

# Fotometria i modelowanie planetoid

## Pakiet Starlink. Metoda inwersji krzywych zmian blasku

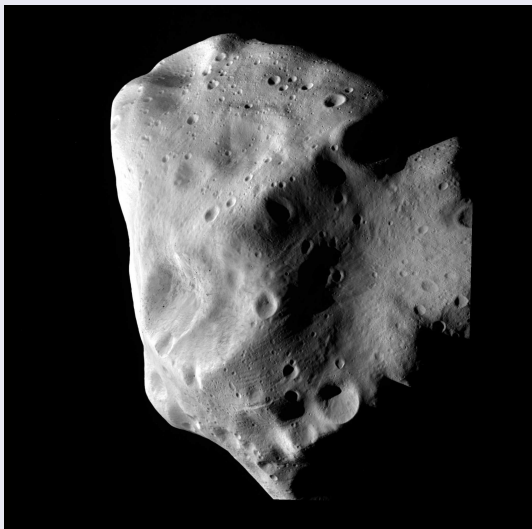
Anna Marciniak

Obserwatorium Astronomiczne UAM, Poznań

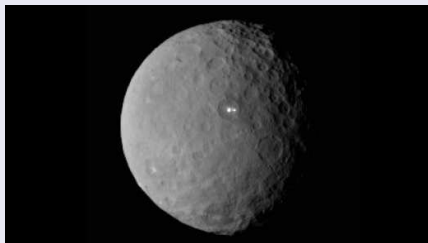
21 marca 2015



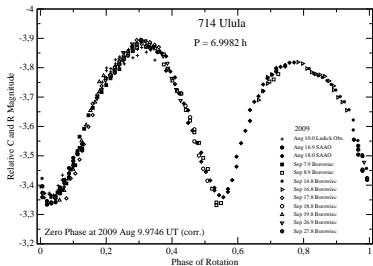
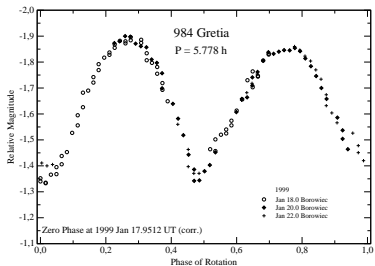
# Lutetia z sondy Rosetta



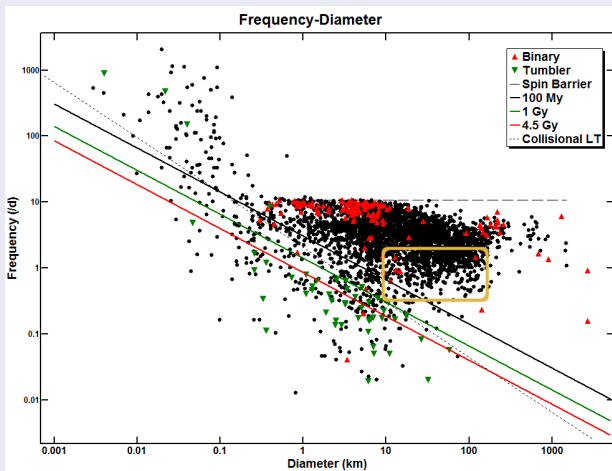
# Ceres z sondy Dawn



# Fotometria planetoid - główne narzędzie badawcze



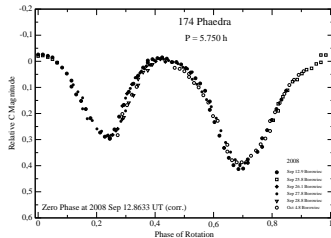
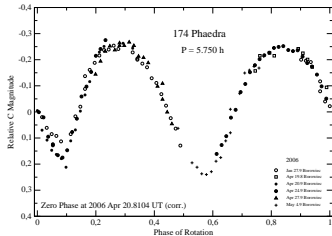
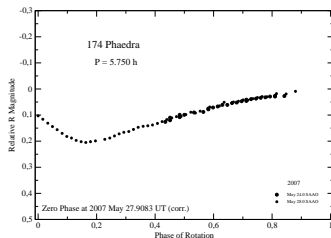
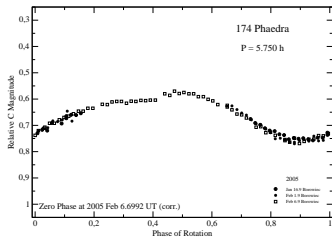
# Częstości rotacji a średnice planetoid



