

Astronomia II

The background of the slide is a deep space image. It features a dark blue and black sky filled with numerous stars of varying brightness. Several prominent nebulae are visible, showing vibrant colors of orange, red, and yellow, suggesting intense heat and light. The nebulae have wispy, cloud-like structures. The overall composition is dramatic and evokes a sense of the vastness of the universe.

- 1. Układy współrzędnych na sferze niebieskiej
- - horyzontalny; równikowy I; równikowy równonocny; ekliptyczny, galaktyczny i inne
- 2. Ruch dzienny i roczny sfery niebieskiej
- - opis zjawisk w różnych współrzędnych
- 3. Trygonometria na sferze
- - wzory trygonometrii sferycznej:
- - trójkąt paralaktyczny i
- - zamiana współrzędnych; -zastosowania
- 4. Czas i kalendarz
- - czas gwiazdowy; ruch dzienny i roczny Słońca; czas słoneczny
- - prawdziwy; -czas średni, czas strefowy;
- - rok zwrotnikowy, rok gwiazdowy; ruch Księżyca, miesiąc
- - synodyczny i sydereczny
- 5. Zaćmienia Słońca i Księżyca
- - warunki
- 6. Promieniowanie gwiazd
- - wielkości gwiazdowe; natężenie, strumień energii i moc
- - promieniowania; zależności dla ciała doskonale czarnego
- 7. Mechanika układów planetarnych: zagadnienie 2 ciał
- - prawa dynamiki w zastosowaniu do układu 2 ciał; redukcja do
- - zagadnienia w układzie środka masy; prawa Keplera; orbity
- - eliptyczne, paraboliczne, hiperboliczne
- 8. Metody wykrywania planet odległych gwiazd

Astronomia sferyczna

1. Sfera niebieska

- miara katowa
- koło wielkie, koło małe
- oś, bieguny, koło podstawowe
- trójkąt sferyczny, boki, kąty
- horyzont, pion, południk, koła wertykalne
- zenit, nadir, punkty kardynalne
- szerokość geograficzna
- równik niebieski, oś świata, koła godzinne
- ekliptyka

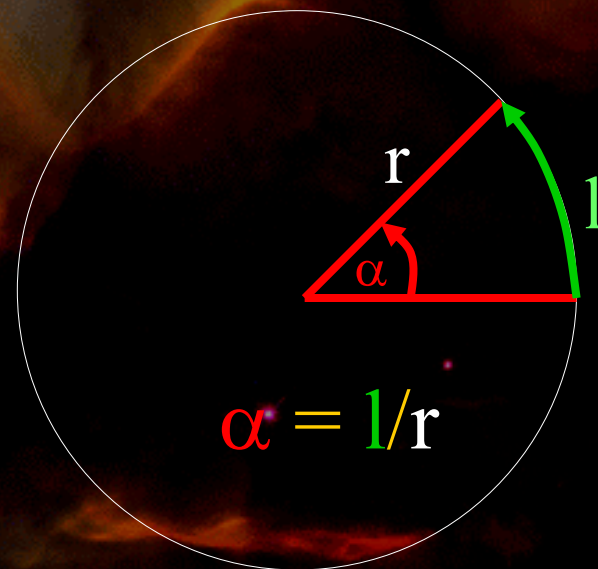
Kąt płaski

- Miara kąta
- Miara stopniowa
 - kąt pełny = 360° [stopni]
 - $1^\circ = 60'$ [minut łuku]
 - $1' = 60''$ [sekund łuku]
- Miara łukowa
 - $\alpha = l/r$
 - kąt pełny = 2π rad [radianów] = 360 stopni
 - $1 \text{ rad} = 206265''$
- Miara godzinowa (obrót Ziemi – 24 h)
 - kąt pełny = $360^\circ = 24^{\text{h}}$ [godziny]
 - $15^\circ = 1^{\text{h}} = 60^{\text{m}} \rightarrow 1^\circ = 4^{\text{m}}$
 - $1^{\text{m}} = 60^{\text{s}}$



Kąt płaski

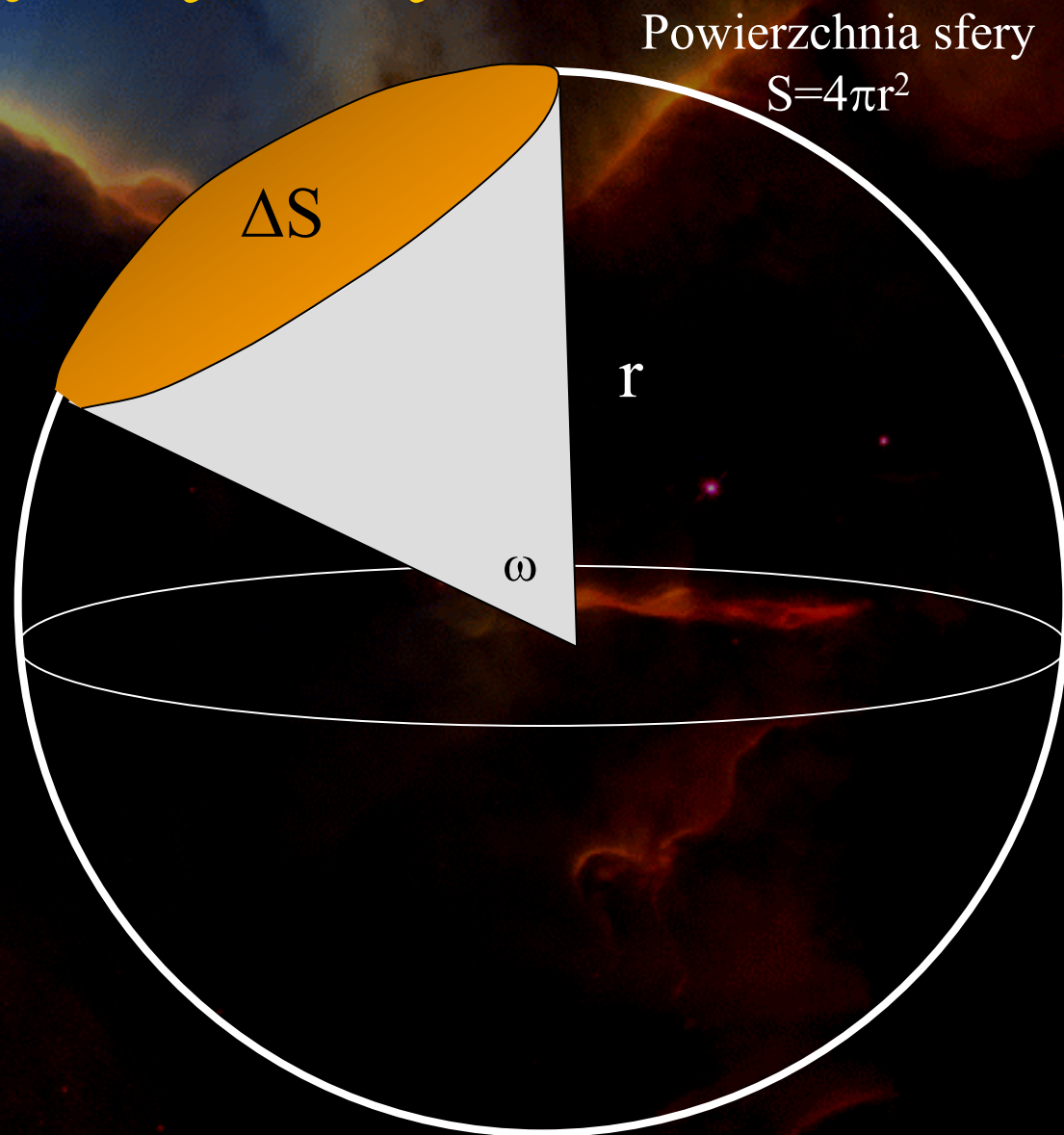
- Miara kąta
- Miara stopniowa
 - kąt pełny = 360° [stopni]
 - $1^\circ = 60'$ [minut łuku]
 - $1' = 60''$ [sekund łuku]
- Miara łukowa
 - $\alpha = l/r$
 - kąt pełny = 2π rad [radianów] = 360 stopni
 - $1 \text{ rad} = 206265''$
- Miara godzinowa (obróć Ziemi – 24 h)
 - kąt pełny = $360^\circ = 24^{\text{h}}$ [godziny]
 - $15^\circ = 1^{\text{h}} = 60^{\text{m}} \rightarrow 1^\circ = 4^{\text{m}}$
 - $1^{\text{m}} = 60^{\text{s}}$



Kąt bryłowy

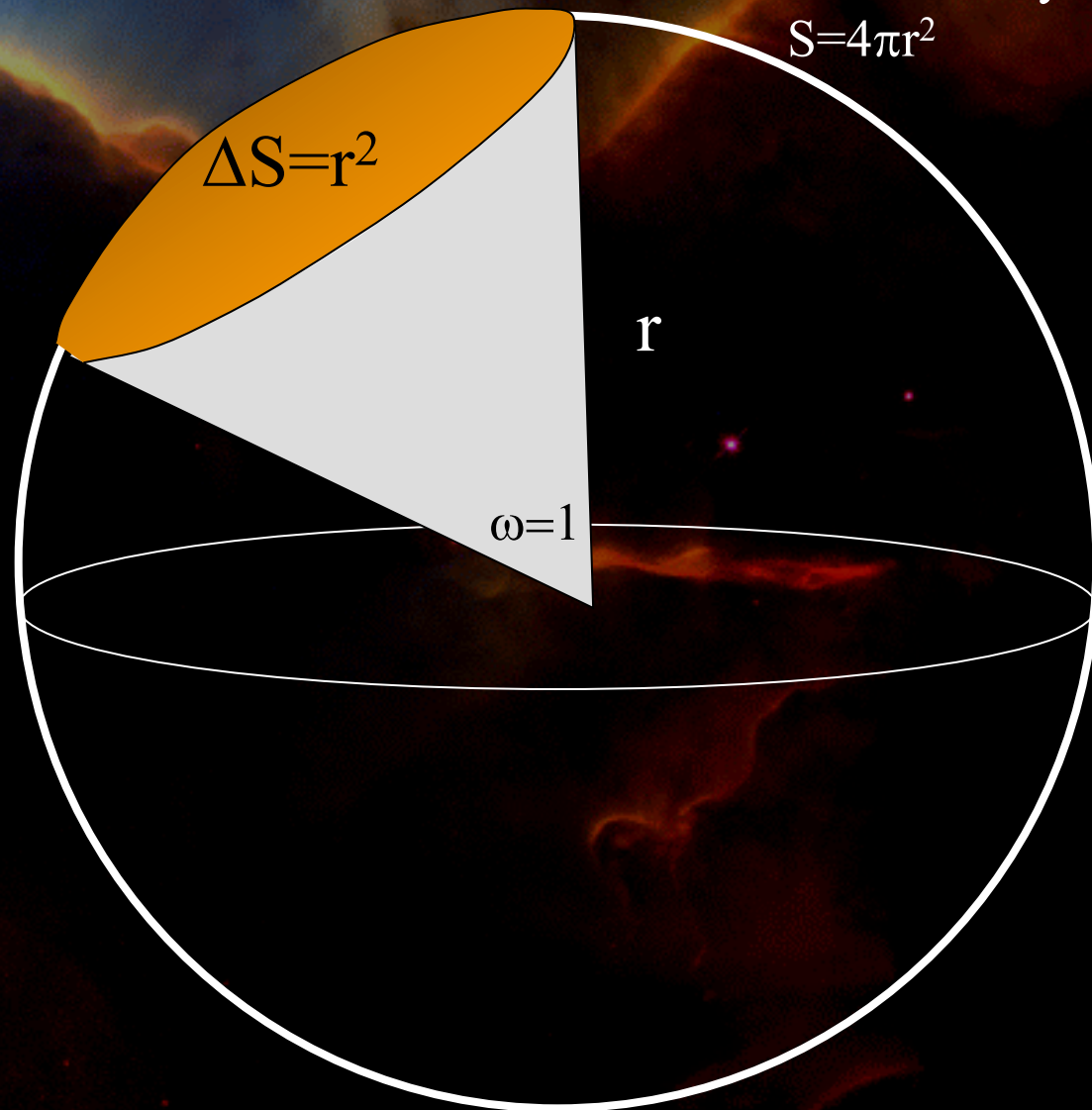
- Kąt bryłowy:

$$\omega = \Delta S / r^2$$



Kąt bryłowy

Powierzchnia sfery
 $S=4\pi r^2$



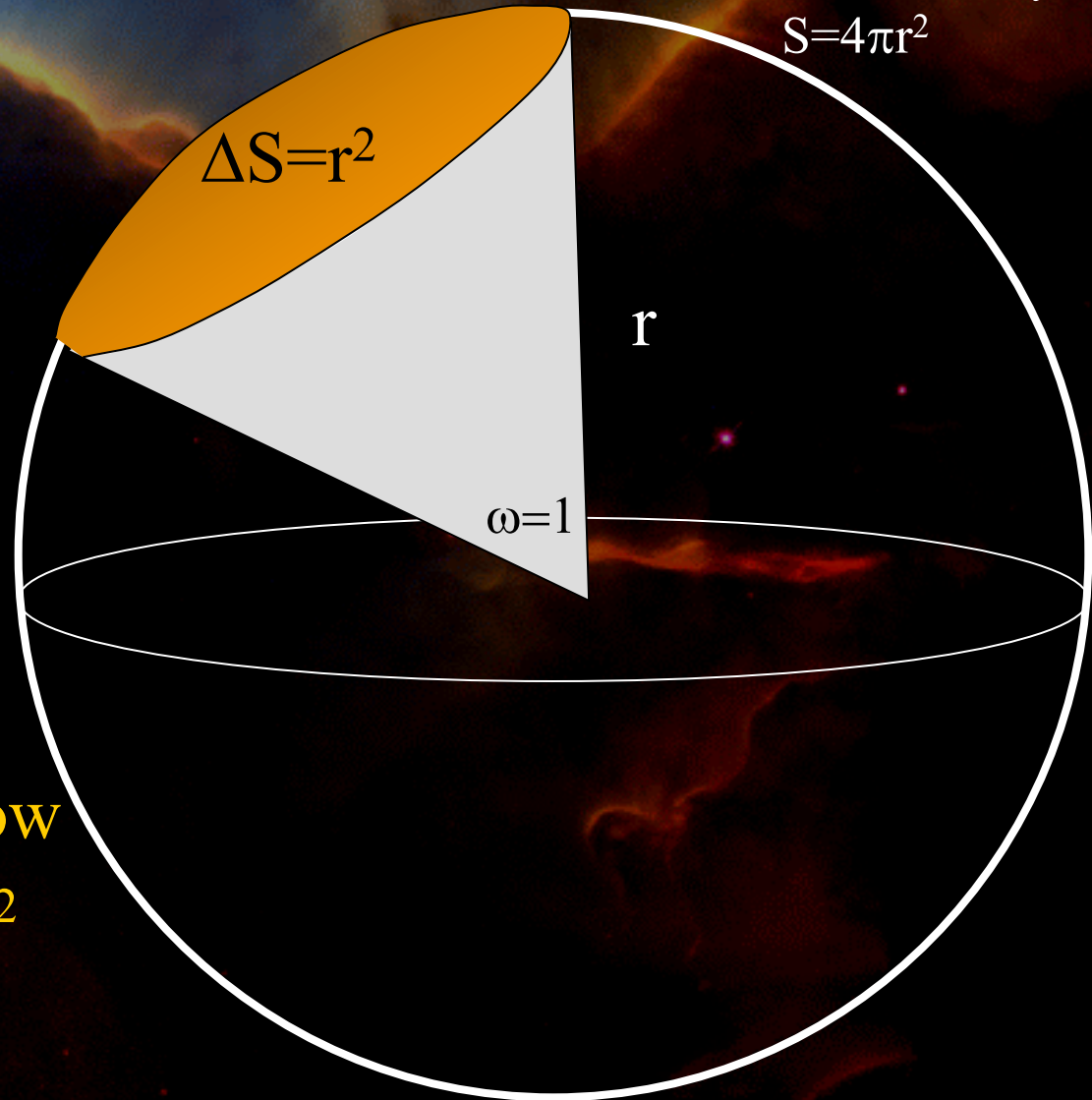
- Kąt bryłowy:

$$\omega = \Delta S / r^2$$

$$\Delta S = r^2 \rightarrow \omega = 1$$

Kąt bryłowy

Powierzchnia sfery
 $S=4\pi r^2$



- Kąt bryłowy:

$$\omega = \Delta S / r^2$$

$$\Delta S = r^2 \rightarrow \omega = 1$$

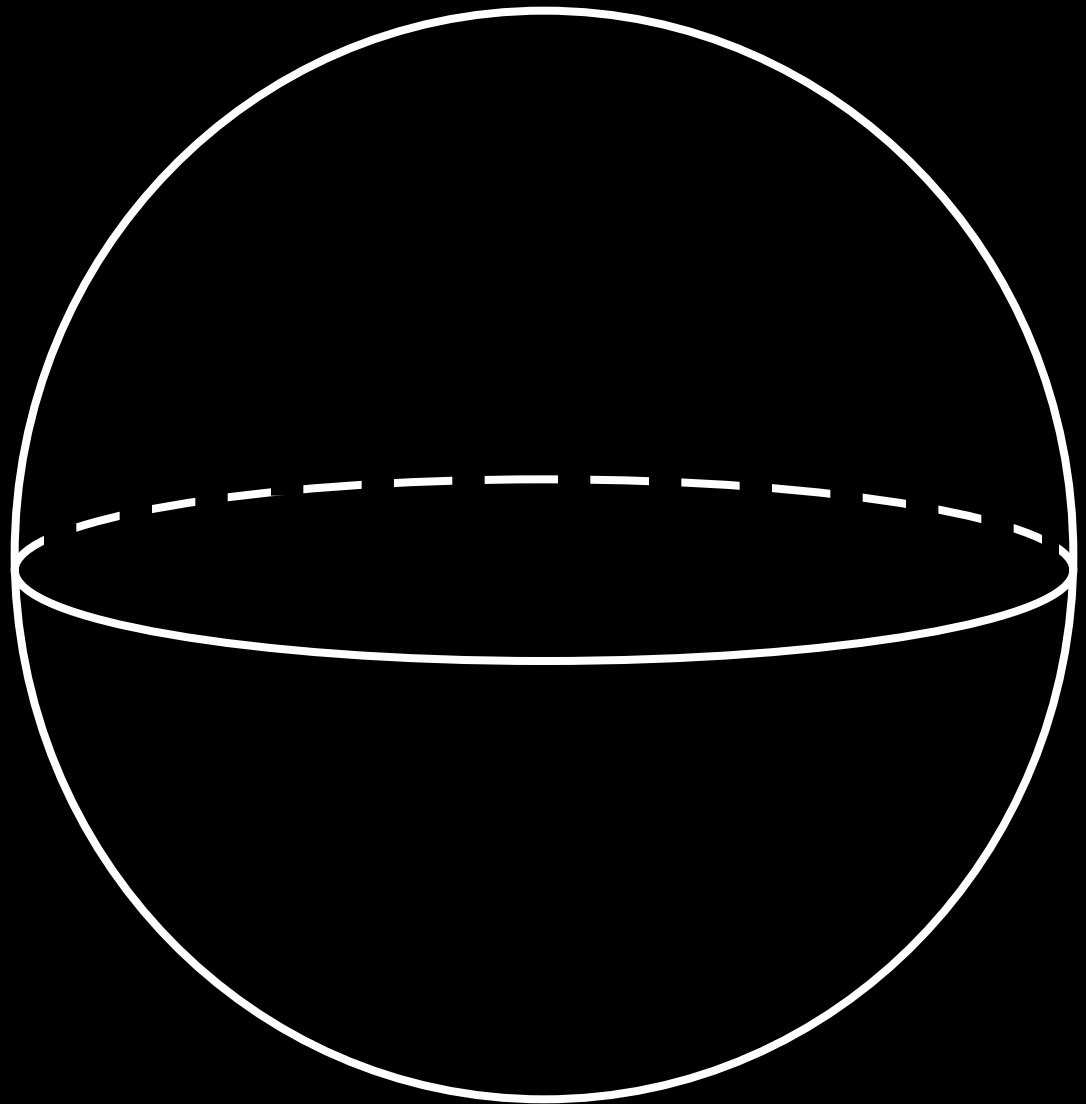
- Cała sfera

$$S = 4\pi \text{ steradianów}$$

$$S = 41253 \text{ stopni}^2$$

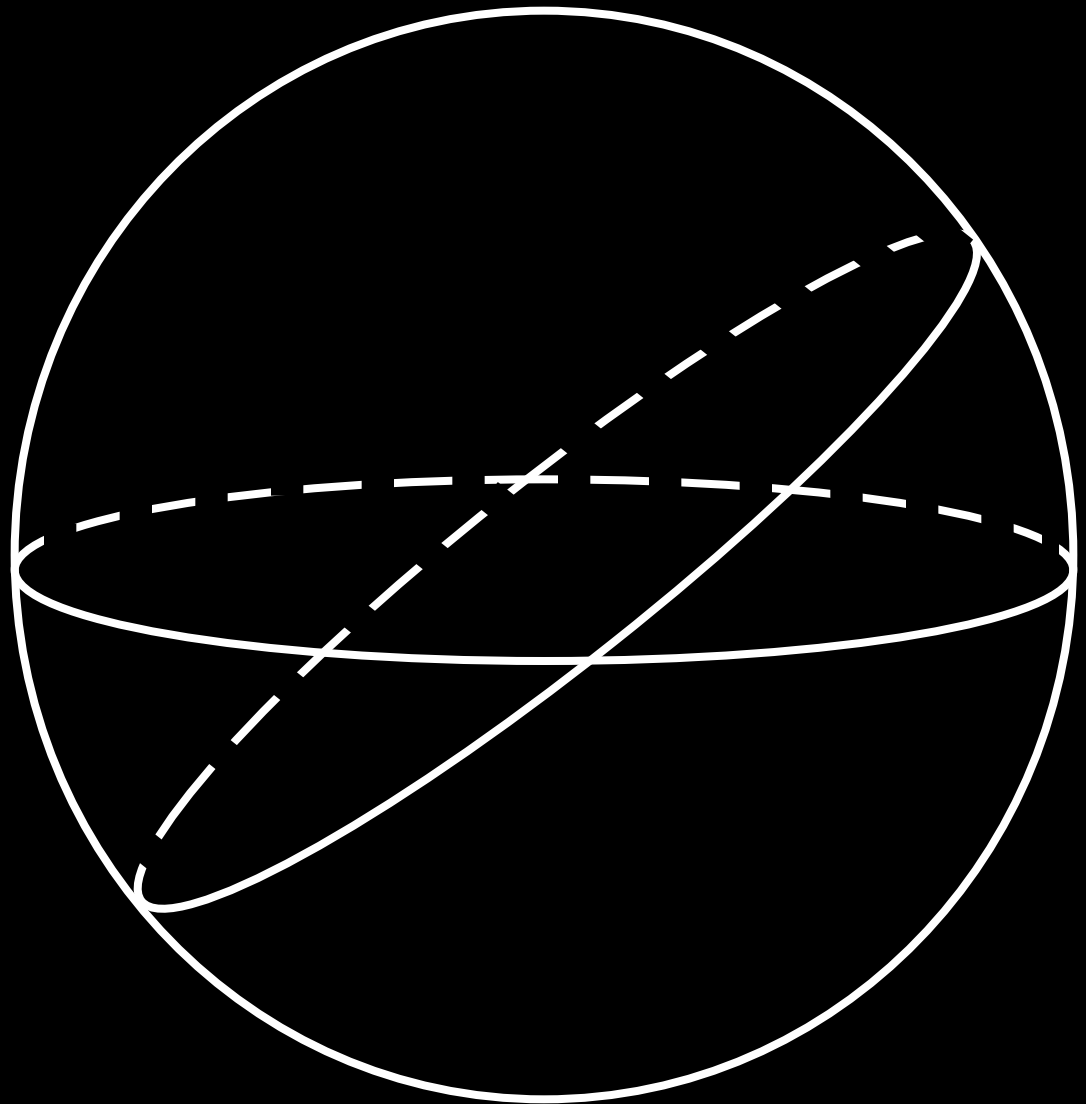
Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie



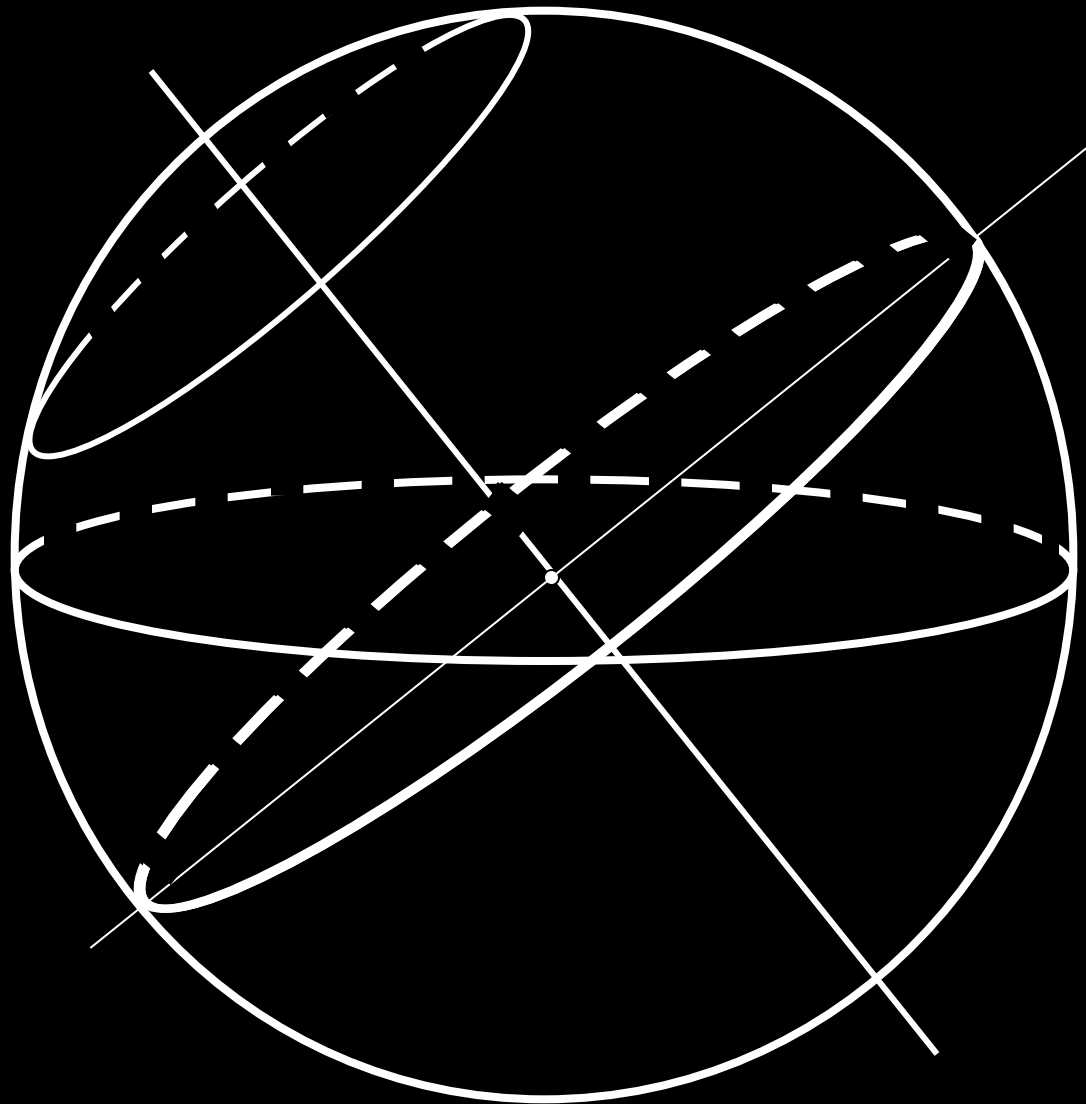
Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie



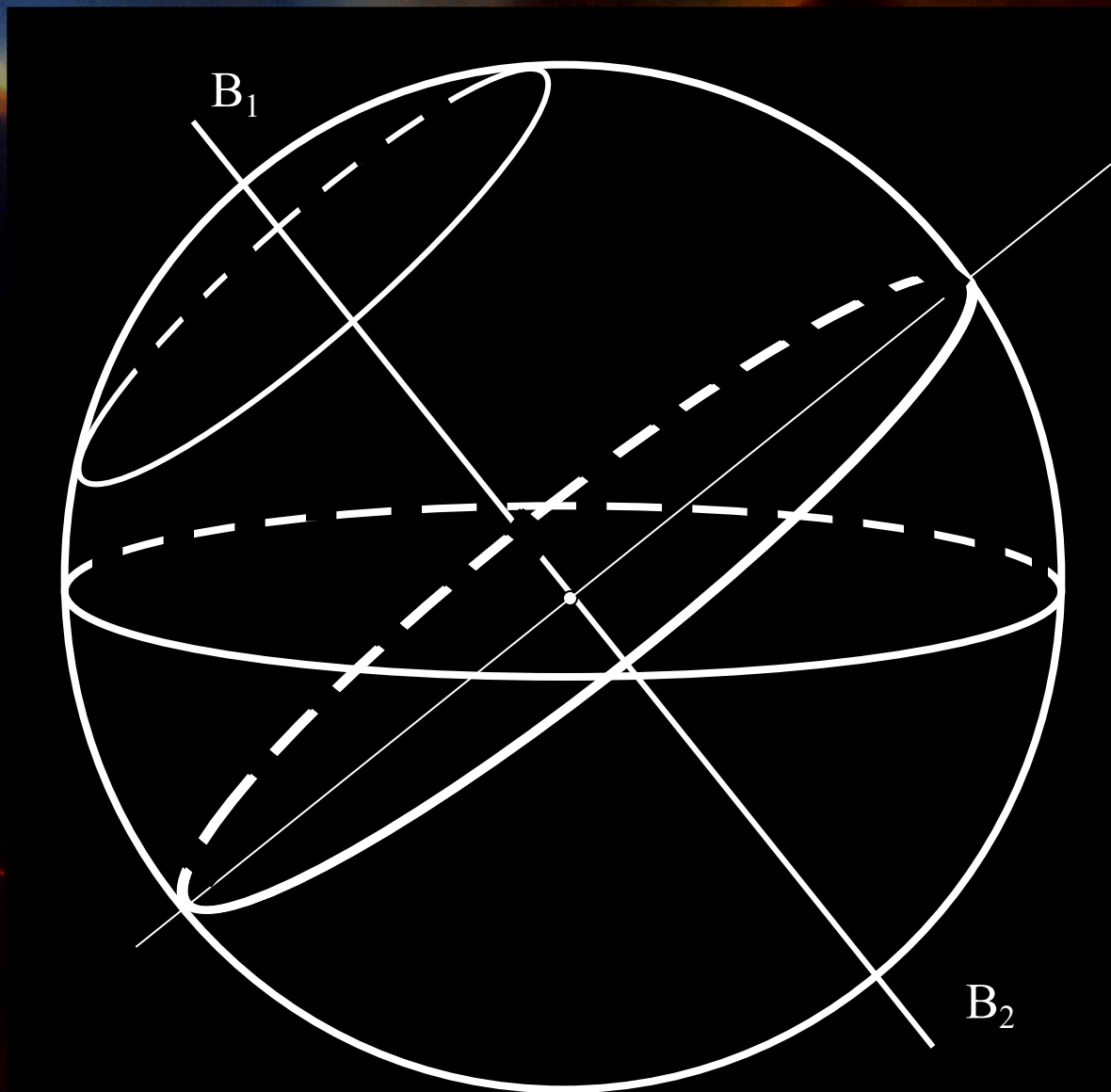
Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie
- koło małe
- oś



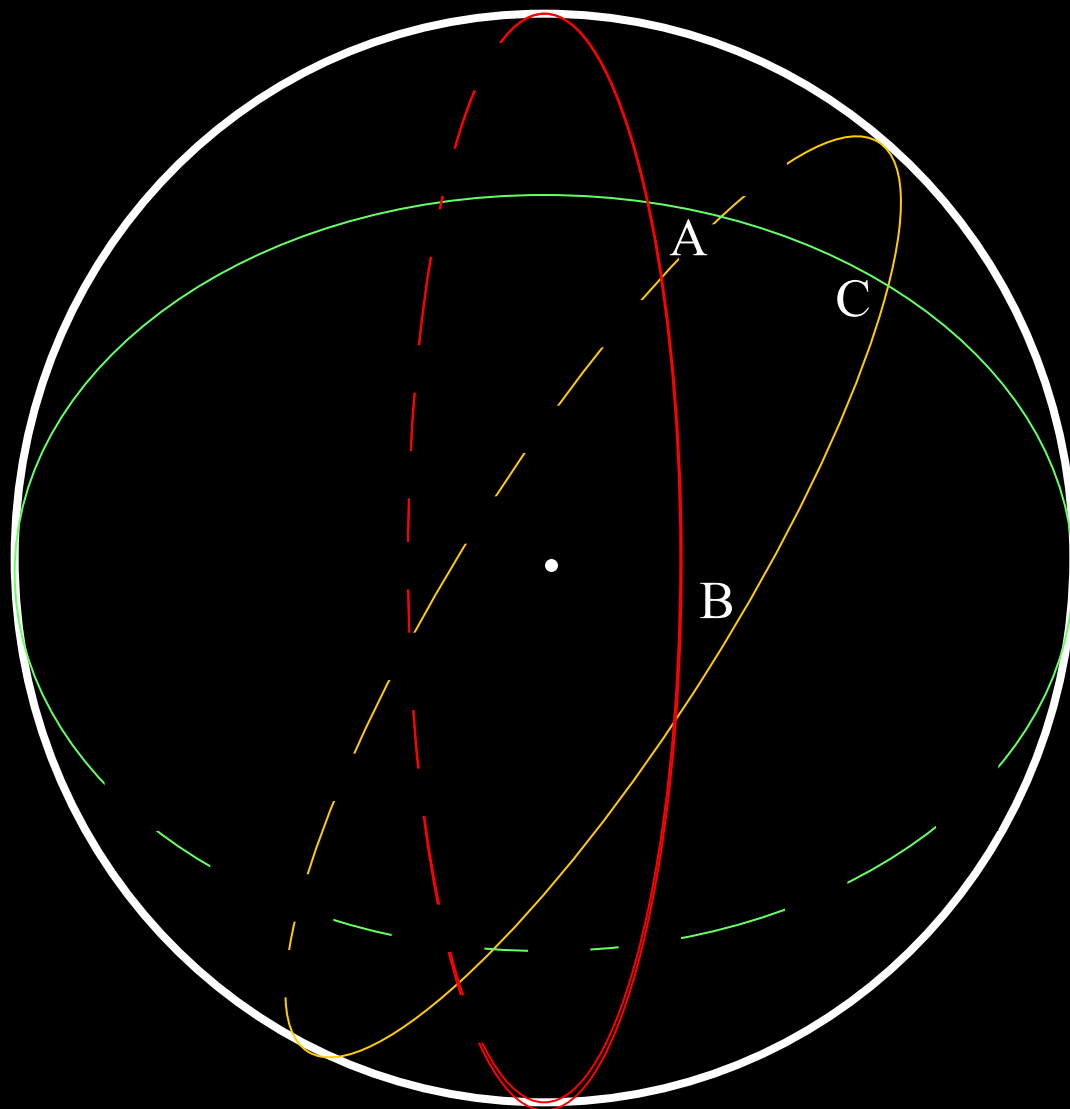
Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie
- koło małe
- oś
- bieguny



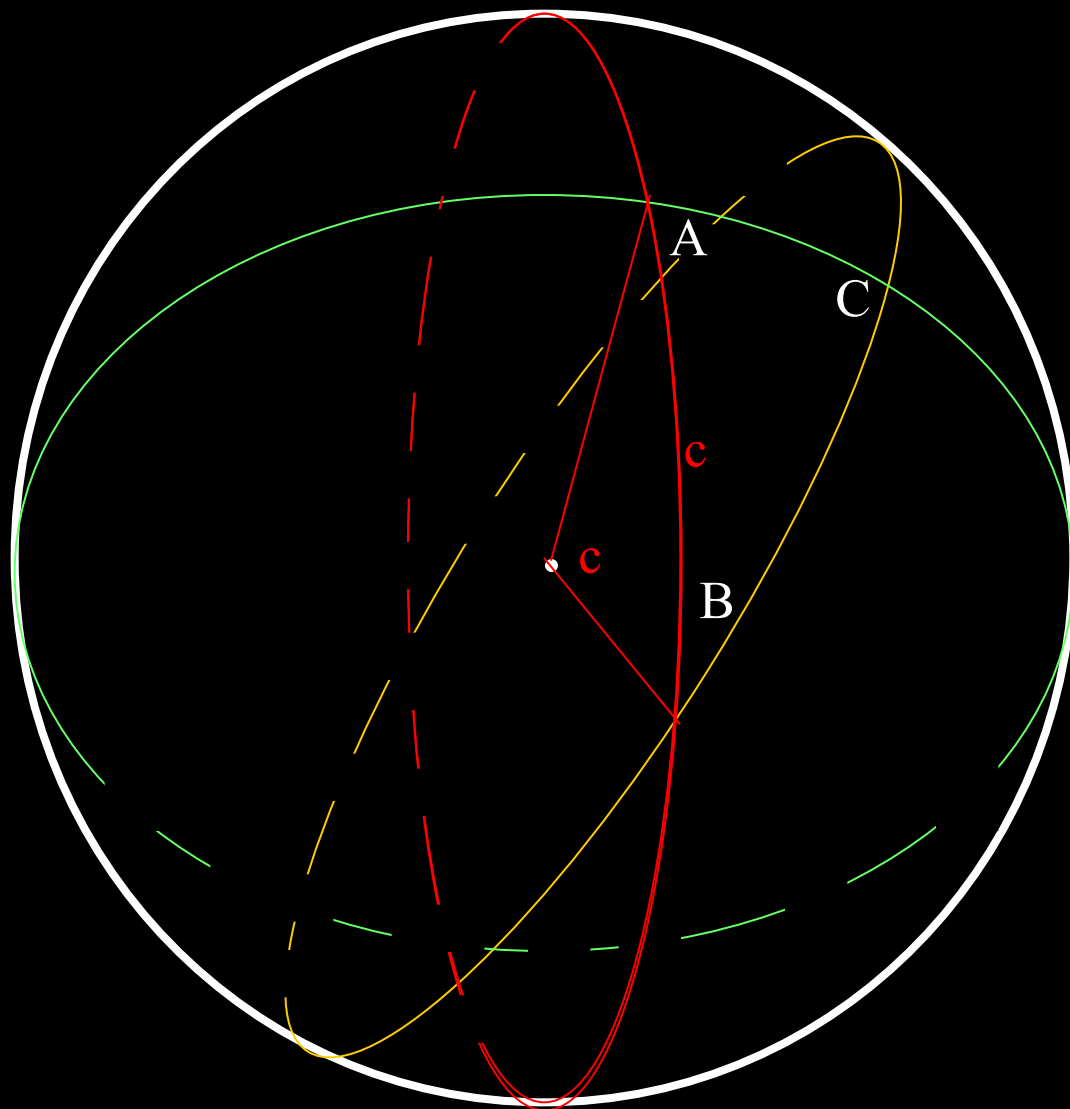
Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie
- koło małe
- oś
- bieguny
- trójkąt sferyczny



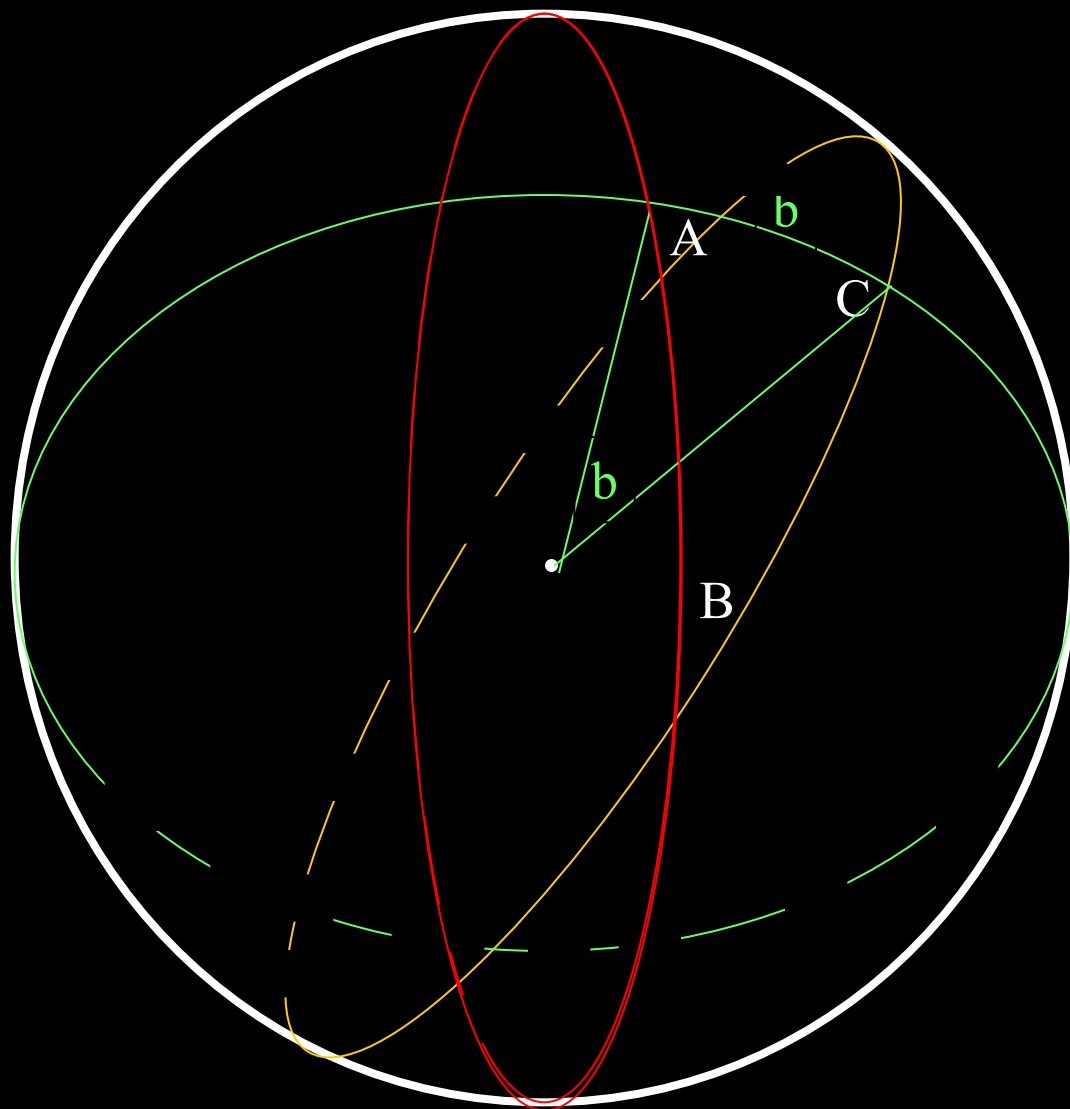
Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie
- koło małe
- oś
- bieguny
- trójkąt sferyczny
- kąty



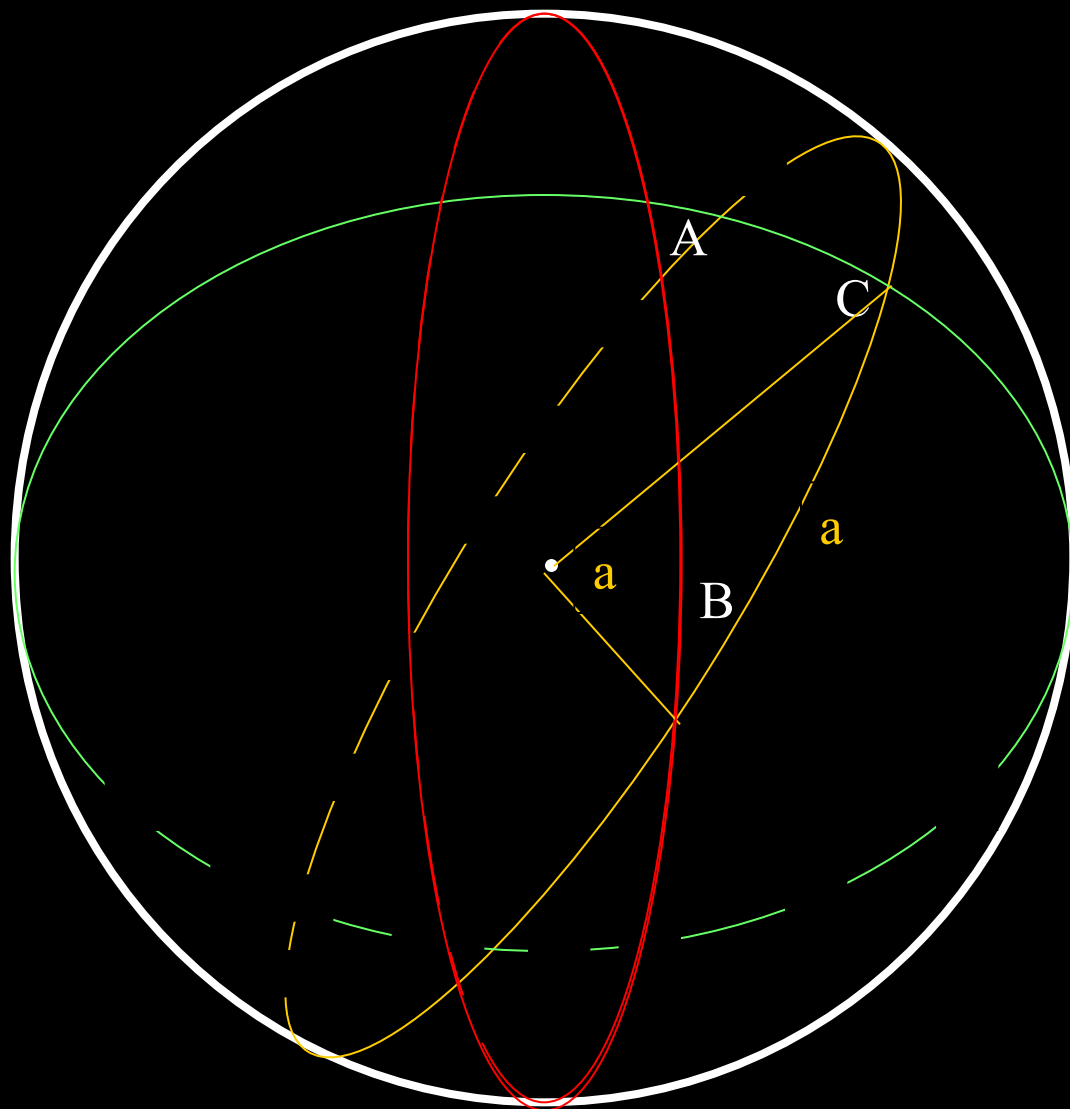
Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie
- koło małe
- oś
- bieguny
- trójkąt sferyczny
- kąty



Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie
- koło małe
- oś
- bieguny
- trójkąt sferyczny
- kąty

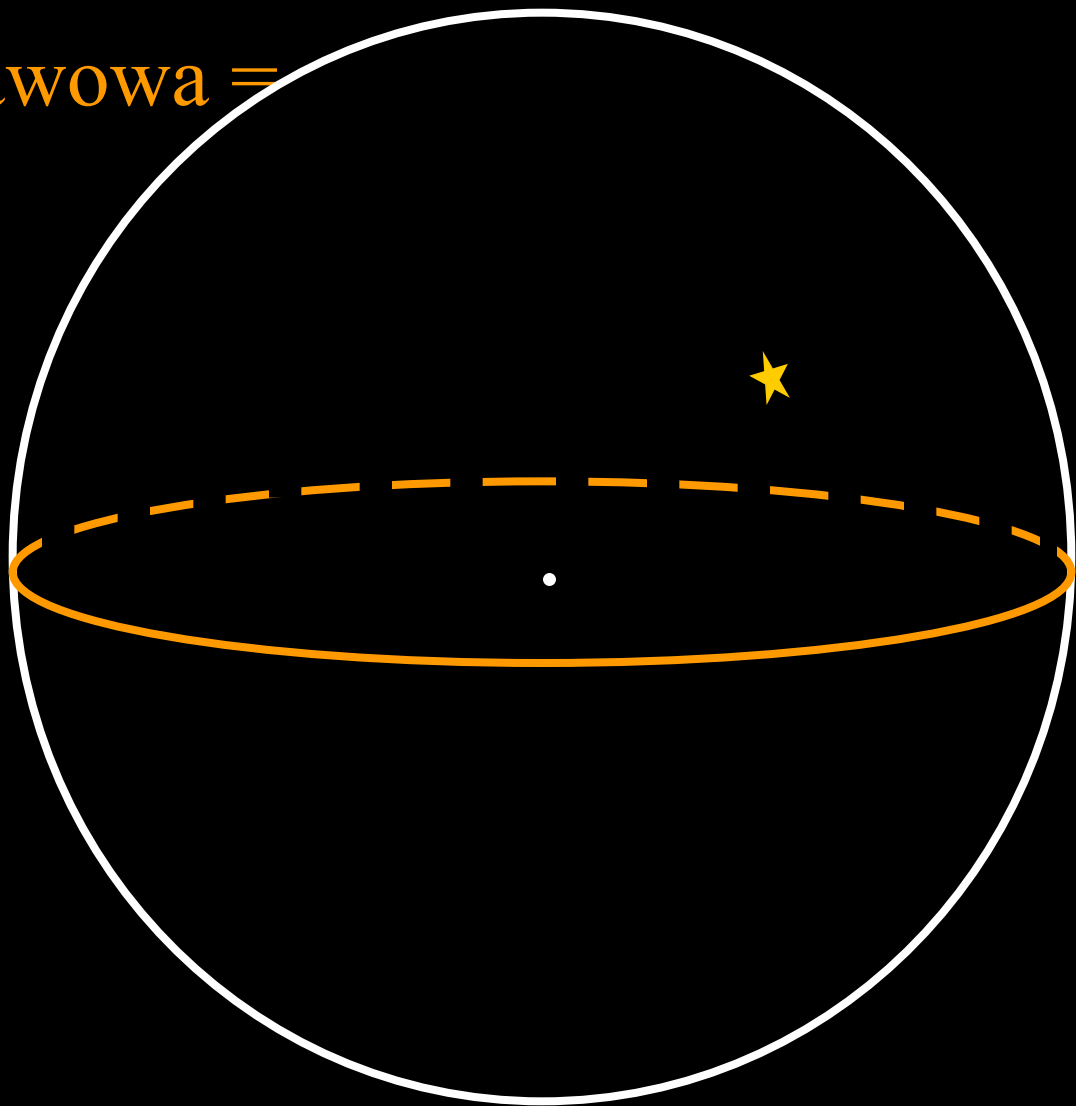


Współrzędne na sferze



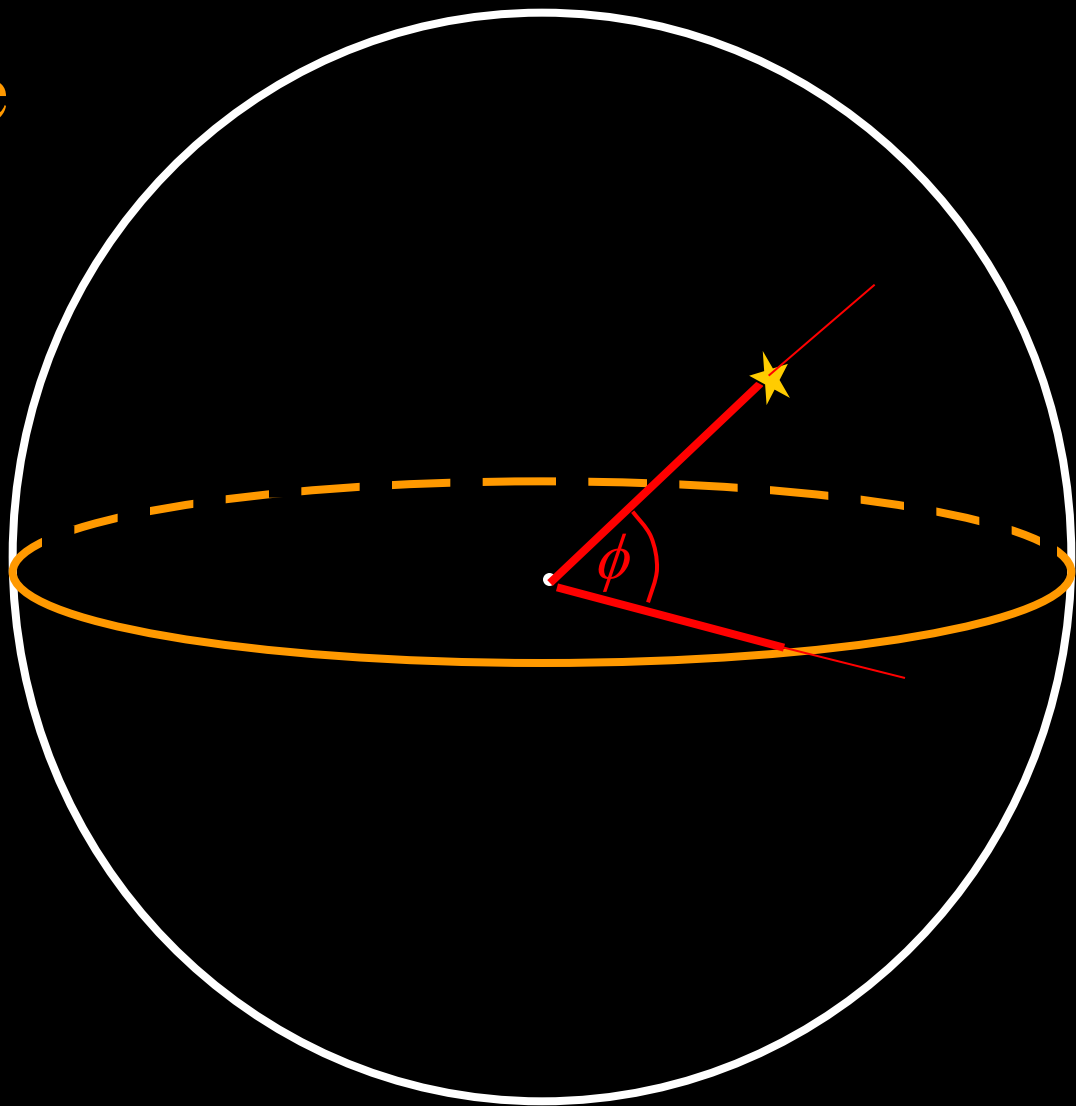
Współrzędne na sferze

- płaszczyzna podstawowa =
- koło podstawowe



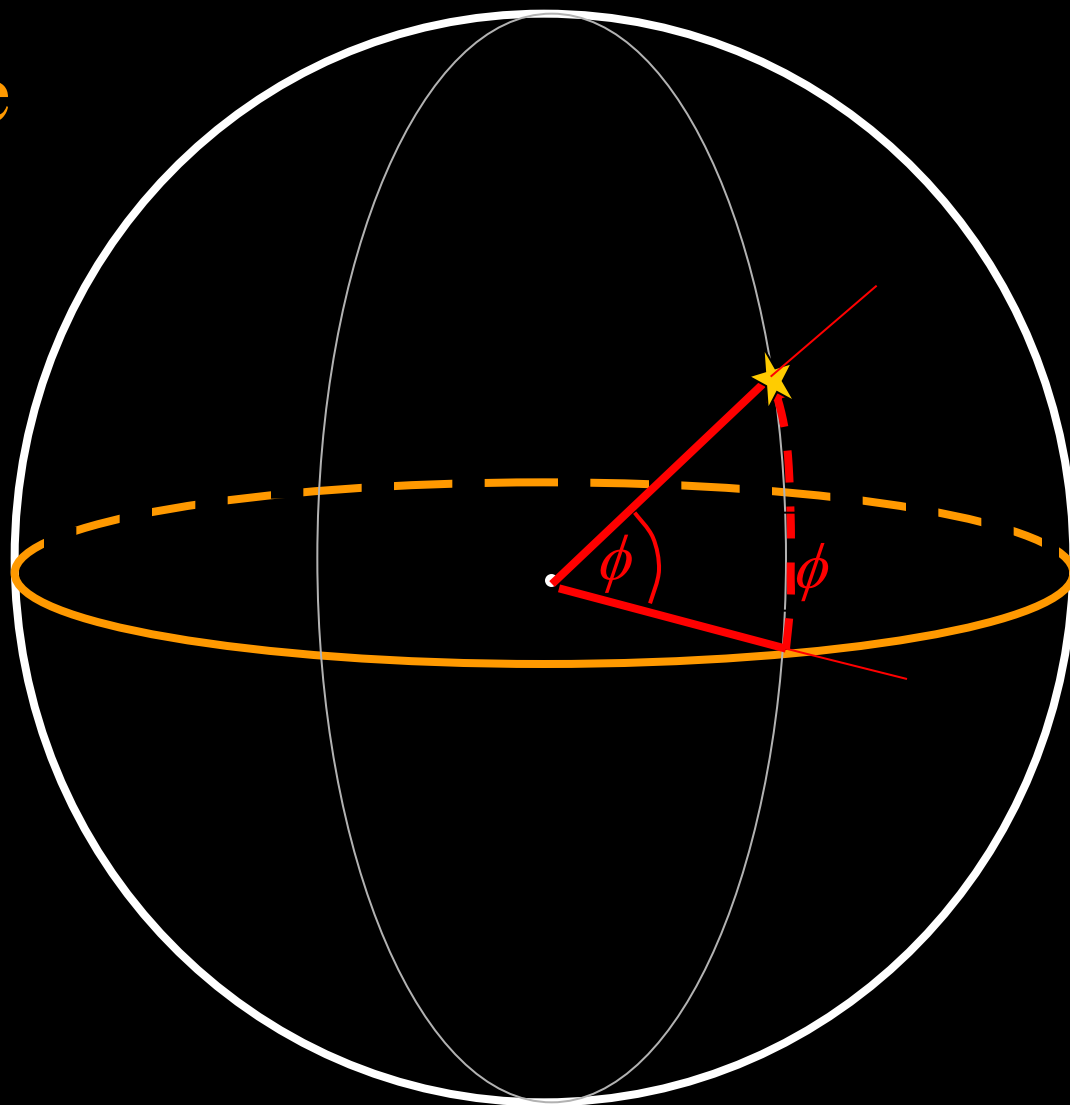
Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
– szerokość ϕ



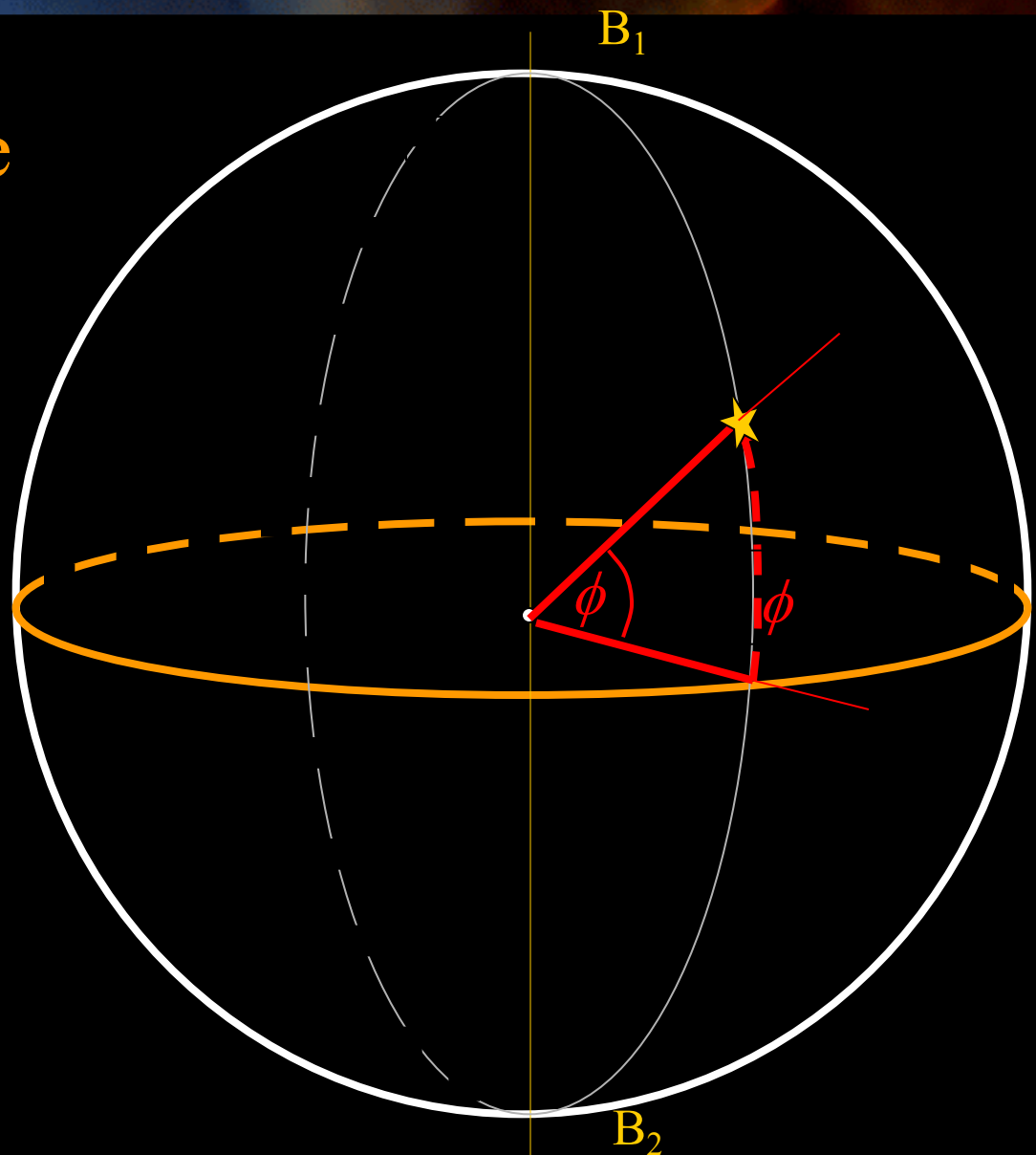
Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
– szerokość ϕ
- koło
wierzchołkowe



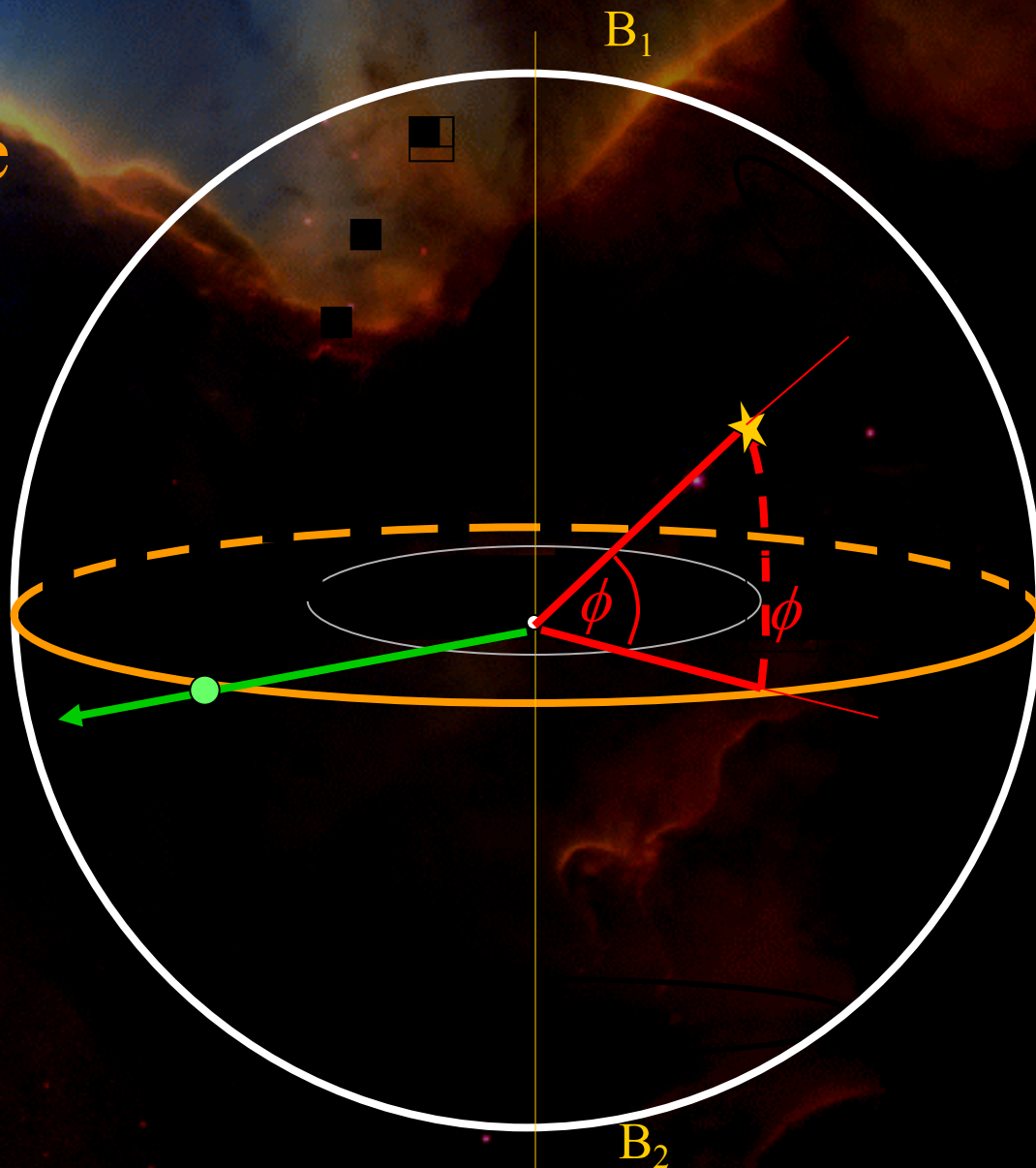
Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
– szerokość ϕ
- koło
wierzchołkowe
- oś, bieguny



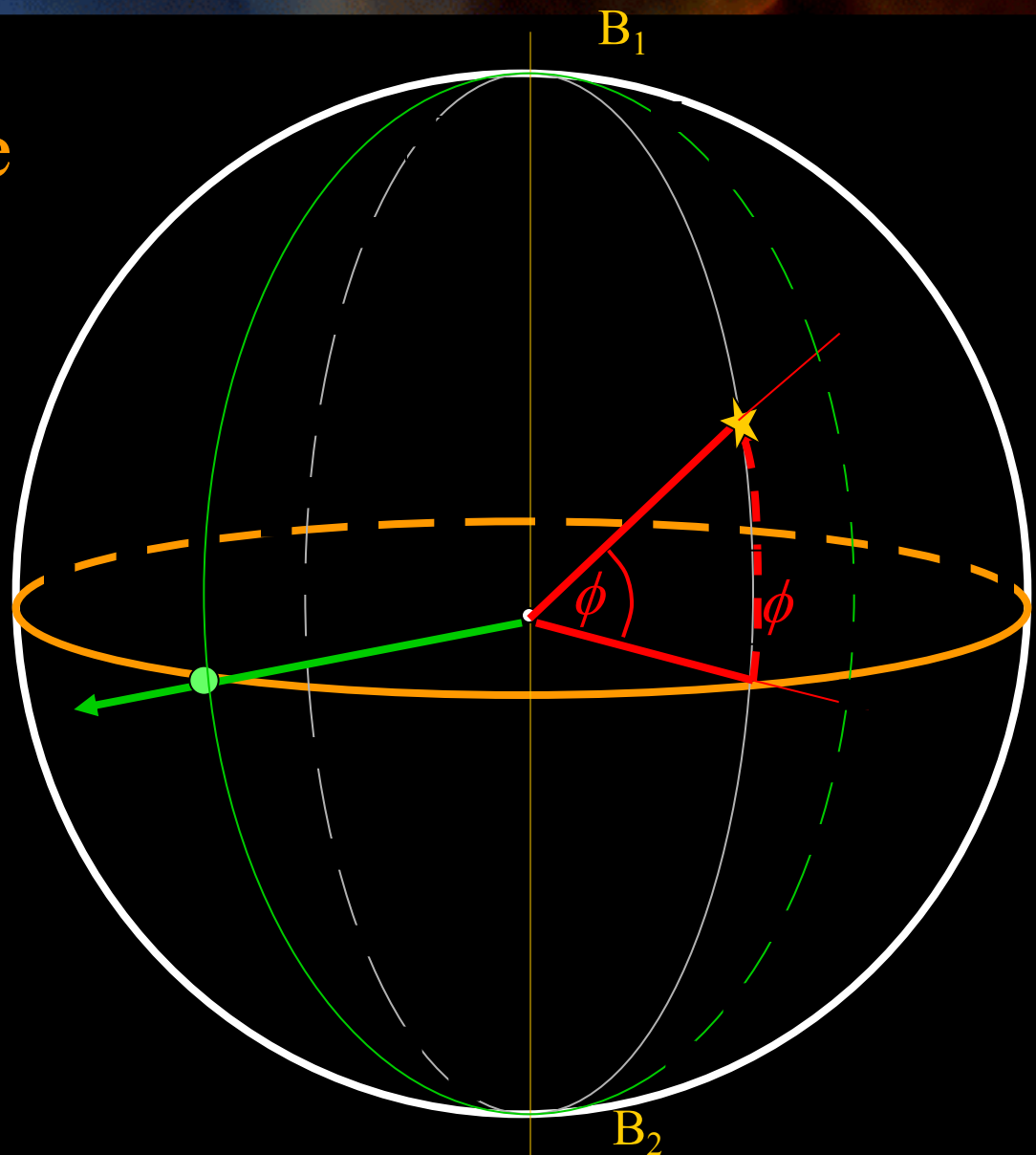
Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
– szerokość ϕ
- oś, bieguny
- kierunek
początkowy



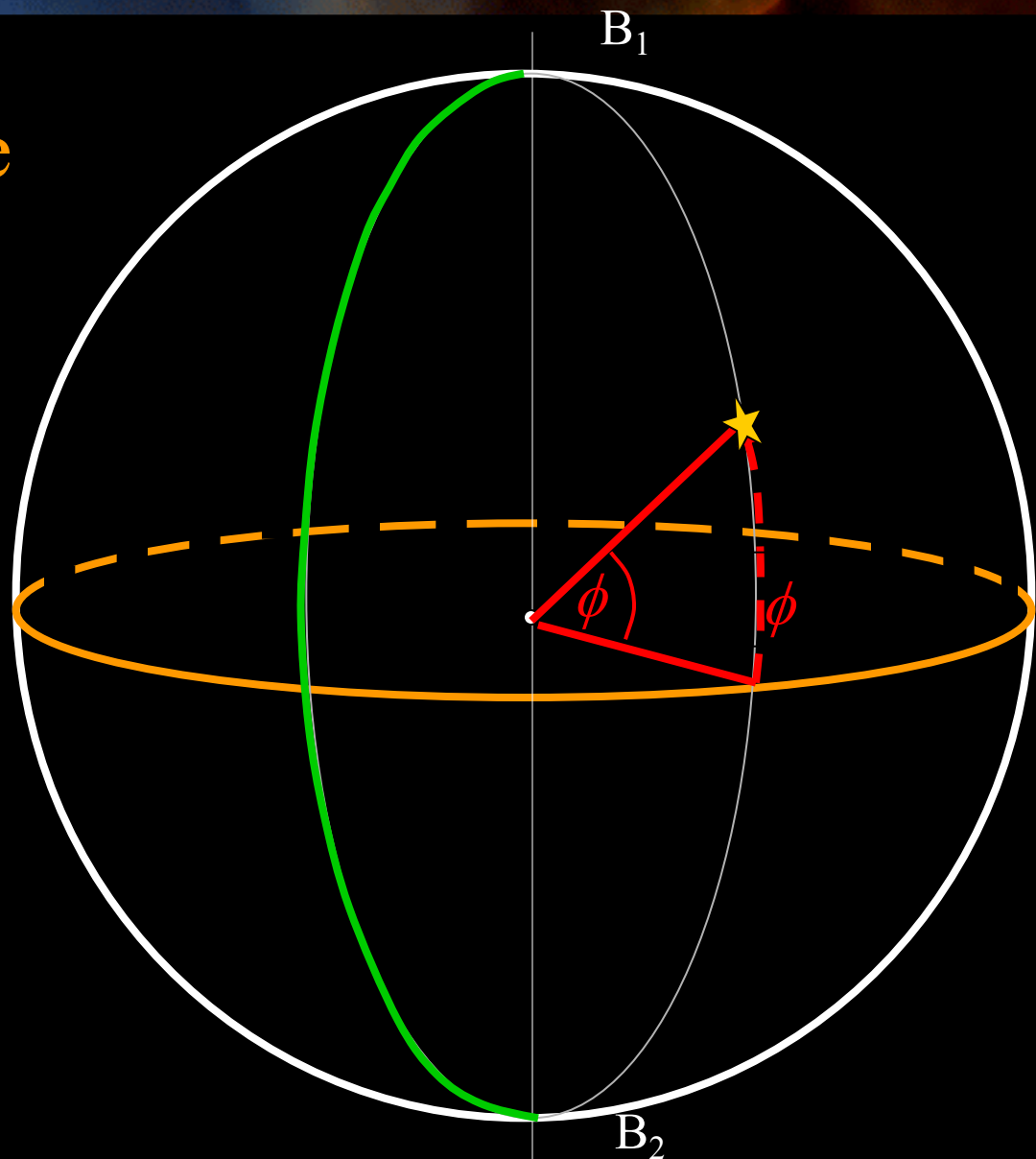
Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
– szerokość ϕ
- oś, bieguny
- kierunek
początkowy =
- koło początkowe



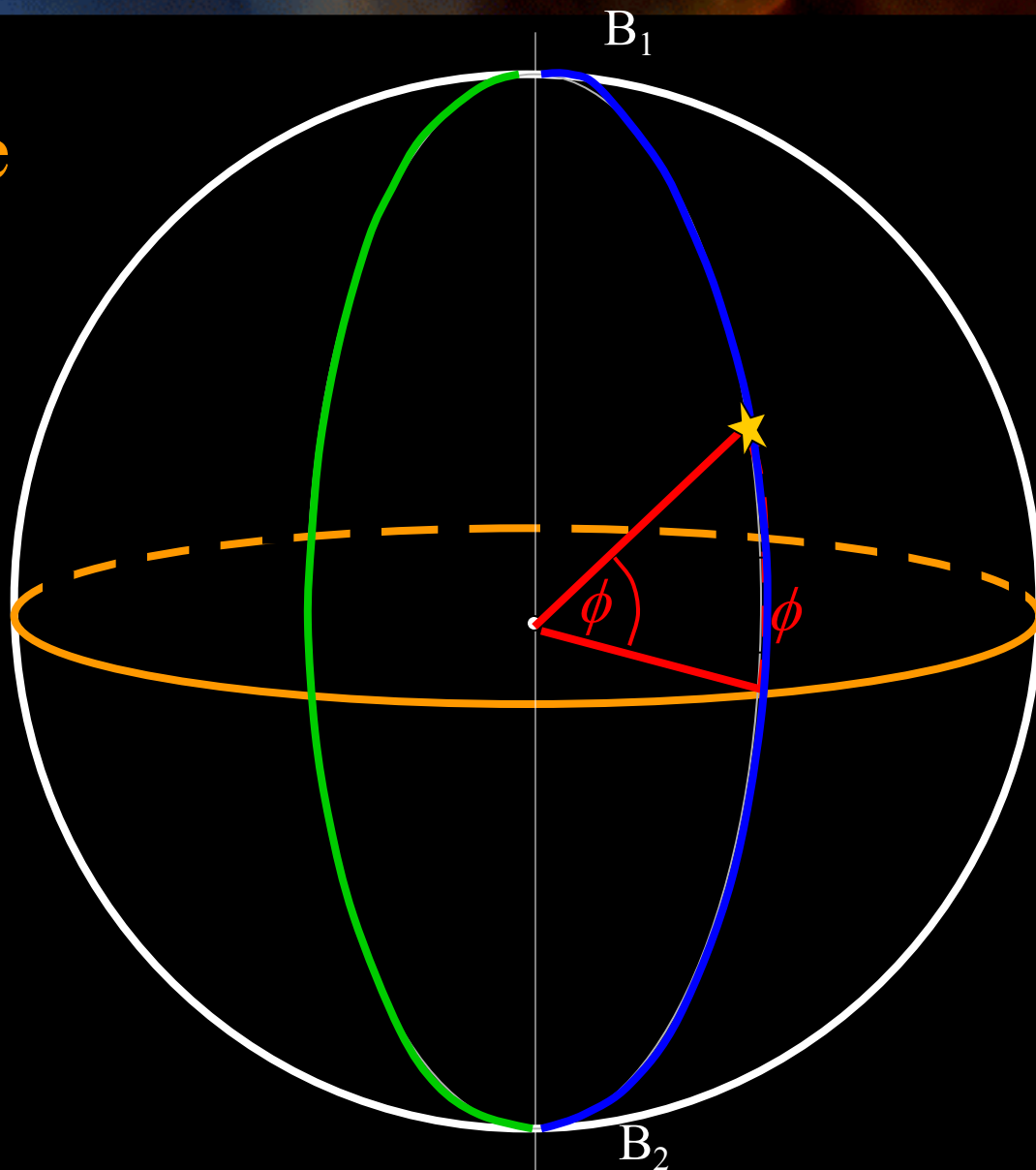
Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
– szerokość ϕ
- oś, bieguny
- koło początkowe
(półkole)



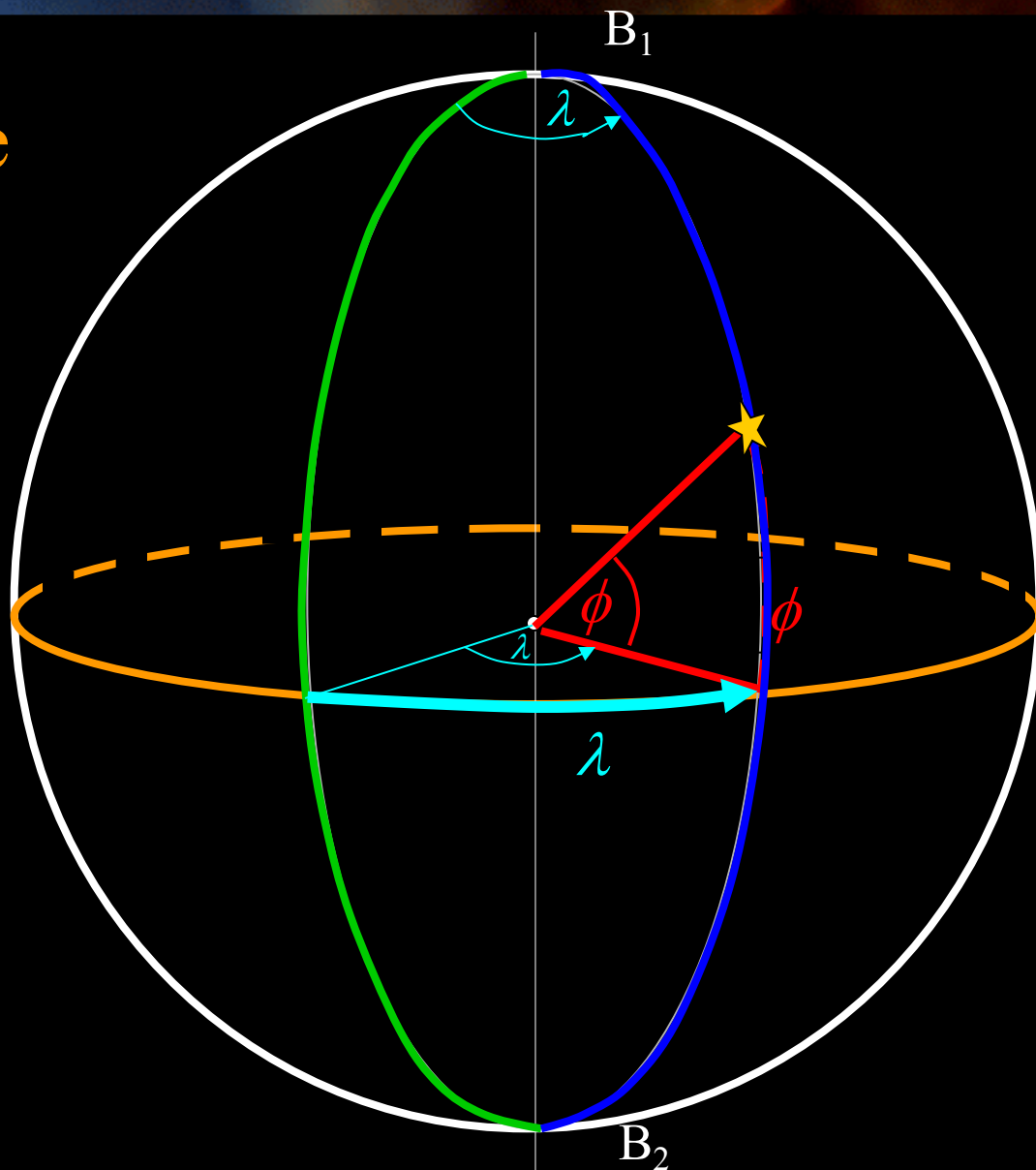
Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
– szerokość ϕ
- oś, bieguny
- półkole
początkowe
- półkole
przechodzące
przez punkt



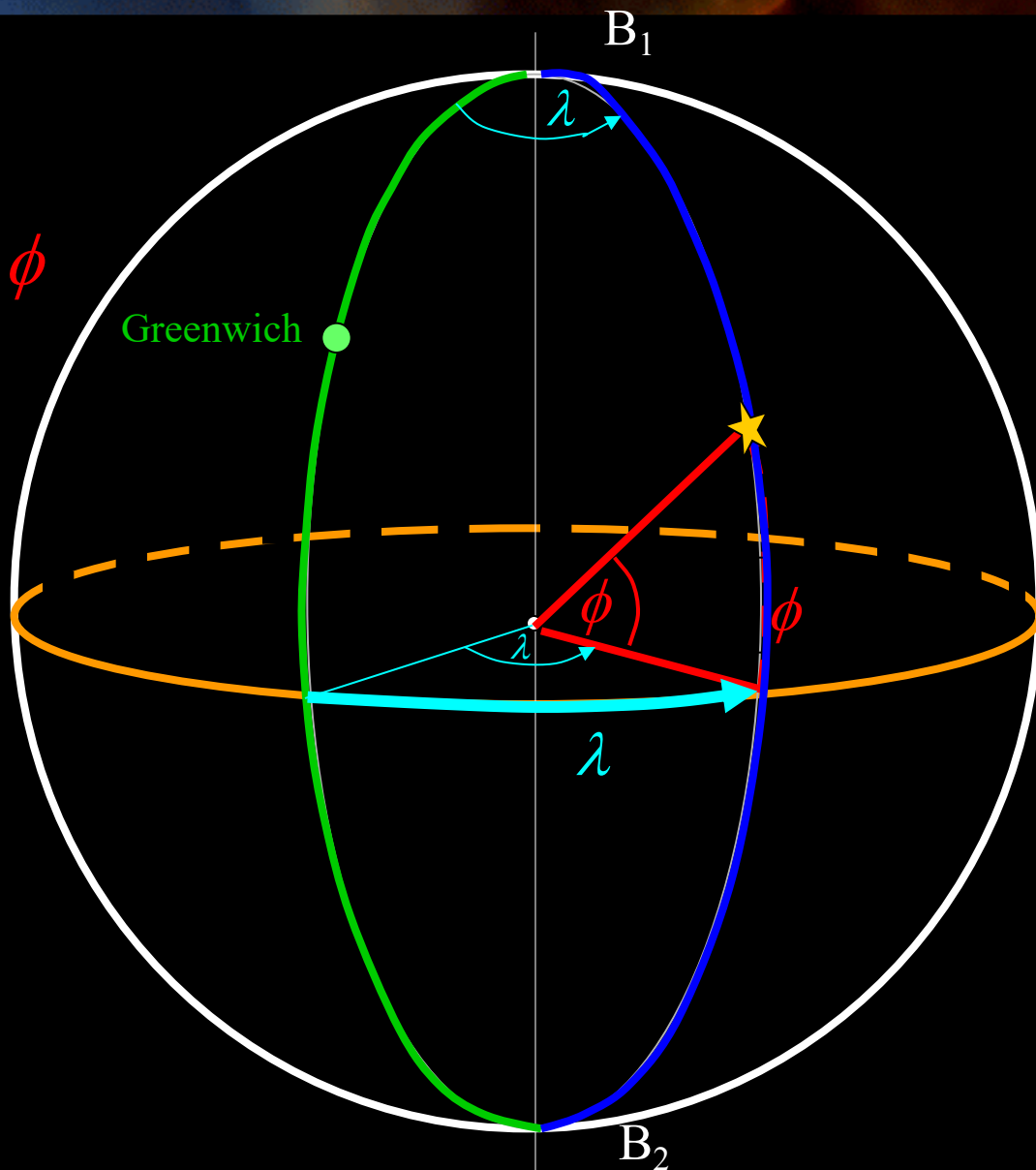
Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
– „szerokość” ϕ
- oś, bieguny
- półkole
początkowe
- półkole
przechodzące
przez punkt ★
– „długość” λ



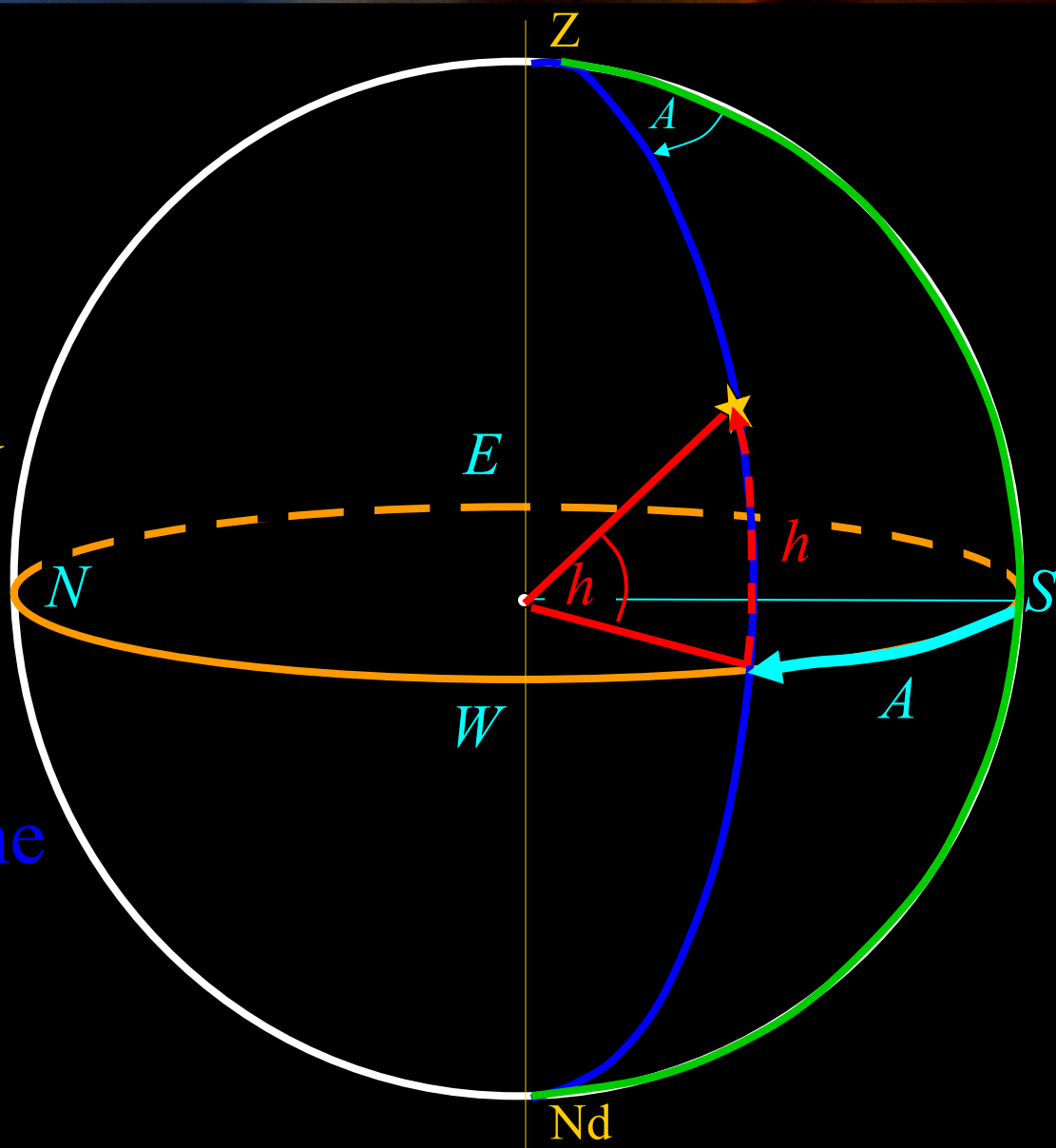
Współrzędne geograficzne

- równik Ziemi
 - szerokość geogr. ϕ
- oś, bieguny
- południk zerowy
 - Greenwich
- południk lokalny
 - długość geogr. λ



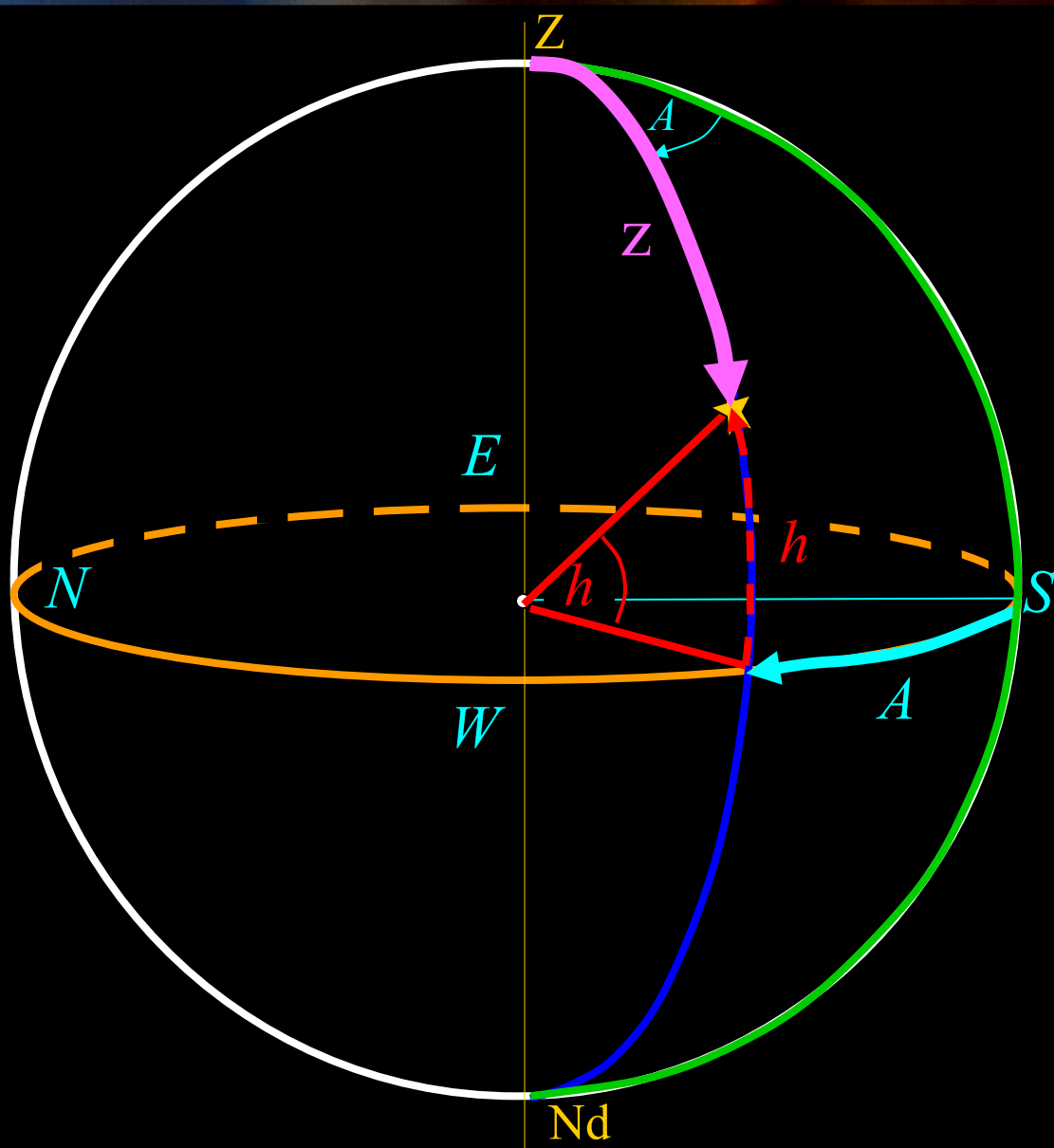
Współrzędne horyzontalne

- horyzont
 - wysokość h
- pion
 - zenit Z , nadir Nd
- południk lokalny
- koło wertykalne
 - azymut A
- punkty kardynalne
 - N, S, W, E



