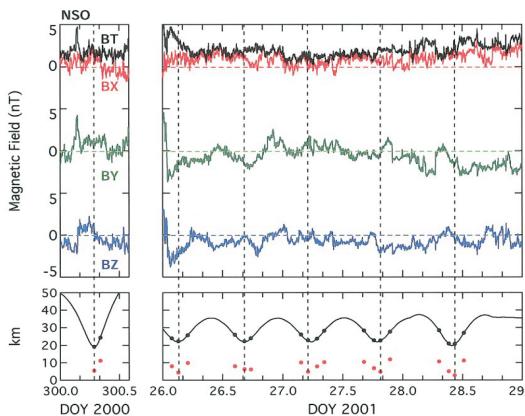


Fig. 3. The left part of illustration presents magnetic measurements during flyby the Eros 26 October 2000. On the right measurements during 26-29 January 2001. Source: Acuña et al., 2002.

The NEAR-Schoemaker has entered the orbit, first 200 km, later 100, 50, and 35 km. During first measurements in distance of 100 km from Eros, there was no fluctuation of IMF. The magnetometer of NEAR-Shoemaker since 1999 has been making a continuous measurement from 400 to 100 km orbit, and to detect only IMF. The further measurements were made from orbits 35 and 50 km so there could be detected fluctuations generated by the magnetic field of the asteroid. Thus, the fluctuations detected on October 20<sup>th</sup>, 2000 let to conclude that Eros poses own magnetic field. However, second measure-

ments since 26<sup>th</sup> to 29<sup>th</sup> January 2001 proved that earlier observations were rather related to a small-scale fluctuations of IMF (fig. 3.). If Eros possessed own magnetic field, there would be a correlation between distance and magnetic field. Next step of the investigation was landing on the Eros surface. The landing procedure began on February 12<sup>th</sup>, 2001. The magnetic field was measured during landing, but any fluctuation of IMF were detected. After landing in Himeros district, the magnetometer was switched on twice. First, on February 15<sup>th</sup>, for 2 hours and February 18<sup>th</sup>, for 1,2 hours.

The data provided by NEAR-Shoemaker allow to conclude that Eros is a non-magnetic body, and all fluctuations around it come from actual magnetic conditions in asteroid surrounding [1]. Anderson & Acuña calculate that the Eros magnetosphere does not exist and confirm calculations of Omidi et al. [4], which proves that for interaction with the solar wind the asteroid magnetic field should be at least 30 nT but Eros magnetic field is only 5 nT.

Summarise, the described research provides us a lot of information, among other about the variations of magnetic properties of the S-type asteroids which could be the effect of metamorphism or paleo impacts [1].

## References

- [1] Acuña M.H. et al., NEAR Magnetic Field Observations at 433 Eros: First Measurements from the Surface of an Asteroid, *Icarus*, No. 155, 2002, pp. 220-228.
- [2] Fu R.R. et al., Solar nebula magnetic field recorded in the Semarkona meteorite, *Science*, vol. 346, Nov 28, 2014, pp. 1089-1092.
- [3] Kivelson M.G. et al., Solar wind interaction with small bodies 2: What can Galileo's detection of magnetic rotations tell us about Gaspar and Ida, *Advances in Space Research*, vol. 16, no. 4, 1995, pp. 59-68.

- [4] Omidi N. et al., Hybrid simulations of solar wind interaction with magnetised asteroids: General characteristics, *Journal of Geophysical Research*, vol 107, no. A12, 2002, pp. SSH 12-1 – SSH 12-10.
- [5] Starukhina L.V., McCord, T.B., Asteroid shielding from solar wind: calculation of parameters of magnetosphere, *43rd Lunar and Planetary Conference*, Woodlands, 2012.

Natalia BANASIAK, Agnieszka DRABINA<sup>1</sup>

AGH University of Science and Technology, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, Student Geophysical Society GEOPHONE, Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,  
<sup>1</sup> agnieszka.drabina@gmail.com

## Potential use of electric and electromagnetic methods on Mars\*

Electric and electromagnetic methods might be used in research of the structure of Mars and to specify water's form on the planet. The first of the raised issues in the article is modeling of electrical parameters of rock in the local conditions. The second problem is selection of measurement methods. Due to the complementary results three approaches were chosen: RWGI – Radio Wave Geo-Introscopy, which enables measurements between boreholes, TDEM – Time Domain Electromagnetic – the study of electrical conductivity contrast between aquifers and unsaturated zones [7] and SNMR – Surface Nuclear Magnetic Resonance, which is based on the phenomenon of precession of nuclei [6].