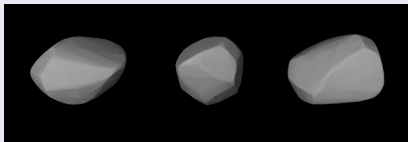
Warner, Harris, Pravec 2009

<http://www.minorplanet.info/lightcurvedatabase.html>

# Modelowanie - potrzebne dane z kilku pozycji



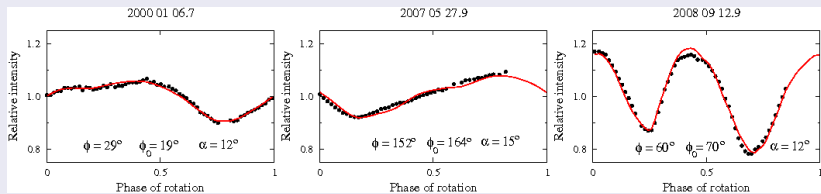
# Model planetoidy



$$P = 5.750249 \pm 0.000003 \text{ h}$$

$$\lambda_p = 265^\circ \pm 1^\circ$$

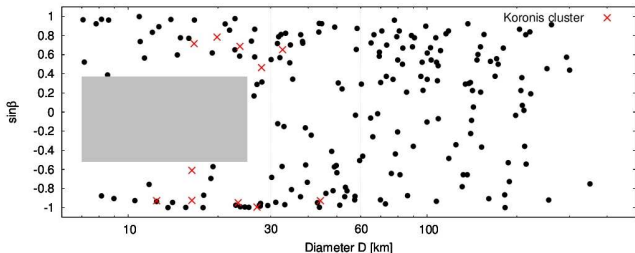
$$\beta_p = 5^\circ \pm 1^\circ$$





## Statystyki parametrów rotacji wymodelowanych planetoid

- $P_{sid}, \lambda_p, \beta_p$
- Dziś modelowane są głównie planetki o krótkich okresach, mocno wydłużone i osiach rotacji z dala od ekliptyki
- Średni błąd jasności danych astrometrycznych: 0.2 mag
- Planetki mało wydłużone i/lub o nisko położonym biegunie giną w szumie obserwacyjnym



Hanuš et al. 2011

## Statystyka okresów rotacji

- Próbką: pierwszy tysiąc numerowanych planetoid (prawie kompletny przegląd P i amp.), pas główny
- ale: poważne efekty selekcji (duże/jasne/bliskie)
- okresy rotacji: od 2.66 h do 1641 h
- Średni okres: 21.162 h

źródło: przeszukiwanie bazy LCDB (Warner, B. D., Harris, A. W., Pravec, P. 2009, 'The asteroid lightcurve database' Icarus, 202, 134)

<http://www.minorplanet.info/lcdbquery.html>

## Statystyka okresów rotacji

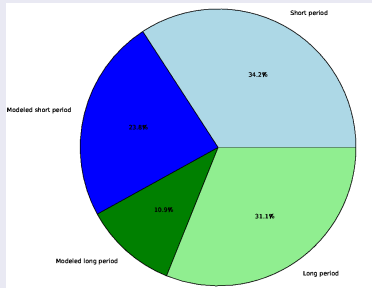
- Próbkę: pierwszy tysiąc numerowanych planetoid (prawie kompletny przegląd P i amp.), pas główny
- ale: poważne efekty selekcji (duże/jasne/bliskie)
- okresy rotacji: od 2.66 h do 1641 h
- Średni okres: 21.162 h
- Mediana: 10.739 h

Połowa populacji dużych planetoid ma długie okresy rotacji!

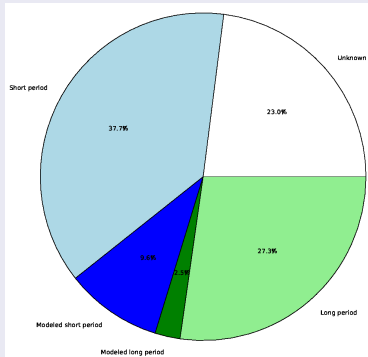
źródło: przeszukiwanie bazy LCDB (Warner, B. D., Harris, A. W., Pravec, P. 2009, 'The asteroid lightcurve database' Icarus, 202, 134)

<http://www.minorplanet.info/lcdbquery.html>

# Statystyka okresów obrotu. Granica: $P = 12h$



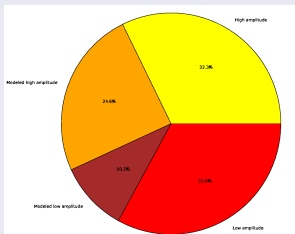
Długookresowe (40% populacji jasnych planetoid) modelowane są 1.5 raza rzadziej niż te o krótszych okresach.



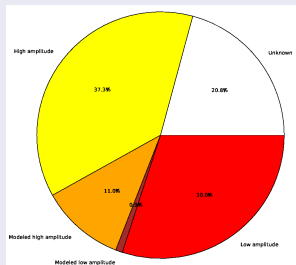
Wśród słabszych planetoid populacja długookresowych modelowana jest ponad dwa razy rzadziej niż populacja krótkookresowych.

## Statystyka amplitud zmian blasku. Granica: $a_{\max} < 0.25$ mag

- Próbkę: 1-1000 (prawie kompletny przegląd P i amp.), pas główny
- amplitudy: od 0.01 mag do 1.5 mag
- Często podawane są  $amp_{\min}$  i  $amp_{\max}$ , bo amplituda jest zmienna
- Planetek o  $amp_{\max} < 0.25$  mag jest wśród pierwszego tysiąca ponad 400 (w tym modele bieguna i kształtu ma 24% ich populacji)

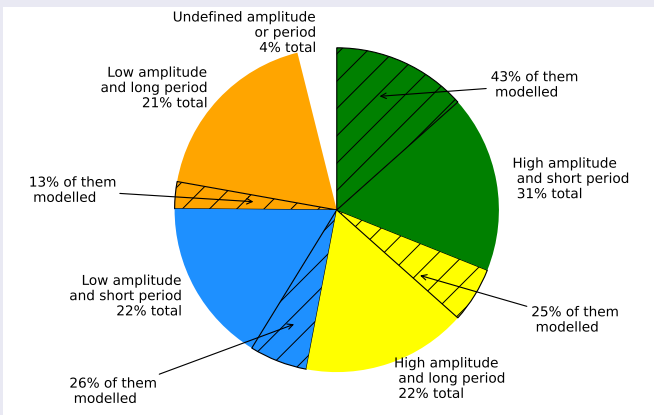


Nisko-amplitudowe stanowiąc 43% populacji modelowane są prawie dwukrotnie rzadziej niż pozostałe.