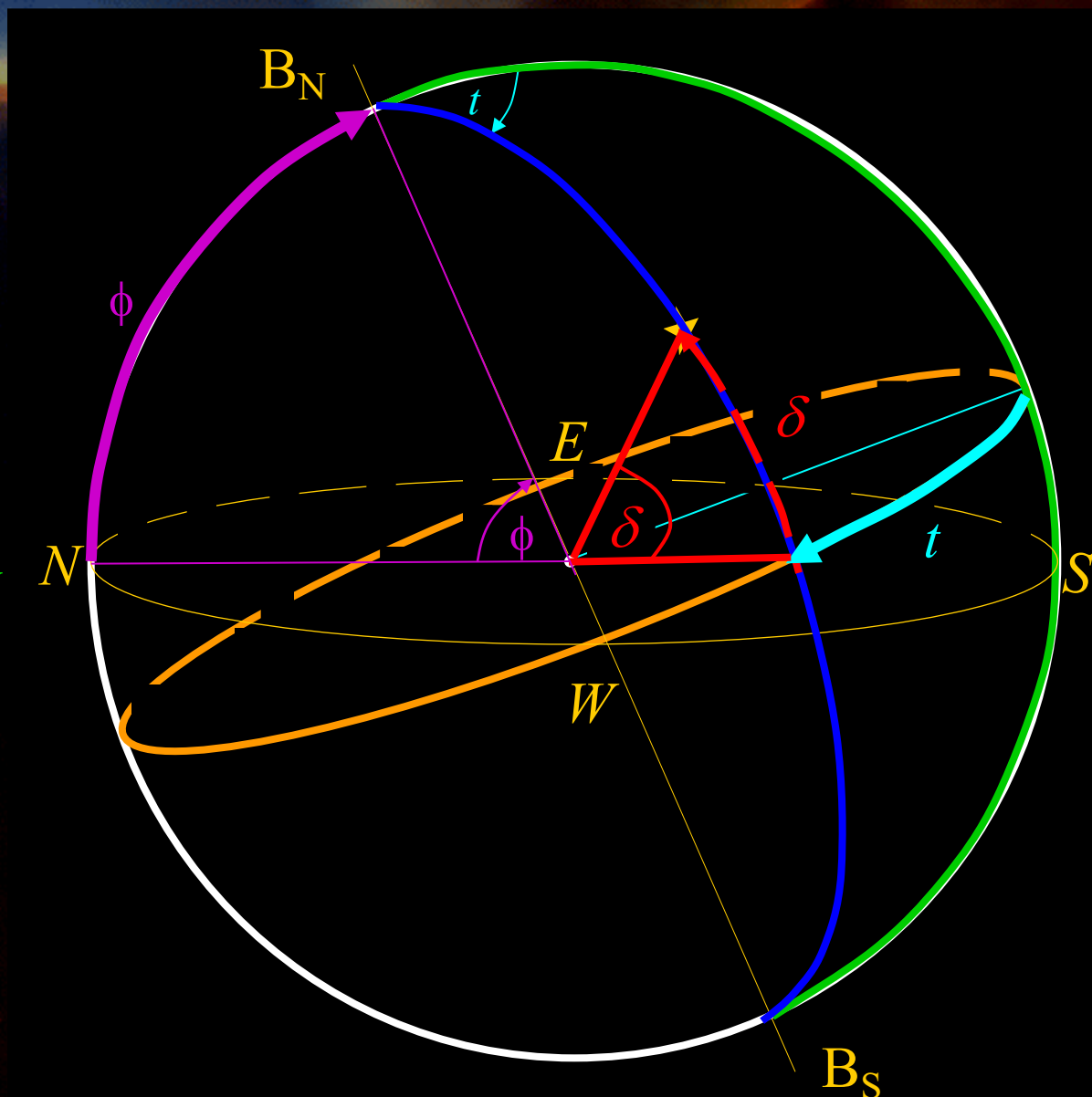
Współrzędne horyzontalne

- horyzont
 - wysokość h
- pion
 - zenit Z , nadir Nd
- południk lokalny
- koło wertykalne
 - azymut A
- punkty kardynalne
 - N, S, W, E
- odległość zenitalna
 - $z = 90 - h$



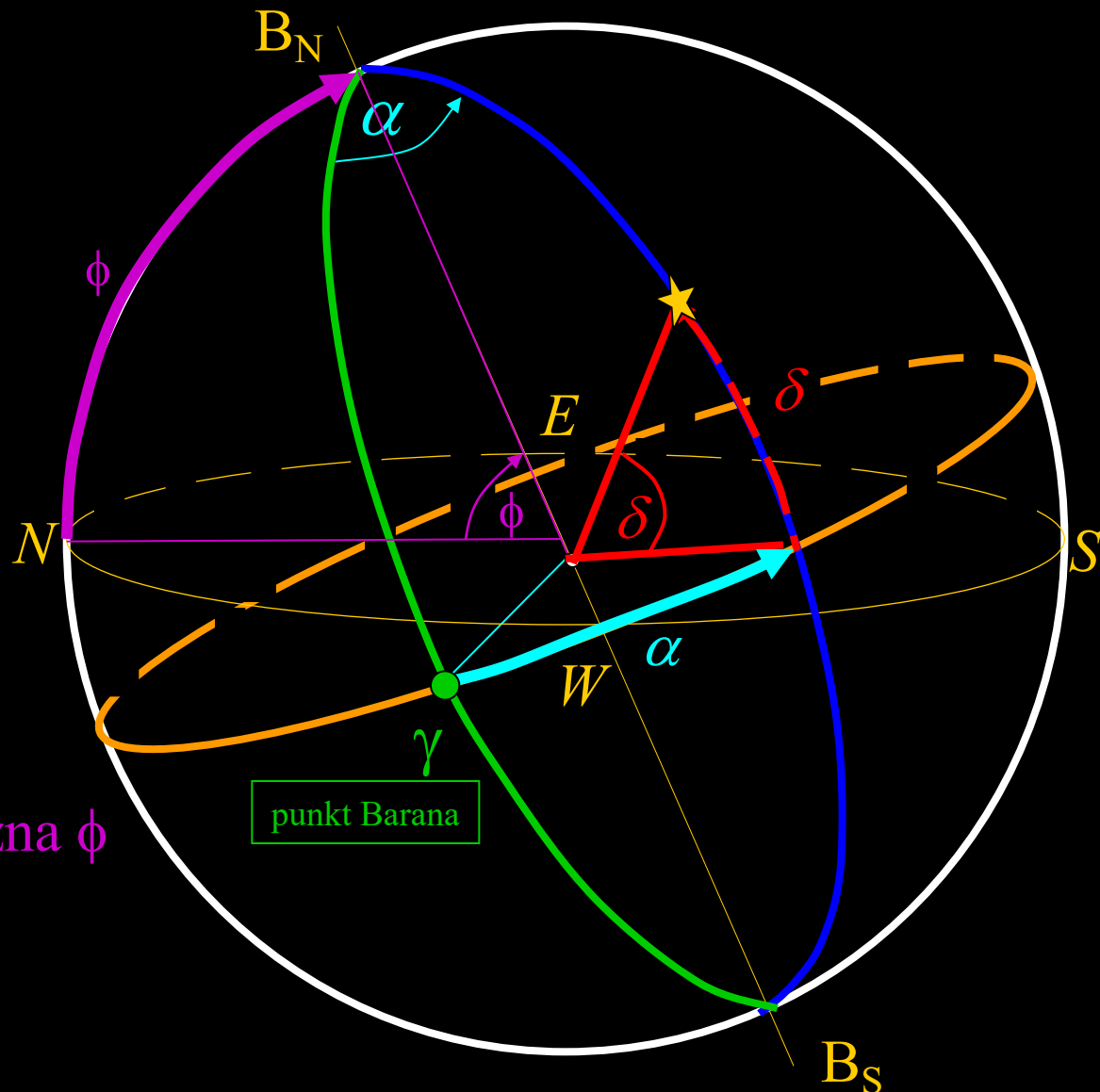
Współrzędne równikowe I

- horyzont
- równik
 - deklinacja δ
- oś świata
 - bieguny niebieskie:
 - północny - B_N
 - południowy - B_S
- południk lokalny
- koło godzinne
 - kąt godzinny t
- szerokość geograficzna ϕ

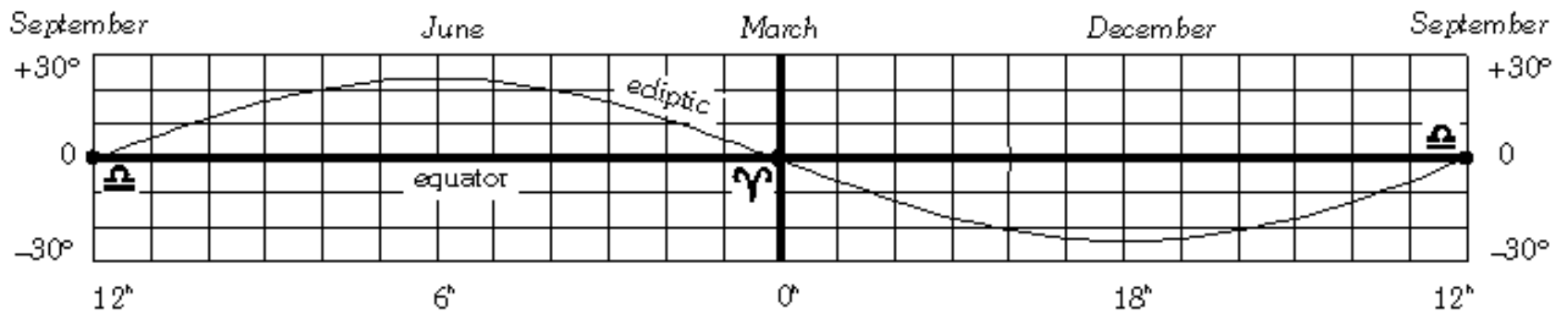
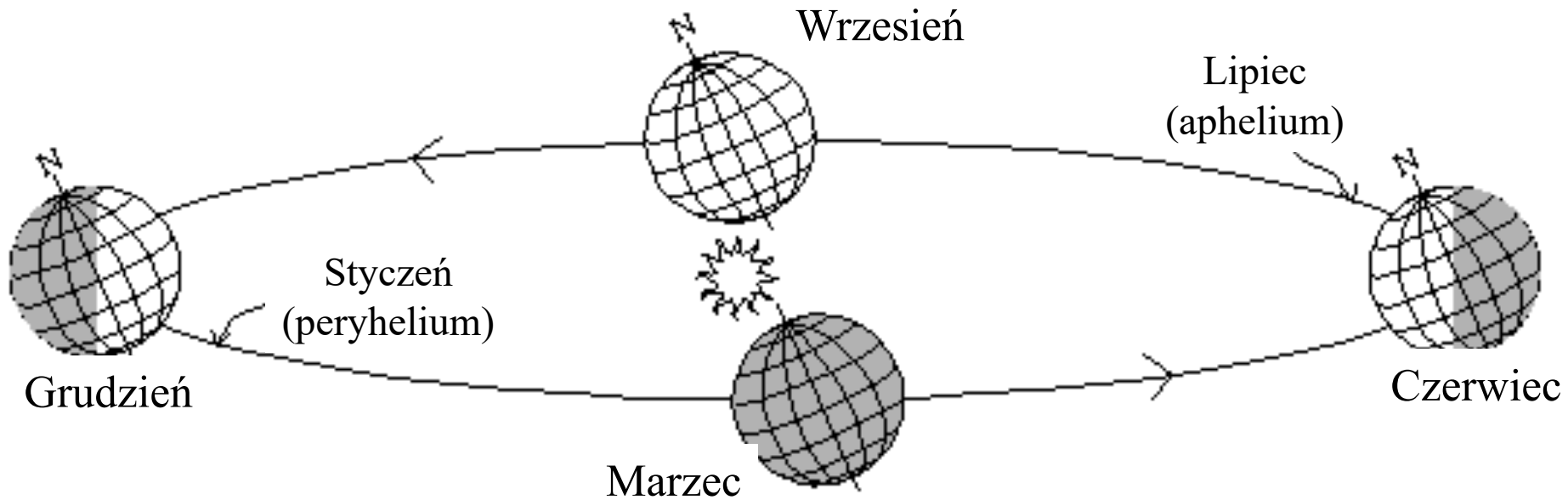


Współrzędne równikowe II (równonocne)

- horyzont
- równik
 - *deklinacja* δ
- oś świata
 - bieguny niebieskie:
 - północny - B_N
 - południowy - B_S
- koło godzinne
 - punkt Barana γ
- koło godzinne
 - *rektascensja* α
- szerokość geograficzna ϕ

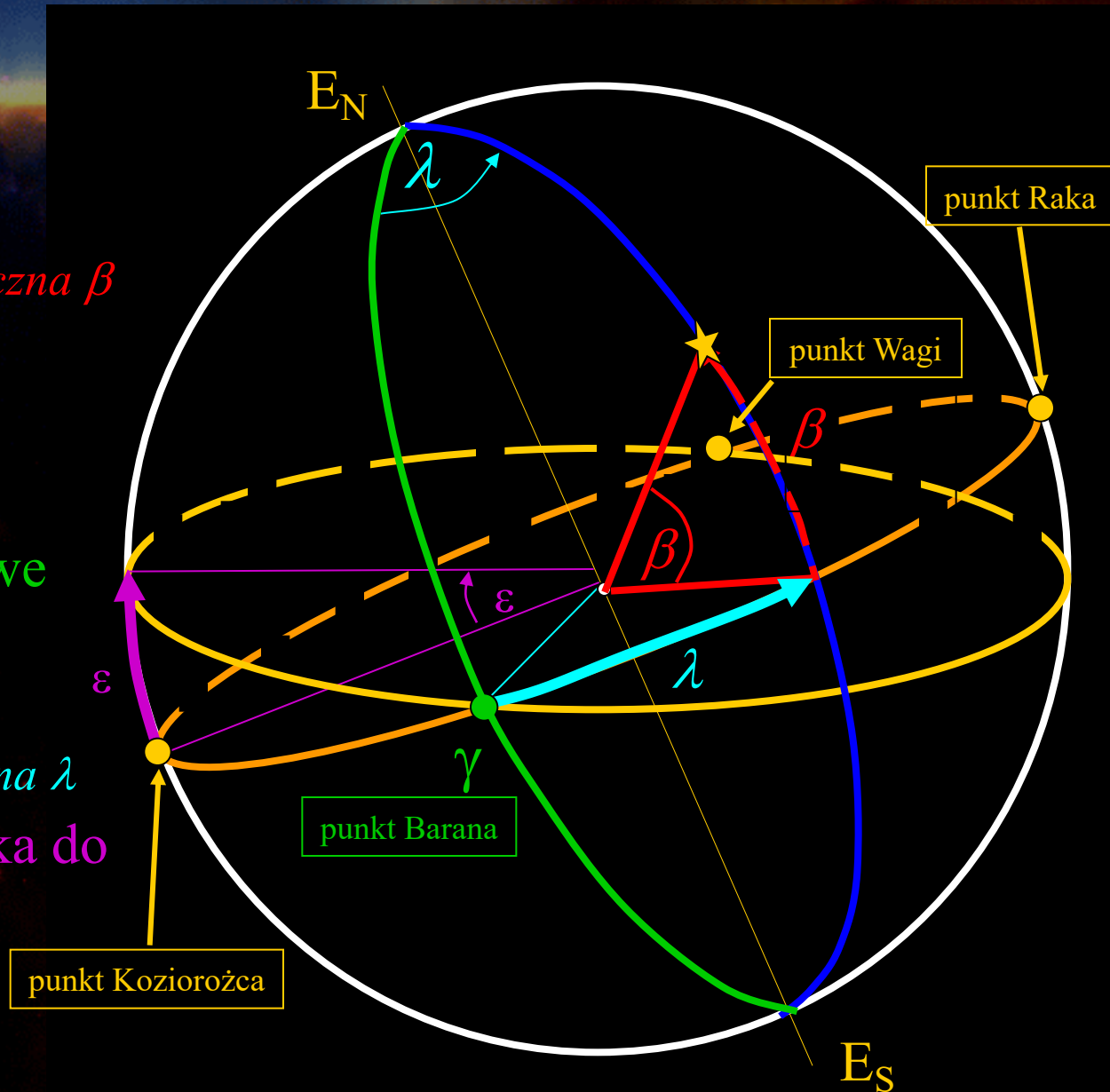


Ekliptyka



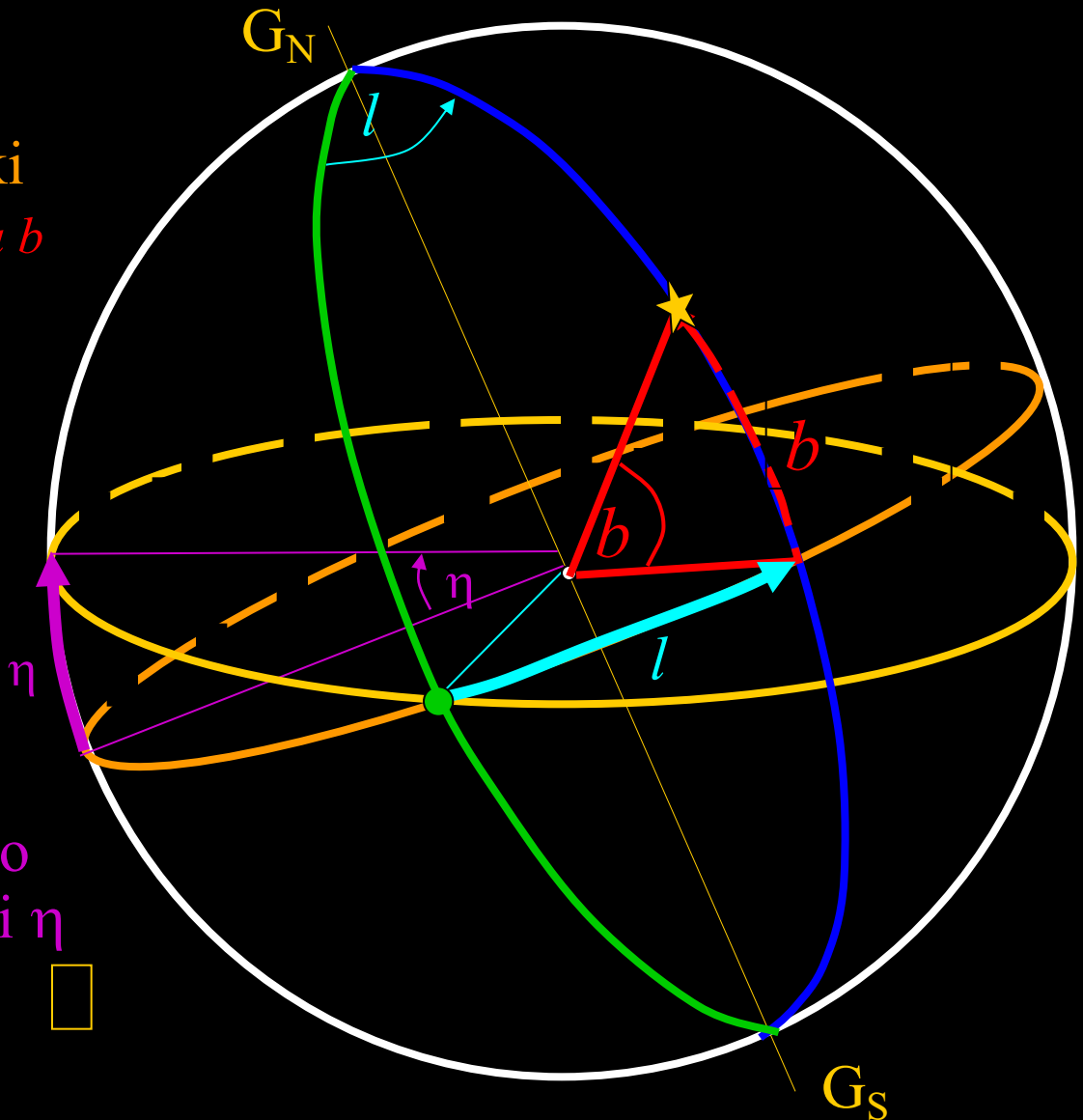
Współrzędne ekliptyczne

- równik
- ekliptyka
 - szerokość ekliptyczna β
- oś ekliptyki
 - bieguny ekliptyki:
 - północny - E_N
 - południowy - E_S
- półkole początkowe
 - punkt Barana γ
- koło końcowe ★ ϵ
 - długość ekliptyczna λ
- nachylenie równika do ekliptyki ϵ



Współrzędne galaktyczne

- równik
- płaszczyzna Galaktyki
 - szerokość galaktyczna b
- oś galaktyki
 - bieguny galaktyki:
 - północny - G_N
 - południowy - G_S
- półkole początkowe
 - centrum Galaktyki
- półkole końcowe★
 - długość galaktyczna l
- nachylenie równika do płaszczyzny galaktyki η



Trygonometria sferyczna

Tójką sferyczny ABC. Wybieramy XYZ tak, że A leży na osi Z, B w płaszczyźnie XZ.

Współrzędne punktu C:

$$x = \sin(b) \cos(A)$$

$$y = \sin(b) \sin(A)$$

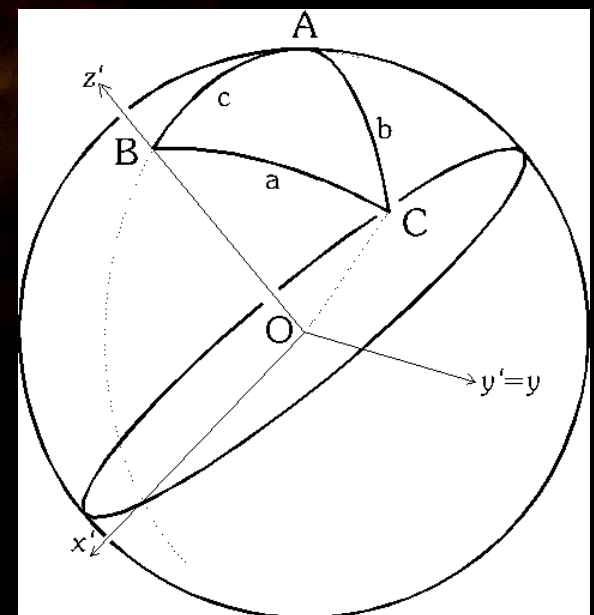
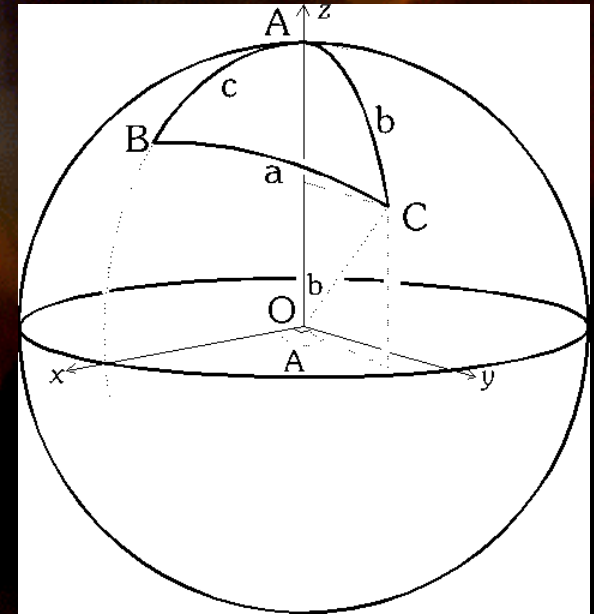
$$z = \cos(b)$$

obracamy układ współrzędnych
wokół osi $y=y'$

$$x' = \sin(a) \cos(180-B) = -\sin(a) \cos(B)$$

$$y' = \sin(a) \sin(180-B) = \sin(a) \sin(B)$$

$$z' = \cos(a)$$



Trygonometria sferyczna

Związek między współrzędnymi układu XYZ i $X'Y'Z'$ to obrót o kąt c :

$$x' = x \cos(c) - z \sin(c)$$

$$y' = y$$

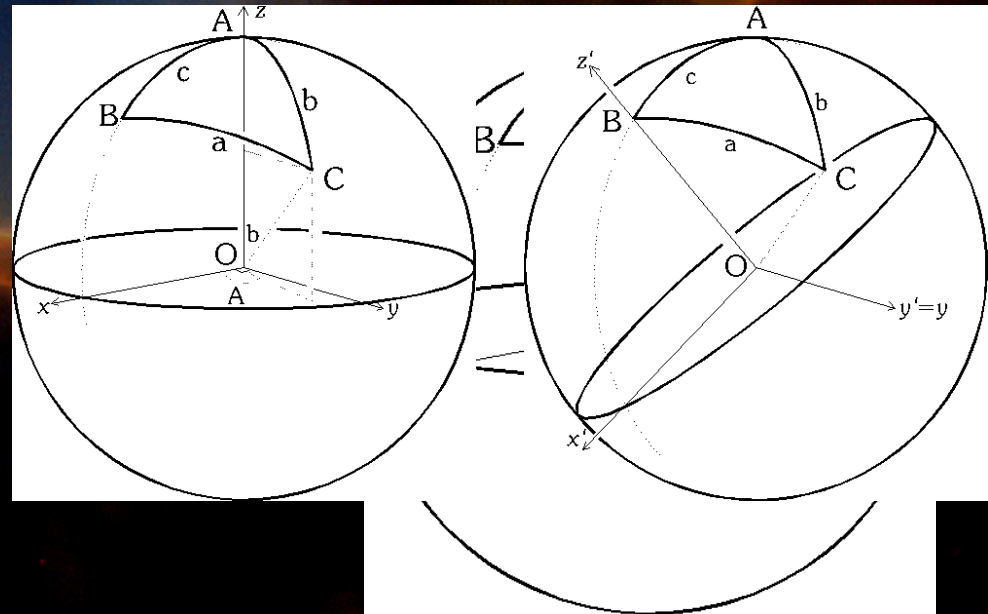
$$z' = x \sin(c) + z \cos(c)$$

po podstawieniu:

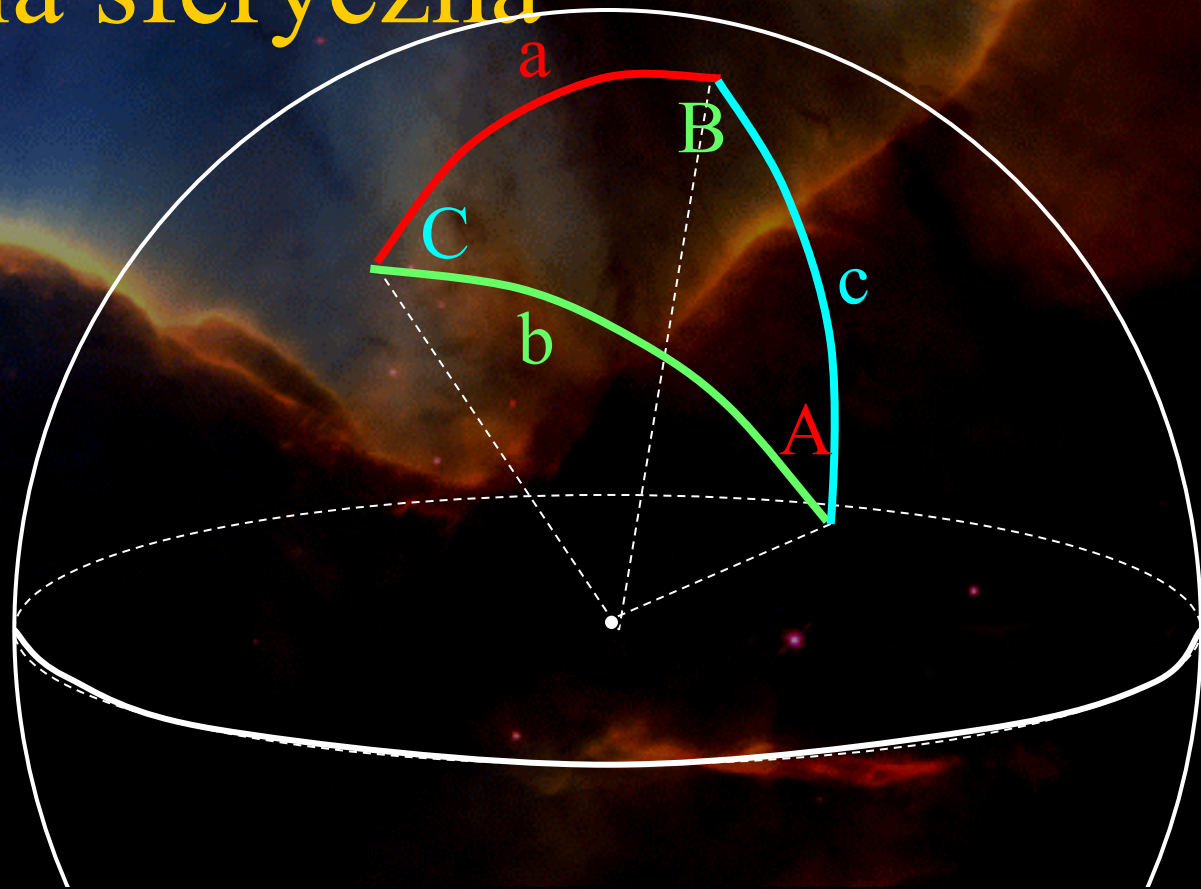
$$-\sin(a) \cos(B) = \sin(b) \cos(A) \cos(c) - \cos(b) \sin(c)$$

$$\sin(a) \sin(B) = \sin(b) \sin(A)$$

$$\cos(a) = \sin(b) \cos(A) \sin(c) + \cos(b) \cos(c)$$



Trygonometria sferyczna



$$\sin a \sin B = \sin b \sin A$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

wzór sinusów

cosinusów

mieszany

Trygonometria sferyczna

kąty i boki można cyklicznie zamieniać:

$a > b > c > a$ oraz $A > B > C > A$

$$\sin a \sin b = \sin b \sin a$$

$$\sin b \sin C = \sin c \sin B$$

$$\sin c \sin A = \sin a \sin C$$

wolno też tak :

$$a = 180 - A \quad A = 180 - a$$

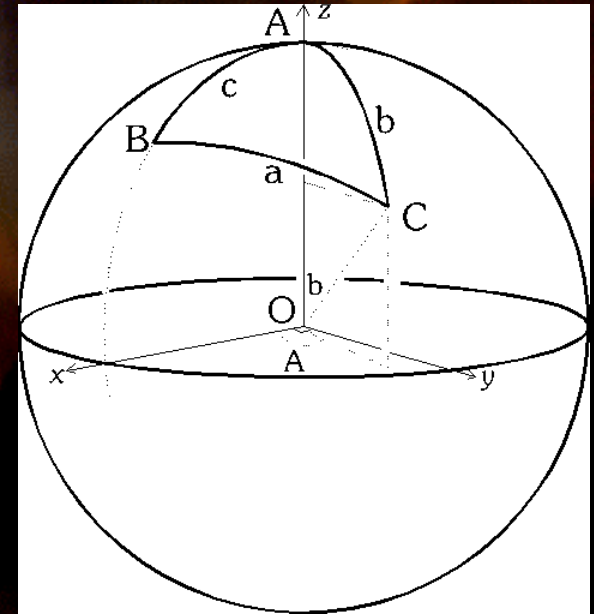
$$b = 180 - B \qquad B = 180 - b$$

$c=180-C$ $C=180-c$, np:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos(180-A) = \cos(180-B)\cos(180-C) + \sin(180-B)\sin(180-C)\cos(180-a)$$

$$-\cos A = \cos B \cos C - \sin B \sin C \cos a$$



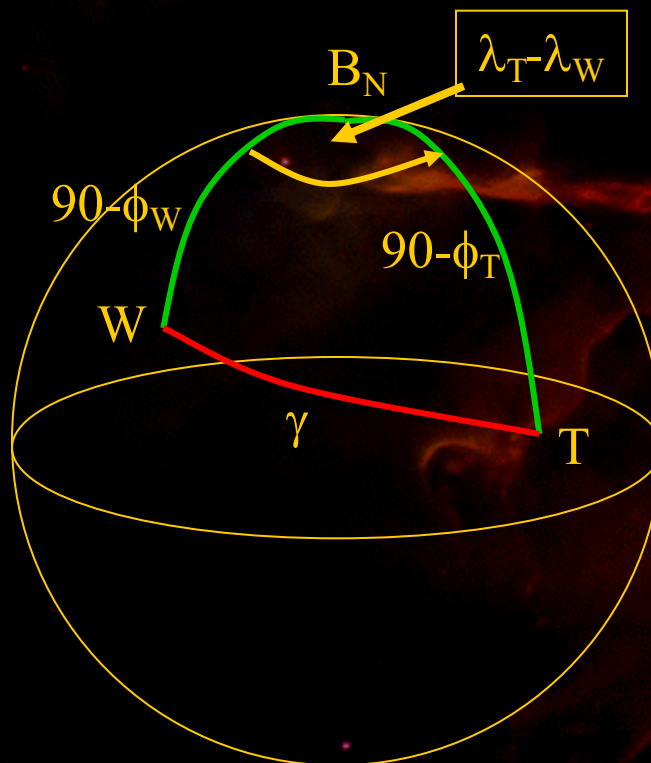
The background of the slide is a deep space image. It features a large, glowing nebula with orange and yellow hues, possibly the Helix or Ring Nebula, on the right side. The left side is dominated by a dark, star-filled field with several bright, multi-pointed stars. A faint, blueish-white arc is visible in the upper left, and a small, dark, pointed object is near the top center.

- koniec 04/03/2015

Zadanie

Jaka jest odległość pomiędzy
Warszawą ($\phi_W=52^\circ00'$ N, $\lambda_W=21^\circ00'$ E)
a Tokio ($\phi_T=35^\circ40'$ N, $\lambda_T=136^\circ30'$ E) ?

Przyjąć promień Ziemi
równy 6371 km.

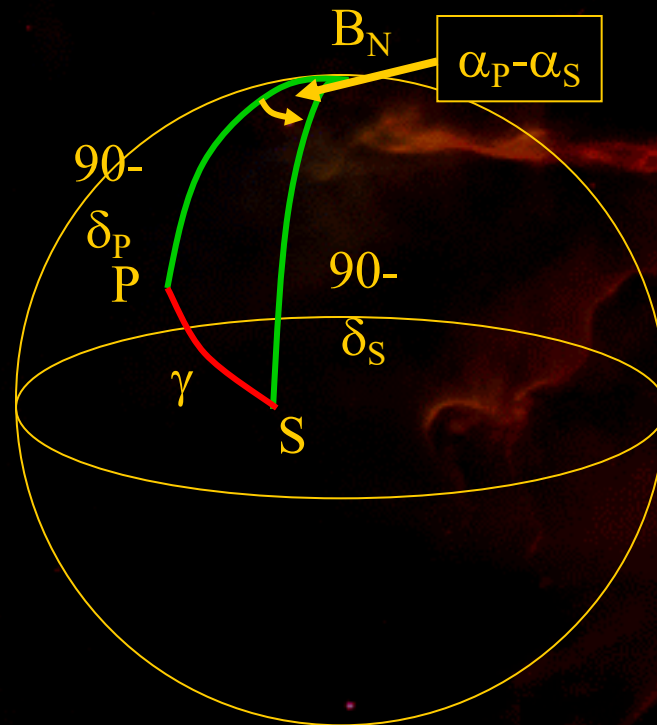
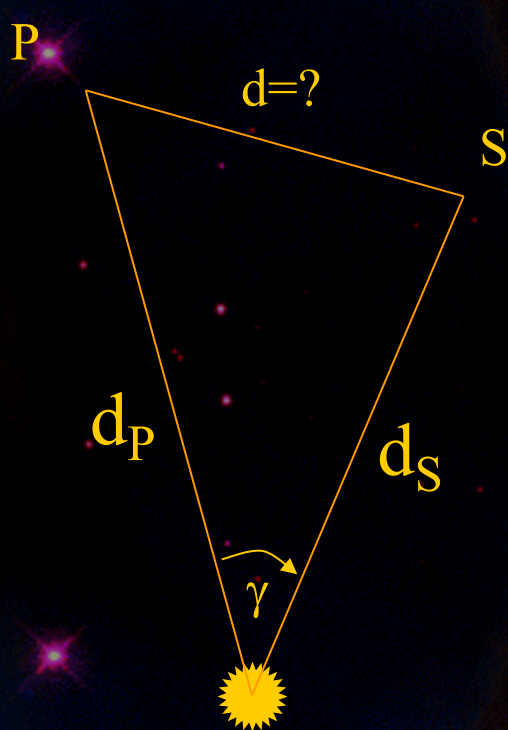


Zadanie

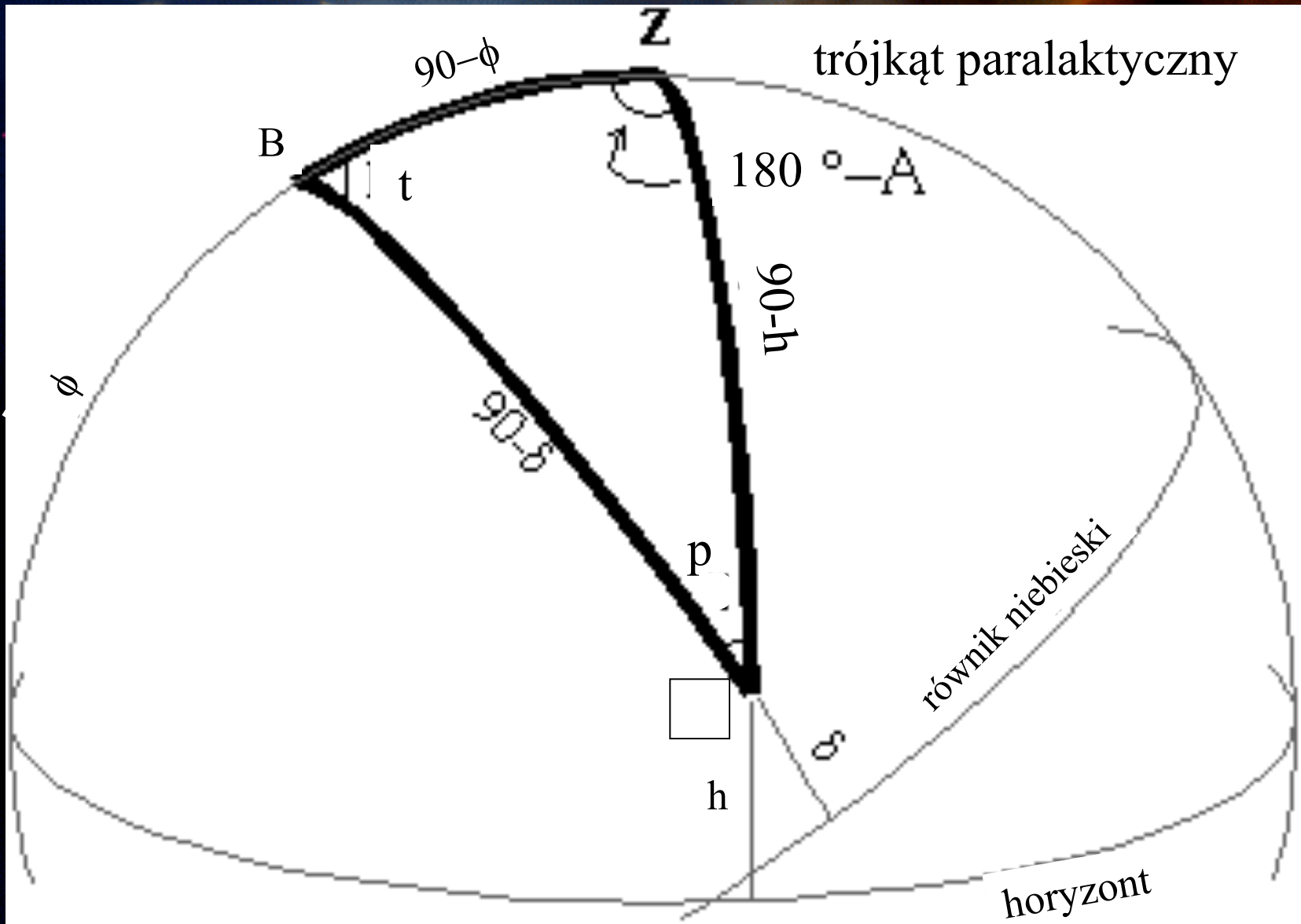
Jaka jest odległość pomiędzy

Syriuszem ($\alpha_S=6^h45^m$, $\delta_S=16^\circ43'$, $d_S=8.7$ l.św.)

a Procyonem ($\alpha_P=7^h39^m$, $\delta_P=5^\circ14'$, $d_P=11.3$ l.św.) ?



Zamiana współrzędnych równikowe $\leftrightarrow$ horyzontalne



Zamiana współrzędnych równikowe $\leftrightarrow$ horyzontalne

$$\cos h \cos A = -\sin \delta \cos \phi + \cos \delta \sin \phi \cos t$$

$$\cos h \sin A = \cos \delta \sin t$$

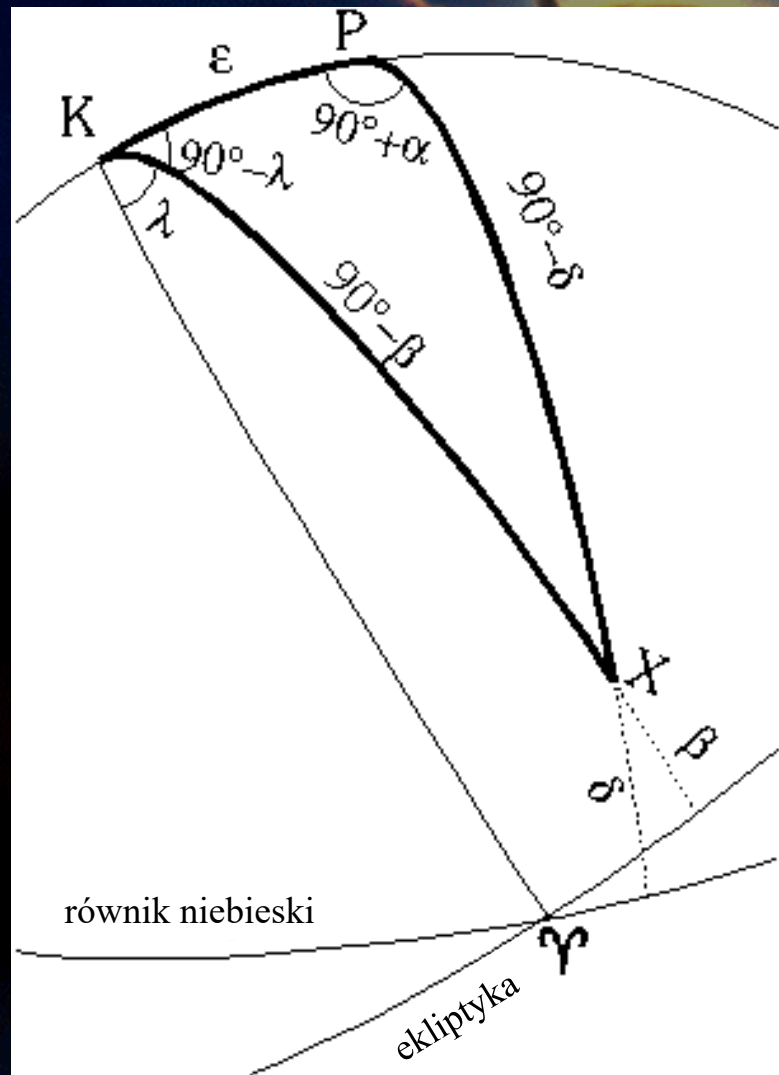
$$\sin h = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos t$$

$$\cos \delta \cos t = \sin h \cos \phi + \cos h \sin \phi \cos A$$

$$\cos \delta \sin t = \cos h \sin A$$

$$\sin \delta = \sin h \sin \phi - \cos h \cos \phi \cos A$$

Zamiana współrzędnych równikowe $\leftrightarrow$ ekliptyczne



Zamiana współrzędnych równikowe $\leftrightarrow$ ekliptyczne

$$\cos \beta \sin \lambda = \sin \delta \sin \varepsilon + \cos \delta \cos \varepsilon \sin \alpha$$

$$\cos \beta \cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha$$

$$\sin \beta = \sin \delta \cos \varepsilon - \cos \delta \sin \varepsilon \sin \alpha$$

$$\cos \delta \sin \alpha = -\sin \beta \sin \varepsilon + \cos \beta \cos \varepsilon \sin \lambda$$

$$\cos \delta \cos \alpha = \cos \beta \cos \lambda$$

$$\sin \delta = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

Refrakcja

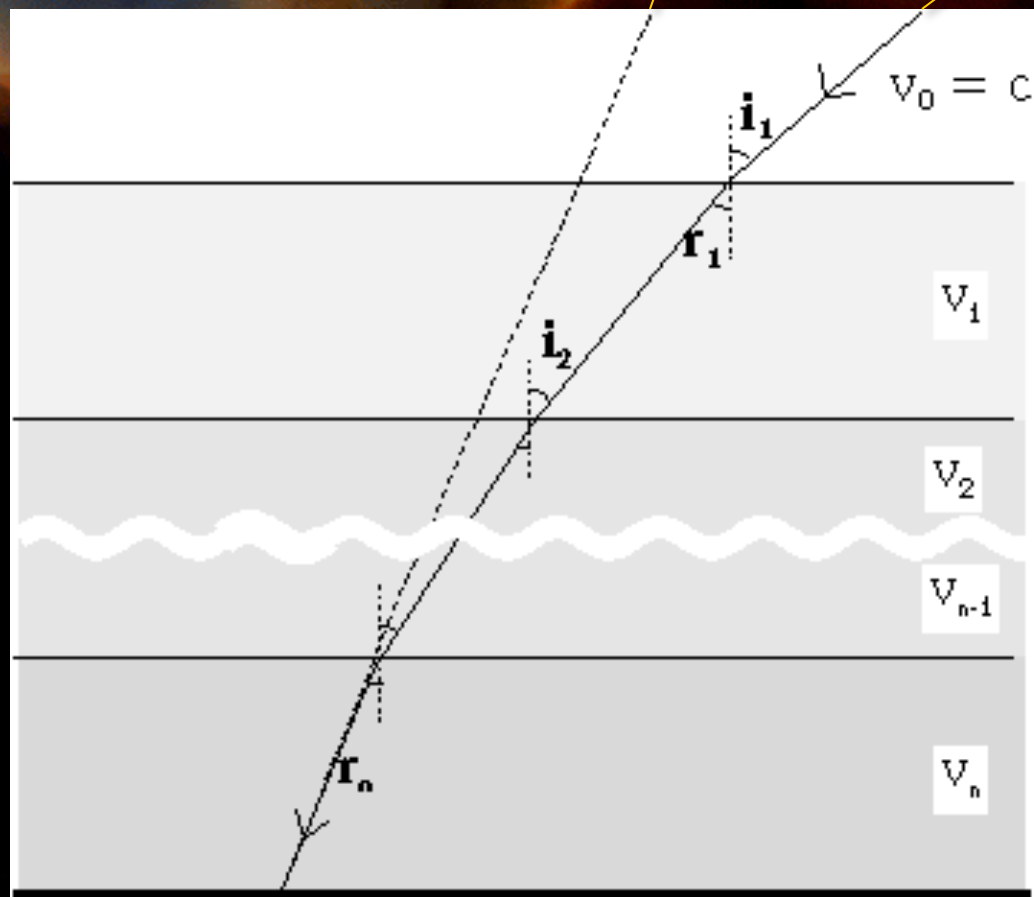
prawo Snella (Sneliusa)

$$n_0 \sin(i_1) = n_1 \sin(r_1)$$

$$n_i / n_0 = v_0 / v_i$$

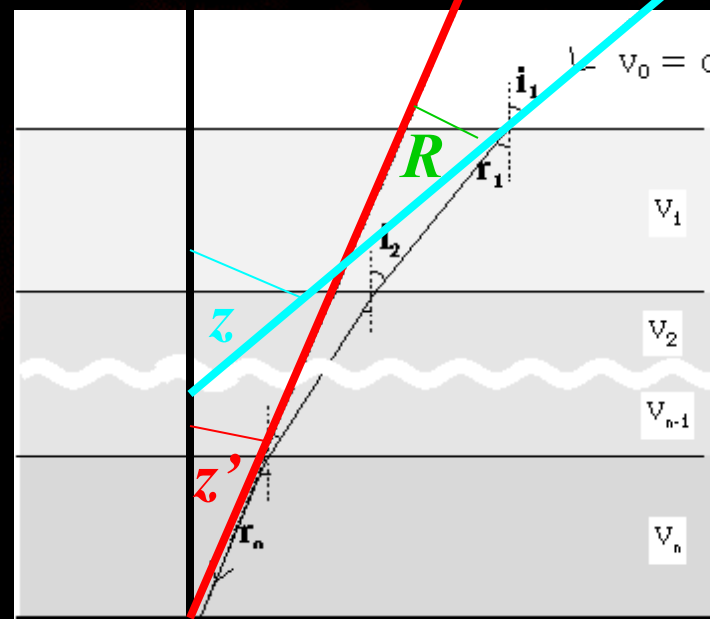
- atmosfera płasko-równoległa:

$$\begin{aligned} \sin(i_1) &= (v_0/v_1) \sin(r_1) \\ &= (v_0/v_1) \sin(i_2) \\ &= (v_0/v_1) (v_1/v_2) \sin(r_2) \\ &= (v_0/v_2) \sin(r_2) \\ &= \dots\dots\dots \\ &= (v_0/v_n) \sin(r_n) \end{aligned}$$



Refrakcja

- z – prawdziwa odległość zenitalna
- z' – pozorna odległość zenitalna
- $R = z - z'$ – kąt refrakcji (mały)
- $\sin(R) = R, \cos(R) = 1$
- $\sin(z) = \sin(z') + R \cos(z')$ / $\sin(z')$
- $\sin(z) / \sin(z') = 1 + R / \operatorname{tg}(z')$
- $v_0/v_n = 1 + R / \operatorname{tg}(z')$
- $R = k \operatorname{tg}(z')$
- $k = v_0/v_n - 1 = 59.6''$



Refrakcja

- Refrakcja na horyzoncie

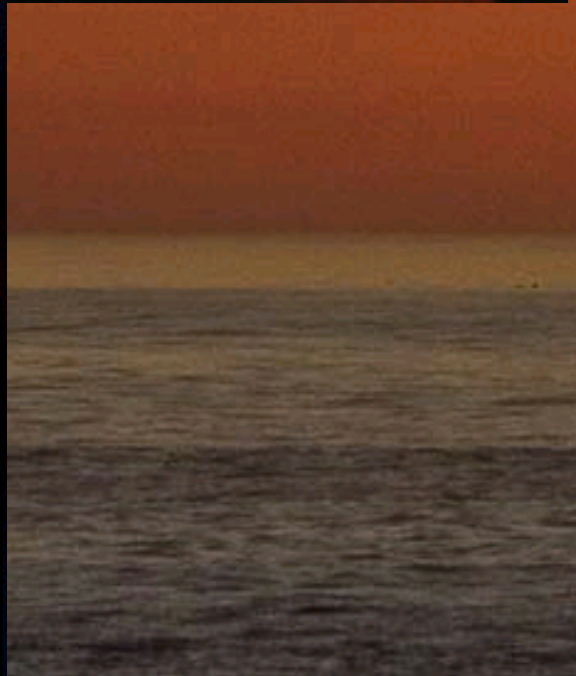
- $z = 90$

- $\text{tg}(z) = \infty$ -???