### Basic information about Mars

Mars has a liquid core that consists of iron and sulfur, a currently inactive silicate mantle and a crust with the thickness of 50 to 125 km. Based on the study of Martian meteorites and orbital investigations, the rock surface is assessed to consist of basalt or richer silica andesite. Much of the surface of Mars is covered with iron oxide pollen. Regolith has much more chlorine, phosphorus and sulfur than the Earth, due to the lower temperatures (210 K on average). Surface deformations are caused by the impact of meteorites from the Great Bombardment and their consequent outflows of lava. Gravitational acceleration at the equator is  $3.69 \text{ m/s}^2$ , it is 0.376 Earth acceleration.

### Magnetic field

Currently there is no global magnetic dipole field on Mars, because there is no magneto-hydrodynamic dynamo mechanism in the interior that is responsible for the generation of the magnetic field of planets. It has only weak local fields. However, the unmanned MGS probe,

---

\* Paper presented at the 3<sup>rd</sup> konference „Geofizyka w Kosmosie” (“Geophysics in Space”), organised on May 14-15, 2017 by the student science clubs Koło Naukowe Geofizyków AGH GEOFON, Studenckie Koło Naukowe Geofizyków PREM and Silesian Planetarium.

launched in 1996, showed the existence of alternating bands of opposite polarity, similar to those observed at the bottom of the Earth's oceans. They had a width of 160 km and a length of 1000 km. This indicates the existence of global field and tectonic movements in the past.

## Thermal inertia

MGS achievements have allowed researchers to conclude, that there is water on the red planet and what is more to model further research, that could be used in the future. Results of the Thermal Emission Spectrometer – an instrument for measuring the thermal emission, show variations in the value of thermal inertia during autumn-winter period in the middle latitudes. It is believed that they are caused by bright, atmospheric dust from sandstorms covering surface and condensation of ice inside thin layers. Bright dust increases the planet's albedo, the surface temperature is lowered, ice deposition occurs and the thermal conductivity increases, consequently the value of thermal inertia, which influences temperature variations [5].

## Water on Mars

The remains of the former presence of water on the surface of the planet are the river valleys. Nowadays because of the low pressure, liquid water cannot be present all over the Mars's surface. Mud flows on the slopes are being observed only in summer. Solid water is found on Mars in the form of polar ice caps, which reach a thickness of up to 6.5 km, and beneath the surface of the planet [3]. Liquid water, on the other hand, could be found several kilometers under the permafrost.

## Modeling

Models that consider many variables are created for predicting the results of electrical and electromagnetic research. The basic premise is to define a Martian mantle as an assortment of three components: pure ice, liquid water with dissolved solids and unsaturated layers. Investigation of the saturated layers is facilitated by the contrast of resistance between conductor (water) and insulator (ice) and the fact that the electromagnetic methods are very sensitive to conductors [2]. However, the thick layer of the insulator on the surface and the phenomenon of equivalence poses problems. The fundamental difference between subsequent models is the thickness of the cryosphere (from several hundred meters to several kilometers) and layers of rocks. By determining the electrical properties of the medium we may estimate the water mineralization (high mineralization – high conductivity), content of clay (higher conductivity and lower melting point), bound water (increase conductivity of dry rocky), iron oxide content (higher conductivity) or temperature.

## RWGI

The first of the proposed methods is RWGI – Radio Wave Geo-Introscopy [4]. It uses the dependence of energy absorption on the electrical properties of the medium. It is studying the behavior of the electromagnetic wave passing from a borehole to a borehole, up to several meters, on a tomographic basis or from a hole to the surface. The frequencies are applied from 0.06 to 31 MHz. The purpose of the measurements is to know the exact values of electrical resistance and dielectric constant of the medium that help interpret data from other EM methods. On Earth – RWGI is effectively used for permafrost tests in Siberia – in places where a clear correlation between low temperature, part of permafrost and high resistance is observed. On Mars – the research might be carried out only to a depth of 1-2 meters due to limited drilling capacity, but this would provide valuable information. The advantage of Martian conditions is much lower temperature at which a greater contrast of electrical characteristics during passing from a permafrost to liquid water is expected than on Earth.

## SNMR

The SNMR uses energy of water nuclei. Because hydrogen nuclei have a magnetic moment, they are aligned with the magnetic field in which they are located. It is possible to wake up them with an external magnetic field and to measure the response of the proton precession signal when the external magnetic field is switched off. The SNMR signal amplitude is connected with the number of excited hydrogen nuclei, which is used to estimate the water content of the medium [6].

## TDEM

Results of TDEM modeling show that even with small transmitter diameters and low integration times, we are able to make measurements, that may allow to find water at depths of several hundred meters. The use of larger equipment (loop) allows to increase range to a few kilometers, if the noise is at the constant level and the longer integration time is stable.