Wśród słabszych obiektów, jest to prawie 8 razy rzadziej modelowana populacja

# Statystyki okresów i amplitud jednocześnie



## Program badawczy

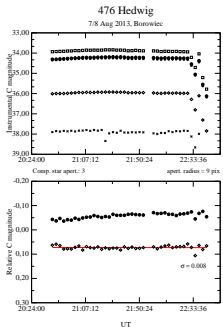
- 155 planetek o okresach 12-50h i amplitudach do 0.2 mag
- Wśród nich tylko 24 ma wyznaczone bieguny (15%)
- Planetek o  $P > 50$  h jest wśród pierwszego 1000 tylko 43 (4% wszystkich lub niecałe 10% długookresowych)
- Po wykluczeniu członków kilku rodzin zostaje ok. 120 planetek
- Często „trudne” obiekty:  $P$  bliskie 12, 16 lub 24 h, amplitudy rzędu 0.05 mag.
- Od 2.5 roku obserwowane w Borowcu (Poznań) oraz m. in.: w Organ Mesa Observatory (Nowy Meksyk, USA), Observatori Astronomic del Montsec (Katalonia), Winer Observatory (Arizona, USA), Bisei Spaceguard Center (Japonia)... oraz na Suhorze!

## Sieć obserwatoriów uczestniczących w programie

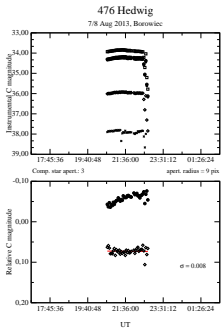
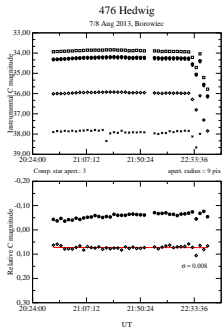
Observatory name	abbreviated name	IAU code	location	telescope diameter
Borowiec Observatory (Poland)	Bor.	187	52 N, 17 E	0.4m
Montsec Observatory (Catalonia, Spain)	OAdM	C65	42 N, 01 E	0.8m
Organ Mesa Observatory (NM, USA)	Organ M.	G50	32 N, 107 W	0.35m
Winer Observatory (AZ, USA)	Winer	648	32 N, 111 W	0.70m
Bisei Spaceguard Center (Okayama, Japan)	Bisei	300	35 N, 134 E	0.5m and 1m
JKU Astronomical Observatory (Kielce, Poland)	Kie.	B02	51 N, 21 E	0.35m
Mt. Suhora Astronomical Observatory (Poland)	Suhora	-	50 N, 20 E	0.25m and 0.60m
Pic du Midi Observatory (France)	Pic	586	43 N, 0 E	0.6m



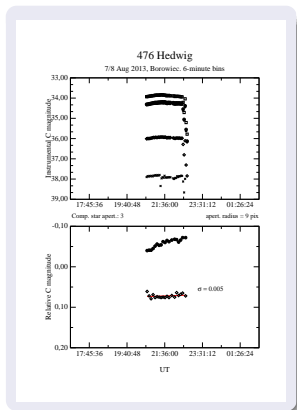
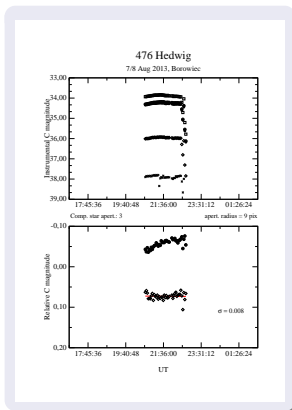
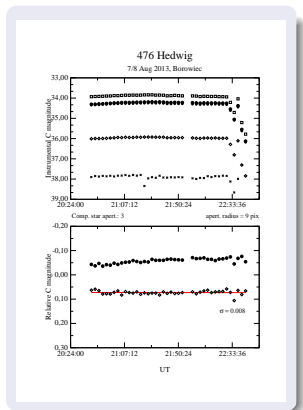
# Krzywe zmian blasku



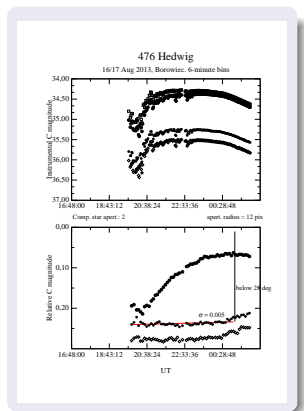
# Krzywe zmian blasku



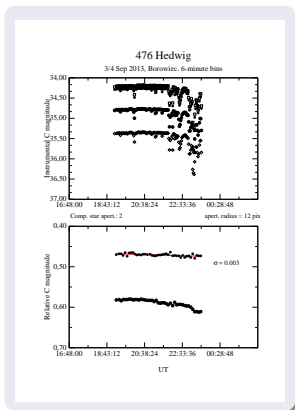
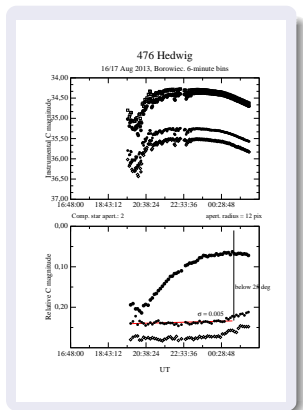
# Krzywe zmian blasku