Bill Arnet

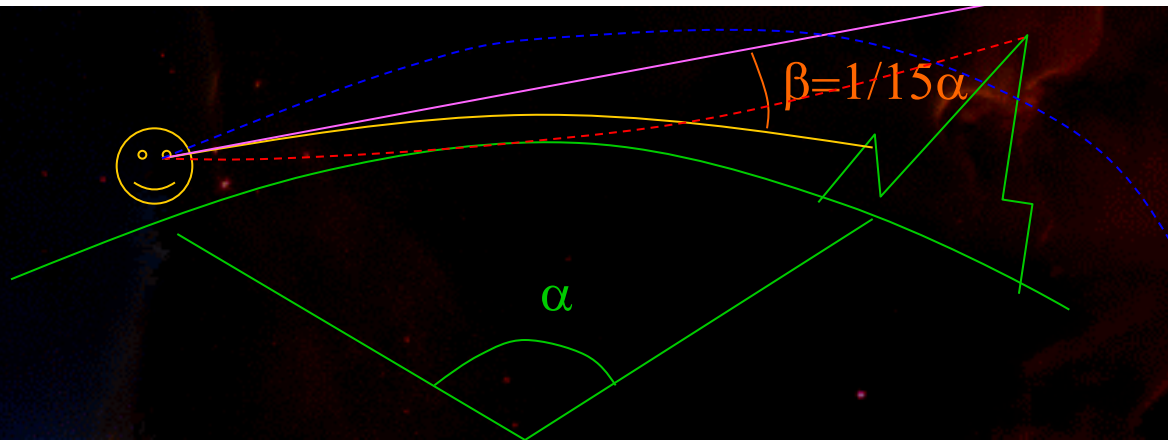
„Green Flash”



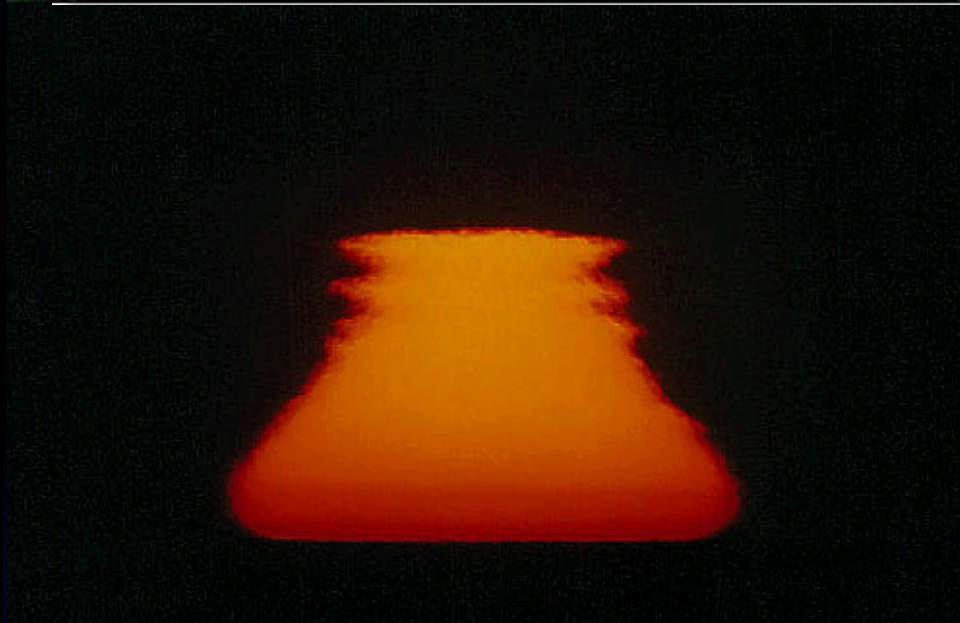
Refrakcja ziemiska



© 2007 Thomson Higher Education



Refrakcja ziemiska

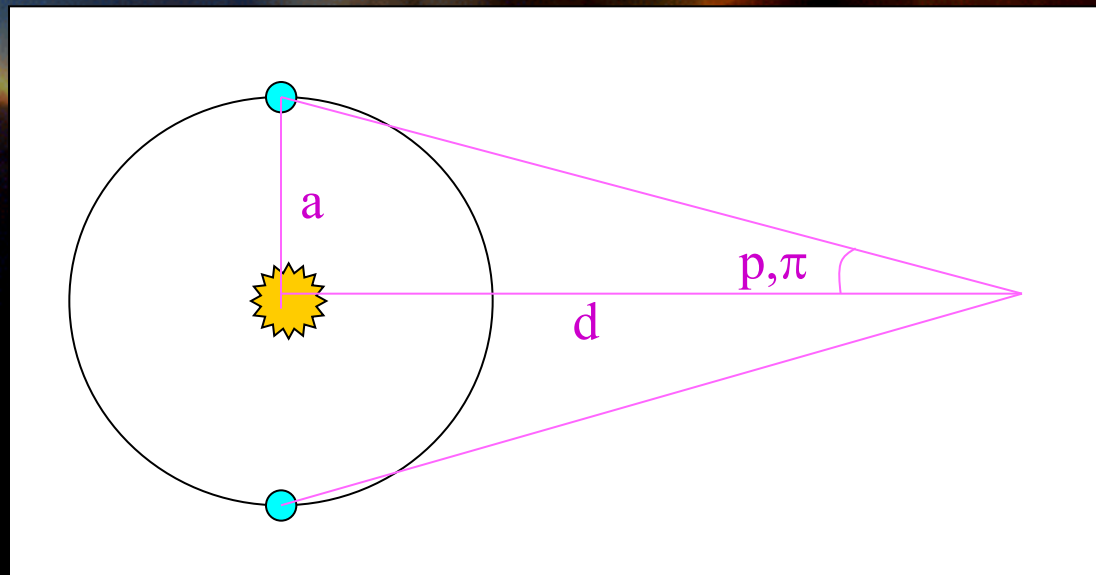


Pekka Parviainen

Paralaksa

- Heliocentryczna (roczna)

- kąt paralaksy: p lub π
- a promień orbity Ziemi
- d odległość do gwiazdy.
- $\sin(p) = a / d$
- $\sin(p) \sim p$
- $d = a / p$
- $p = \pi / 206265$
- $d = (a / \pi) / 206265$
- $d = 1 / \pi$



dla małych kątów, p w radianach

π w sekundach łuku [arcsec]

$a=1$ w jednostkach astronomicznych

d w parsekach ($1 \text{ pc} = 206265 \text{ j.a.}$)

Najbliższe gwiazdy

Nazwa	jasność m_v	paralaksa ["]	odległość [ly]
Proxima Centauri	11.09	0.769	4.27
α Centauri	0.0 + 1.34	0.747	4.37
gwiazda Barnarda	9.53	0.547	5.96
Wolf 359	13.44	0.419	7.78
Lalande 21185	7.47	0.393	8.29
Sirius	-1.43 + 8.44	0.380	8.58
Ross 154	10.43	0.336	9.68
Ross 248	12.29	0.316	10.32
Epsilon Eridani	3.73	0.309	10.52
Lacaille 9352	7.34	0.303	10.74
Ross 128	11.13	0.298	10.92
EZ Aquari	13.33	0.289	11.26
Procyon	0.38 + 10.7	0.286	11.402
61 Cygni	5.21	0.286	11.266

Paralaksa

- Geocentryczna (dzienna)

- **kąt paralaksy: $p = z' - z$.**

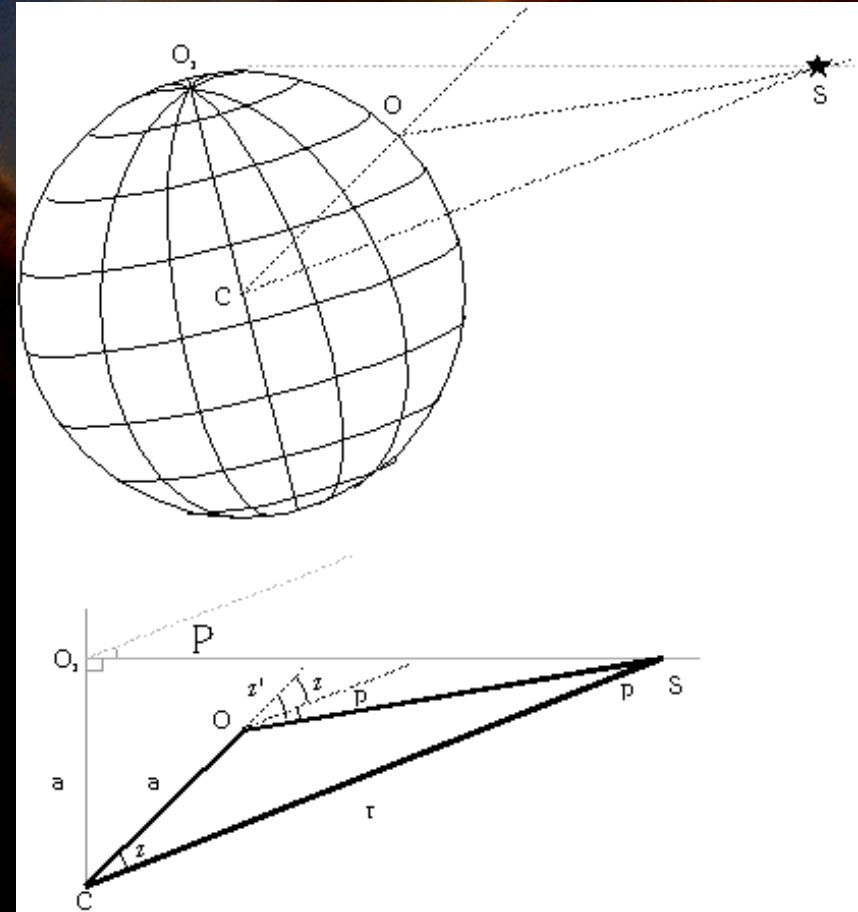
- a promień Ziemi
- r odległość geocentryczna
- w trójkącie OCS

$$\sin(p) / a = \sin(180^\circ - z') / r = \sin(z') / r$$

$$\sin(p) = a / r \sin(z')$$

- **paralaksa horyzontalna P :**

- $P = p$ ($z' = 90^\circ$)
- **$\sin(P) = a / r$.**



paralaksa horyzontalna Słońca wynosi $8,8''$, a Księżyca $57,3'$

Zadanie

Asteroida przelatuje w odległości $r=200,000$ km od Ziemi ($a=6378$ km).
W Warszawie ($\phi=52^\circ$) widoczna jest w południku na wysokości
 $h'=40^\circ$. Jaka jest jej obserwowana i prawdziwa deklinacja?

Rozw:

paralaksa horyzontalna P :

$$\sin P = a/r = 6370/200,000 \text{ rad} = 0.0319 \text{ radianów} = 1.827^\circ$$

wysokość nad horyzontem $h' = (90-\phi)+\delta'$, stąd

$$\text{deklinacja obserwowana } \delta' = h' - (90-\phi) = 40^\circ - (90^\circ - 52^\circ) = 2^\circ$$

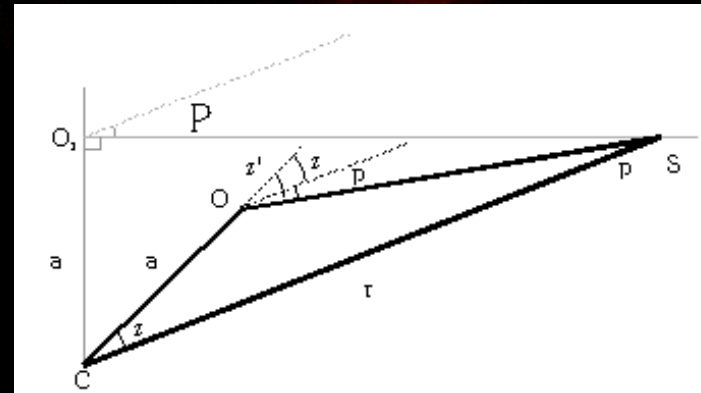
odległość zenitalna (widoma) $z' = 90-h' = 50^\circ$

$$\text{kąt paralaksy } p = P \sin(z') = 1.827 \sin(50) = 1.4^\circ$$

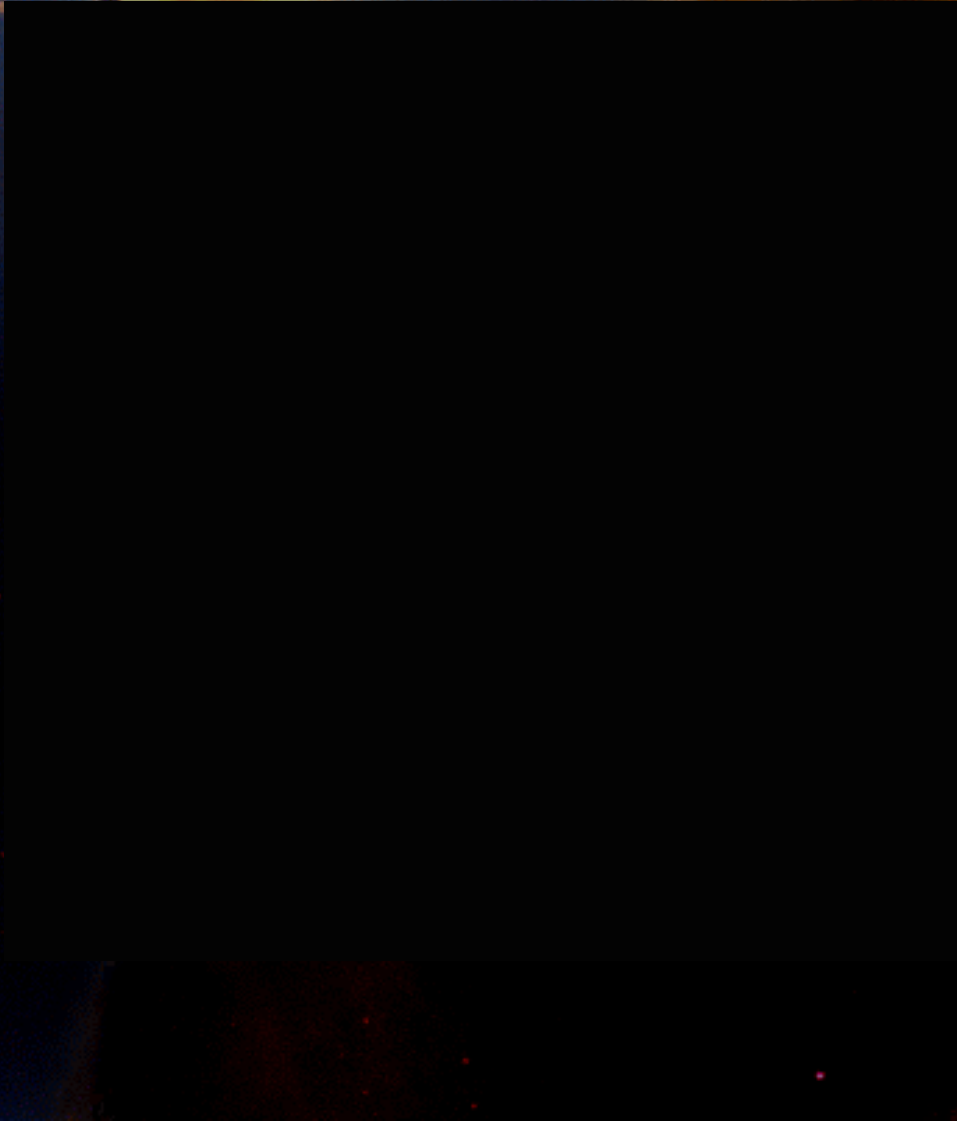
$$\text{ale: } z = z' - p ; h = h' + p ;$$

$$\text{i deklinacja geocentryczna } \delta = \delta' + p :$$

$$\delta = 2^\circ + 1.4^\circ = 3.4^\circ$$



Lunacja i libracje księżycowe



Ruch dzienny sfery niebieskiej

$$\omega = 1/24 \text{ [obrót/h]}$$

N

dołowanie

południk

S

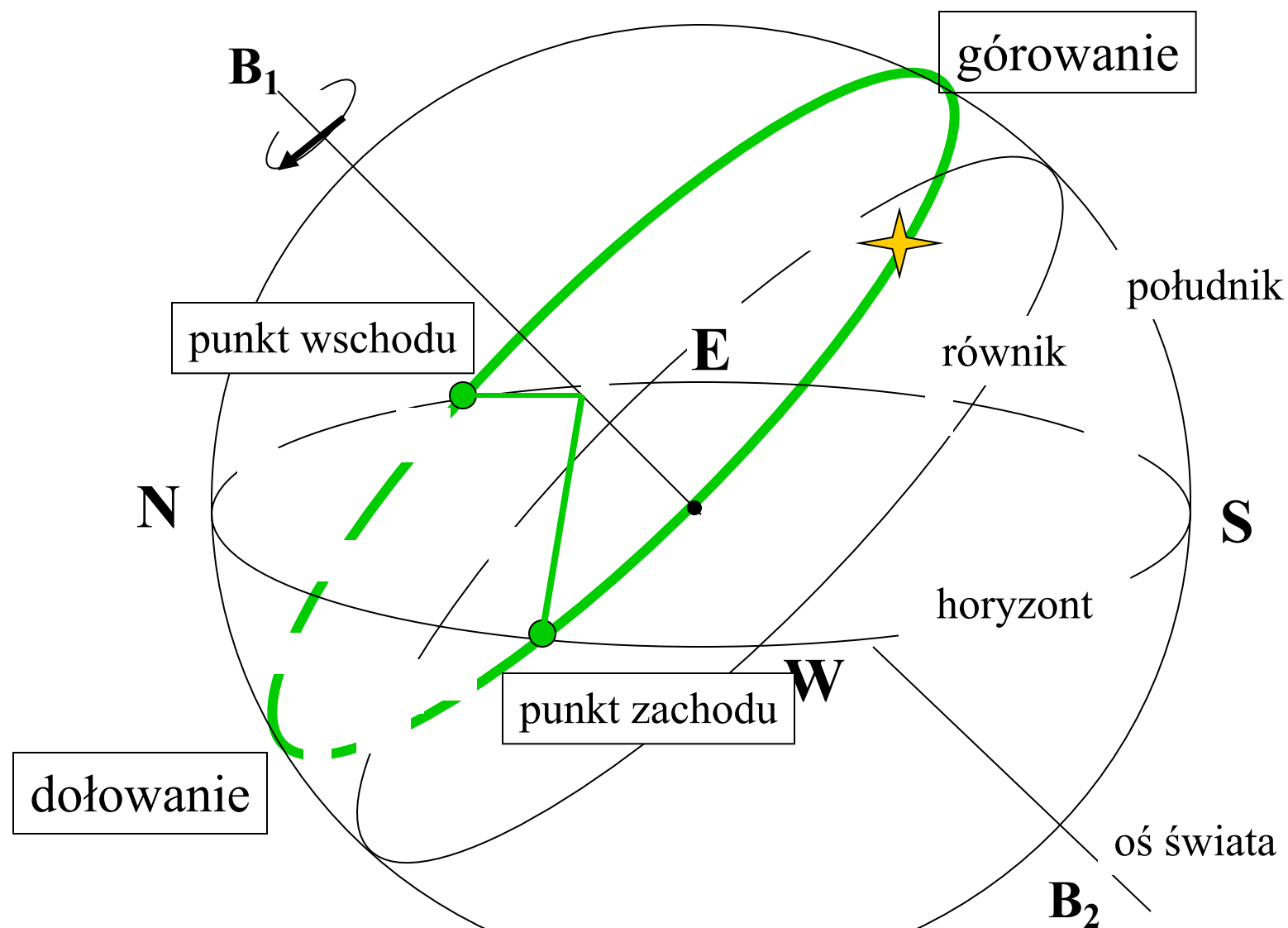
oś świata

(c) www.danheller.com

obróć - 24^h (gwiazdowe)

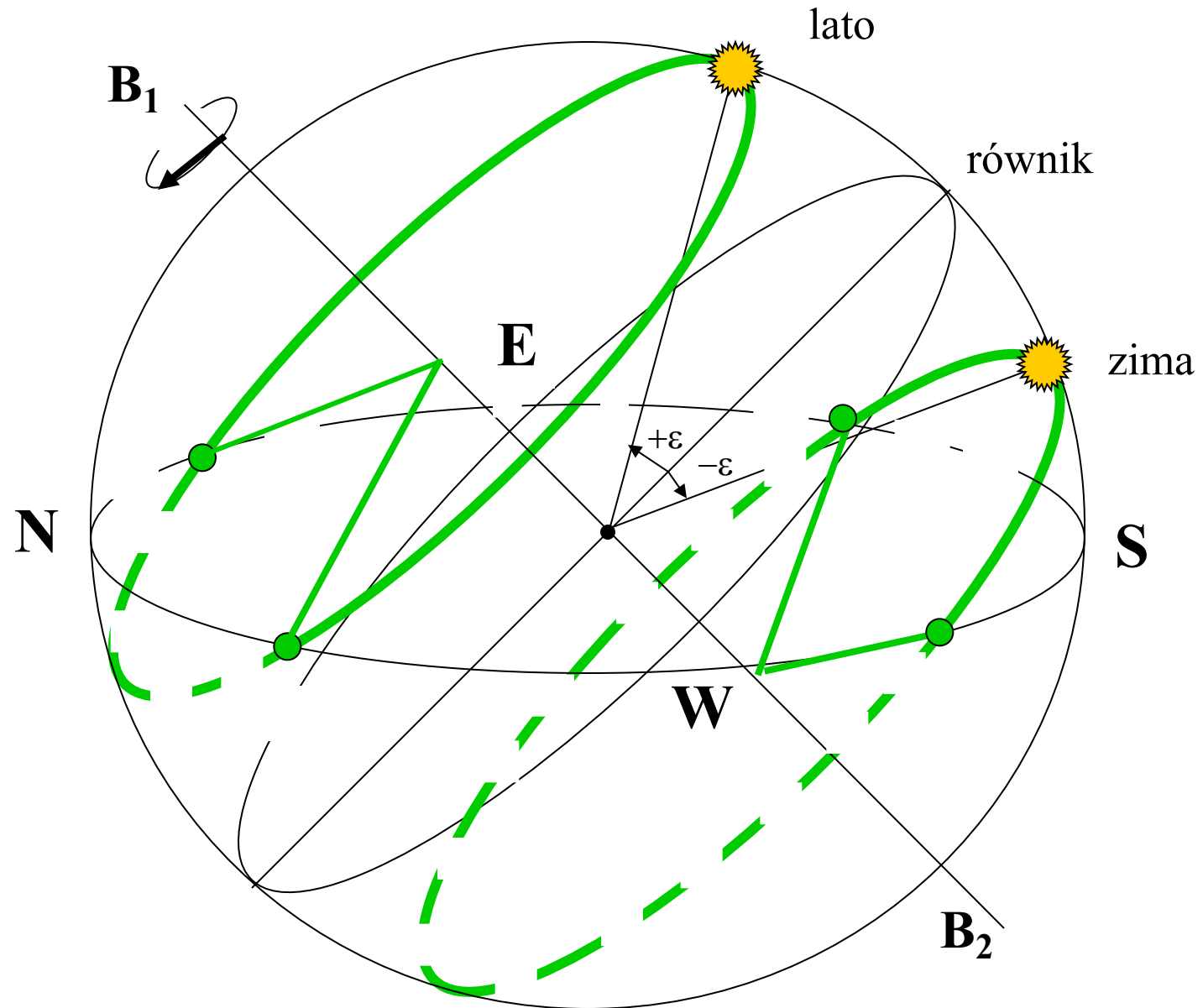


Wschody i zachody

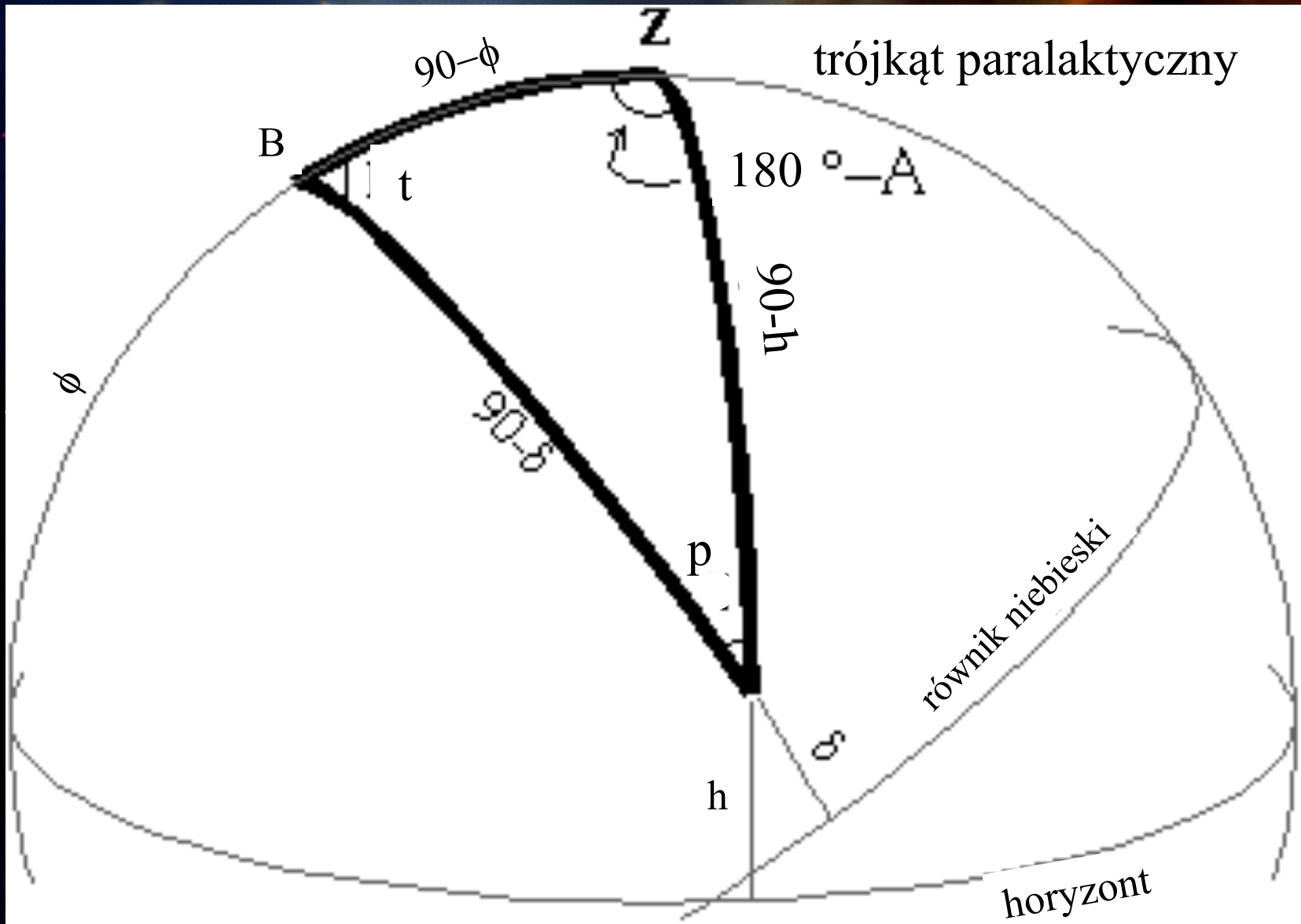


obrót - 24^h (gwiazdowe)

Wschody i zachody – długość dnia



Długość dnia, azymut wschodu i zachodu



Długość dnia, azymut wschodu i zachodu

$$\sin h = \sin \delta \sin \phi + \cos t \cos \delta \cos \phi$$

$$\cos t = (\sin h - \sin \delta \sin \phi) / \cos \delta \cos \phi$$

dla $h=0$ (bez uwzględnienia refrakcji)

$$\cos t = - \sin \delta \sin \phi / \cos \delta \cos \phi$$

$$\cos t = - \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \phi$$

$$\sin \delta = \sin h \sin \phi - \cos h \cos \phi \cos A$$

$$\cos A = (\sin h \sin \phi - \sin \delta) / \cos h \cos \phi$$

dla $h=0$

$$\cos A = - \sin \delta / \cos \phi$$

Długość dnia, azymut wschodu i zachodu

Dla Warszawy:

$$\phi = 52^{\circ}\text{N}$$

najdłuższy dzień: $\delta = 23.5^{\circ}$

$$\cos t = -0.5548$$

$$t = 8^{\text{h}}15^{\text{m}} \quad \rightarrow \text{dzień trwa } 16^{\text{h}}30^{\text{m}}$$

$$\cos A = -0.6459$$

$$A_{wsch} = -130^{\circ}14' \text{ (NE)}$$

$$A_{zach} = 130^{\circ}14' \text{ (NW)}$$

Długość dnia, azymut wschodu i zachodu

Dla Warszawy:

$$\phi = 52^{\circ}\text{N}$$

najkrótszy dzień: $\delta = -23.5^{\circ}$

$$\cos t = 0.5548$$

$$t = 3^{\text{h}}45^{\text{m}} \quad \rightarrow \text{dzień trwa } 7^{\text{h}}30^{\text{m}}$$

$$\cos A = 0.6459$$

$$A_{wsch} = -49^{\circ}46' \text{ (SE)}$$

$$A_{zach} = 49^{\circ}46' \text{ (SW)}$$

Długość dnia, azymut wschodu i zachodu

Uwzględniając refrakcję i średnicę tarczy:

Słońce znika gdy $h = - (35+16)$

zatem:

$$\cos t = (\sin h - \sin \delta \sin \phi) / \cos \delta \cos \phi$$

$$h = - 0^{\circ}51'$$

$$\cos t = - 0.5810$$

$$t = 8^{\text{h}}22^{\text{m}}$$

$$\text{najdłuższy dzień : } 16^{\text{h}}44^{\text{m}}$$

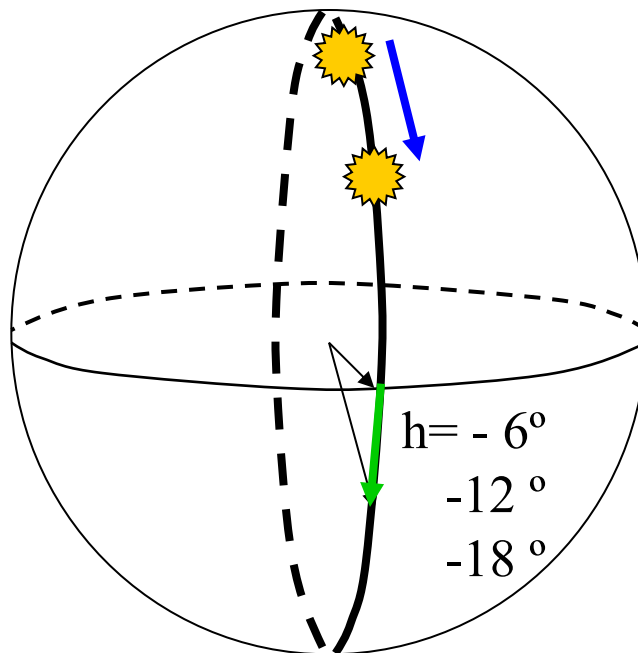
Zmierzch i świt

- cywilny $h_{\odot} = - 6^{\circ}$
 - można czytać gazetę; pod koniec odczuwamy potrzebę włączenia świateł pozycyjnych
- żeglarski (nawigacyjny) $h_{\odot} = - 12^{\circ}$
 - znika horyzont na morzu; na drodze potrzebne światła mijania
- astronomiczny $h_{\odot} = - 18^{\circ}$
 - niebo na zachodzie/wschodzie nie wyróżnia się jasnością

Zmierzch i świt na równiku

Zadanie: Ile czasu trwa zmierzch cywilny, nawigacyjny i astronomiczny na równiku?

$$\omega = 360^\circ / 24\text{h} = 15^\circ/\text{h} = 1^\circ/4\text{min}$$



$\Delta t = 24 \text{ min}$

48 min

72 min

Zmierzch i świt

Zadanie:

Ile trwa zmierzch (świt) w miejscu o dowolnej szerokości geograficznej?

Zmierzch i świt

$$\cos t = (\sin h - \sin \delta \sin \phi) / \cos \delta \cos \phi$$

$$\cos t_Z = (\sin h_Z - \sin \delta \sin \phi) / \cos \delta \cos \phi$$

$$\cos a - \cos b = -2 \sin (a+b)/2 \sin (a-b)/2$$

$$\sin a - \sin b = -2 \cos (a+b)/2 \sin (a-b)/2$$

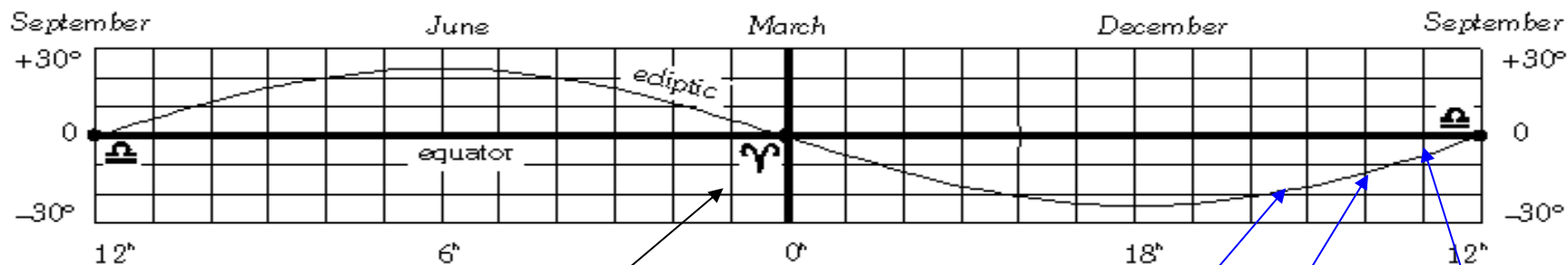
$$t - t_Z = h / \cos \delta \cos \phi$$

W dniu równonocy w Warszawie:

	h	$52^\circ 0' \rightarrow 1.62x$
		$t - t_Z \text{ (dla } 52^\circ 0' \text{)}$
cywilny	$-6^\circ = -24^m$	38.9^m
żeglarski	$-12^\circ = -48^m$	77.8^m
astronomiczny	$-18^\circ = -72^m$	116.6^m

Zmierzch i świt na biegunie

Zadanie: Ile czasu trwa zmierzch cywilny, nawigacyjny i astronomiczny na biegunie?