## Conclusions

Measurement by electromagnetic field is more efficient than by a magnetic field. The effects of SNMR modeling are significantly smaller. The maximum depth that can be achieved with a loop of 100×100 m and integration time 10 sol, the Martian's days, is just 30 m. The magnetic field of Mars is too weak to allow measurements, so one should look for regions with higher field values. In order to extend the range, it would be necessary to increase the current or the number of coils, but this solution seems unreachable because of cost and weight [1].

## References

- [1] Grimm R., *A comparison of time domain electromagnetic and surface nuclear magnetic resonans sounding for subsurface water on Mars*, Journal of Geophysical Research, vol. 108, 2003.
- [2] Grimm R. et al., *Electromagnetic Sounding of Solid Planets and Satellites*, NRC White Paper [www8.nationalacademies.org/ssbsurvey/publicview.aspx].
- [3] Grimm R. et al., *Low-frequency electromagnetic exploration for groundwater on Mars*, Journal of Geophysical Research, vol. 107, 2002.
- [4] Istratov V.A., Frolov A.D., *Radio wave borehole measurements to determine the in situ electric property distribution in a massif*, Journal of Geophysical Research, vol. 108, 2003.
- [5] Kuzmin R. et al., *Estimation and mapping of wintertime increase in water ice content of the Martian surface soil based on seasonal Thermal Emission Spectrometer thermal inertia variations*, Journal of Geophysical Research, vol. 114, 2009.
- [6] Lange G. et al., *Surface Nuclear Magnetic Resonance* [in:] K. Knödel, G. Lange, H.J. Voigt (eds) *Environmental Geology-Handbook of Field Methods and Case Studies*, 4 Geophysics, Springer, 2007.
- [7] <http://www.geol.agh.edu.pl/~gpklityn/tempo/tdem.pdf> [06.05.2017].

# The Astronomical Reports

Pismo jest skierowane przede wszystkim do młodych naukowców (w tym magistrantów i doktorantów astronomii i dziedzin pokrewnych), a także tych miłośników astronomii, którzy wykonują samodzielne obserwacje o charakterze naukowym.

Głównym celem pisma jest umożliwienie młodym naukowcom i miłośnikom astronomii nabrania doświadczenia w prezentacji własnych osiągnięć w tej dziedzinie. Publikowane są również prace doświadczonych miłośników astronomii i astronomów zawodowych, pragnących podzielić się swoją wiedzą z szerszym kręgiem zainteresowanych.

## Warunki publikacji

Warunkiem publikacji jest przedstawienie pracy własnej (raportu z obserwacji, opracowania obserwacji lub pracy teoretycznej) Autora lub zespołu, w pracach którego Autor bierze udział.

Język publikacji jest dowolny – pożądane jest zamieszczenie streszczenia (abstract) oraz słów kluczowych (key words) w języku angielskim. Wskazana jest publikacja w języku angielskim, gdyż takie prace są częściej czytane i częściej cytowane.

Prace zakwalifikowane jako artykuły będą recenzowane.

Publikacje w biuletynie są bezpłatne, a każdy Autor otrzymuje jeden egzemplarz autorski.

## Uwagi techniczne

Prace należy przesyłać w formie elektronicznej, w jak najprostszej formie: czysty tekst, w dowolnym popularnym edytorze tekstowym. Grafikę należy przesyłać w osobnych plikach najlepiej w postaci wektorowej (formaty PS, EPS, PDF lub w popularnych programach tworzenia grafiki wektorowej). W przypadku map bitowych należy uwzględnić fakt, że maksymalna szerokość kolumny tekstowej wynosi 126 mm, a minimalna rozdzielcość winna wynosić 300 dpi dla grafiki czarno-białej i 150 dpi dla grafiki w odcieniach szarości (nie przewidujemy druku kolorowego).

Jeśli to możliwe, Autorzy są proszeni o dołączenie do nadsyłanych materiałów makiety pracy w postaci pliku w formacie PDF, celem uniknięcia pomyłek w składzie. Oczywiście przed publikacją przewidywana jest korekta autorska już złożonego tekstu publikacji.

Materiały należy przesyłać na adres [TAR@vistula.pk.edu.pl](mailto:TAR@vistula.pk.edu.pl)

## Cykl wydawniczy

Przewidywane jest wydawanie przynajmniej jednego numeru w roku kalendarzowym, jednak w przypadku większego zainteresowania Autorów cykl wydawniczy może zostać skrócony.

Biuletyn będzie rozsyłany do wszystkich polskich ośrodków naukowych zajmujących się astronomią, a także publikowany w ogólnodostępnej postaci elektronicznej w Internecie.