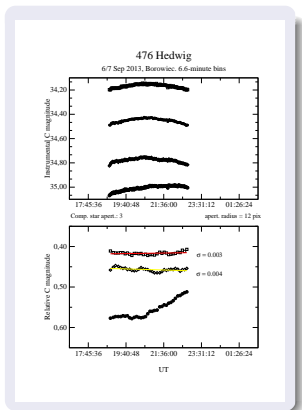
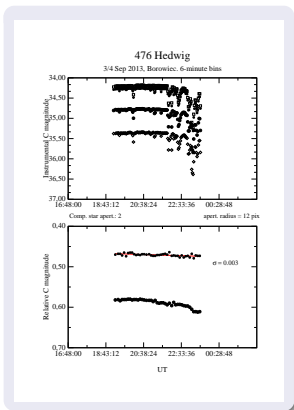
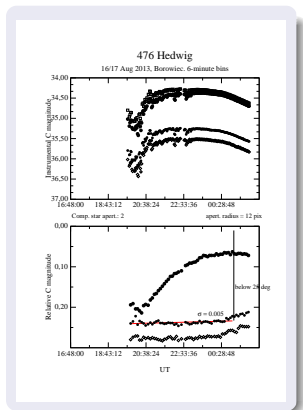
# Krzywe zmian blasku



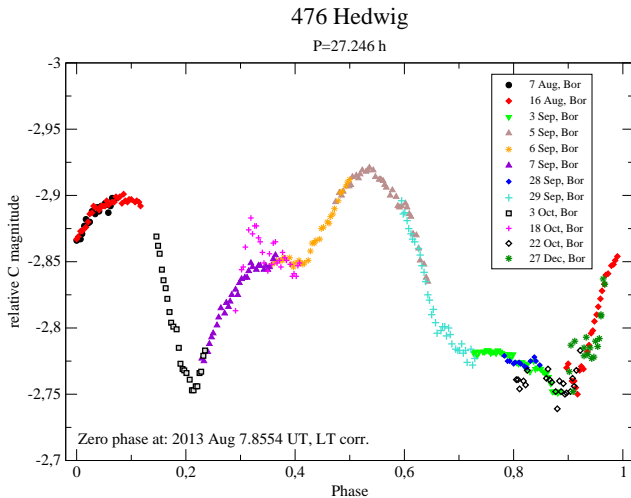
# Krzywe zmian blasku



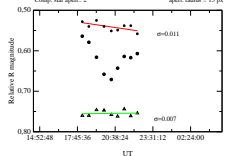
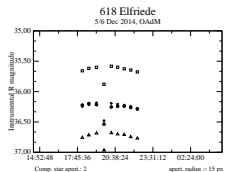
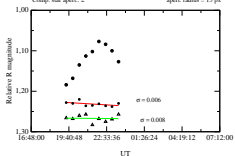
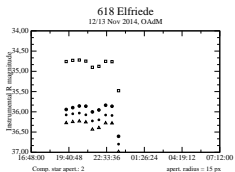
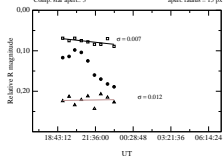
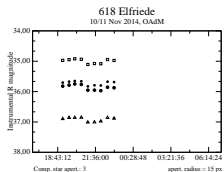
# Krzywe zmian blasku