$\delta = -18^\circ$, 13XI

$\delta = -12^\circ$, 25X

$\delta = -6^\circ$, 8X

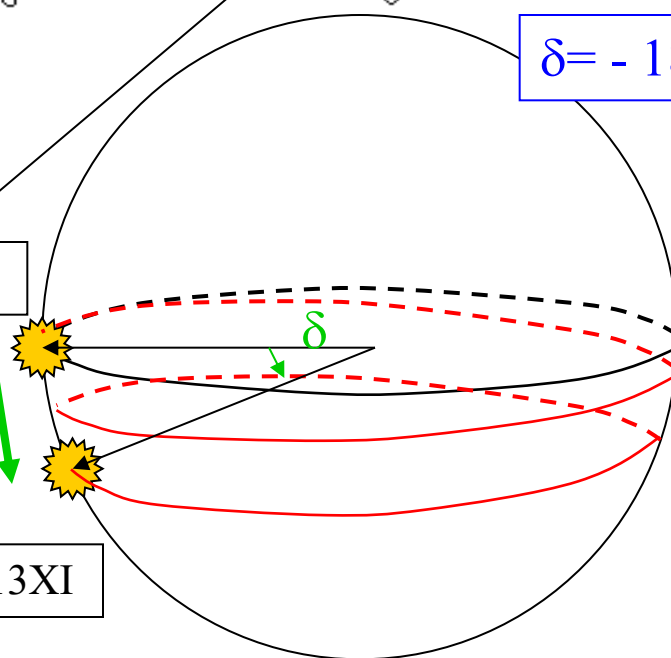
Zachód Słońca – 22 IX

$h = \delta = -6^\circ$

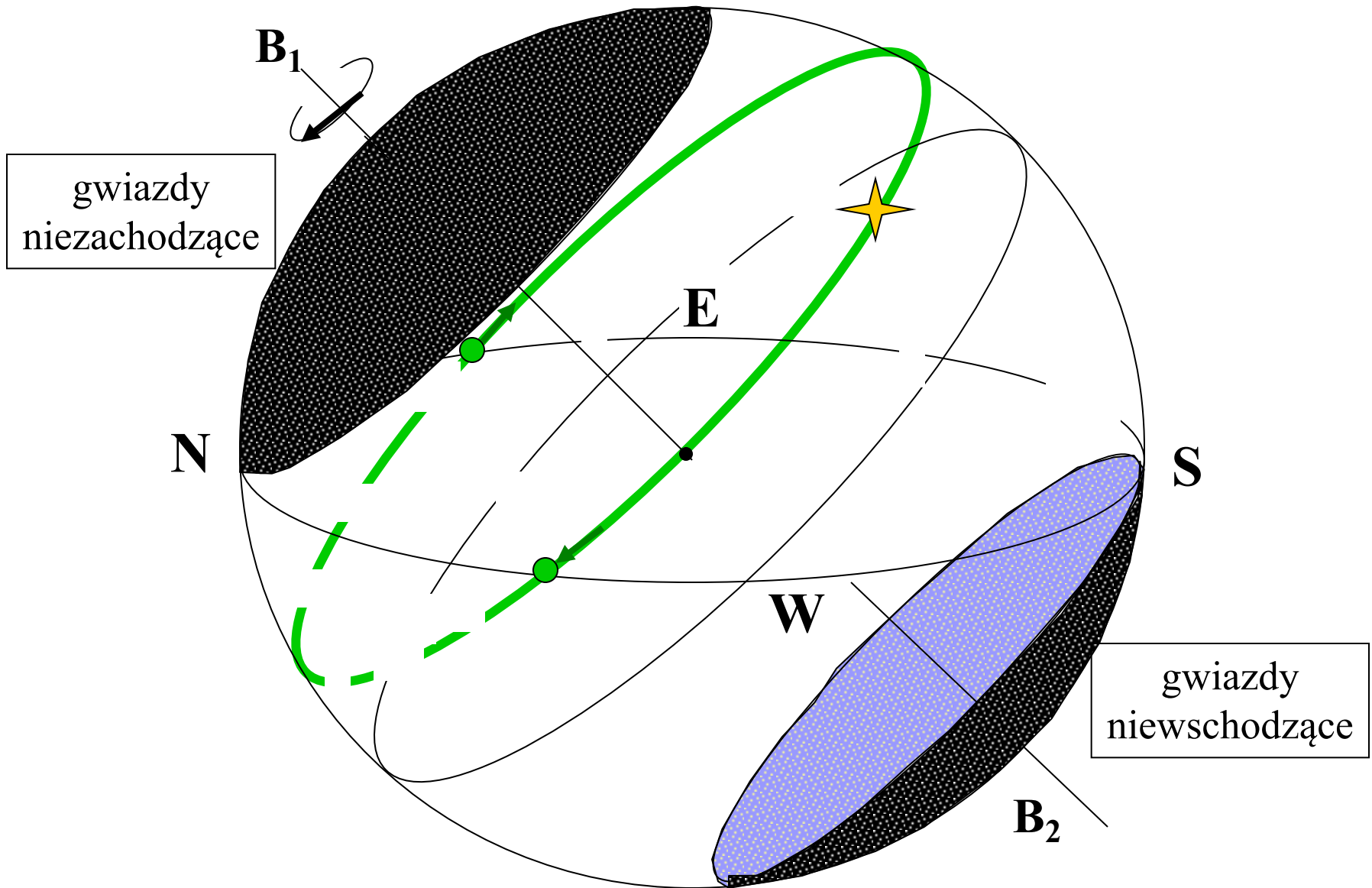
-12°

-18°

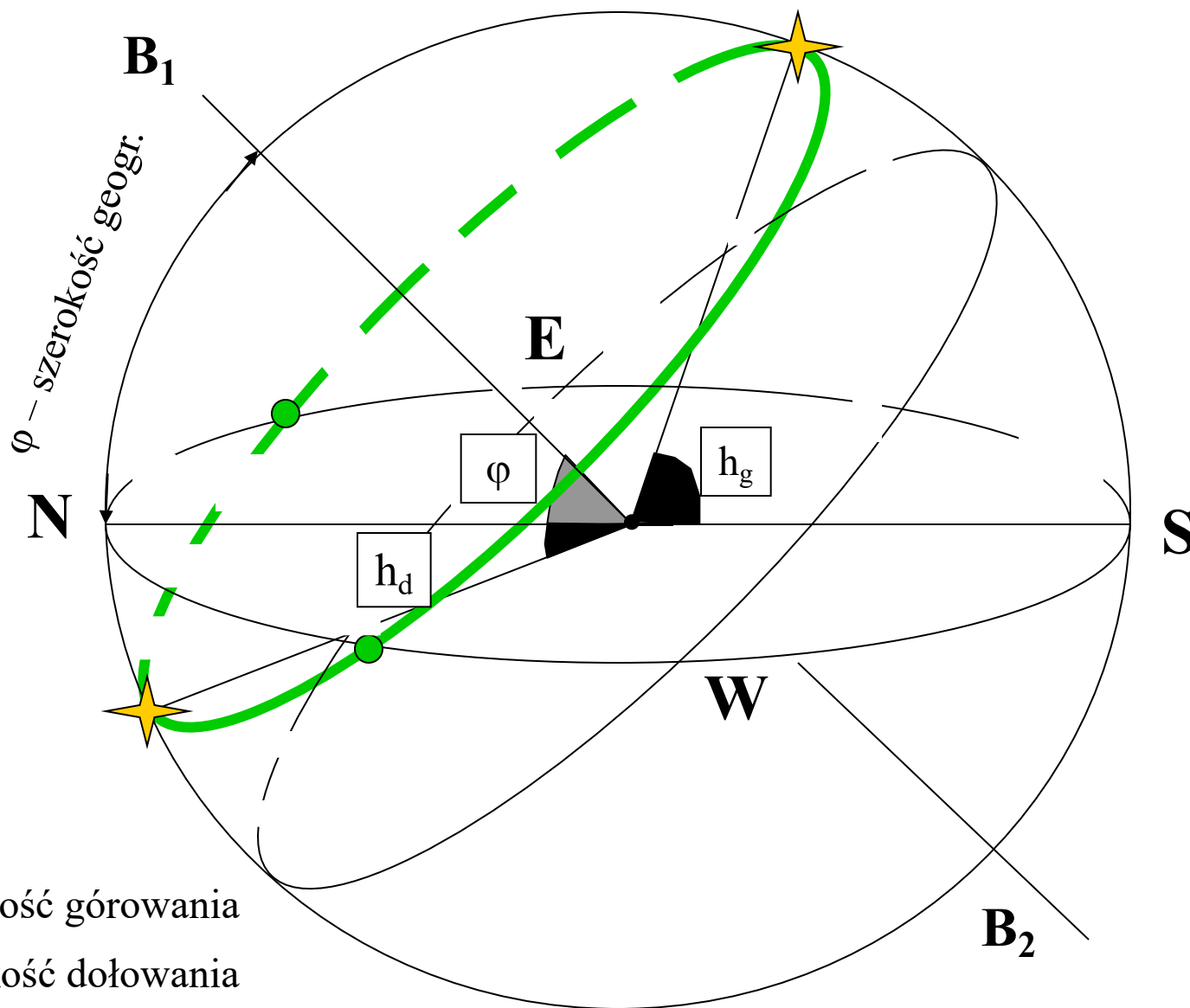
koniec zmierzchu : 8X, 25X, 13XI



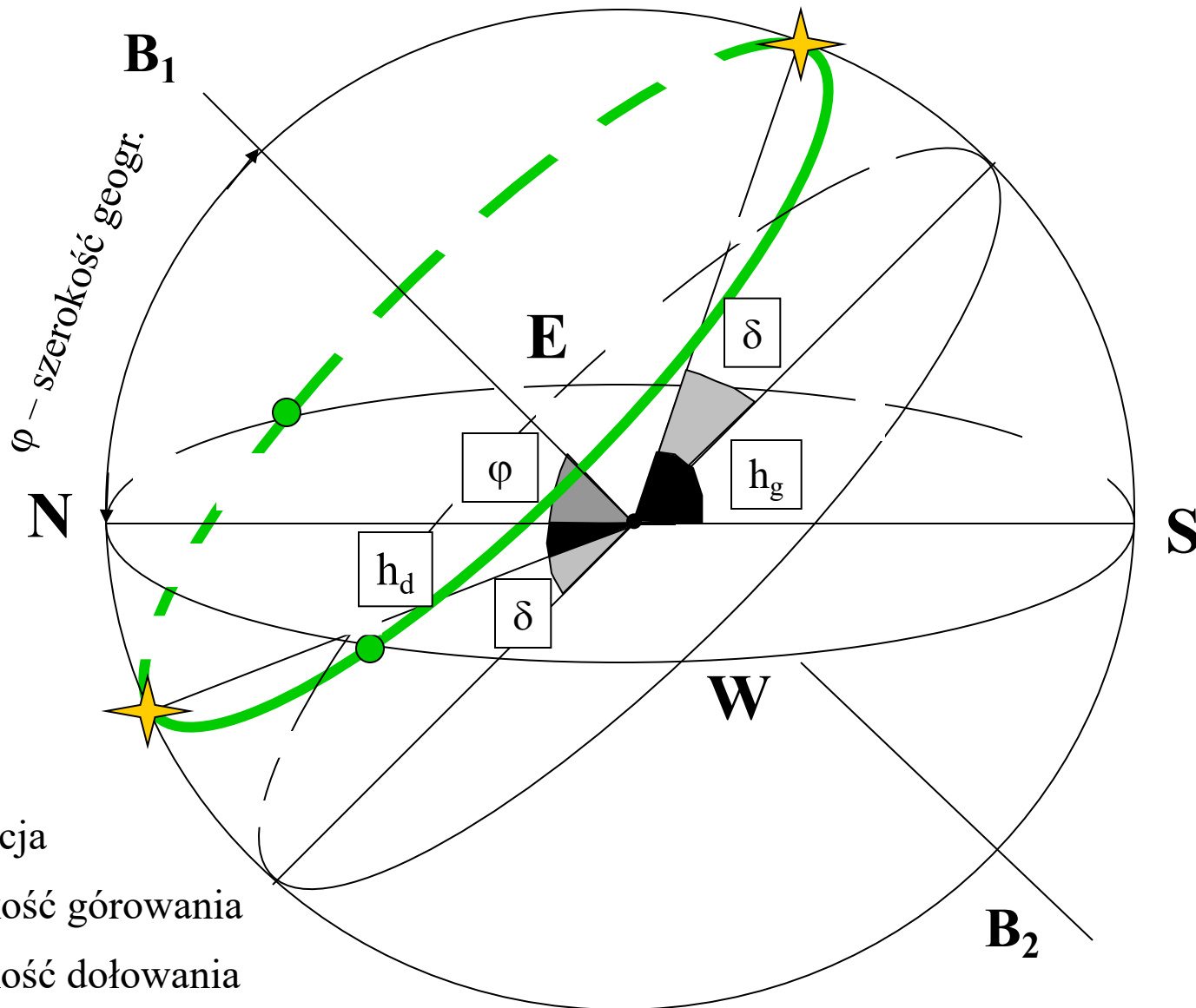
Widoczność gwiazd



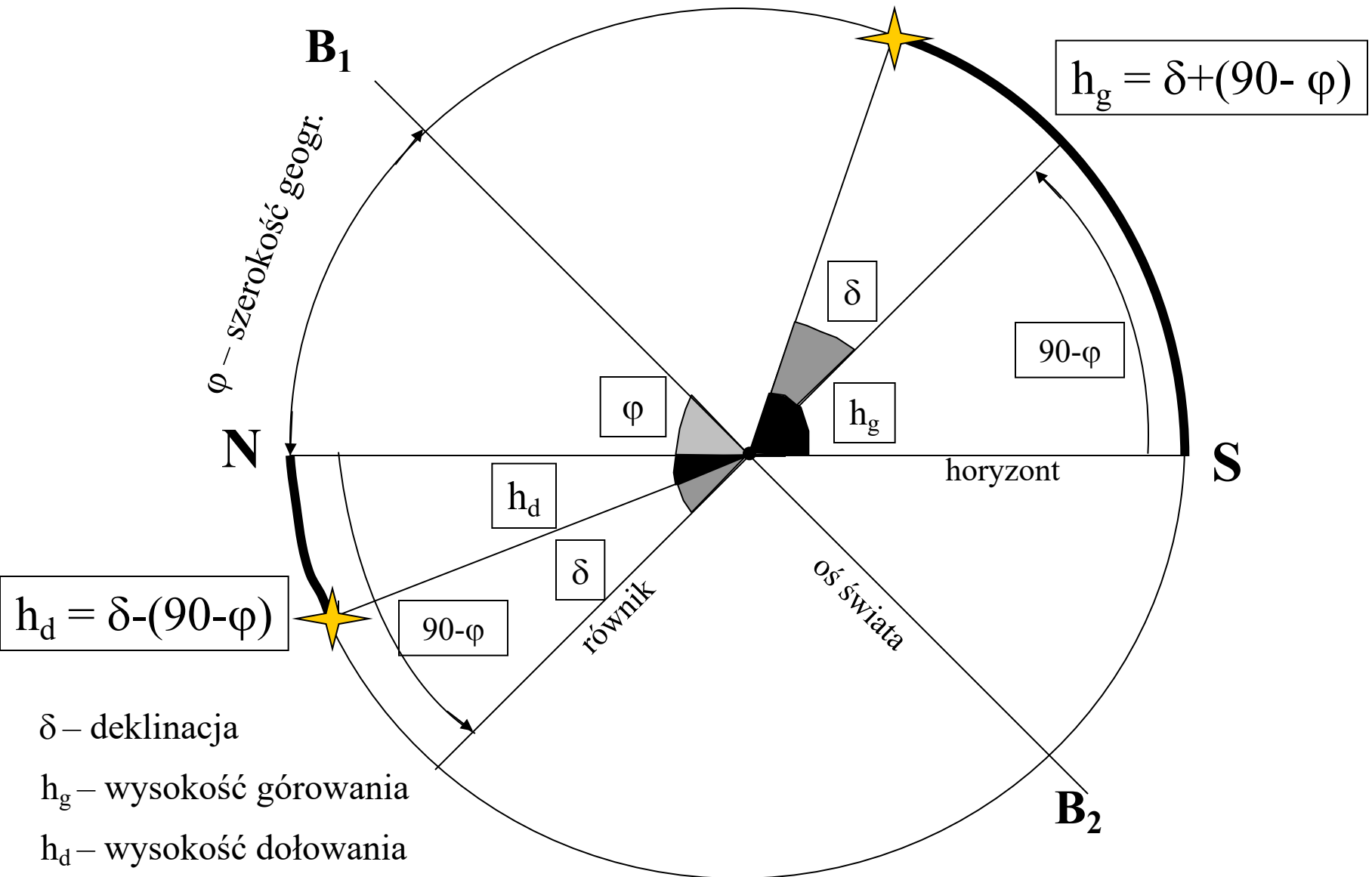
Wysokość górowania i dołowania



Wysokość górowania i dołowania



Wysokość górowania i dołowania



Zadanie

Asteroida przelatuje w odległości $r=200,000$ km od Ziemi ($a=6378$ km).
W Warszawie ($\phi=52^\circ$) widoczna jest w południku na wysokości
 $h'=40^\circ$. Jaka jest jej obserwowana i prawdziwa deklinacja?

Rozw:

paralaksa horyzontalna P:

$$P = a/r = 6370/200,000 \text{ rad} = 0.0319 \text{ radiansów} = 1.827^\circ$$

wysokość nad horyzontem $h' = (90-\phi)+\delta'$, stąd

$$\text{deklinacja obserwowana } \delta' = h' - (90-\phi) = 40^\circ - (90^\circ - 52^\circ) = 2^\circ$$

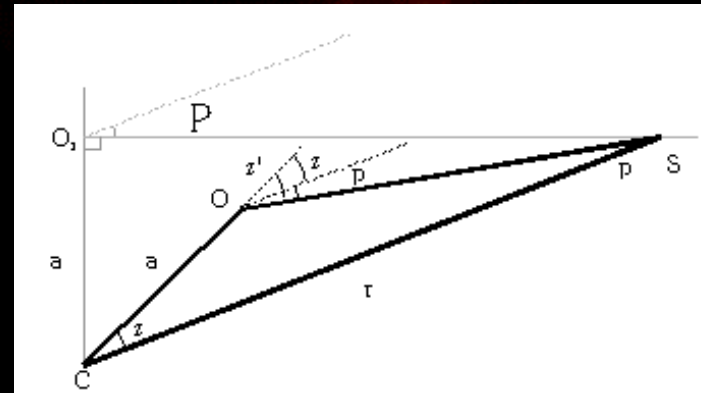
odległość zenitalna (widoma) $z' = 90-h' = 50^\circ$

$$\text{kąt paralaksy } p = P \sin(z') = 1.827 \sin(50) = 1.4^\circ$$

$$\text{ale: } z = z' - p ; h = h' + p ;$$

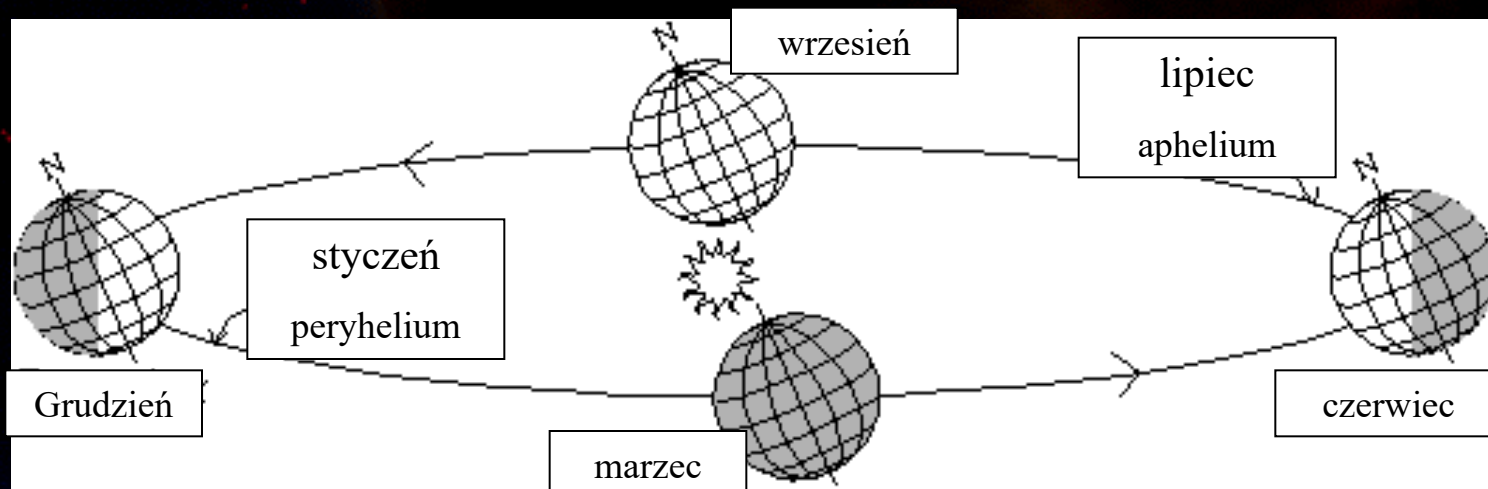
$$\text{i deklinacja geocentryczna } \delta = \delta' + p :$$

$$\delta = 2^\circ + 1.4^\circ = 3.4^\circ$$

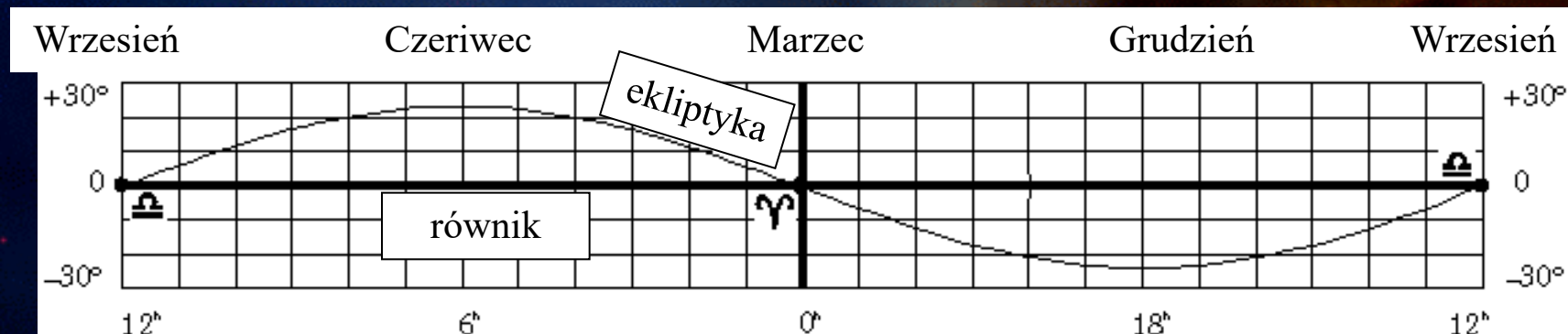


Roczny ruch Słońca

- Nachylenie osi Ziemi do płaszczyzny orbity
 $66^{\circ} 33' 38''.6$
- Nachylenie równika do ekliptyki
 $23^{\circ} 26' 21''.4$
- Precesja (26000 lat, $50''/\text{rok}$)
- Orbita eliptyczna ($e=0.017$), peryhelium w styczniu (4-5)



Roczny ruch Słońca



- punkt Barana – równonoc wiosenna (21 III)
– na linii przecięcia równika i ekliptyki
- punkt Raka – przesilenie letnie (22 VI)
- punkt Wagi – równonoc jesienna (23 IX)
- punkt Koziorożca – przesilenie zimowe (22 XII)

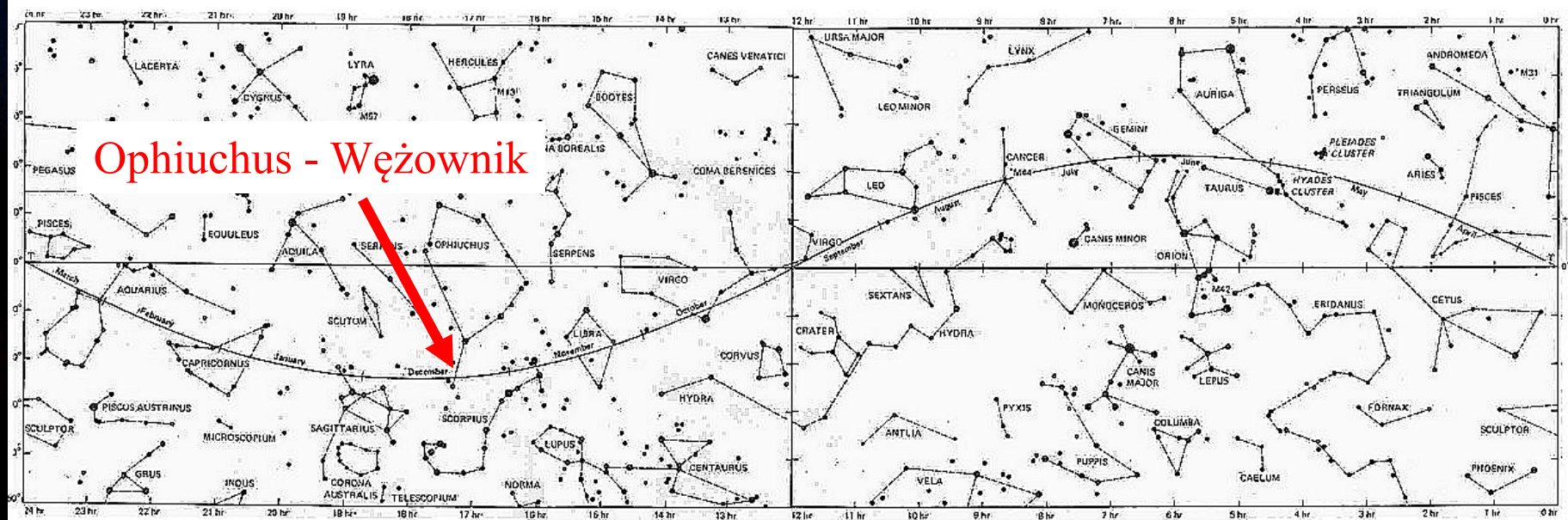
Znaki Zodiaku



λ	polska	łacińska	λ	polska	łacińska
♈	0-30	Baran Aries	♎	180-210 Waga Libra	
♉	30-60	Byk Taurus	♏	210-240 Skorpion Scorpius	
♊	60-90	Bliźnięta Gemini	♐	240-270 Strzelec Sagittarius	
♋	90-120	Rak Cancer	♑	270-300 Koziorożec Capricornus	
♌	120-150	Lew Leo	♒	300-330 Wodnik Aquarius	
♍	150-180	Panna Virgo	♓	330-360 Ryby Pisces	

Chart 1

Chart 2



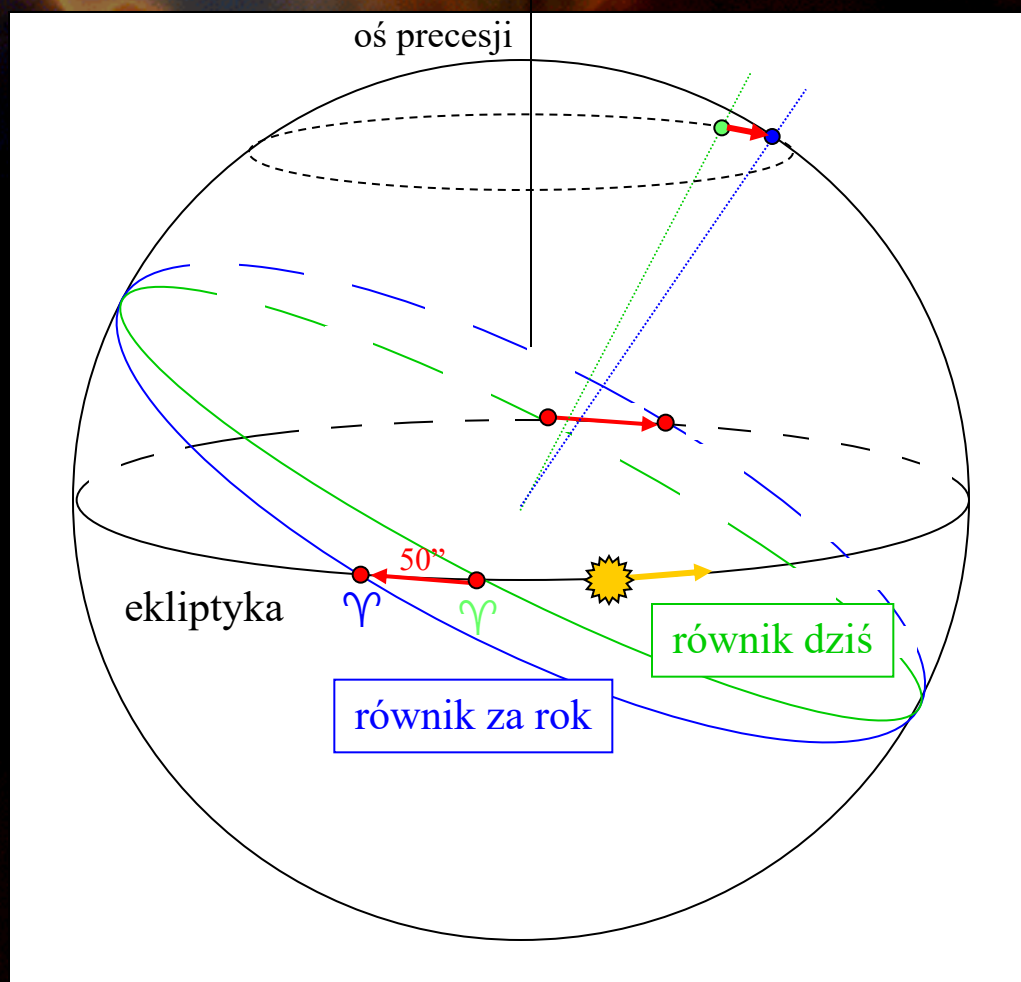
Ophiuchus - Wężownik

summer sky

winter sky

Roczny ruch Słońca - precesja

- Rok gwiazdowy
365.2564 dni
 - względem gwiazd
 - od γ do γ
- Średni rok
zwrotnikowy
365.2422 dni
 - od p. Barana do
p. Barana
 - od γ do γ



Rok zwrotnikowy

- W zależności od punktu początkowego trwa (obecnie!):

Równonoc wiosenna	365.242 374 04 dni
Przesilenie letnie	365.241 626 03 dni
Równonoc jesienna	365.242 017 67 dni
Przesilenie zimowe	365.242 740 49 dni

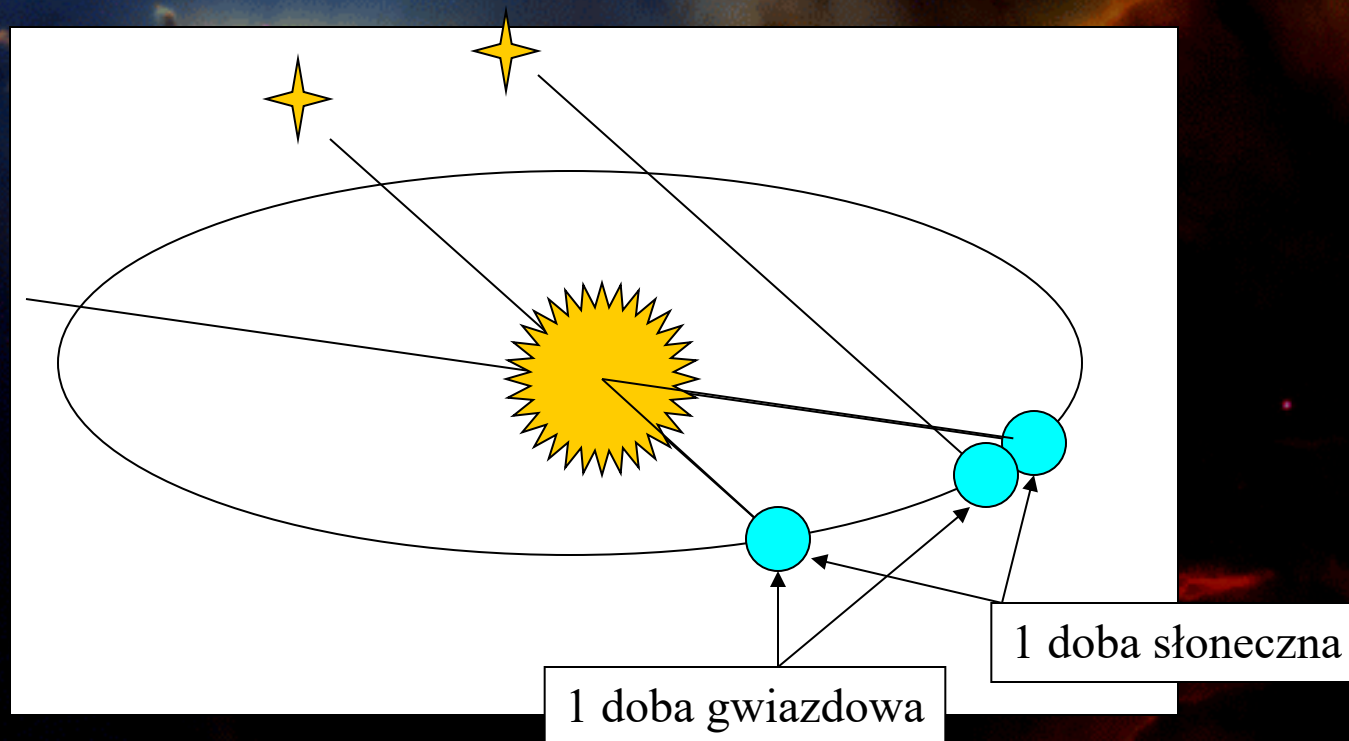
wartość średnia :

średni rok zwrotnikowy – 365.2422

Doba

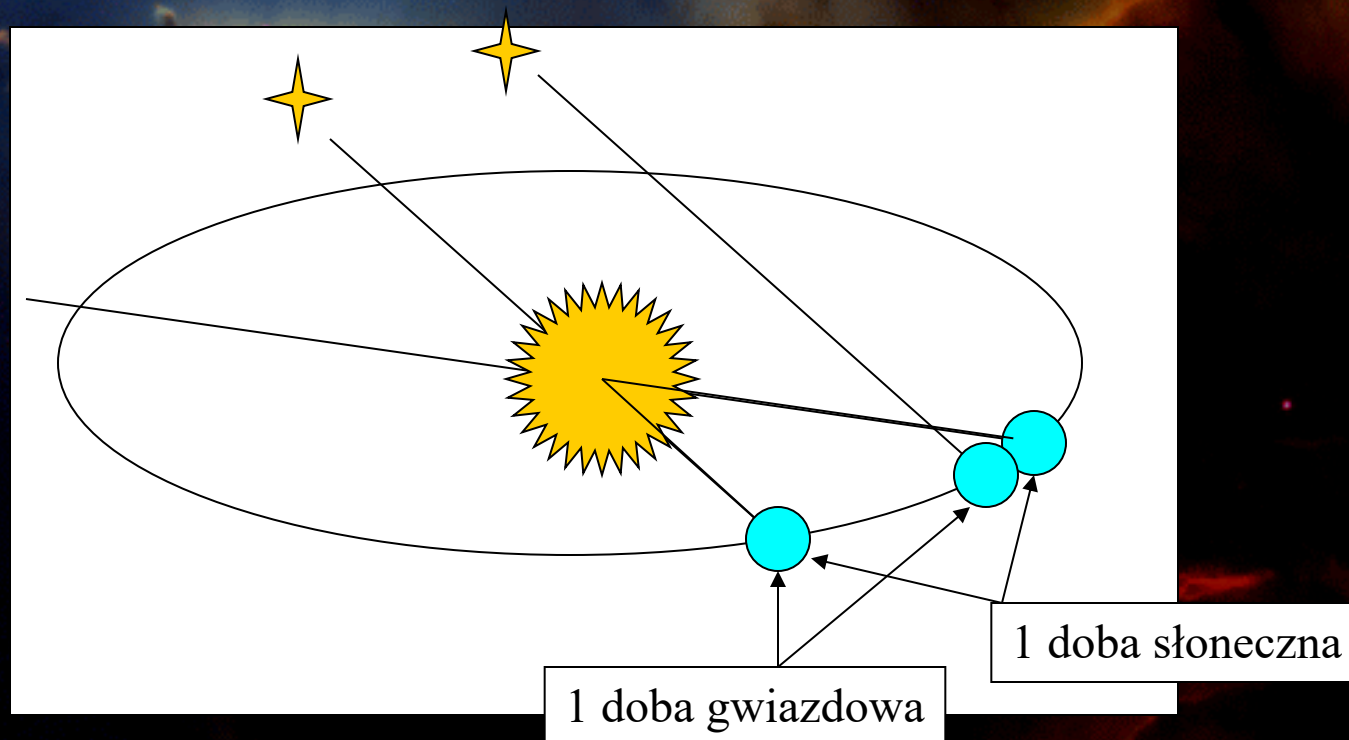
- Okres czasu upływający pomiędzy górowaniami wybranego obiektu
- doba słoneczna
 - pomiędzy górowaniami Słońca
- doba gwiazdowa
 - pomiędzy górowaniami punktu Barana

Doba gwiazdowa i słoneczna



- Doba słoneczna / Doba gwiazdowa
 $k = 366.2422 / 365.2422 = 1.0027379$

Doba gwiazdowa i słoneczna



- doba gwiazdowa = $23^{\text{h}}56^{\text{m}}4^{\text{s}}$ czasu średniego słonecznego
- doba słoneczna = $24^{\text{h}}3^{\text{m}}56^{\text{s}}$ czasu gwiazdowego

- koniec 2. 08/03/2017

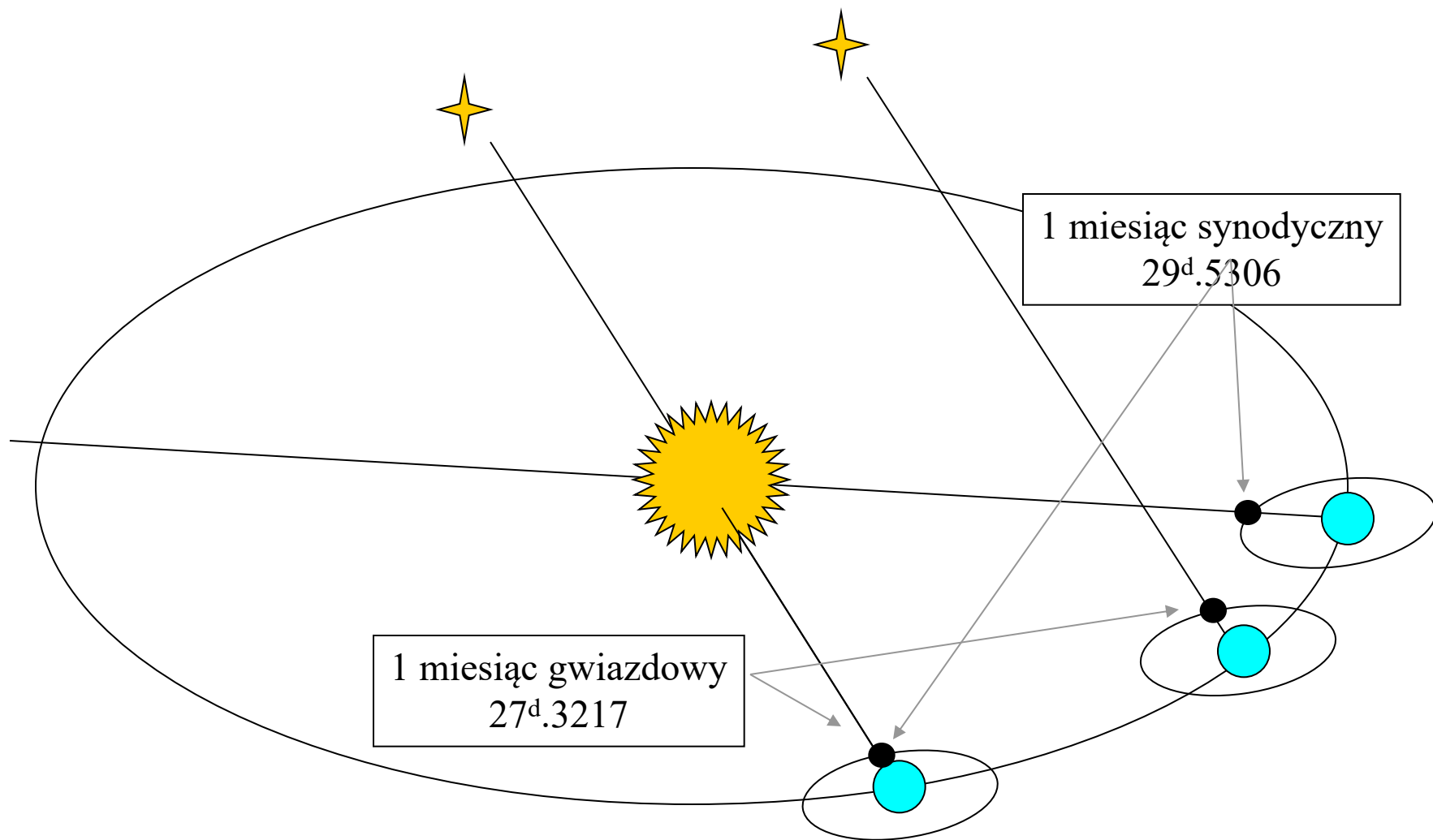
Miesiąc

- okres czasu upływający pomiędzy kolejnymi przejściami Księżyca przez określony punkt na niebie.

Miesiąc

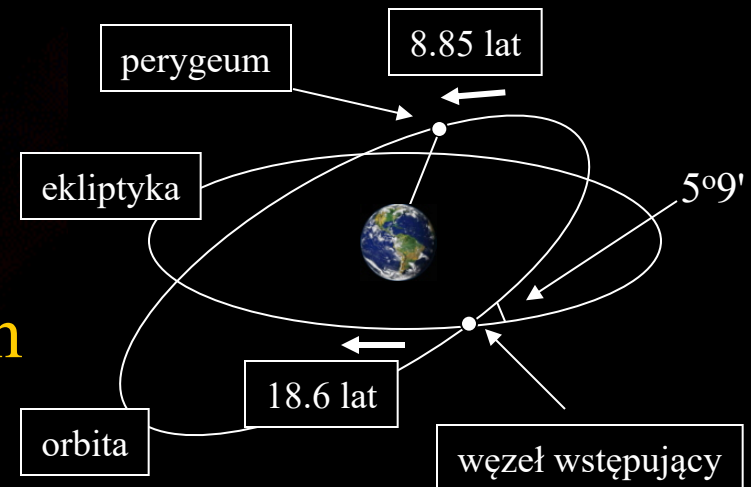
- syderyczny (gwiazdowy) $27^{\text{d}}.3217$
 - względem gwiazd
- synodyczny $29^{\text{d}}.5306$
 - od nowiu do nowiu Księżyca

Miesiąc



Miesiąc

- syderyczny (gwiazdowy) $27^{\text{d}}.3217$
 - względem gwiazd
- synodyczny $29^{\text{d}}.5306$
 - od nowiu do nowiu Księżyca
- smoczy $27^{\text{d}}.2122$
 - od węzła do węzła
- anomalistyczny $27^{\text{d}}.5546$
 - od perygeum do perygeum



Kalendarz

- Kalendarz rzymski
- Pierwotnie – czysto księżycowy
- Rok zaczynał się w dniu nowiu najbliższego wiosennej równonocy
 - Kalendarz Romulusa, ok. 753 p.n.e. (*ab Urbe condita*)
 - Miesiąc – 29 lub 30 dni ("dziurawy" i "pełny")
 - Kalendy - dzień po nowiu
 - Nony – 7 dni przed idami
 - Idy – dzień po pełni
 - dni odliczane wstecz od powyższych, np. *septimus ante calendas martii* – 23 II

Kalendarz

– Rok miał 10 miesięcy

- Martius (30+1) (rzymski sposób liczenia interwałów)
- Aprilis (29+1)
- Maius (30+1)
- Junius (29+1)
- Quinctilis (30+1)
- Sextilis (29+1)
- Septembris (29+1)
- Octobris (30+1)
- Novembris (29+1)
- Decembris (29+1)

– pozostałe (~60) dni wolne, bo były „ciemne i zimne”

Kalendarz

- Numa Pompiliusz (2 władca Rzymu, po Romulusie, ok. 713 B.C.) dodał styczeń i luty (na końcu!)

– miesiące po 29 lub 31 dni (luty 28)

- Martius (31)
- Aprilis (29)
- Maius (31)
- Junius (29)
- Quinctilis (31)
- Sextilis (29)
- Septembris (29)
- Octobris (31)
- Novembris (29)
- Decembris (29)
- Januarius (28 ->29)
- Februarius (28) miesiąc oczyszczenia

– rok miał 355 dni ($\sim 12 \cdot 29.53$)

Kalendarz

- Co dwa lata dodatkowy miesiąc pomiędzy 24 a 25 lutego (*Intercalaris, Mercedonius* – trwał 22 lub 23 dni), żeby zgadzało się z porami roku.
- W 153 (?) p.n.e. przesunięto początek roku na styczeń.

Kalendarz juliański

- Juliusz Cezar (100-44 p.n.e.) – reforma kalendarza
 - Regulacja (konieczna po wojnach punickich):
 - rok 46 p.n.e miał 15 miesięcy (445 dni)
 - 10 dodatkowych dni podzielono między miesiące (luty bez zmian – 28 dni)
 - lata przestępne co 4 (powtórzony Februarius 24)
 - wskutek pomyłki najpierw co 3 (do roku 8 BC)
 - średni rok – 365.25 dnia
 - po zabójstwie Juliusza (Quinticilius -> Julius)
 - korekta Octaviana Augusta (8 BC):
 - Sextilis ->Augustus (30->31)
 - Februarius (29->28) (by nie był krótszy od Juliusa ☺)

Kalendarz gregoriański

- Kalendarz gregoriański
 - Papież Grzegorz XIII – kłopoty z Wielkanocą:
 - pierwsza niedziela po pierwszej wiosennej pełni
 - Do 4 października 1582 r. różnica wzrosła do 10 dni
 - Równonoc wiosenna powinna wypadać średnio 21 marca
 - Bulla papieska 1582 r.:
 - Po 4 października nastąpił 15 października
 - Lata przestępne co 4
 - Co 100 lat NIE
 - Co 400 lat TAK
 - Przestępne: 1600, 2000, 2400
 - Rok jest teraz za długi o 26 sekund (1 dzień / 3000 lat)
 - 4000, 8000, 12000 nie będą przestępne

Inne kalendarze:

- Muzułmański
 - zsynchronizowany z fazami Księżyca
 - 12 miesięcy po 29 i 30 dni, rok liczy 354 dni.
- Astronomiczna ciągła rachuba dni (Dni Juliańskie)
 - od południa 1 stycznia 4713 p.n.e.
 - dzień się liczy od południa
 - (w nocy nie zmienia się numer dnia!)
 - porę dnia określa ułamek dziesiętny numeru dnia.
 - np. 3/03/2010 12:00 UT - $JD = 2455259.0$

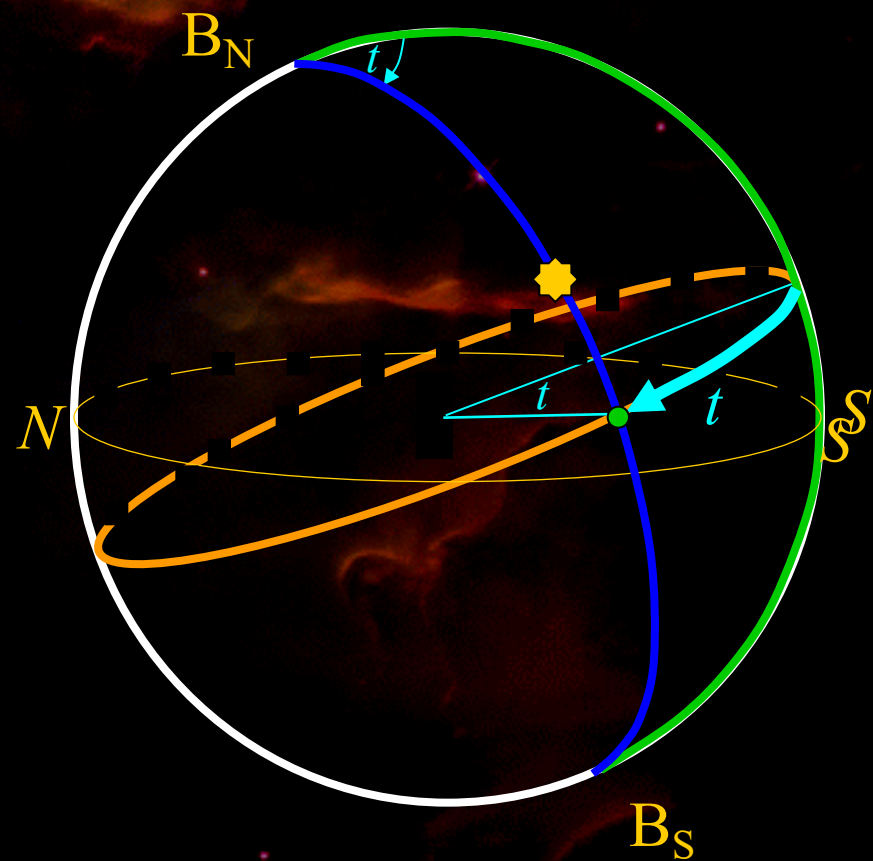
Kalendarz – dni tygodnia

- $7 \times 4 = 28$ dni (~miesiąc)

Sun	Sunday	Dimanche	Domingo
Moon	Monday	Lundi	Lunes
Mars	Tuesday (dzień Tyra)	Mardi	Martes
Mercury	Wednesday (dzień Odyna)	Mecredi	Miercoles
Jupiter	Thursday (dzień Thora)	Jeudi	Jueves
Venus	Friday (dzień Freyi)	Vendredi	Viernes
Saturn	Saturday	Samedi	Sabado