# Złożona krzywa - 476 Hedwig

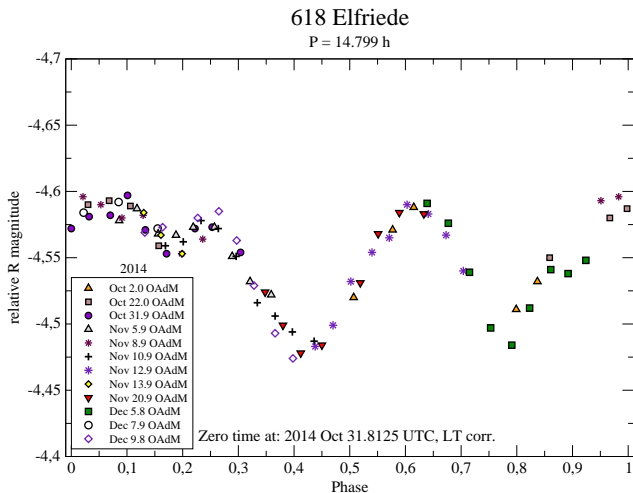


# Obserwacje w OAdM - Montsec

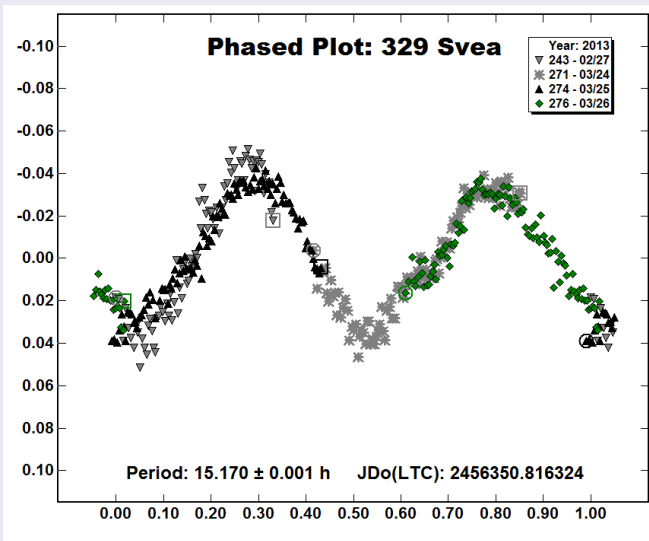




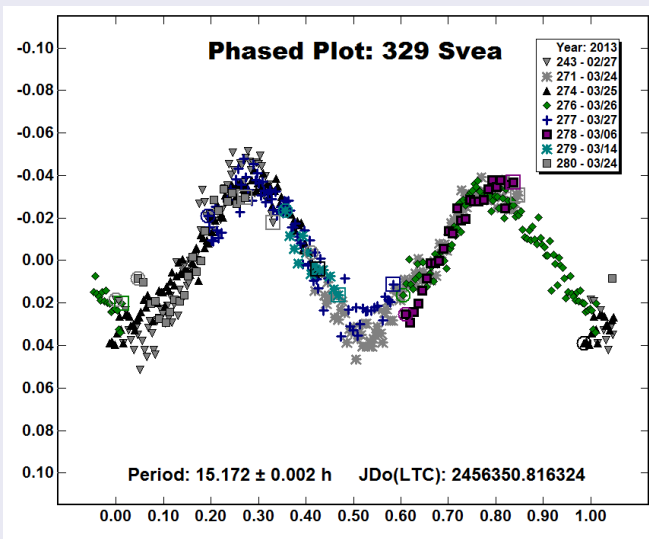
# Złożona krzywa - 618 Elfriede



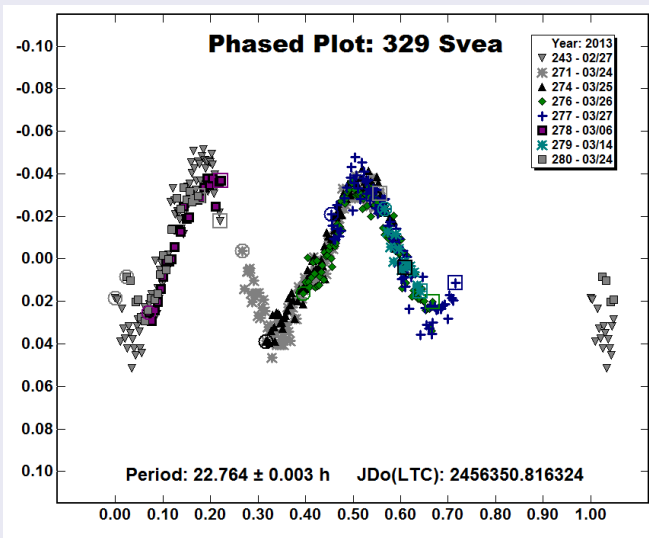
# Znalezienie nowego okresu. 329 Svea



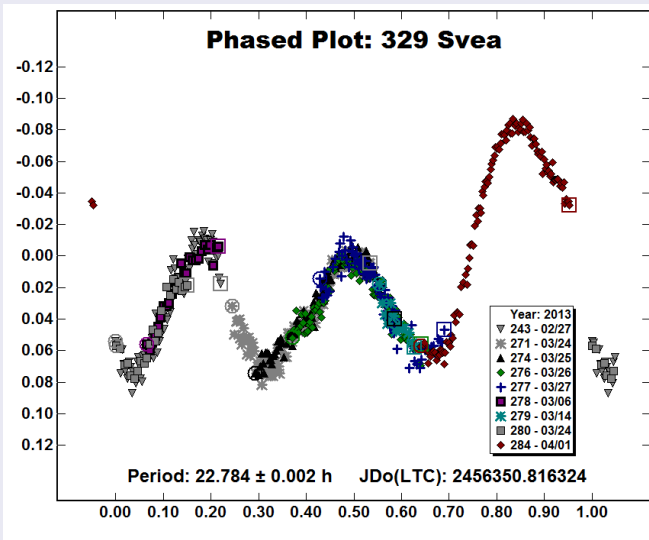
# Znalezienie nowego okresu. 329 Svea



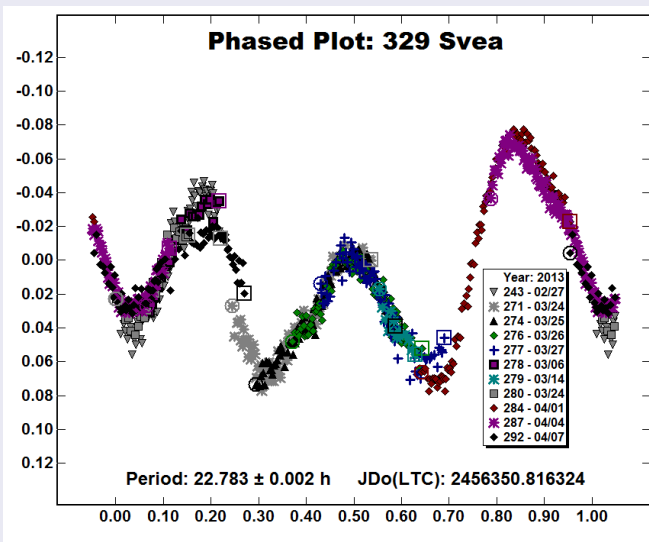
# Znalezienie nowego okresu. 329 Svea



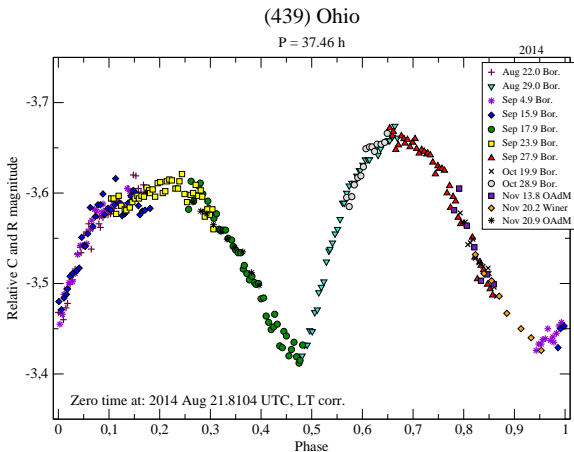
# Znalezienie nowego okresu. 329 Svea



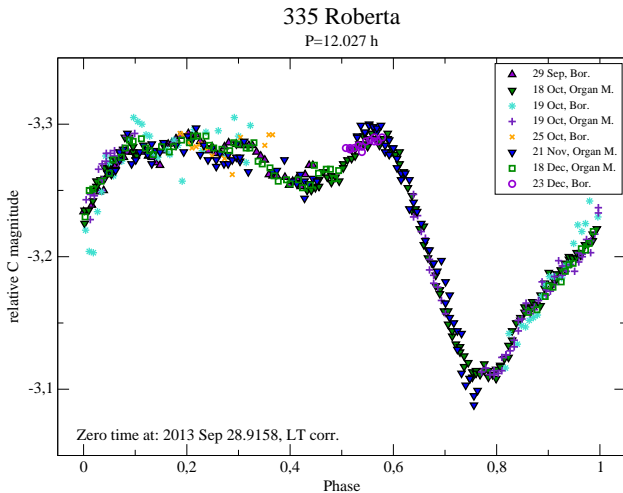
# Znalezienie nowego okresu. 329 Svea



# Znalezienie nowego okresu. 439 Ohio

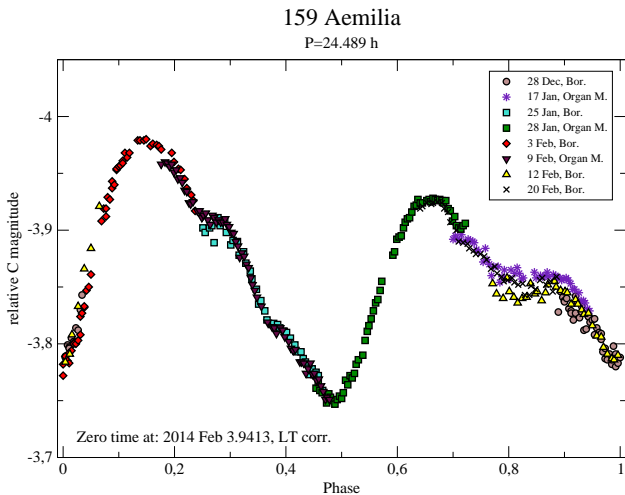


# Krzywa o jednej parze ekstremów na okres. 335 Roberta





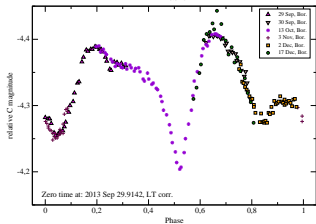
# Okres współmierny z dobą. 159 Aemilia



## Galeria osobiwości

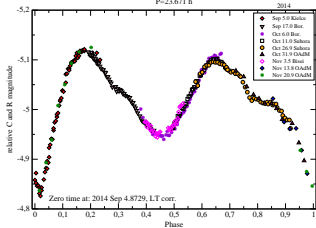
195 Eurykleia

P=16.520 h



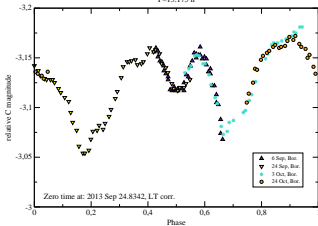
202 Chryseis

P=23.671 h



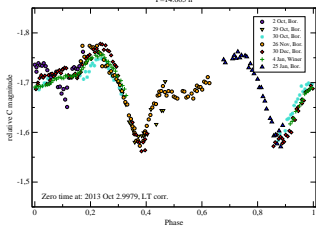
501 Urhixidur

P=13.175 h



666 Desdemona

P=14.605 h



# Planowanie obserwacji, „finder charts” - XEphem

The screenshot displays the XEphem 3.6.4 software interface. The main window, titled "XEphem Sky View", shows a star chart with a grid of stars. A green arrow points to a specific star, and a small window titled "Caption/Details" is open over it, displaying a table of object data.

**Local Information:**

- Latitude: 52:18:36
- Longitude: -17:08:36
- Elevation: 85.0 m
- Temp: 13.0 C
- Sea Pres: 1010 hPa
- Ea(hum): 2000.0
- Mag decl: 0:00:00