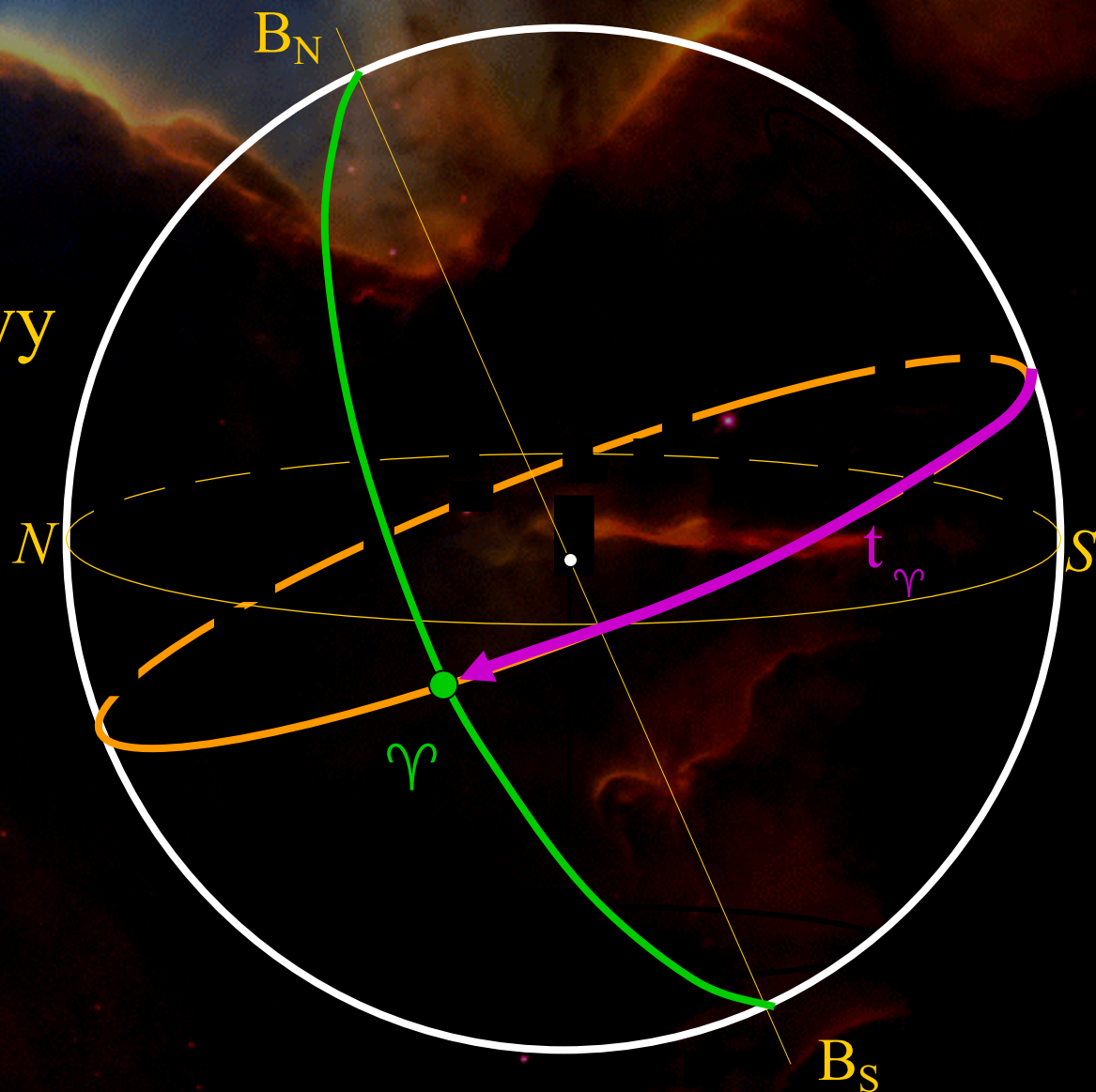
Rachuba czasu

- Czas – kąt godzinny wybranego obiektu
 - południk lokalny
 - kąt godzinny



Czas gwiazdowy

- kąt godzinny punktu Barana
- czas gwiazdowy
 $S = t_{\gamma}$



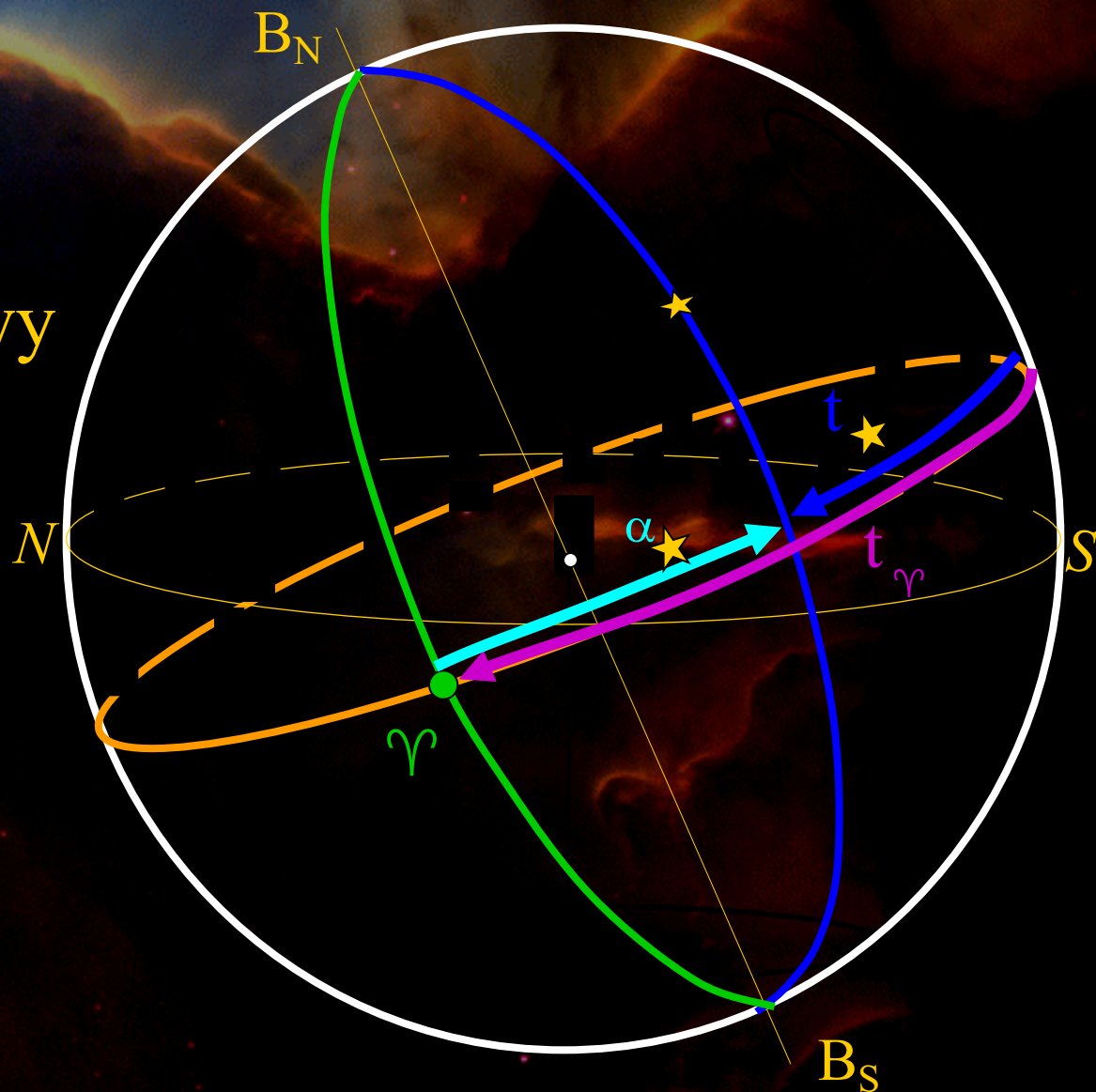
Czas gwiazdowy

- kąt godzinny punktu Barana
- czas gwiazdowy

$$S = t_{\gamma}$$

$$t_{\gamma} = t_{\star} + \alpha_{\star}$$

$$S = t_{\star} + \alpha_{\star}$$



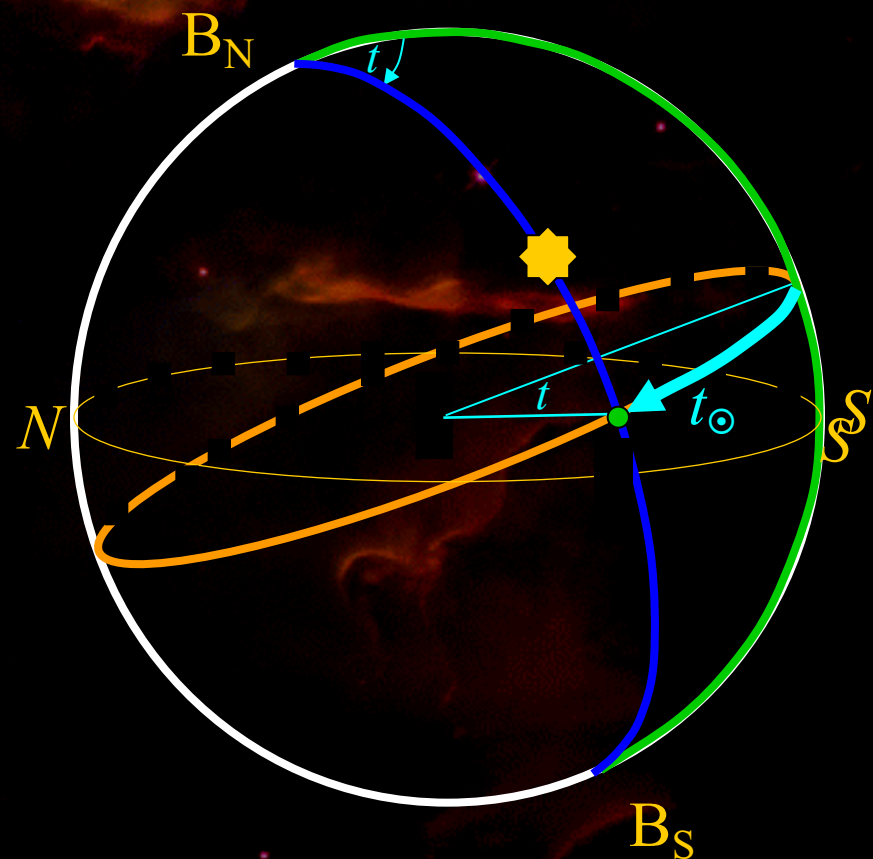
Czas gwiazdowy

- doba gwiazdowa
 - odstęp czasu pomiędzy dwoma kolejnymi górowaniami punktu Barana
 - wskutek precesji krótsza o ok 0.009 sekundy od okresu obrotu Ziemi

Czas słoneczny prawdziwy

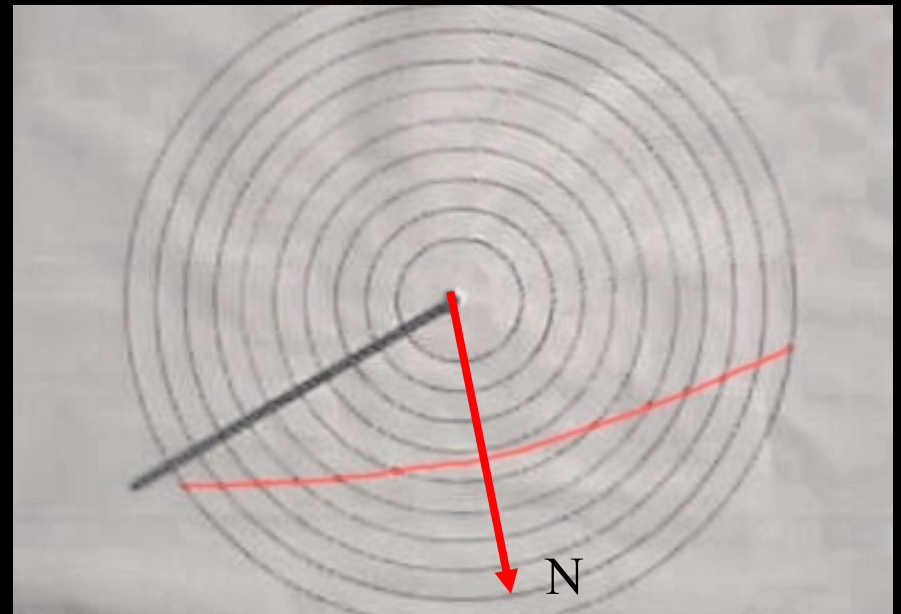
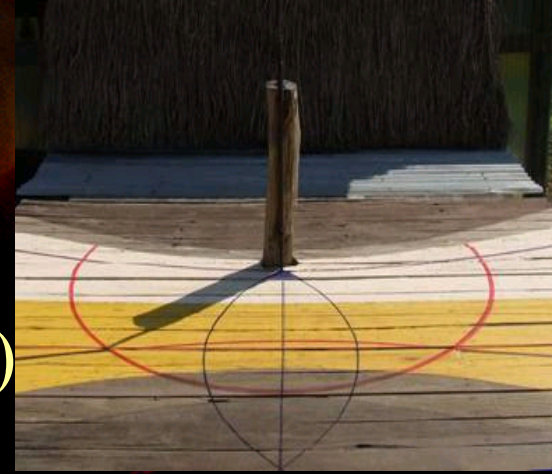
- kąt godzinny Słońca
- czas słoneczny:

$$T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h$$



Gnomon

- Najstarszy zegar
 - niejednostajny ruch cienia
 - inny w różnych porach roku ($\cos \delta$)
 - zmiana długości cienia – kierunki!



Czas słoneczny prawdziwy

Zegary słoneczne wskazują czas prawdziwy słoneczny $T_{\odot}$:

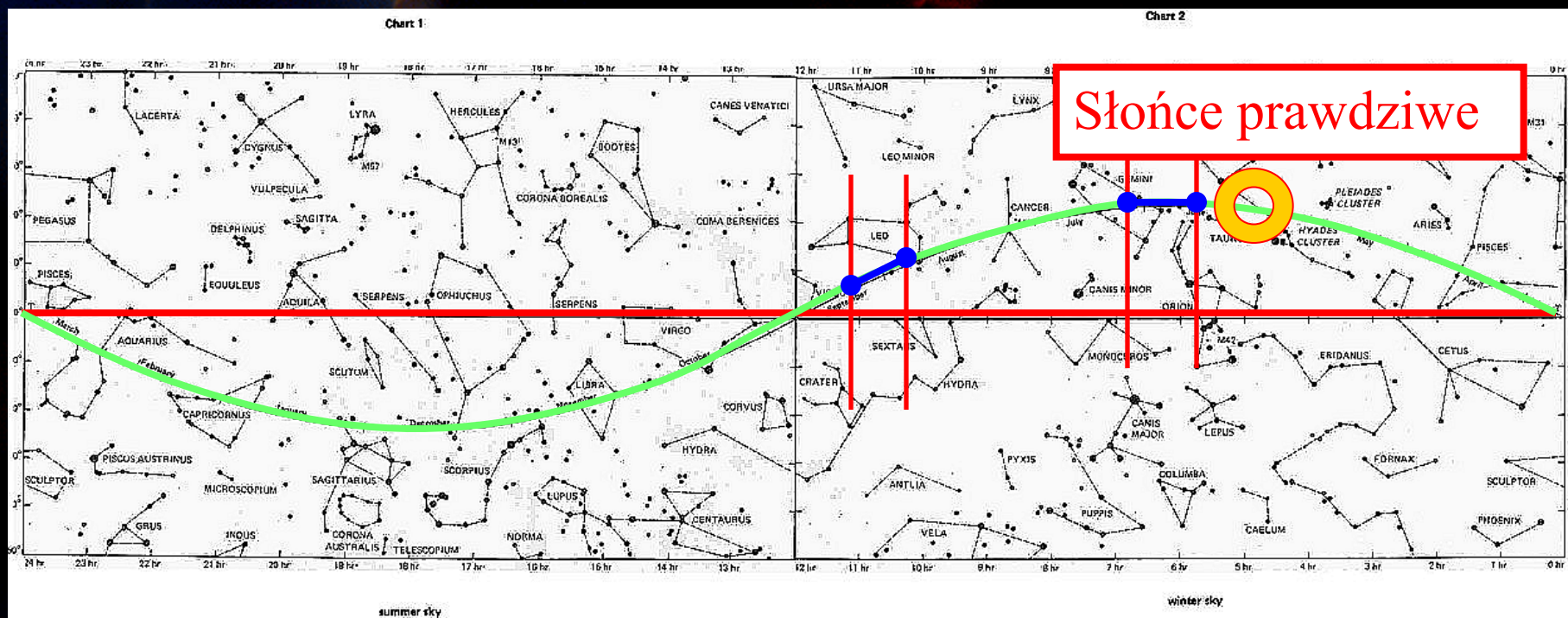
$$T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h$$

- $t_{\odot}$ - kąt godzinny Słońca prawdziwego
- „gnomon” równoległy do osi świata
- jednostajny ruch cienia



Roczny ruch Słońca po ekliptyce

- Rzut dobowej drogi Słońca po ekliptyce na **równik niebieski** ma zmienną długość zależną od pory roku.



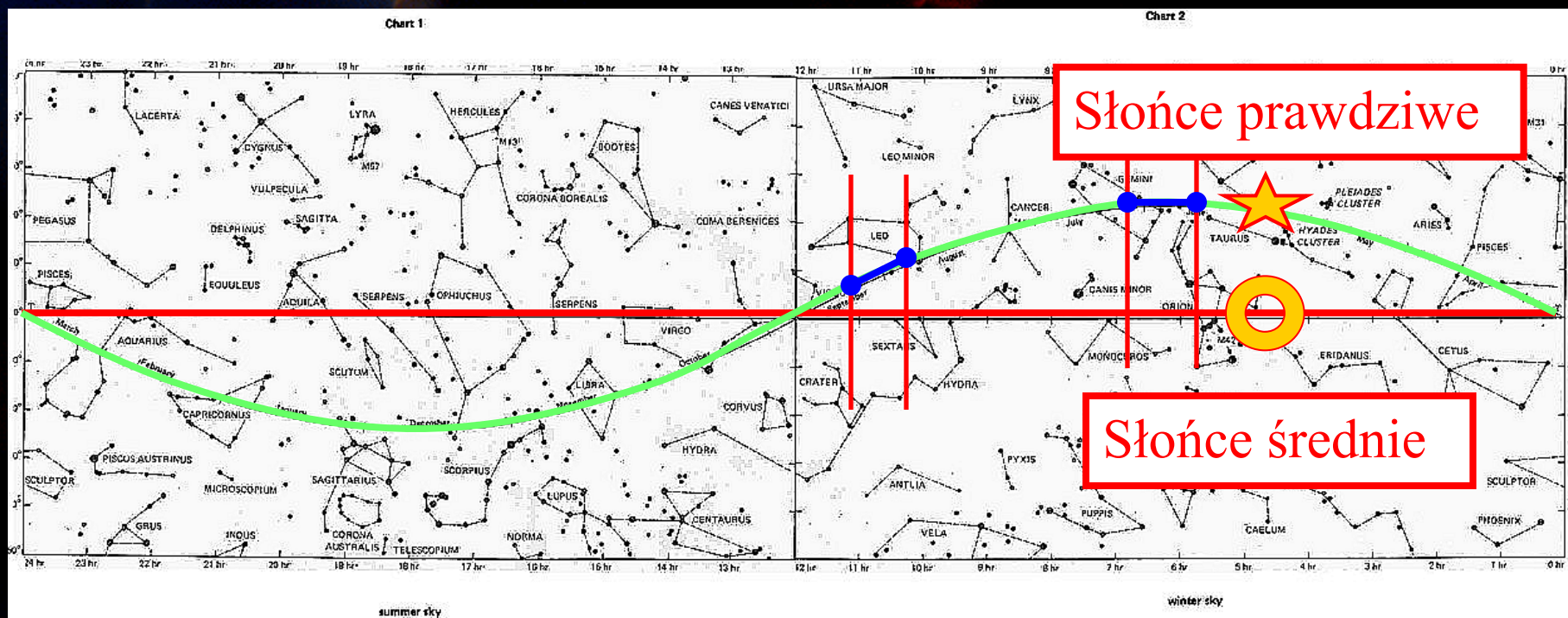
Czas słoneczny prawdziwy

- Płynie niejednostajnie
 - przyczyny:
 - nachylenie równika do ekliptyki:
nierównomierne narastanie α przy stałych przyrostach λ : $\Delta \alpha = \Delta \lambda (\cos \varepsilon / \cos^2 \delta)$
 - eliptyczność orbity
 - zmiany prędkości ruchu orbitalnego
 - odchyłki względem zegarów mechanicznych (+16 do -14 minut)



Roczny ruch Słońca po ekliptyce

- Rzut dobowej drogi Słońca po ekliptyce na **równik niebieski** ma zmienną długość zależną od pory roku.



Czas średni słoneczny

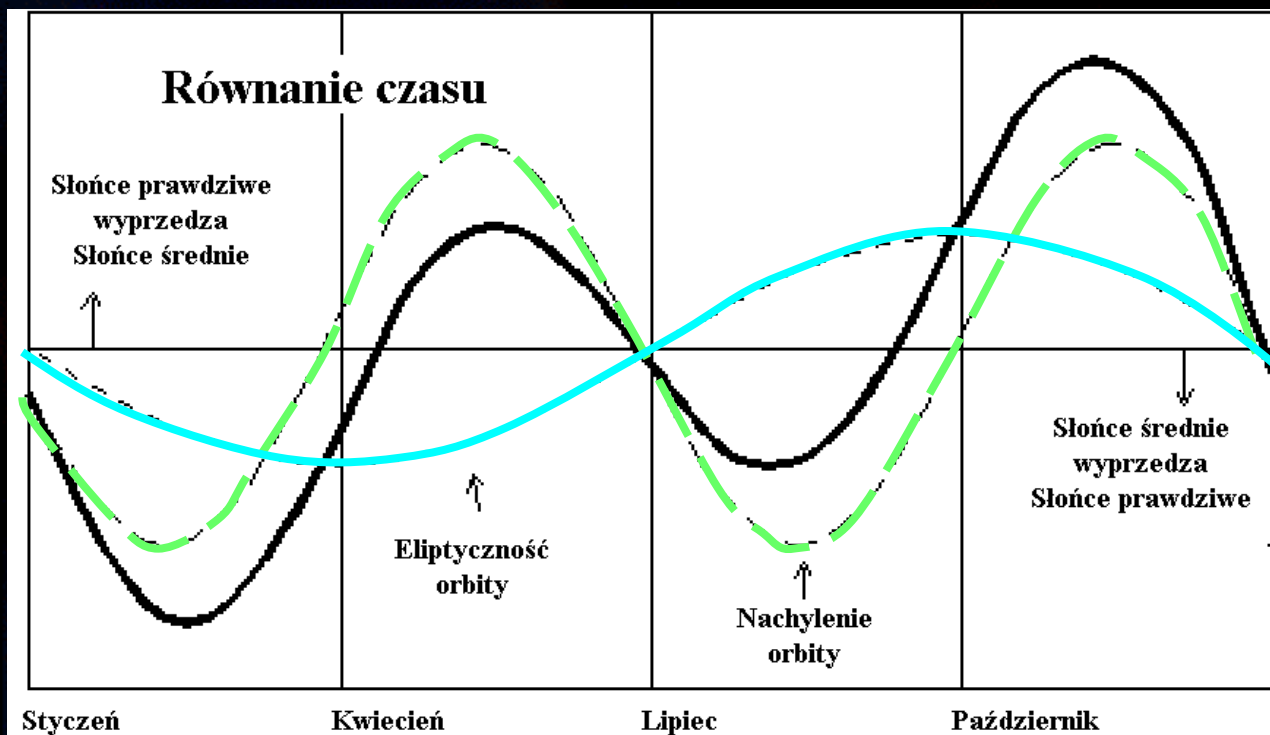
- Słońce średnie
 - punkt matematyczny poruszający się po równiku ze stałą prędkością kątową równą średniej prędkości kątowej ruchu Słońca prawdziwego.
 - $\omega_{\odot} = \overline{\omega_{\odot}} = 360^{\circ}/365.2422 = 0^{\circ}.9856/1^d = 3^m56^s/\text{dobę}$
- Czas średni słoneczny $T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h$

Równanie czasu

- Równanie czasu:

$$E = T_{\odot} - T_{\underline{\odot}} = t_{\odot} - t_{\underline{\odot}} = \alpha_{\underline{\odot}} - \alpha_{\odot}$$

$$E = \alpha_{\underline{\odot}} - \lambda_{\odot} + \lambda_{\odot} - \alpha_{\odot} = \lambda_{\underline{\odot}} - \lambda_{\odot} + \lambda_{\odot} - \alpha_{\odot}$$

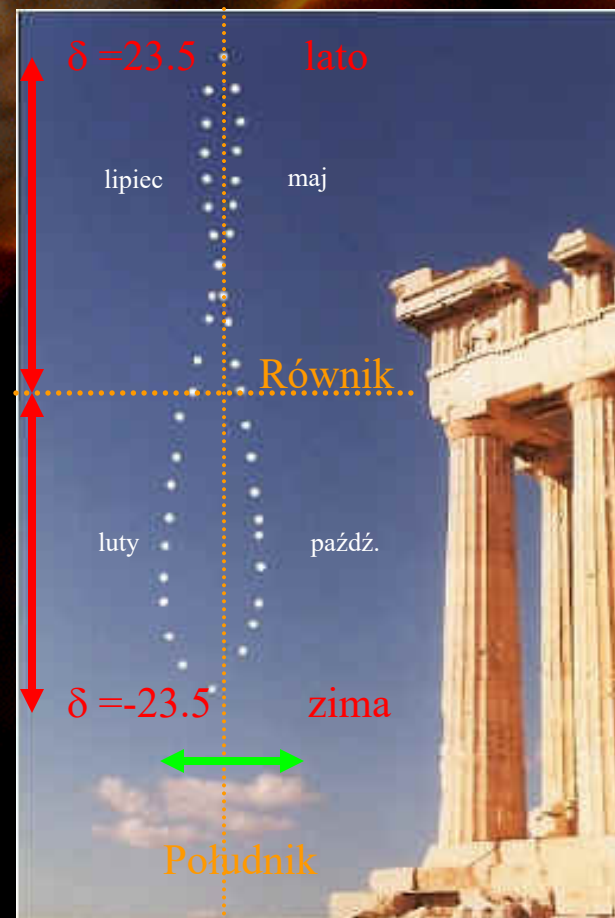


wkład od niejednostajnego
ruchu Słońca po ekliptyce

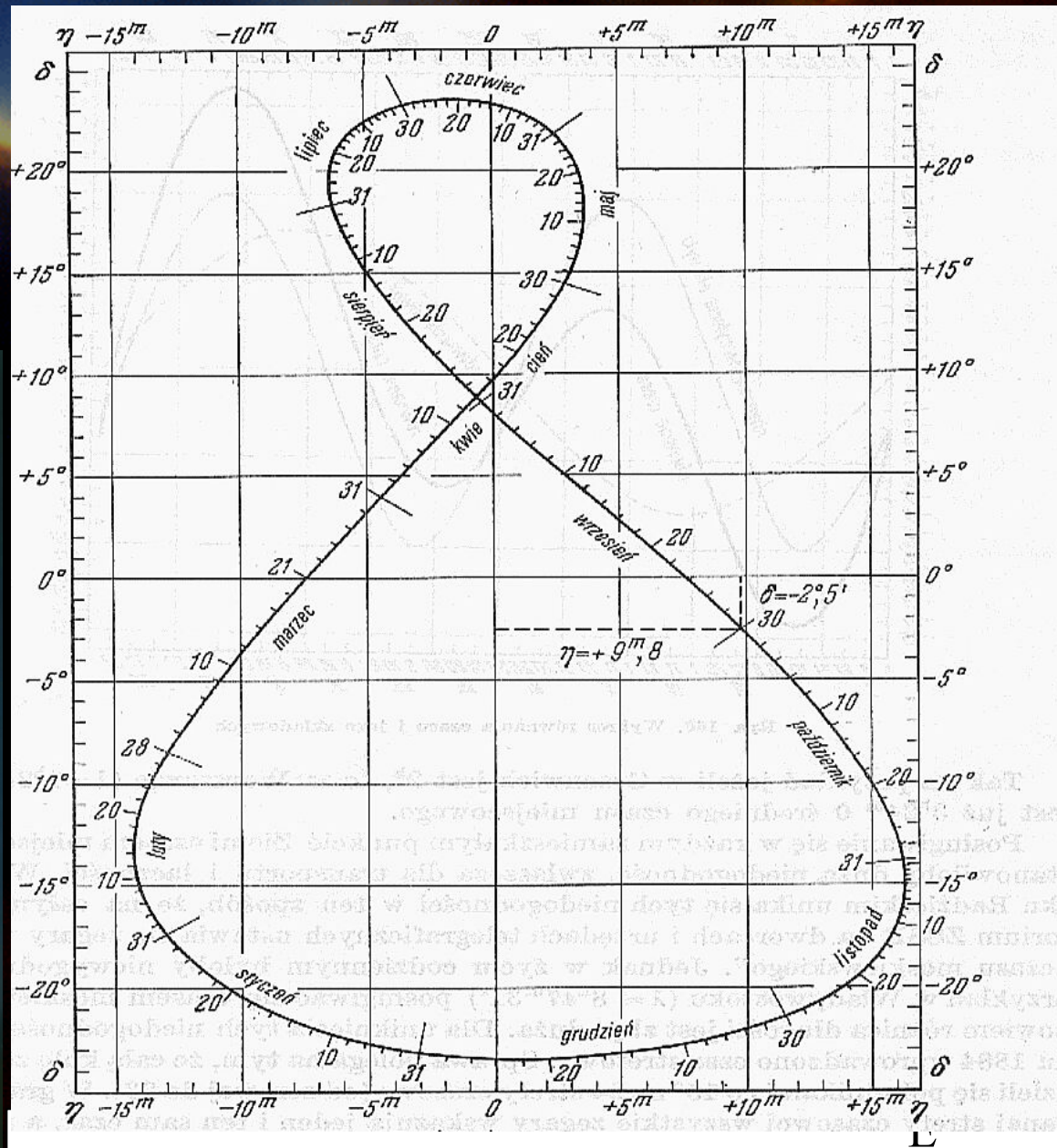
wkład od rzutowania długości
ekliptycznej Słońca na równik

Równanie czasu

- Analemma – rejestracja pozycji Słońca dokładnie o tej samej godzinie w ciągu roku (np. o 12)
- Słońce zmienia wysokość nad horyzontem (zmiana deklinacji od $\delta = -23.5^\circ$ do $\delta = 23.5^\circ$)
- Czasem Słońce spóźnia się i nie zdąża wrócić na swoje miejsce na niebie a czasem spieszy i znajduje się już za południkiem niebieskim



Równanie czasu



Równanie czasu



Zegar dla półkuli południowej

Czas słoneczny i gwiazdowy

- Czas gwiazdowy w Greenwich:

$$S_G = S_{G0} + k \cdot UT$$

gdzie

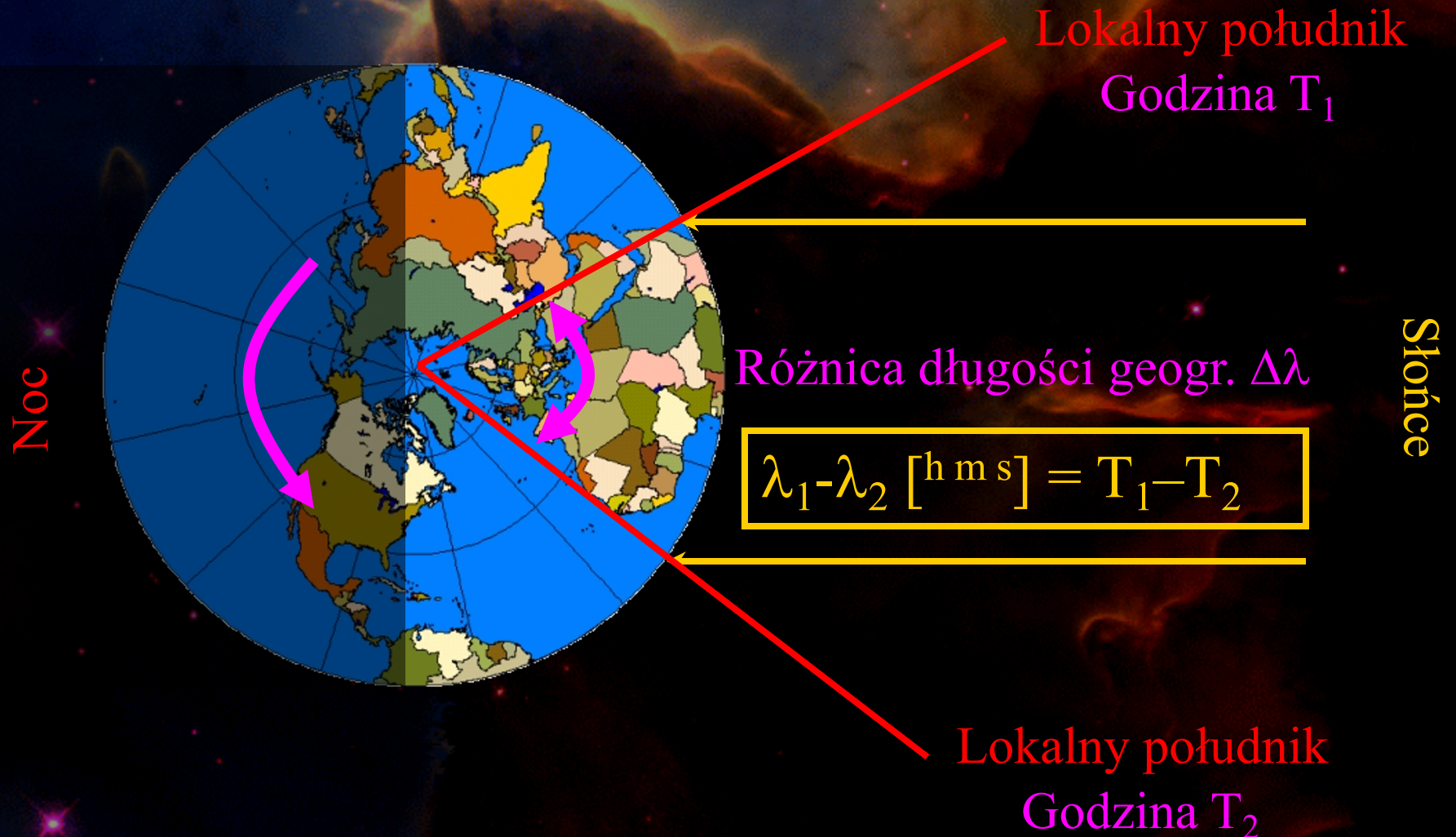
$$k = 366.2422/365.2422 = 1.002738$$

S_{G0} - podawane w tablicach

Czas lokalny a długość geograficzna

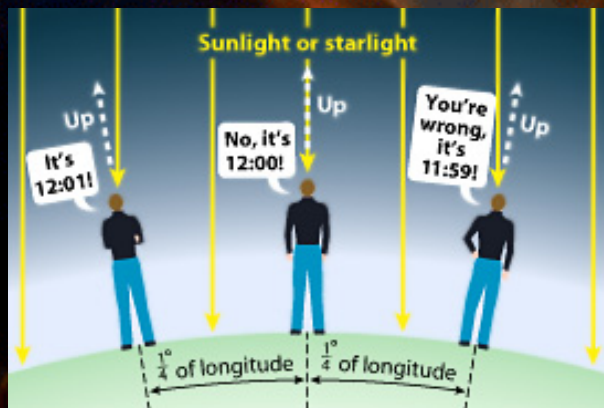


Czas lokalny a długość geograficzna



Czas lokalny(miejscowy) i uniwersalny

$$T_1 - T_2 = t_1 - t_2 = \lambda_1 - \lambda_2$$



- południk Greenwich
 - długość $\lambda_G = 0$
 - $T_{\odot} = t_G + 12 = UT$
 - UT – czas średni słoneczny w Greenwich
 - GMT – Greenwich Mean Time

Czas strefowy

- Na powierzchni Ziemi ustanowiono 24 strefy w których czas urzędowy różni się o pełną godzinę
- W danej strefie obowiązuje czas centralnego południka
- Strefa ma szerokość 15^0
- Granice stref zmodyfikowano tak, by w terenach zamieszkałych pokrywały się z granicami administracyjnymi
- Przykłady:

• UT	czas uniwersalny	$\lambda=0^0$	czas uniwersalny
• CSE	czas środkowoeuropejski	$\lambda=15^0$	(nasz czas zimowy)
• CWS	czas wschodnioeuropejski	$\lambda=30^0$	(nasz czas letni)

Czas strefowy

Standard Time Zones of the World

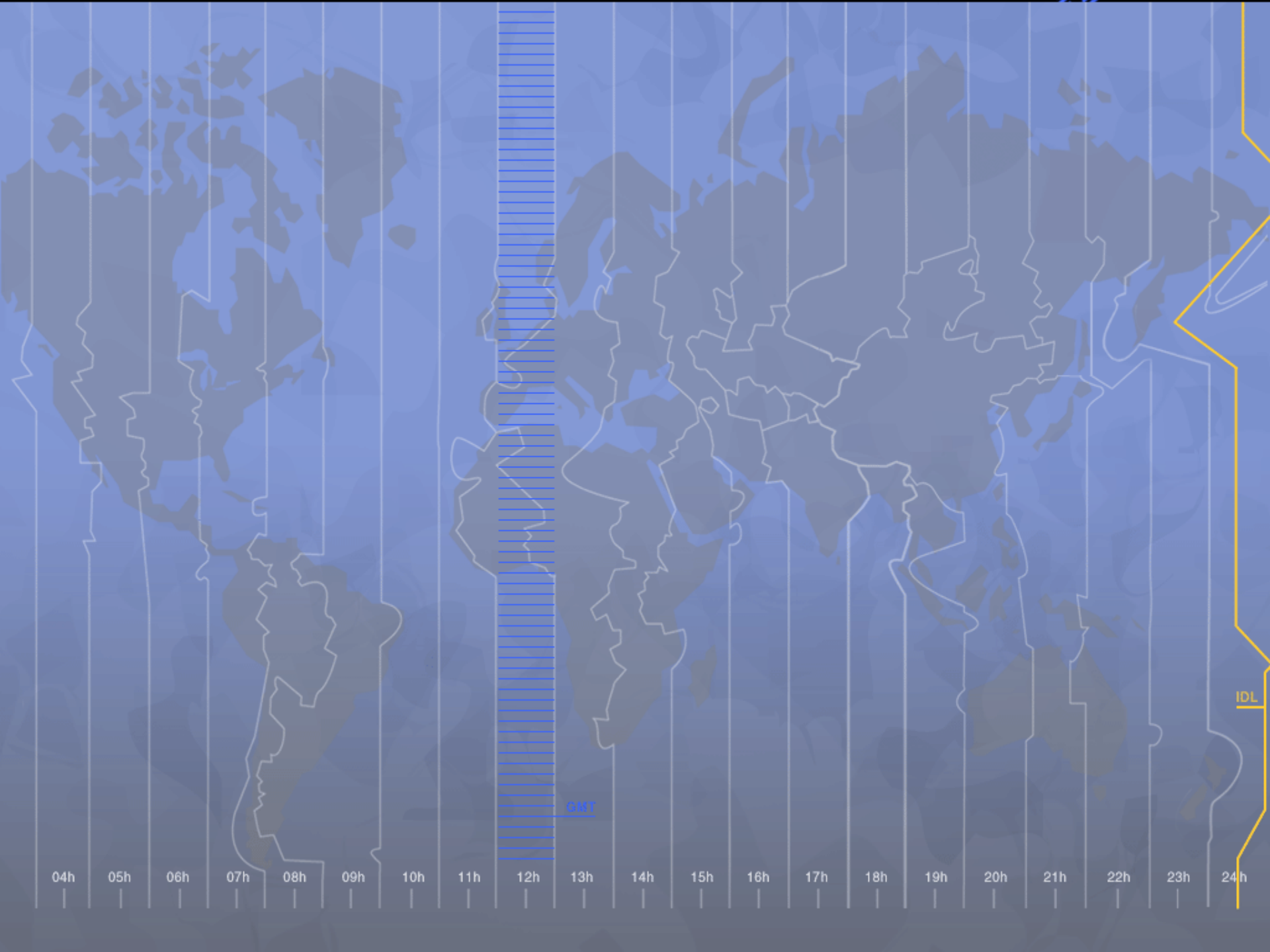


Czas standardowy (USA)

- czas standardowy (USA) : $\Delta t = 1^h$
- co 15°
 - Eastern Standard Time (EST - 75°)
 - Central Standard Time (CST - 90°)
 - Mountain Standard Time (MST - 105°)
 - Pacific Standard Time (PST - 120°)

Czas letni i zimowy

- *daylight saving time*
- czas zimowy = czas standardowy
- czas letni = czas zimowy + 1. godzina
- Zmiany czasu odbywają się w Europie w ostatnią niedzielę marca ($CSE+1=CWE$) i października ($CWE-1=CSE$), po północy.



04h

05h

06h

07h

08h

09h

10h

11h

12h

13h

14h

15h

16h

17h

18h

19h

20h

21h

22h

23h

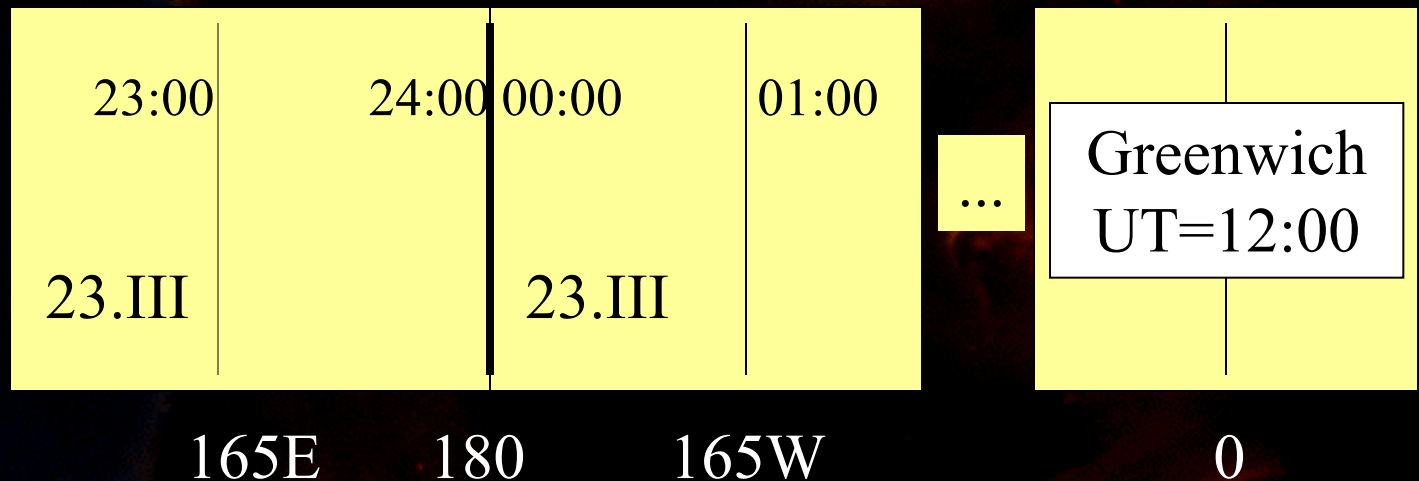
24h

GMT

IDL

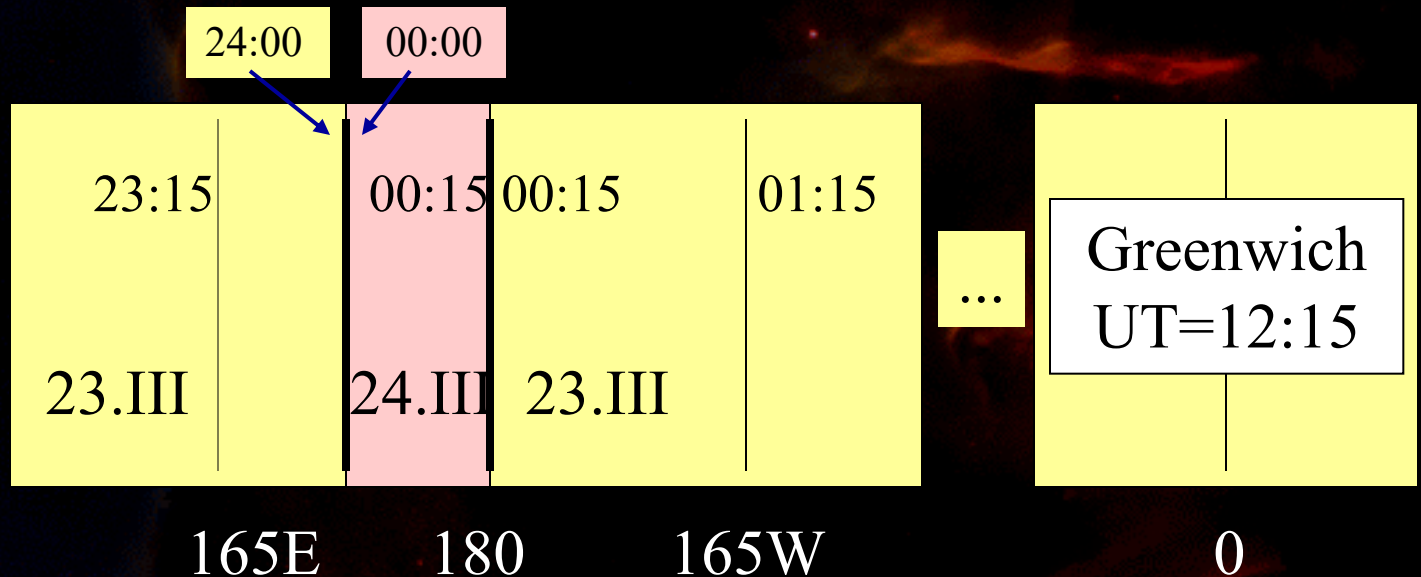
Data

- Międzynarodowa linia zmiany daty
 - południk 180°
 - podróż na wschód – zyskujemy jeden dzień
 - podróż na zachód – tracimy jeden dzień



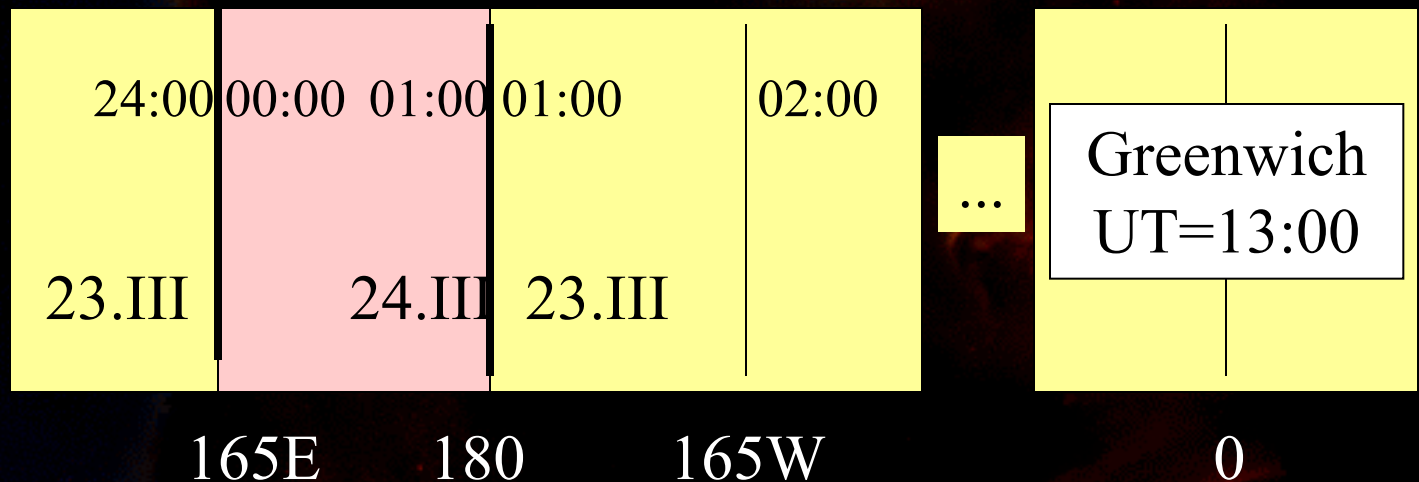
Data

- Międzynarodowa linia zmiany daty
 - południk 180°
 - podróż na wschód – zyskujemy jeden dzień
 - podróż na zachód – tracimy jeden dzień



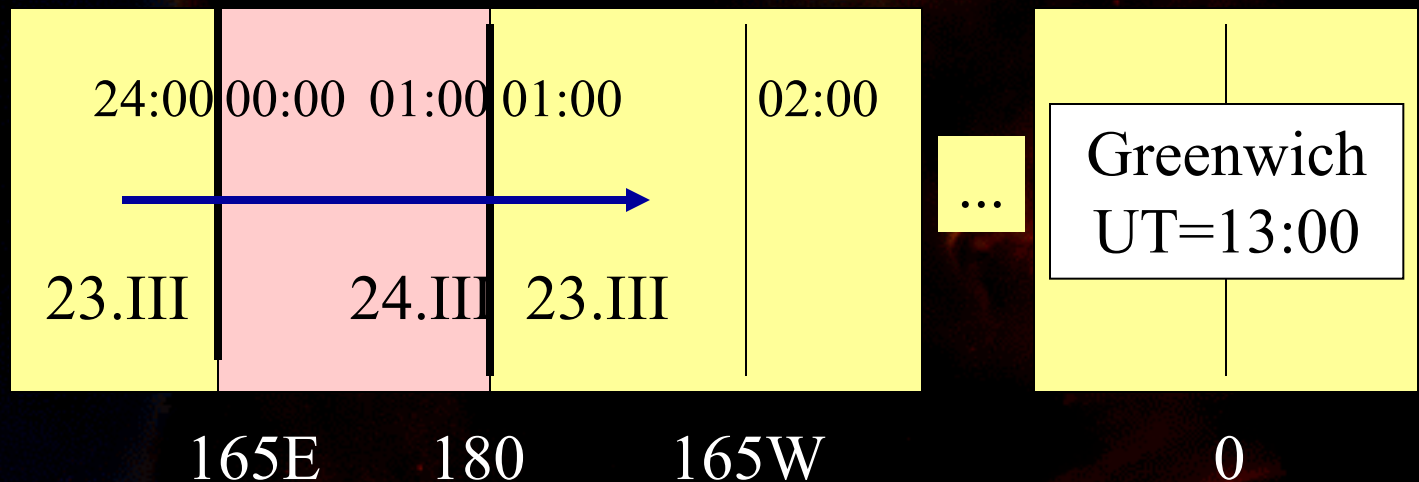
Data

- Międzynarodowa linia zmiany daty
 - południk 180°
 - podróż na wschód – zyskujemy jeden dzień
 - podróż na zachód – tracimy jeden dzień