**Star Chart Data (Caption/Details Table):**

Objekt	RA	Dec	Az	Alt	Mag	Clong	Clat	CLong	CLat	Dist	Dist	Sp
Mars	6:58:35.14	1:28:20.3	291:58:38	-7:08:44	-6.0	E.1	-60:00:11	3:46:00	7:51	14:20	0:00:00	
279 Thule	-0:25:29.62	22:42:30.4	167:54:30	65:59:30	15.2	112.0	19:30:54	111:26:00	13:19	23:02	107:49:31	
236 Barnaba	-1:02:36.44	16:16:12.5	158:40:10	51:51:13	15.3	132.1	25:09:27	124:47:10	14:24	23:57	117:57:44	
338 Bekert	-1:24:53.36	17:39:02.2	142:40:20	50:38:18	13.6	129.1	32:35:50	128:43:40	14:59	0:35	124:57:44	
524 Filippa	-1:16:29.13	20:06:52.1	147:57:53	54:33:52	14.3	124.3	29:25:07	123:53:21	14:20	0:29	120:07:03	
190 Euphrosia	-1:17:30.32	25:05:16.7	142:40:10	50:50:52	15.7	122.9	31:23:16	122:41:44	13:59	0:59	118:42:56	
601 Antiklára	-0:04:07.88	42:13:39.7	174:48:28	78:53:23	15.2	104.0	21:47:38	104:27:23	11:30	1:14	100:03:87	
396 Sterebara	-0:44:47.83	-8:57:13.0	122:53:20	12:18:17	14.7	161.6	44:04:09	168:22:16	20:13	23:38	158:48:87	
988 Desdemona	-0:22:11.60	-6:05:46.7	180:20:38	-6:46:13	15.1	-140.7	62:27:18	190:40:39	21:52	1:14	171:12:13	
336 Nepert	-0:50:24.20	-3:57:39.0	96:19:38	1:36:17	15.0	-168.9	50:46:59	190:40:52	21:08	2:17	173:04:47	
538 Friederika	-0:12:59.53	-1:10:49.0	86:00:13	-1:52:59	15.0	-158.0	60:40:10	199:41:24	21:27	3:23	182:38:20	
737 Amegha	-0:46:54.57	-6:55:13.0	84:59:29	-12:42:01	13.0	-149.0	52:30:26	209:20:21	22:50	3:04	163:54:29	
607 Dorica	-0:45:44.48	6:12:57.2	27:18:29	-24:55:54	15.5	-105.0	20:30:26	201:20:20	0:13	7:43	109:23:20	

**System Information:**

- OS: Linux
- Exp: Teqs 2000.0
- Date: 20/03/2015 18:10:00 UTC
- Fov: 0:15
- RA: 13:50:15
- Dec: -6:55:00
- Mag: 11:1
- Date: 20/03/2015 18:10:00 UTC
- Mag: 0:00

Fizyka planetoid  
○○○○○○○○

Okresy rotacji  
○○

Amplitudy  
○○

Program  
○○

Obserwacje  
○○○

Wyniki  
○○○

XEphem  
○

**Starlink**  
●○○

APC  
○○

Modelowanie  
○○○○○

[www.clearskyinstitute.com/xephem](http://www.clearskyinstitute.com/xephem)

## Redukcja ramek i fotometria aperturowa - Pakiet Starlink

- Pakiet Starlink - zestaw złożonych programów działających w ujednoczonym środowisku programistycznym, w oparciu o standardowe formaty plików (.ndf).
- <http://starlink.eao.hawaii.edu/starlink>
- Konwersja formatu ramek CCD .ST7 -> .fit -> .sdf
- Pakiety: ccdpack, convert i kappa
- Redukcja ramek o bias, dark frame i flatfield
- 3 skrypty powłoki bash

# Redukcja ramek i fotometria aperturowa - Pakiet Starlink

---

## Fotometria, laboratorium

Materiały dla studentów

---

Tomasz Kwiatkowski  
Anna Marciniak

ver. 0.5

# Fotometria aperturowa - pakiet Starlink, interfejs Gaia

The screenshot displays the Starlink GAIA software interface. The main window shows a field of stars with four objects circled in blue. A smaller inset window shows a zoomed-in view of one of these objects. The interface includes a menu bar (File, View, Graphics, Go, Image-Analysis, Data-Servers, Help) and a toolbar. The 'Object' panel displays the following data:

Object:	Output from FLIRTOR (F1) [030905_20002_00_00_F1_007]				
X:	151.5	Y:	157.5	Value:	1786.32
OC:	152.5	o:	152.5	Equinox:	
Min:	-1447.52001953125	Max:	2042.75200625	Auto Cut:	
Low:	1562.16	High:	2011.61	Color Map:	
Scale:	1x	Intensity Map:		Zoom	

The 'GAIA: Aperture photometry -- magnitudes [1]' dialog box is open, showing the 'Results' tab. It displays a table of photometric measurements for four objects:

Index	Xpix	Ypix	Mag	Magerr	Sig
1	177.140000	120.420000	35.770000	0.017000	4.021420000 125
2	181.640000	252.720000	34.280000	0.019000	4.020.548000 125
3	452.070000	345.820000	34.740000	0.020000	4.025.672000 125
4	545.810000	405.850000	35.775000	0.018000	4.041.496000 125

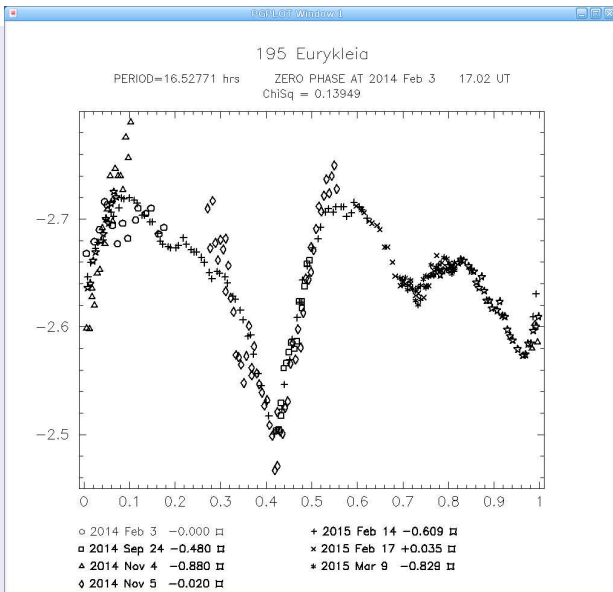
The dialog box also includes buttons for 'Define object aperture', 'Define sky aperture', 'Copy aperture', 'Calculate results', 'Append', 'Save', and 'Close'. The status bar at the bottom of the main window reads: 'Image: [ ] - select object, [ ] - scroll image, [ ] - measure WCS, Control + [ ] - select region'.

# Format APC - Asteroid Photometric Catalogue

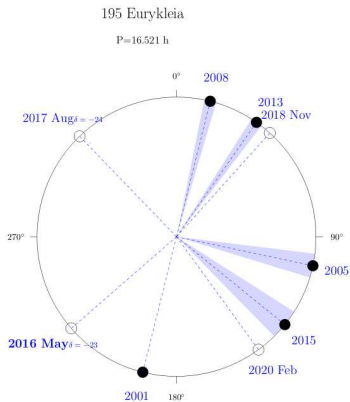
```
mc [aniab@am2] ~/work/APC
Plik Edycja Widok Terminal Pomoc
#0195.ATL      [----]  0 L:[727+ 0 727/1165] +(18088/28630b)  61 0x0D 150-8859-2
=====
OBJECT.....: 195 Eurykleia
OBSERVER.....: A. Marciniak
REFERENCE.....:
OBSERVING SITE: 16.88 E 52.4 N Borowiec, Poland
TELESCOPE.....: 40-cm Newton
DETECTOR.....: CCD ST-7
ASPECT DATA...: 2.8435 2.8997 19.73 31.72 4.78
COLUMNS.....: #C
RELATIVE PHOT.: T
REDUCED MAG...: F
ZERO SOL PHASE: F
LT CORRECTED...: F
UNIT OF TIME...: 1 day
OBSERVING TIME: 2456692.28 (2014 Feb 3.78)
ZERO TIME.....: 2400000.0 (2014 Feb 3)
DATA:
56692.224867 1.951
56692.232118 1.913
56692.242326 1.902
56692.249329 1.891
56692.256325 1.865
56692.263322 1.868
56692.270324 1.887
56692.277326 1.904
56692.285625 1.885
56692.294375 1.899
56692.303125 1.882
56692.310122 1.871
56692.318872 1.876
56692.327622 1.871
56692.338414 1.895
56692.349213 1.889
=====
OBJECT.....: 195 Eurykleia
OBSERVER.....: A. Marciniak
REFERENCE.....:
OBSERVING SITE: 16.88 E 52.4 N Borowiec, Poland
TELESCOPE.....: 40-cm Newton
1 Pomoc 2 Opis 3 Azncz 4 Astap 5 Opia 6 rzen 7 Szukaj 8 Usun 9 Dól 10 Oncz
```



# Składanie (fazowanie) krzywych - program kat\_pad



# Rozkład obserwowanych opozycji



## „Spin and shape modelling”

<http://astro.troja.mff.cuni.cz/projects/asteroids3D/>

<http://isam.astro.amu.edu.pl/>

### Interactive service for asteroid models

184 Dejopeja  
(model 1)

Date: (dd-mm-yyyy)  
19 7 2011

Time: (hh:mm:ss)  
20 18 5

JULIAN DATE

Legend:  
black and white ▾

Show rotation axis  
 Generate lightcurve  
 3D effect  
 LT corrected view  
 Full silhouette

SHOW

Video Back

184 Dejopeja  
JD=2455762.3459

Aspect = 54°

$\lambda = 200^\circ$   
 $\beta = 52^\circ$

P = 6.441111 h

Brightness (mag)

184 Dejopeja (model 1)  
( $\lambda = 200, \beta = 52$ )

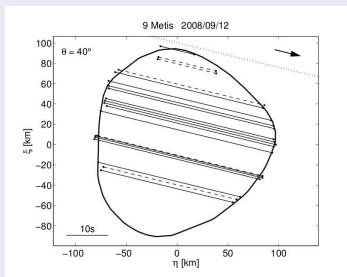
Zero Phase at 2455762.3459 JD

Phase 0 0.25 0.5 0.75 1

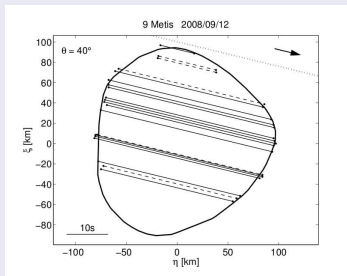
P = 6.441111 h

download data

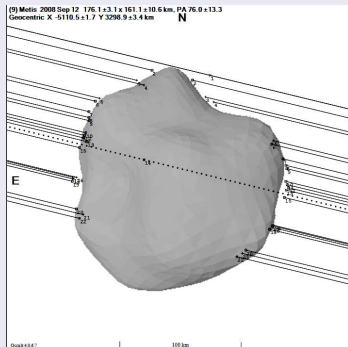
# Modele planetoid a zakrycia



# Modelowanie kształtów planetoid z wklęsłościami - algorytm SAGE



Đurech et al. 2011



Bartczak et al. 2014

# Modele z wklęsłościami a obrazy z optyki adaptacyjnej