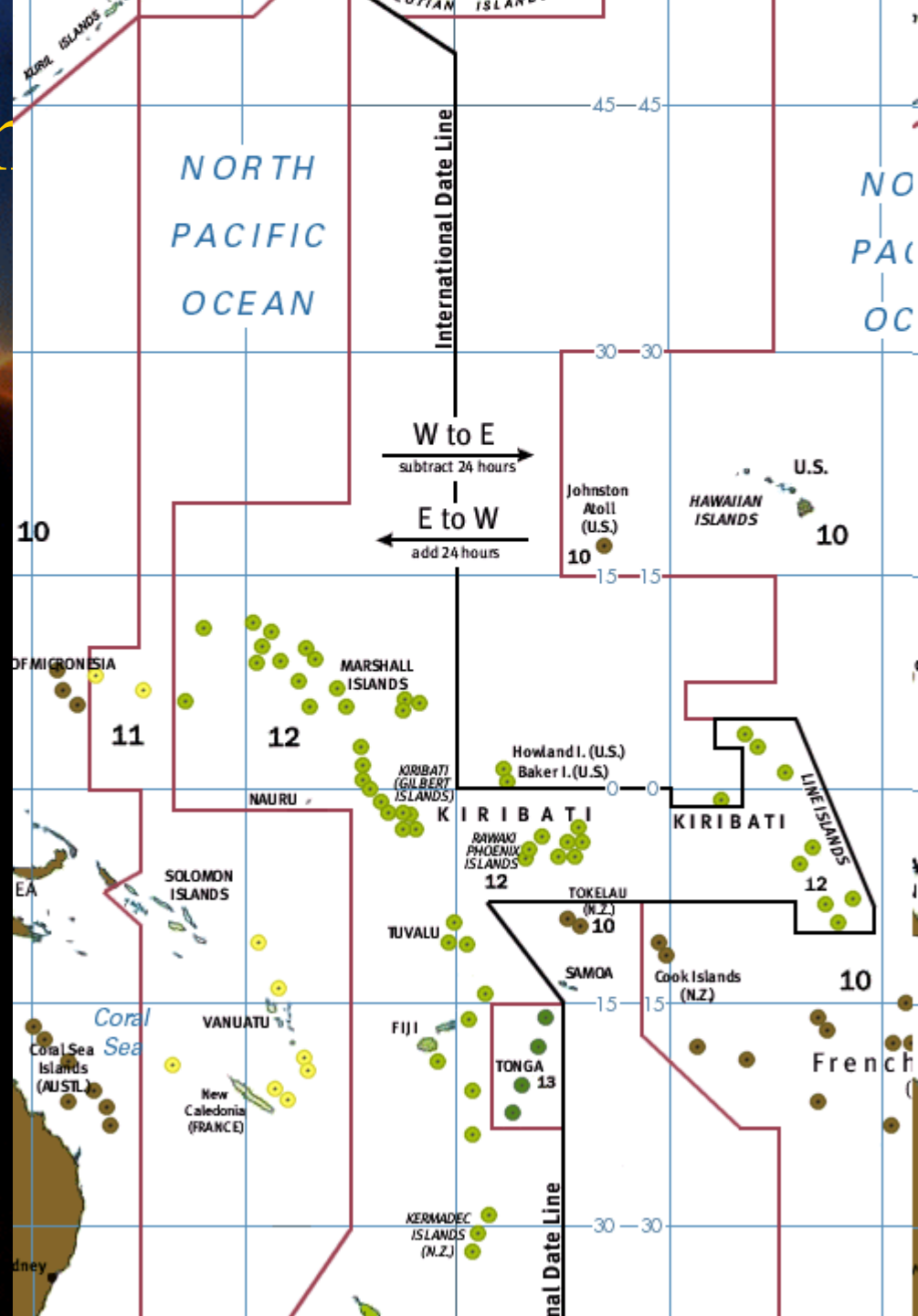
Data

- Międzynarodowa linia zmiany daty
 - południk 180°
 - podróż na wschód – zyskujemy jeden dzień
 - podróż na zachód – tracimy jeden dzień

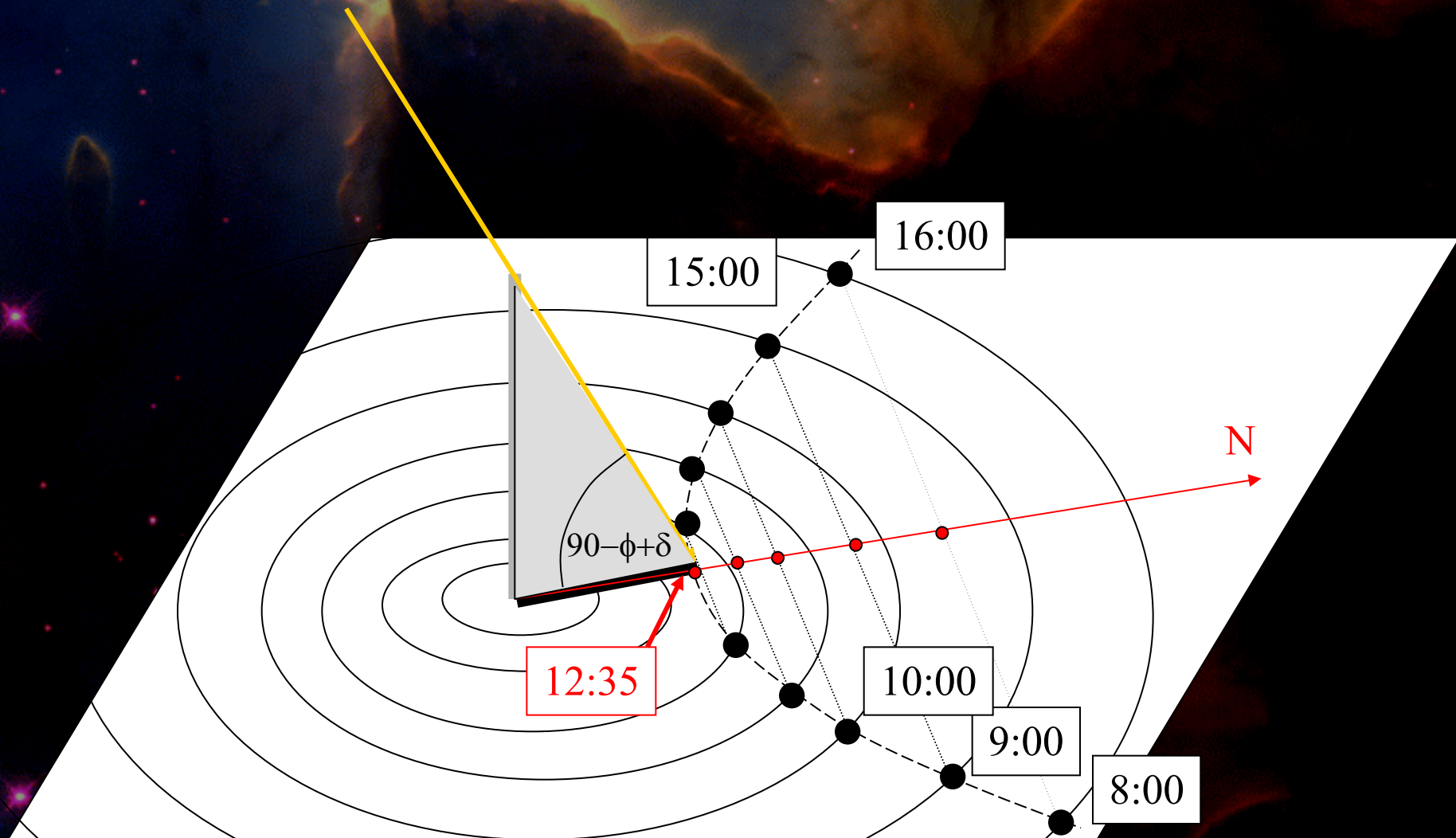


Linia zm

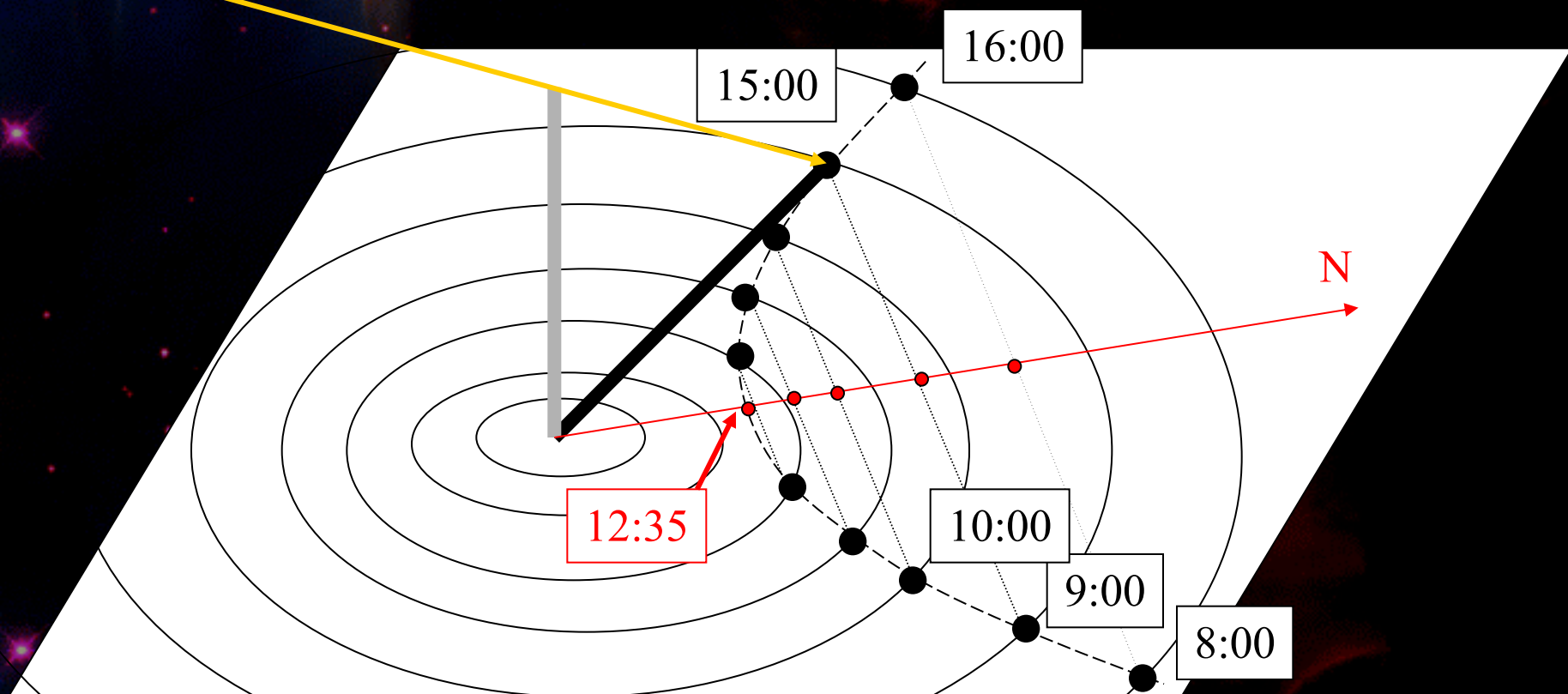
- Konsekwencją stref czasowych jest Międzynarodowa Linia Zmiany Daty (IDL)
- Przebiega wzdłuż południka 180° omijając lądy
- Ostatnia poprawka wprowadzona w 1995 roku przez rząd Kiribati



Wyznaczanie szerokości geograficznej



Wyznaczanie południa i południka



Wyznaczanie szerokości geograficznej

- gwiazda okołobiegunowa obserwowana w kulminacji górnej i dolnej:

$$h_g = \varphi + 90 - \delta \quad h_d = \varphi - 90 + \delta$$

$$\varphi = (h_g + h_d) / 2$$

$$\delta = 90 - (h_g - h_d) / 2$$

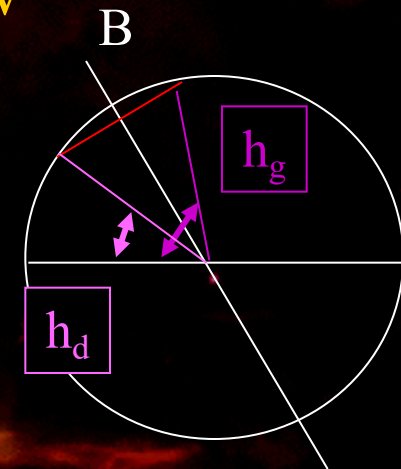
- metoda Talcota

– dwie gwiazdy górujące po przeciwnych stronach zenitu.

$$\varphi = \delta_S - z_{oS} = \delta_S - (z_S + r_S)$$

$$\varphi = \delta_N - z_{oN} = \delta_N - (z_N + r_N)$$

$$\varphi = 90 - (\delta_N - \delta_S) / 2 + (z_S - z_N) / 2 + (r_S - r_N) / 2$$



Wyznaczanie długości geograficznej

$$t_1 - t_2 = \lambda_1 - \lambda_2$$

określanie długości geograficznej

=

wyznaczanie czasu miejscowego z obserwacji

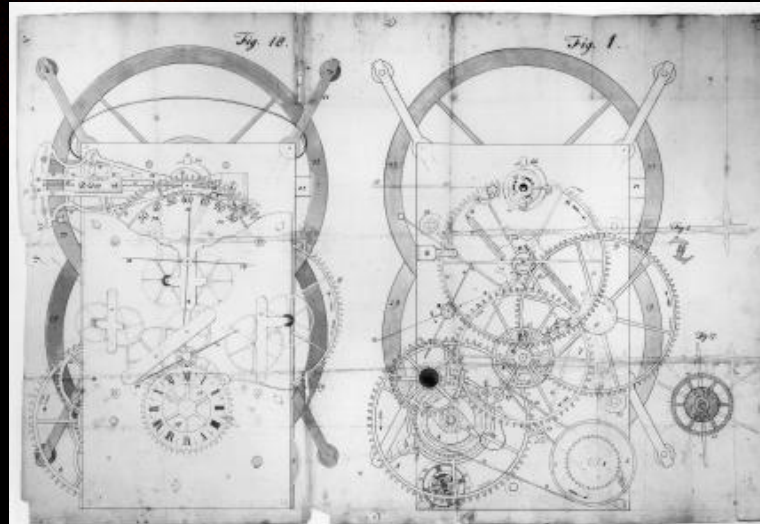
+

znajomość czasu miejscowego na południku
zerowym

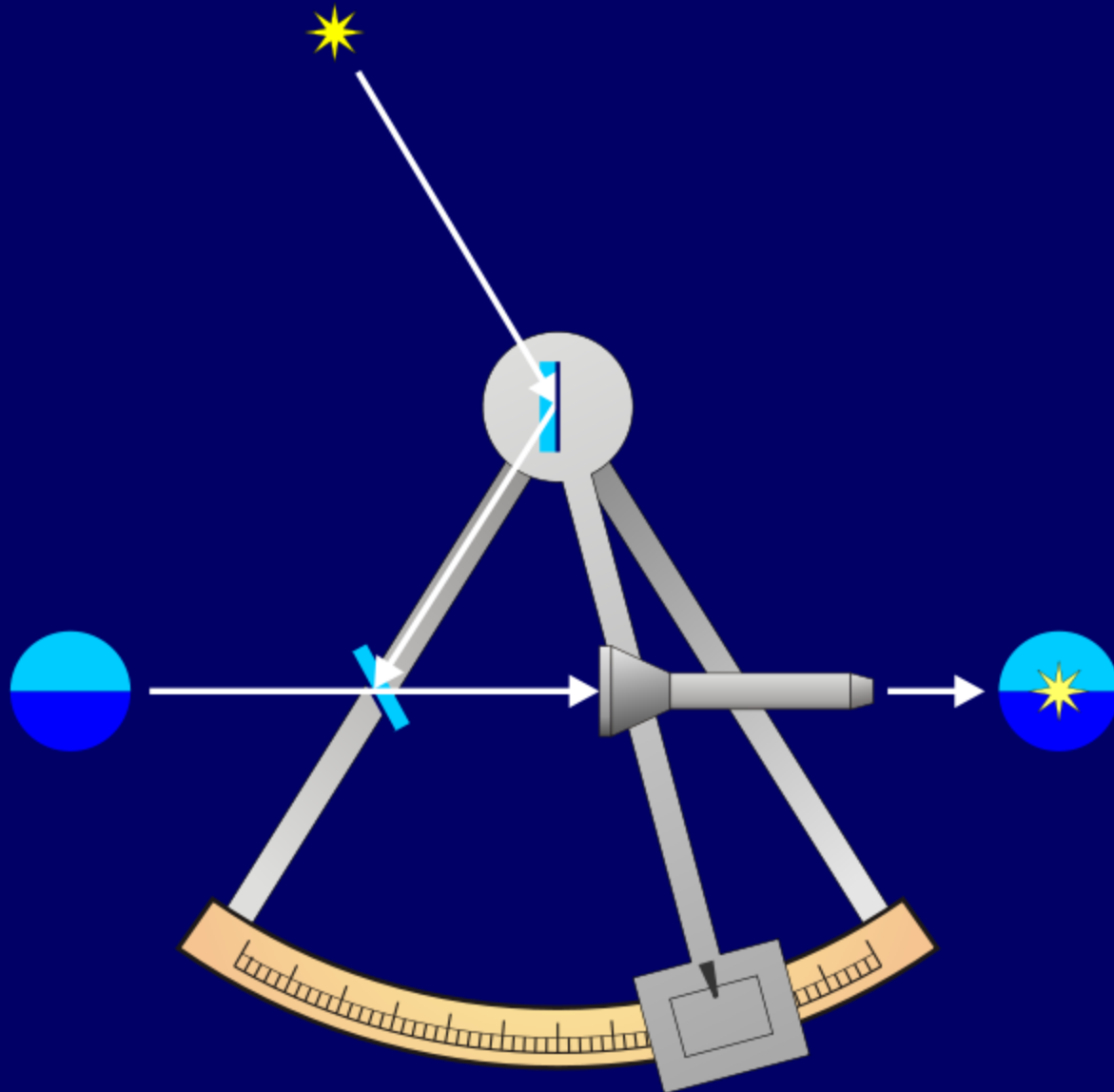
- np:
 - czasu prawdziwego słonecznego + UT
 - czasu gwiazdowego + ST_G

Wyznaczanie długości geograficznej

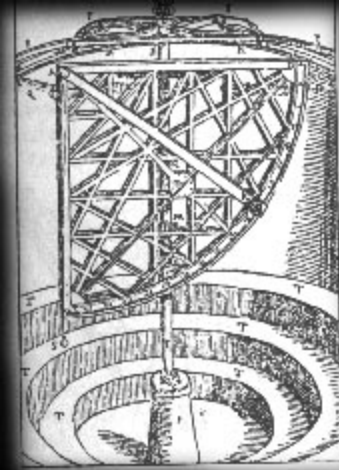
- Trudności ze znajomością czasu na południku zerowym:
 - przewidywalne zjawiska astronomiczne:
 - zaćmienia Księżyca
 - odległości katowe Księżyca od jasnych gwiazd
 - zaćmienia i zakrycia księżyców Jowisza
 - chronometry okrętowe
 - James Cook (1772)
 - obecnie – sygnały radiowe



Nawigacja - sekstant



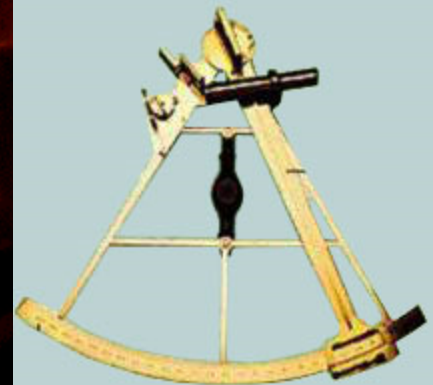
kwadrant



oktant



sekstant



Nawigacja

Obniżenie horyzontu

$$a^2 = (r+h)^2 - r^2$$

$$a = (2rh)^{1/2}$$

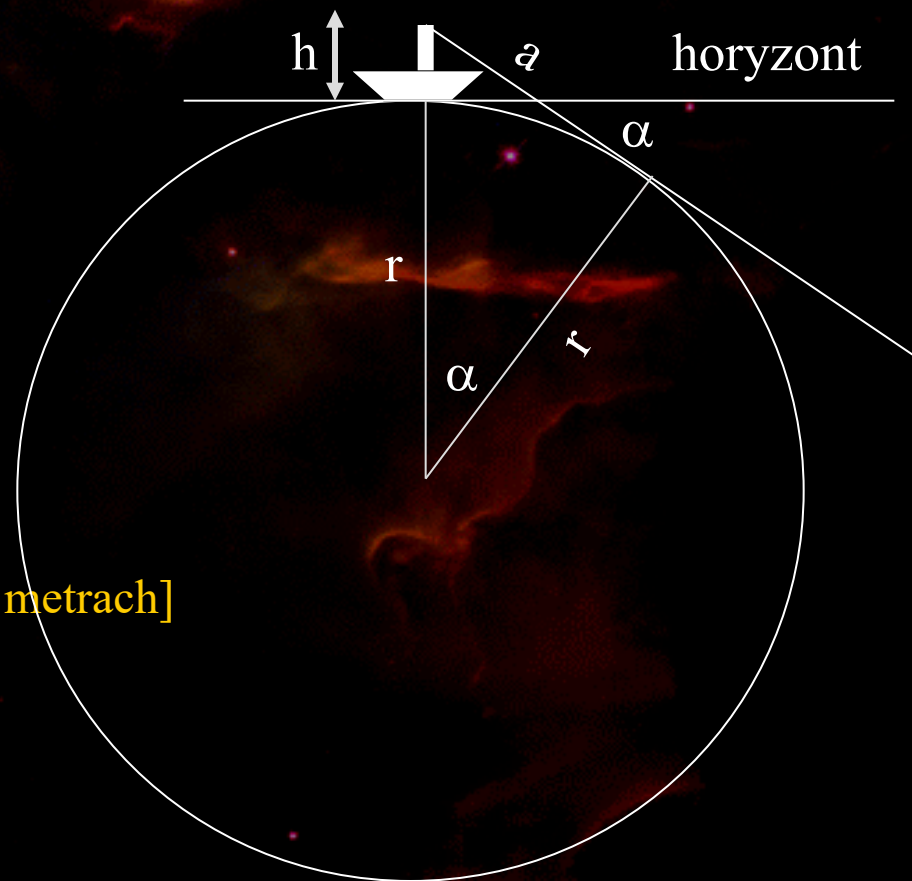
$$\alpha/360 = a/(2\pi r)$$

$$a = 3.6 h^{1/2}$$

[km, h w metrach]

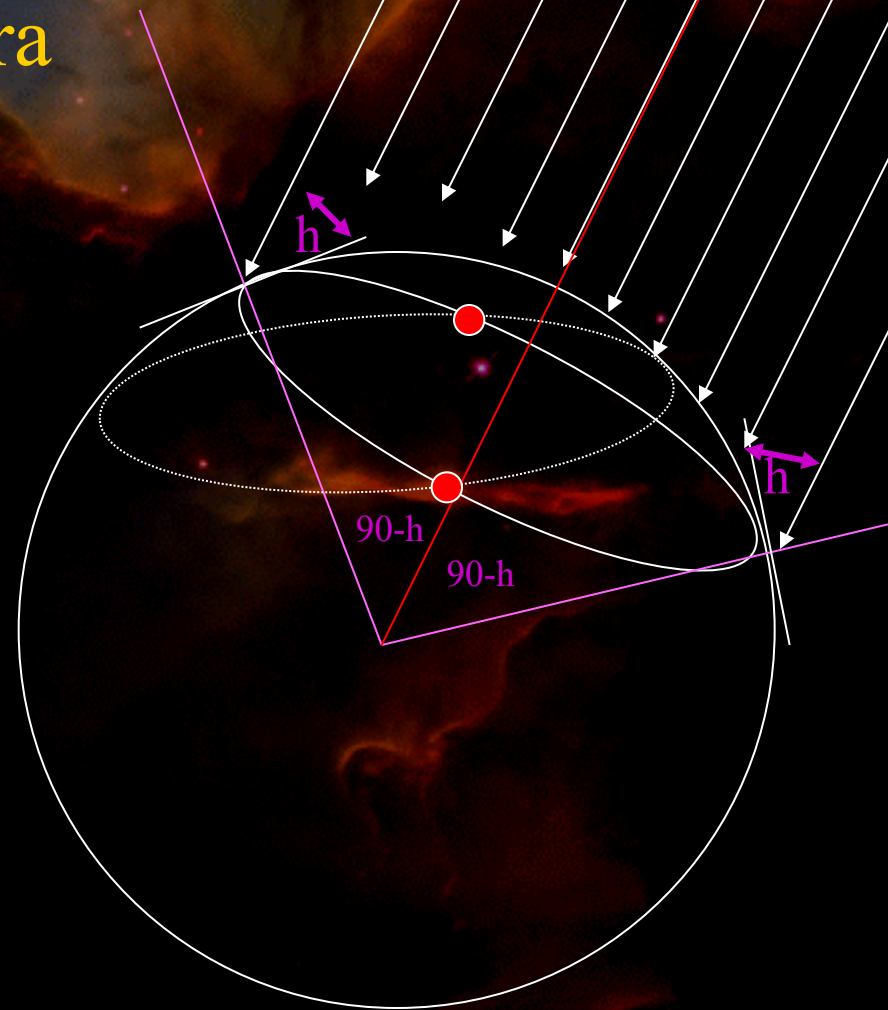
$$\alpha = 2 h^{1/2}$$

[minuty łuku (mile morskie), h w metrach]



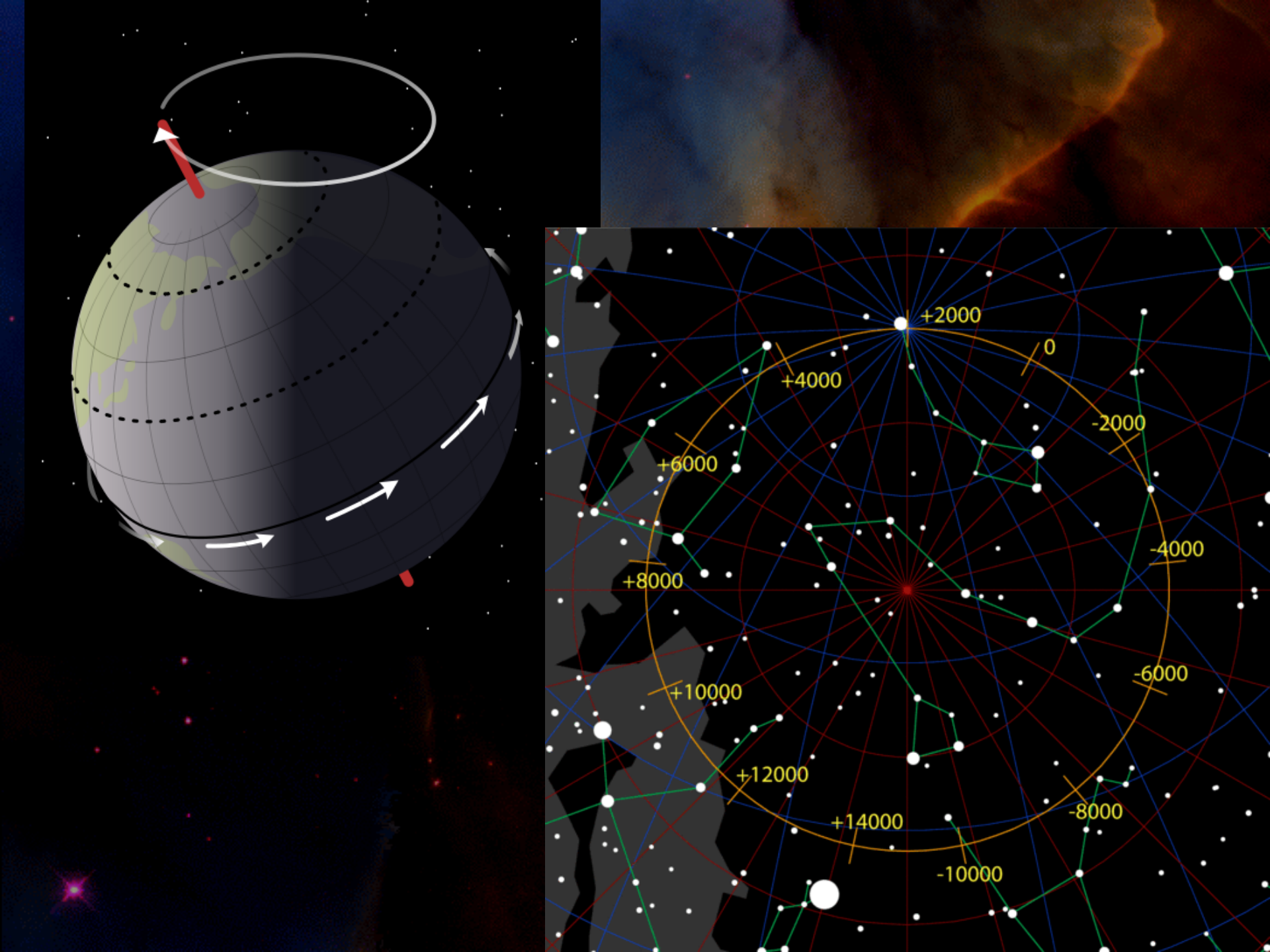
Nawigacja

- koło pozycyjne Sumnera
 - 1837
 - punkt podsłoneczny
 - $\lambda = \alpha$
 - $\phi = \delta$



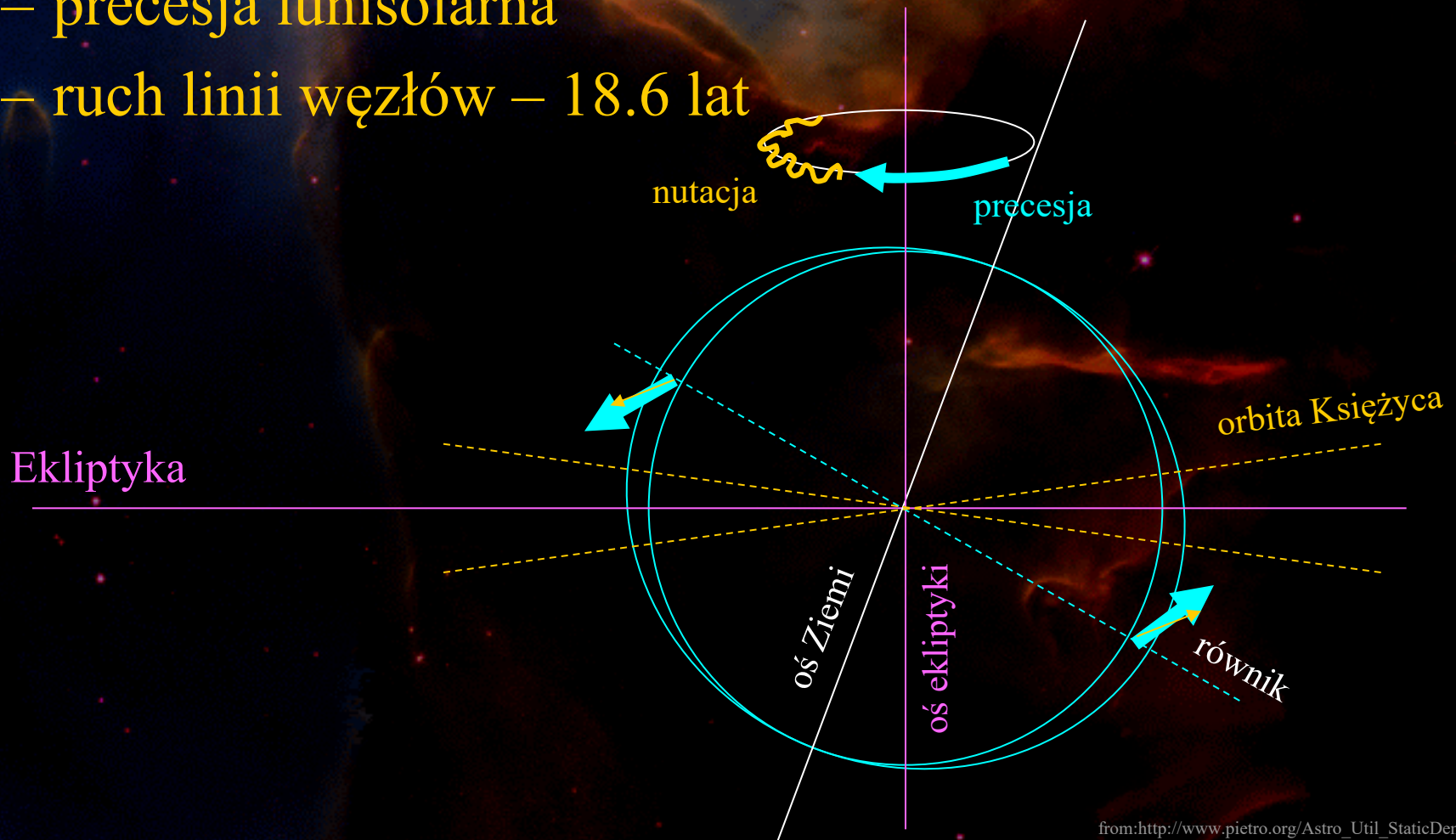
Precesja osi Ziemi

- Precesja ogólna
 - lunisolarna (od Słońca i Księżyca)
 - planetarna (gl. zmienia poł. ekliptyki)
 - *IAU 2006*:
 - precesja równika (główna)
 - precesja ekliptyki



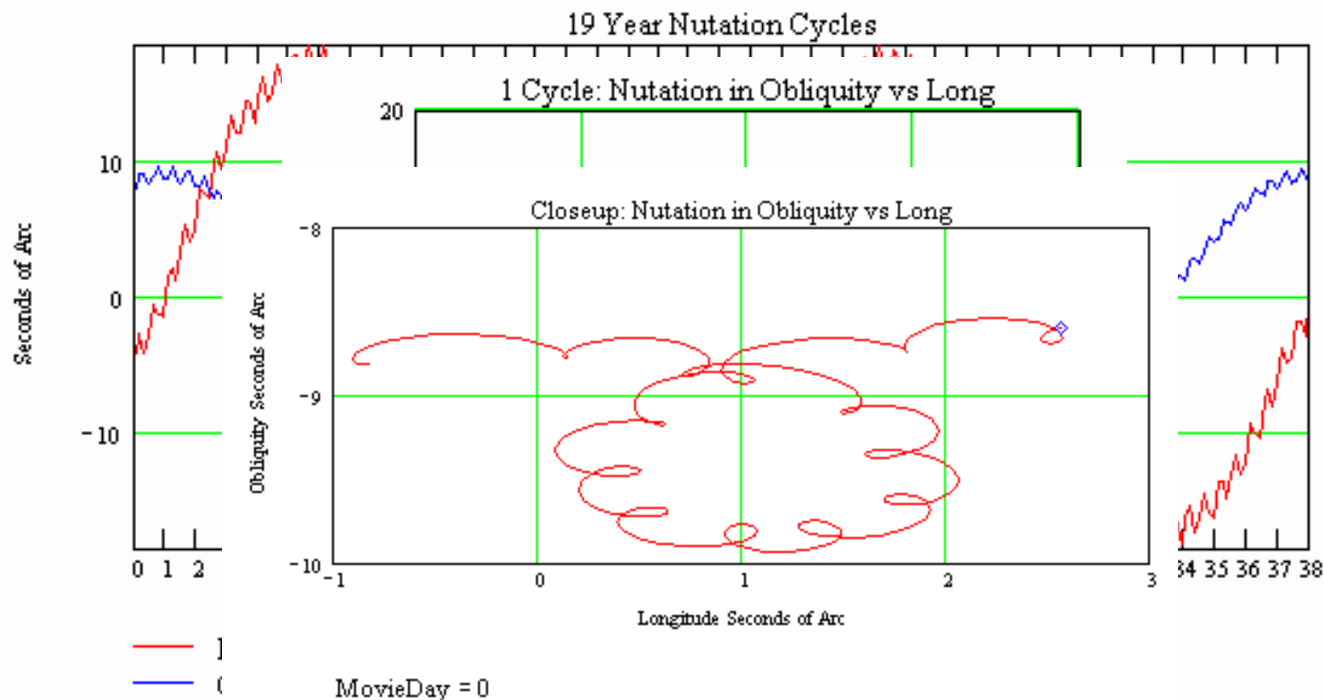
Precesja i nutacja

- Precesja i nutacja wymuszona osi ziemskiej
 - precesja lunisolarna
 - ruch linii węzłów – 18.6 lat



Precesja i nutacja

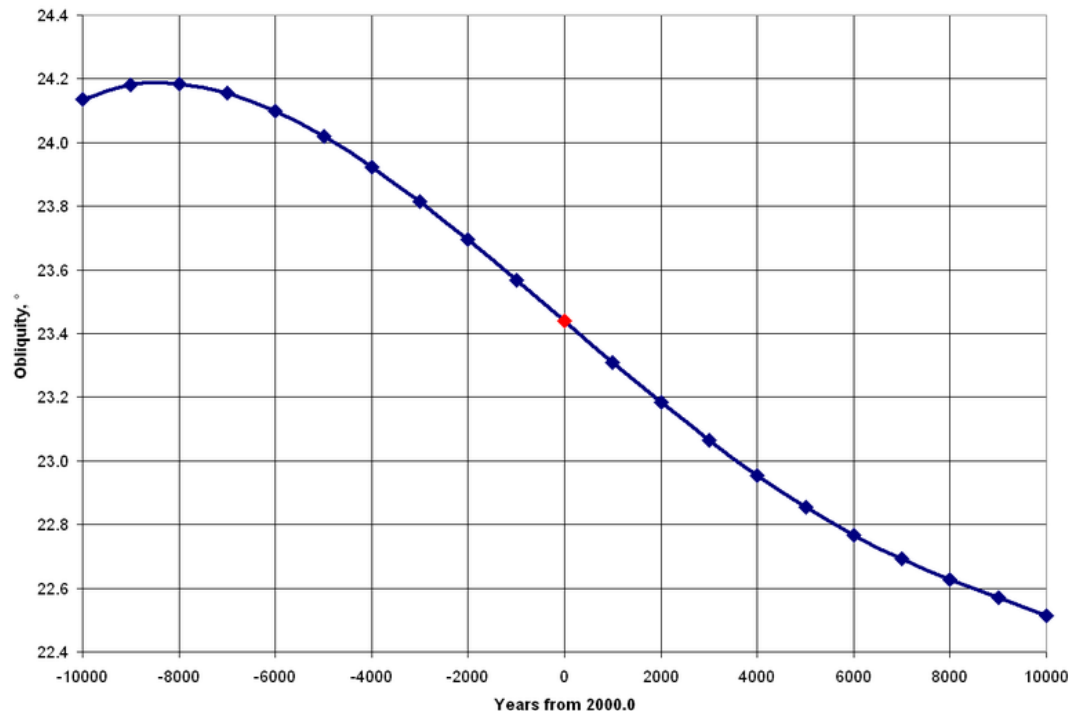
- Nutacja
 - okres: 18.6 lat
 - nutacja w długości (ekliptycznej, *longitude*)
 - nutacja w nachyleniu (osi, *obliquity*)



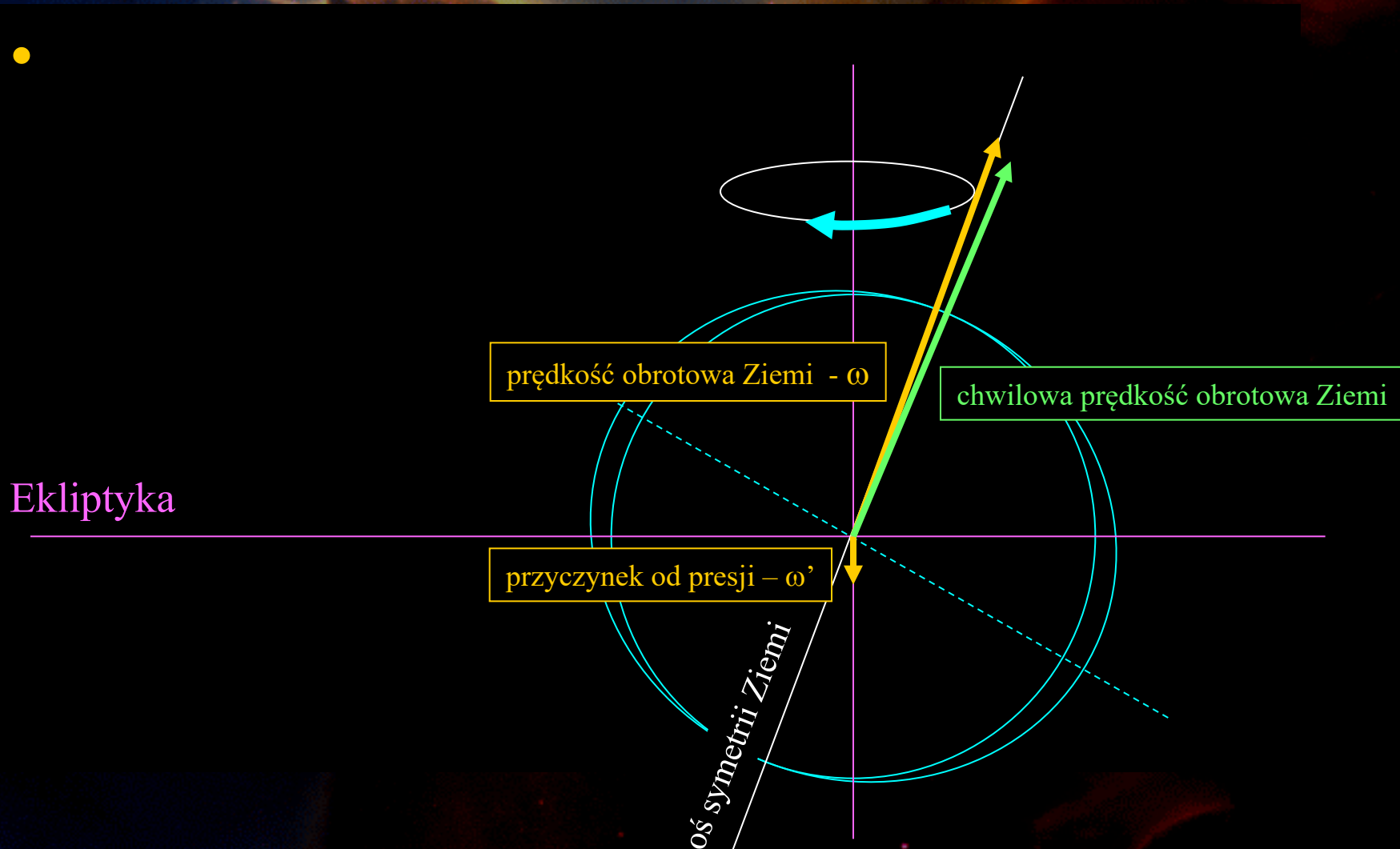
Nachylenie osi Ziemi

- nachylenie osi $22^{\circ}.1 - 24^{\circ}.5$ (41,000 lat)
- w epoce 2000: $23^{\circ}26'21''.448$ i maleje
– $\varepsilon = 84381.448 - 46.84024T - 0.00059T^2 + 0.0018T^3$

T w stuleciach juliańskich od 2000.0



Ruchy biegunów geograficznych

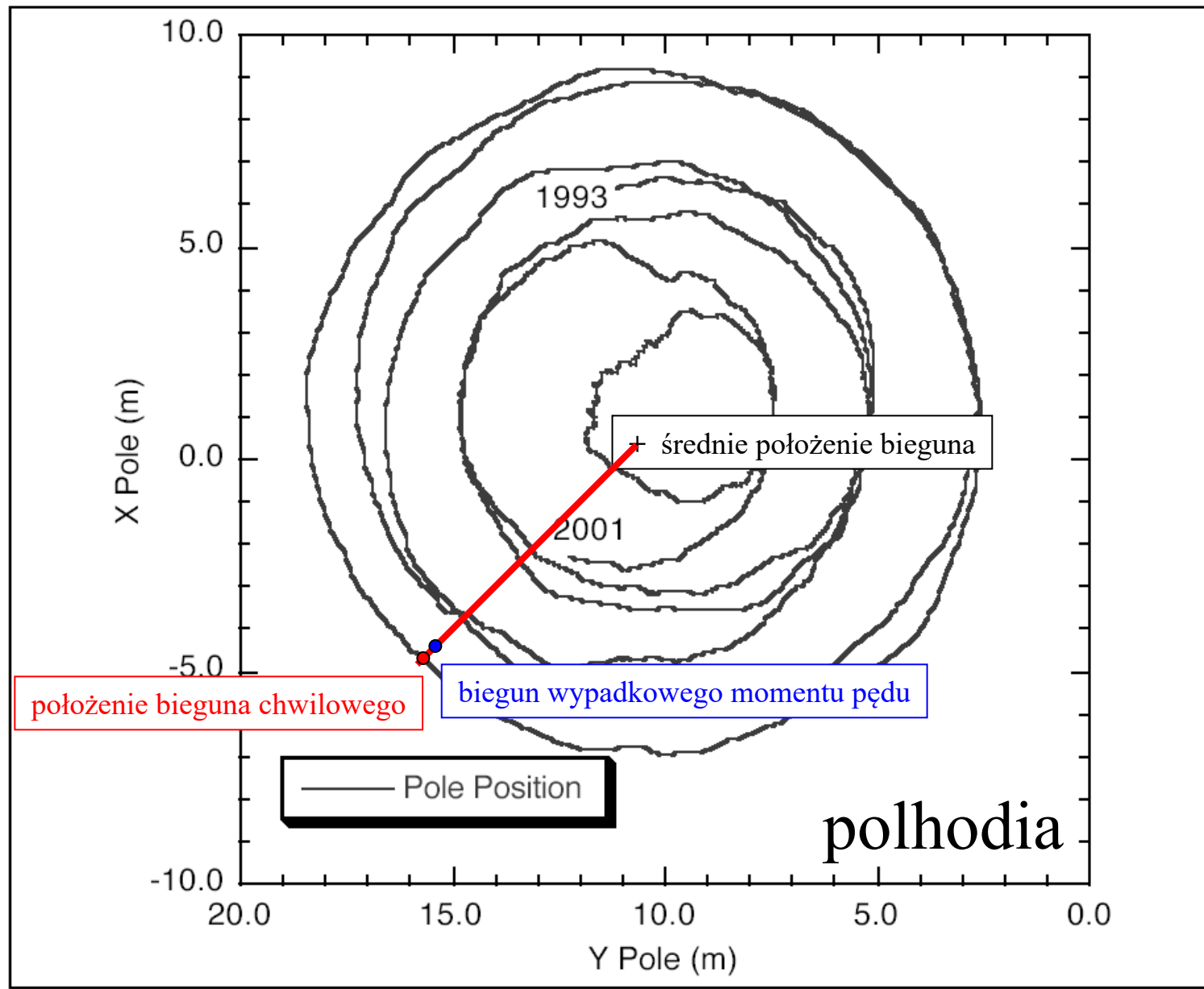


Ruchy biegunów geograficznych

Z punktu widzenia obserwatora na Ziemi:

- prędkość obrotowa Ziemi – ω
- przyczynek od precesji – ω'
- wypadkowa NIE leży na osi symetrii globu

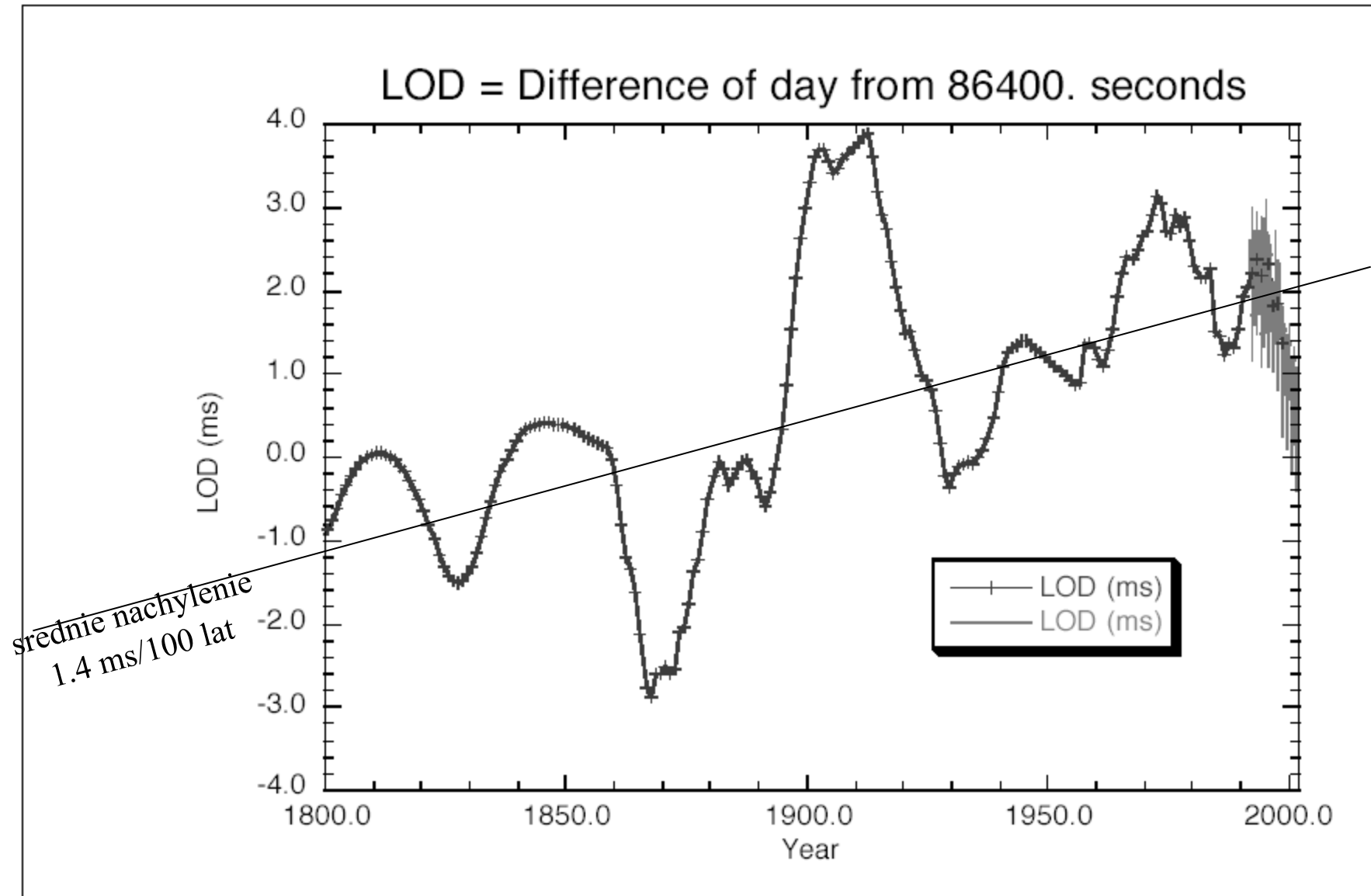
Ruchy bieguna 1993-2001



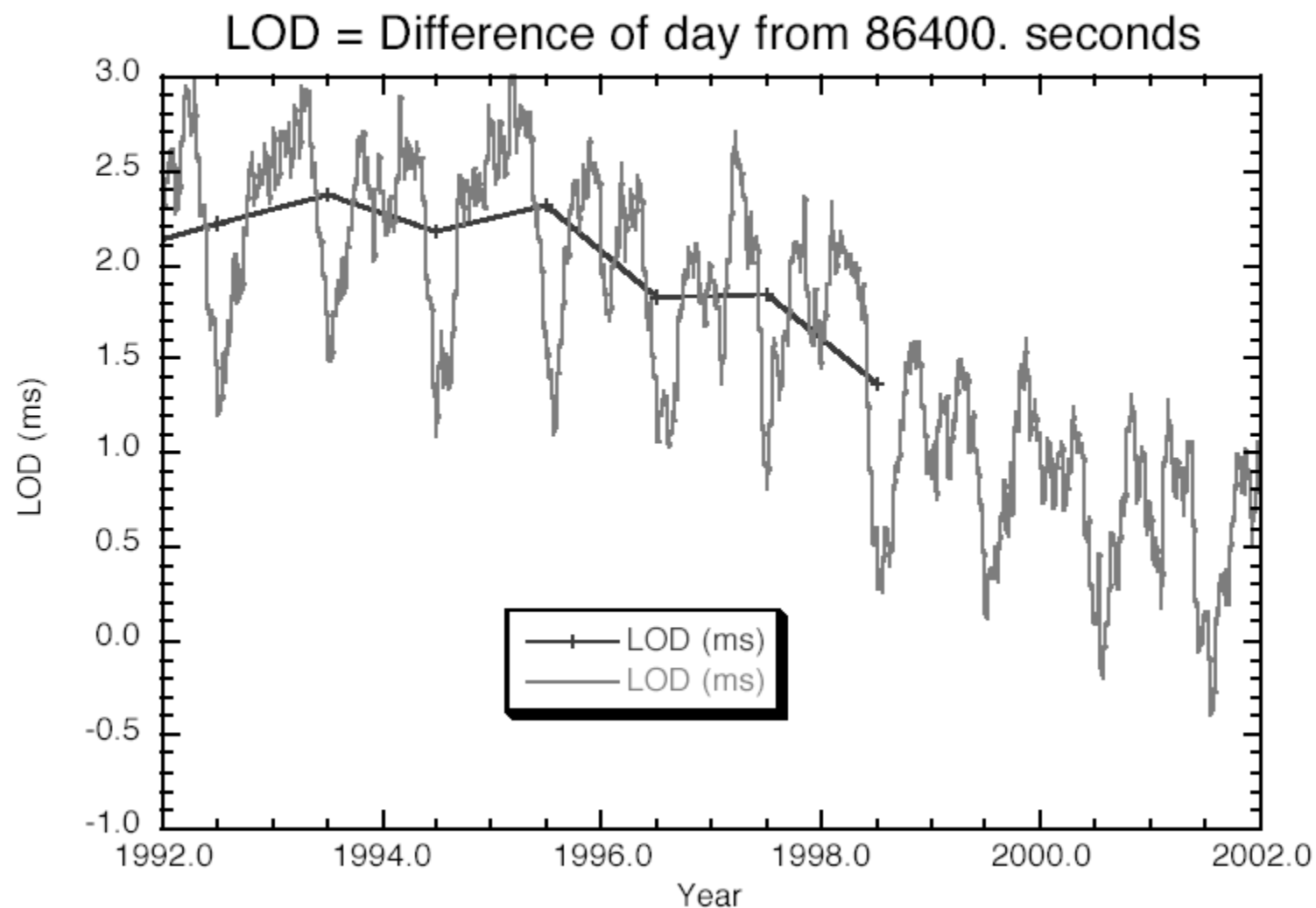
Niejednostajność czasu

- Niezgodność obserwacji z przewidywaniami ruchu Księżyca – XIX w
- precesja i nutacja wymuszona
- zmiany cykliczne prędkości obrotowej Ziemi
 - roczne, półroczne, cztero- dwutygodniowe, 18.6 lat
 - różnice długości doby w granicach 0.001 s
 - Ziemia obraca się wolniej wiosną
 - kumulacja odchylek do ok. 30 ms
- zmiany wiekowe ($+0^s.001/100$ lat) – hamowanie przyływowe
 - nieregularne
- ruchy biegunów
 - zlodowacenia
 - ruchy mas we wnętrzu Ziemi
 - prądy morskie
 - ruchy mas powietrza (pory roku)
 - rozkład wody na powierzchni
 - zmiany ciśnienia

Długość dnia Length of day (LOD)



Ostatnie pomiary LOD



Atomowa definicja sekundy i czasu

- W układzie SI: 1 sekunda jest to czas równy 9192631770 okresów drgań promieniowania odpowiadającego przejściu pomiędzy dwoma poziomami energetycznymi atomu struktury nadsubtelnej stanu podstawowego atomu izotopu cezu 133 (^{133}Cs)
- Międzynarodowa sieć zegarów atomowych tworzy czas **TAI** bazujący na atomowej definicji sekundy.
- Czas TAI płynie jednostajnie z dokładnością 10^{-13} s/s
- Czas ten nie jest zsynchronizowany z porą dnia !
- Obecnie stosuje się tak zwany uniwersalny czas skoordynowany UTC który też bazuje na sekundzie atomowej.
- Jeśli różnica pomiędzy czasem TAI i UTC jest większa niż 0.9 s wprowadza się do kalendarza sekundę przestępną
- Jedna z minut (np. ostatnia 31 XII 2005) ma wtedy 61 a nie 60 sekund

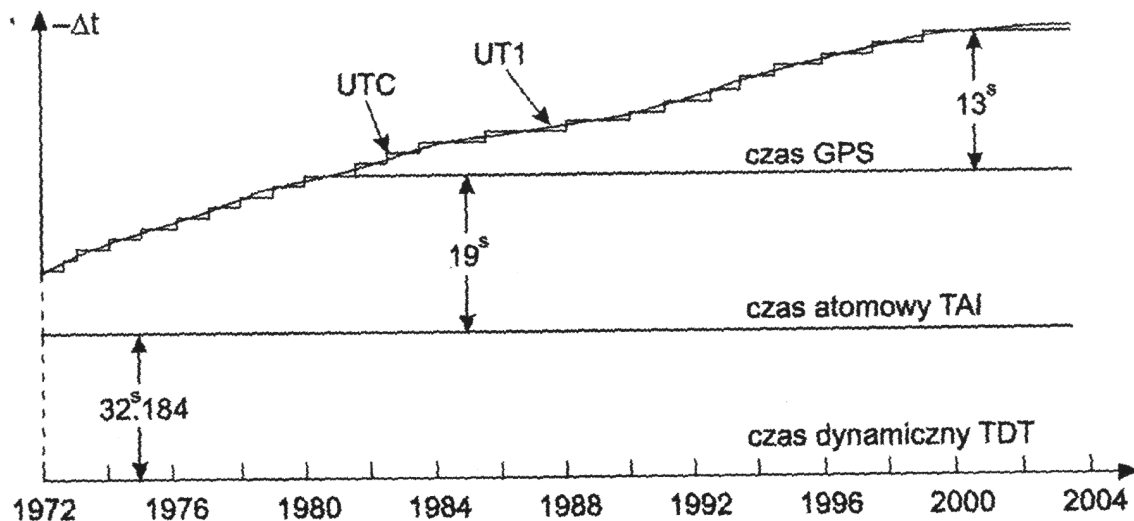
- 
- The background of the slide is a deep space image featuring a vibrant nebula with orange, red, and blue hues. Several bright stars are visible, some with prominent diffraction spikes. The overall scene is dark, typical of astronomical photography.
- ET – ephemeris time (czas efemeryd)
 - TAI – Temps Atomique International
 - TDT – Terrestrial Dynamical Time
 - TBT – Terrestrial Barycentric Time
 - TT – Terrestrial Time
 - czas GPS (skoordynowany z UTC 5/01/1980)

Kazimierz Borkowski <http://www.astro.uni.torun.pl/~kb/Artykuly/U-PA/Czas1.htm>

Czas TAI oraz UTC



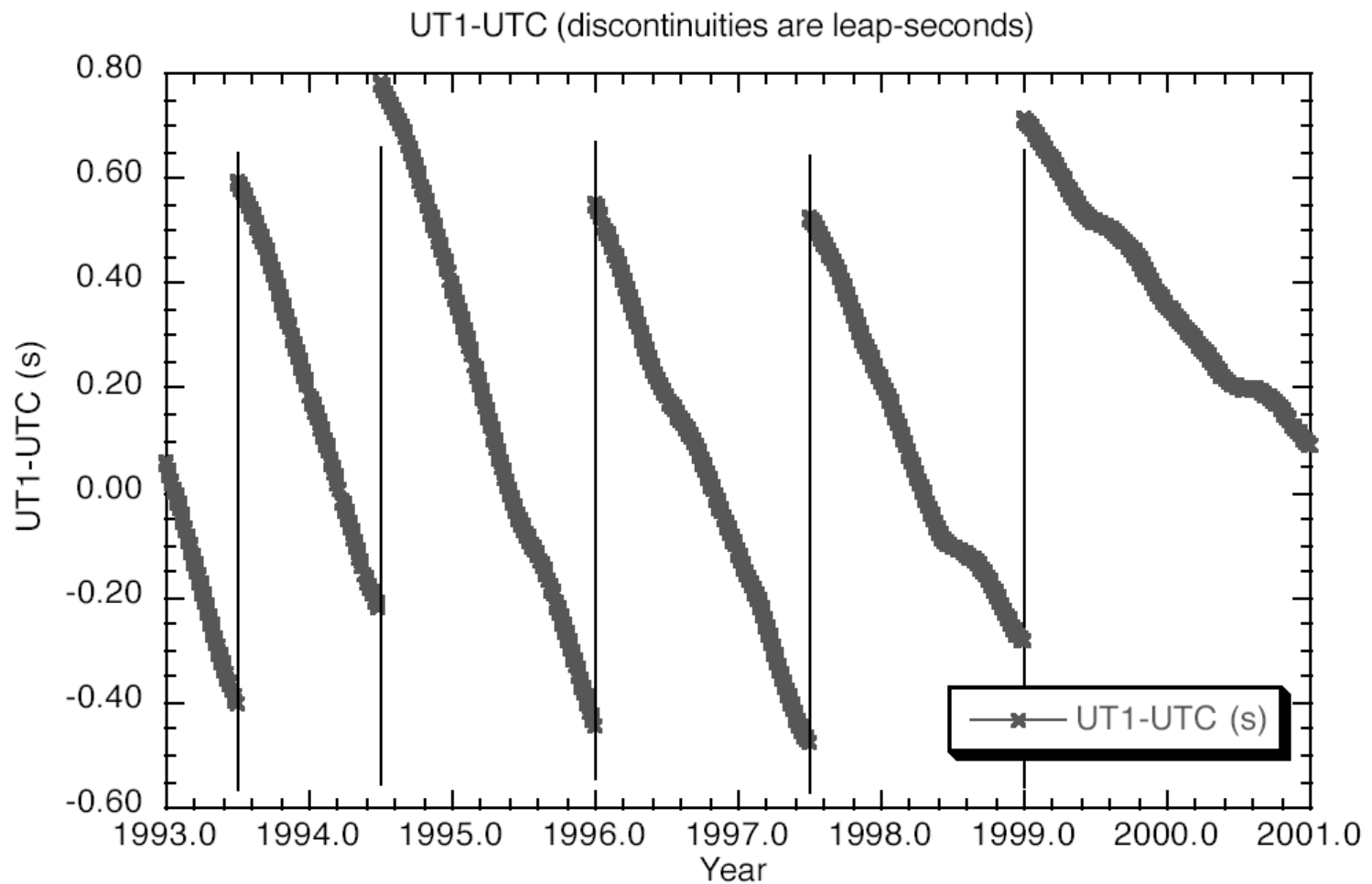
sekundy przestępne



różnica $\Delta\tau$ pomiędzy UT1 i TAI narasta w sposób ciągły
 różnica $\Delta\tau$ pomiędzy UTC i TAI narasta w sposób skokowy
 różnica $\Delta\tau$ pomiędzy GPS i TAI jest praktycznie stała

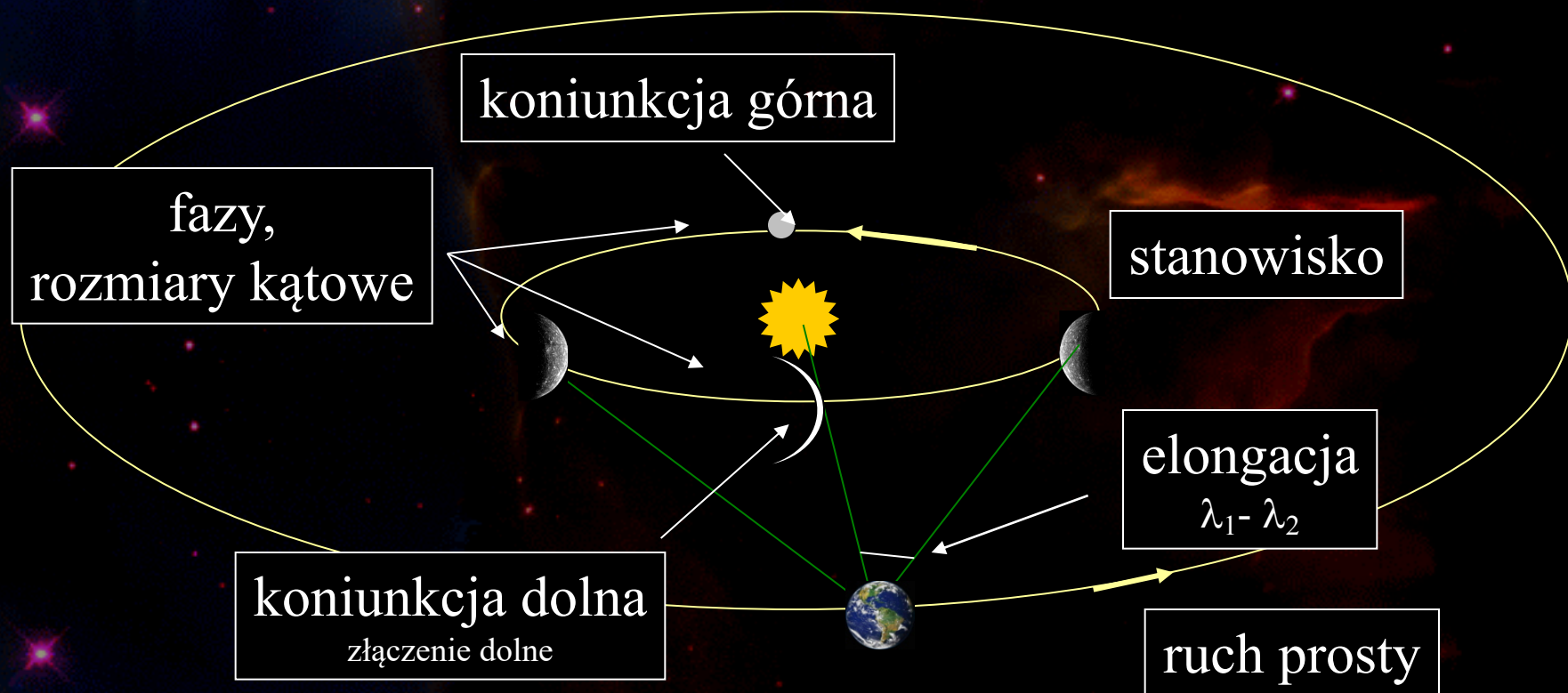
1972	Jan. 1	-	1972	Jul. 1	10s
1972	Jul. 1	-	1973	Jan. 1	11s
1973	Jan. 1	-	1974	Jan. 1	12s
1974	Jan. 1	-	1975	Jan. 1	13s
1975	Jan. 1	-	1976	Jan. 1	14s
1976	Jan. 1	-	1977	Jan. 1	15s
1977	Jan. 1	-	1978	Jan. 1	16s
1978	Jan. 1	-	1979	Jan. 1	17s
1979	Jan. 1	-	1980	Jan. 1	18s
1980	Jan. 1	-	1981	Jul. 1	19s
1981	Jul. 1	-	1982	Jul. 1	20s
1982	Jul. 1	-	1983	Jul. 1	21s
1983	Jul. 1	-	1985	Jul. 1	22s
1985	Jul. 1	-	1988	Jan. 1	23s
1988	Jan. 1	-	1990	Jan. 1	24s
1990	Jan. 1	-	1991	Jan. 1	25s
1991	Jan. 1	-	1992	Jul. 1	26s
1992	Jul. 1	-	1993	Jul. 1	27s
1993	Jul. 1	-	1994	Jul. 1	28s
1994	Jul. 1	-	1996	Jan. 1	29s
1996	Jan. 1	-	1997	Jul. 1	30s
1997	Jul. 1	-	1999	Jan. 1	31s
1999	Jan. 1	-	2006	Jan. 1	32s
2006	Jan. 1	-			33s

UT1-UTC



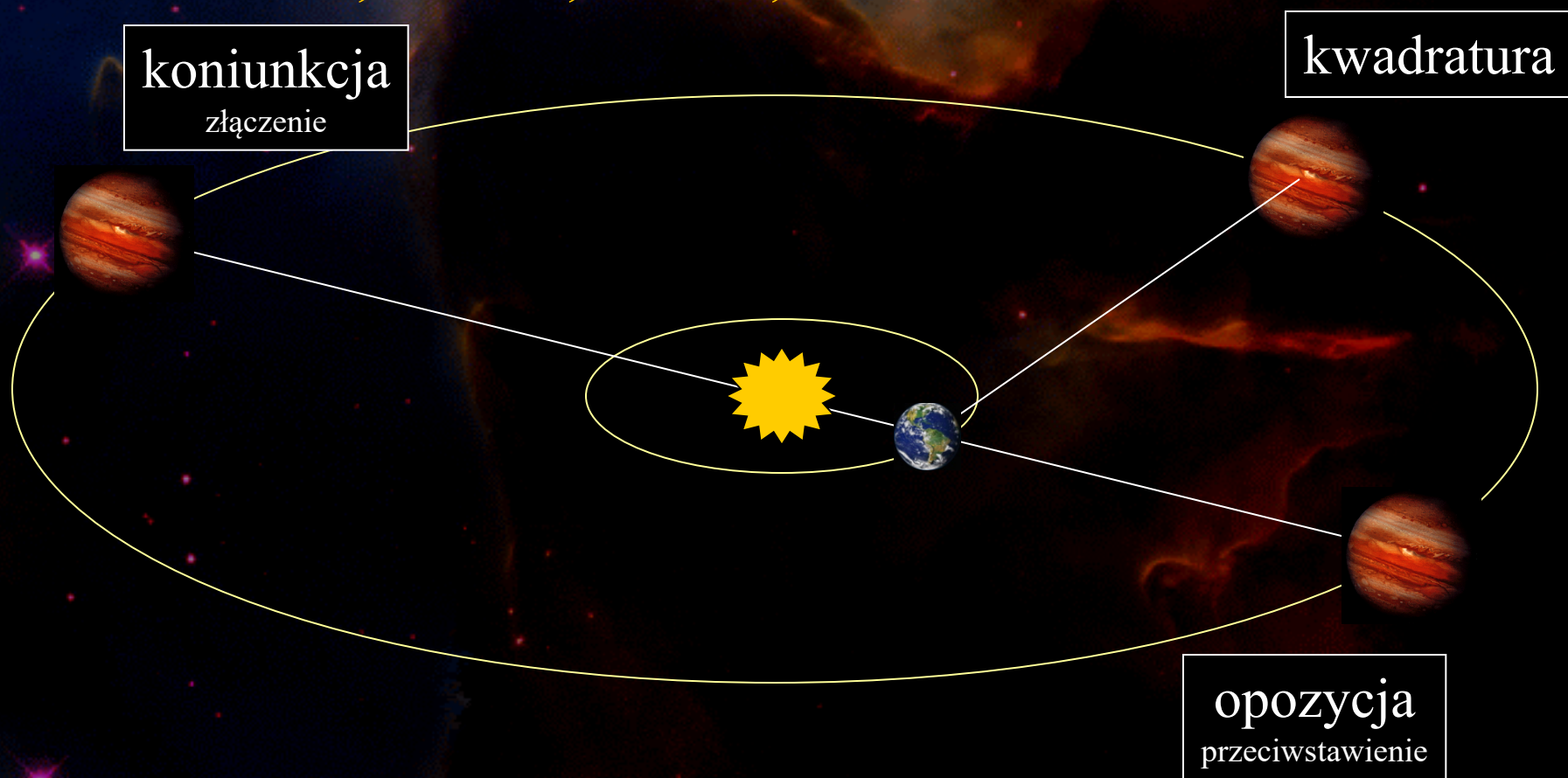
Widomy ruch planet

- Planety wewnętrzne (dolne)
 - Merkury (elongacja $< 28^\circ$), Wenus ($< 48^\circ$)
 - Gwiazda Wieczorna, Poranna, Jutrzenka

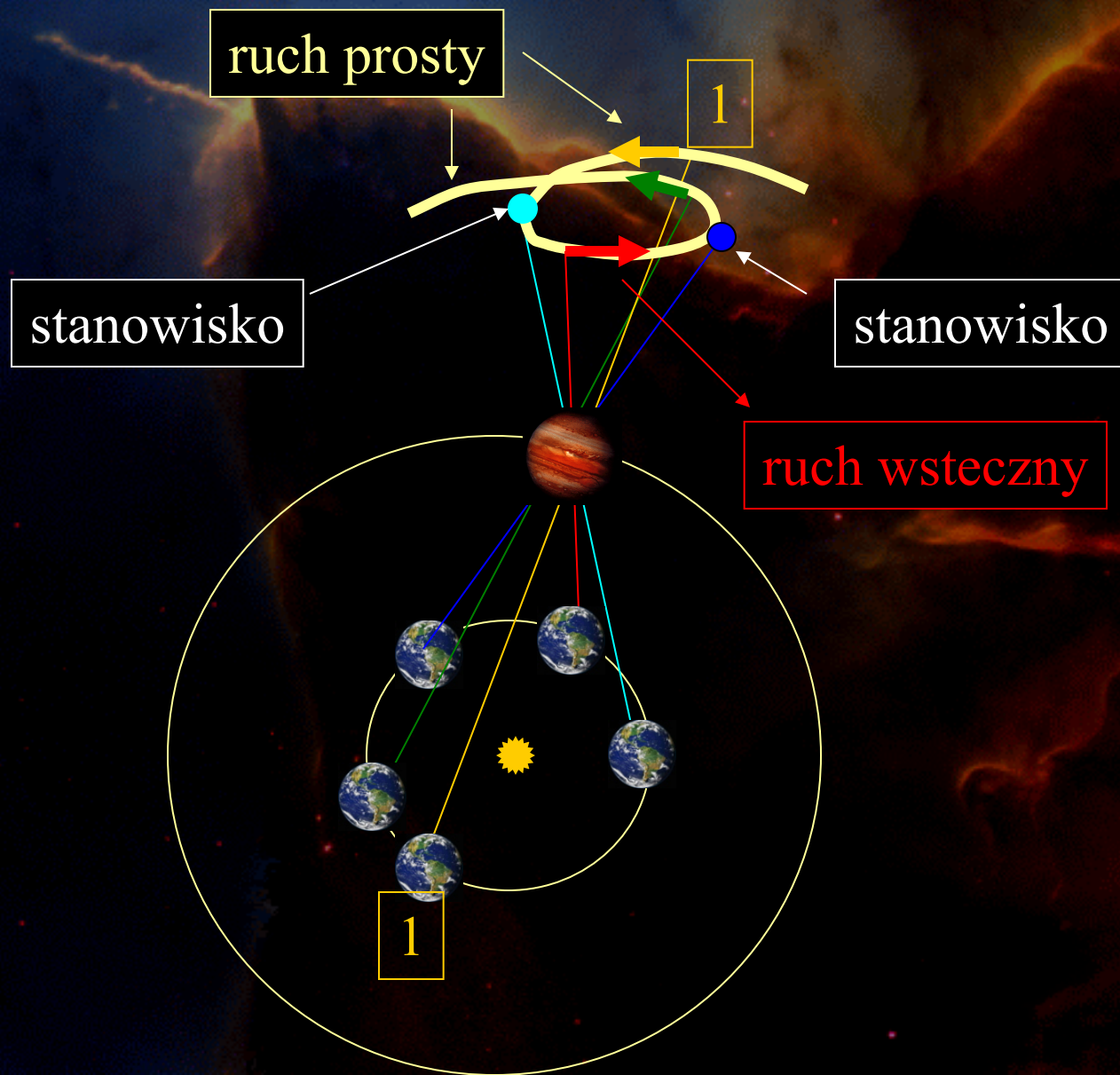


Widomy ruch planet

- Planety górne (zewewnętrzne):
 - Mars, Jowisz, Saturn,...



Widomy ruch planet



Zaćmienie Słońca

Słońce

Księżyc

Ziemia

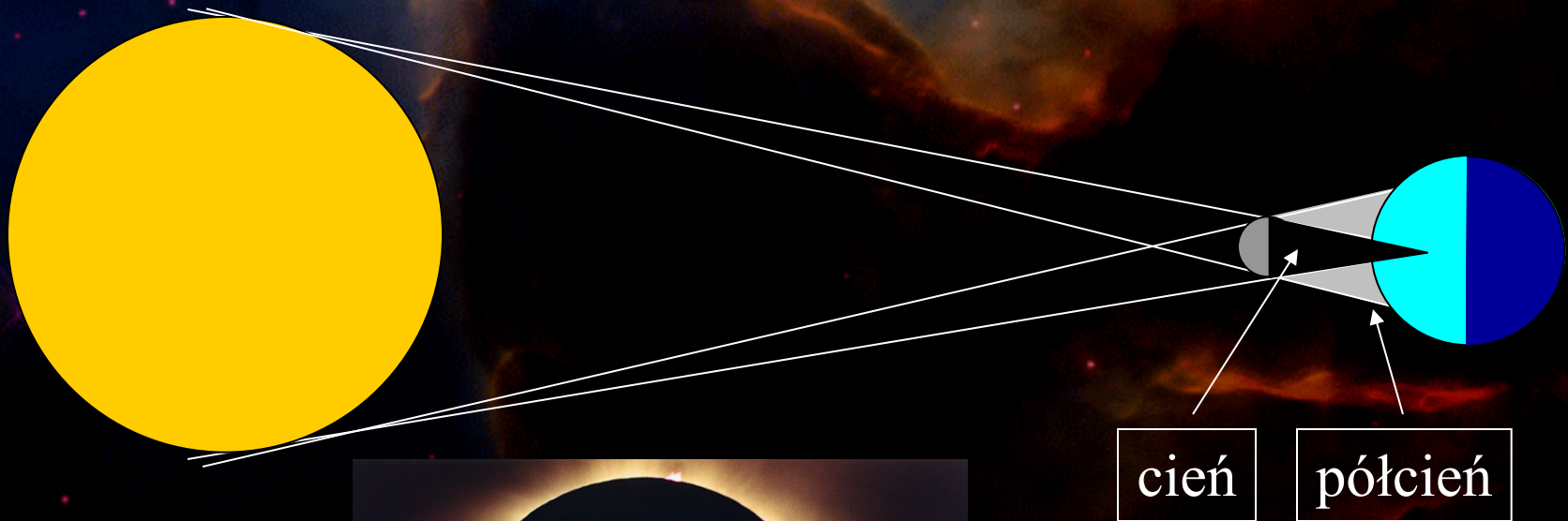


Photo by Dominik Pasternak (MOA)



Całkowite zaćmienie Słońca

- czas trwania – max. 7 min 40 s
- prędkość cienia na równiku ~ 2000 km/h
- średnica cienia na Ziemi – max 269 km.



Całkowite zaćmienie Słońca

- atmosfera Słońca
 - chromosfera, protuberancje
 - korona słoneczna



Całkowite zaćmienie Słońca

- korona słoneczna
– maksimum – minimum aktywności



Zaćmienie częściowe

- czas trwania
~ 3.5 godziny



© Sébastien Gauthier



©2001 F. Espenak

www.MrEclipse.com

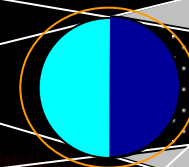
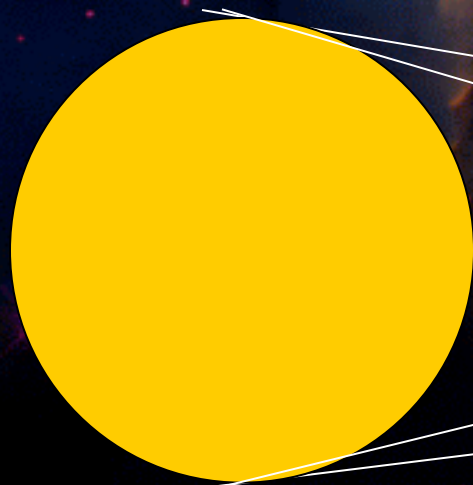
Zaćmienie obrączkowe



Zaćmienie Księżyca

Słońce

Ziemia Księżyc



cień

półcień

światło ugięte



Całkowite zaćmienie Księżyca

- średnica cienia w odległości Księżyca
– 9200 km = 2.7 średnicy Księżyca

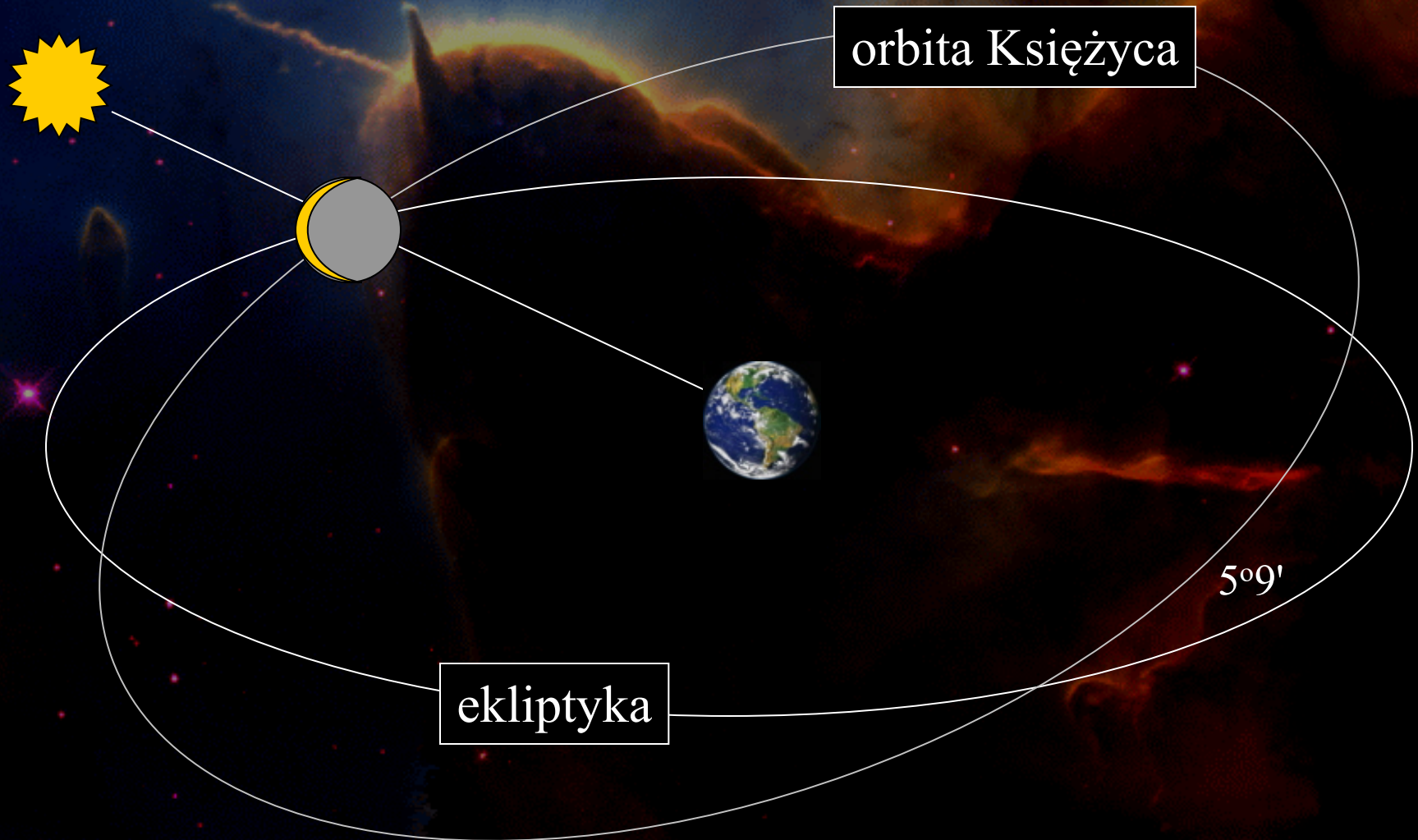


Zaćmienie Księżyca ...

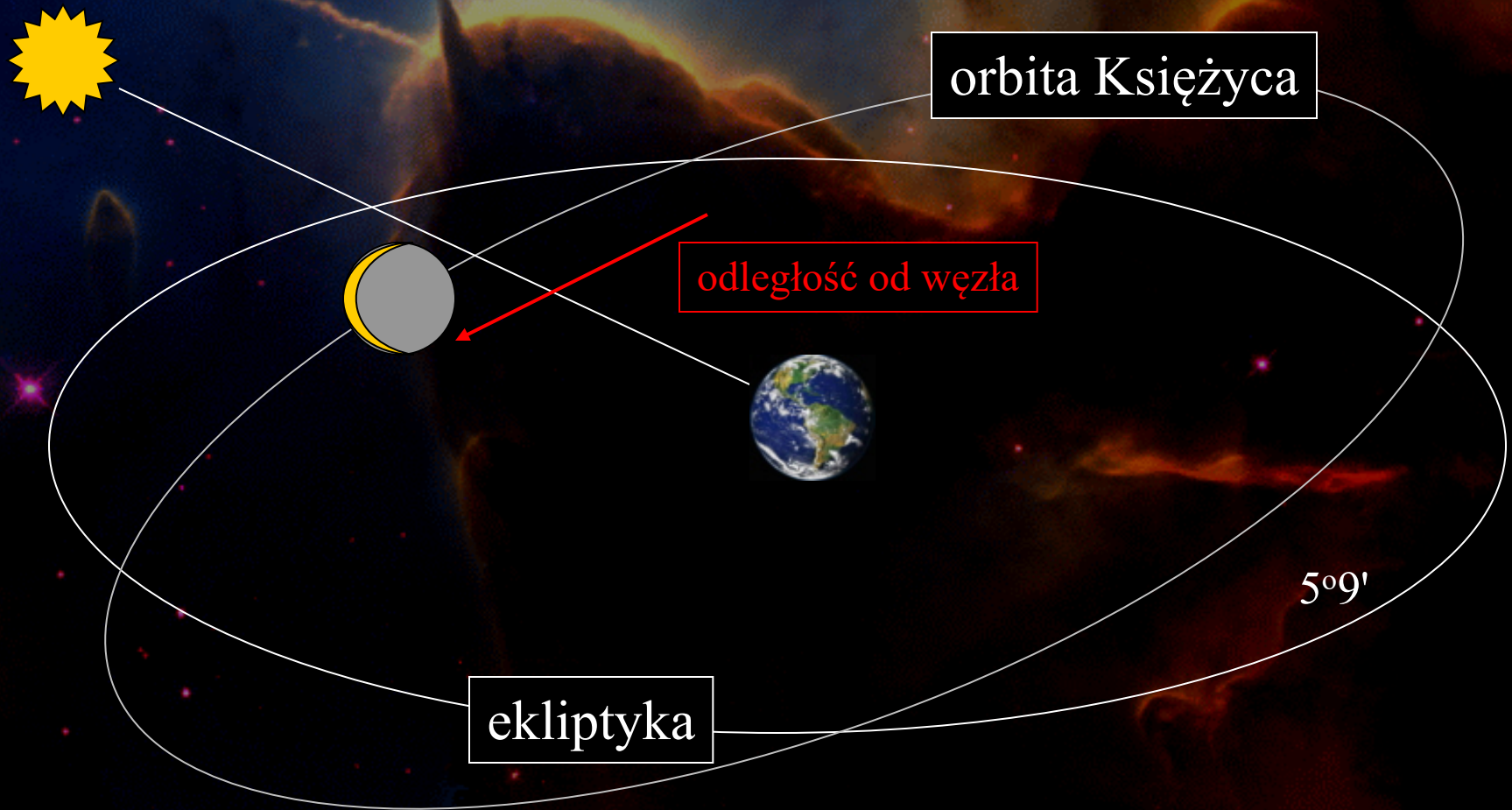


Apollo

Warunki występowania zaćmień



Warunki występowania zaćmień



Warunki występowania zaćmień

- odległość od węzła mniejsza od:
 - min $9^{\circ}30'$ – max $12^{\circ}15'$ dla zaćmienia Księżyca
 - min $15^{\circ}21'$ – max $18^{\circ}31'$ dla zaćmienia Słońca
 - Słońce w pobliżu węzła orbity Księżyca
 - rok zaćmieniowy $346^{\text{d}}.6200$

Warunki występowania zaćmień

- Przy każdym przejściu Słońca przez węzeł
 - musi nastąpić jedno zaćmienie Słońca
 - mogą nastąpić dwa
 - nie musi wystąpić zaćmienie Księżyca
- W roku kalendarzowym zatem:
 - 2 do 5 zaćmień Słońca
 - 0 do 3 zaćmień Księżyca

Warunki występowania zaćmień

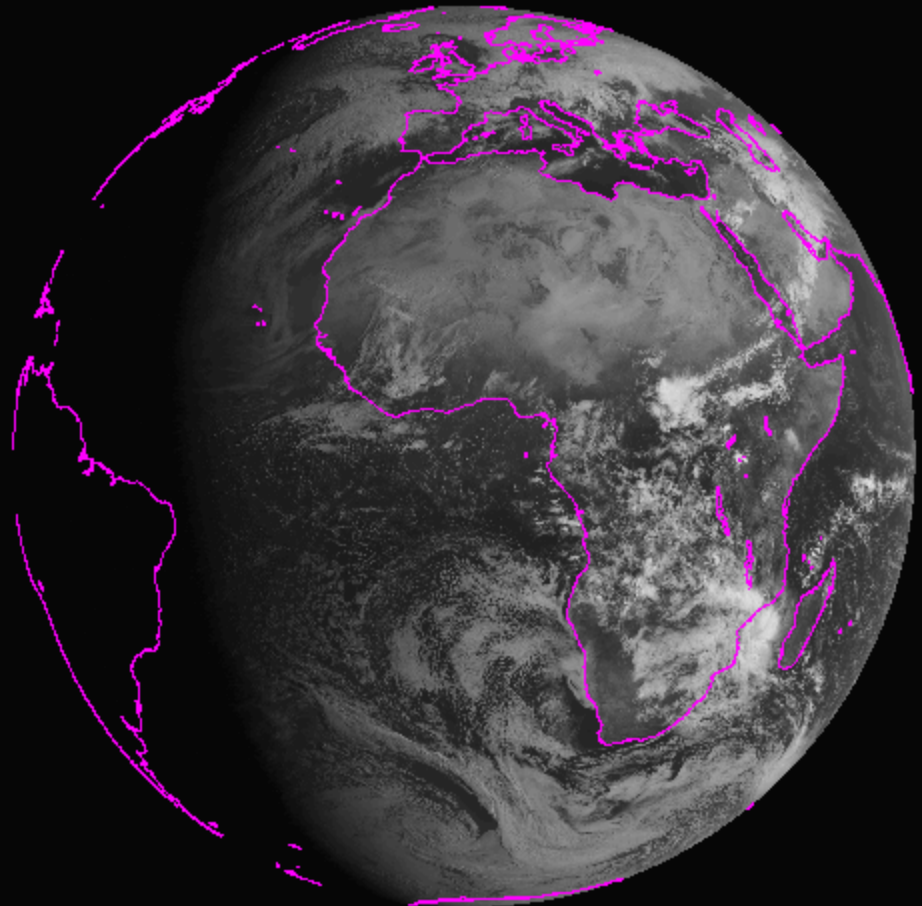
- W ciągu 1000 lat mamy średnio:
 - 2375 zaćmień Słońca (650 całkowitych)
 - 1543 zaćmienia Księżyca
- Okres po którym schemat zaćmień się powtarza:
 - wspólna wielokrotność miesiąca synodycznego, smoczego i roku zaćmieniowego

Okresowość zaćmień

- SAROS 18 lat 11 dni
 - 223 miesiące synodyczne 6585.32 dnia
 - 242 miesiące smocze 6585.36 dnia
 - 239 miesięcy anomalistycznych 6585.55 dnia
 - 19 lat zaćmieniowych 6585.78 dnia

Zaćmienie Słońca 26 marca 2006

- 8-13 UTC
- Meteosat-8

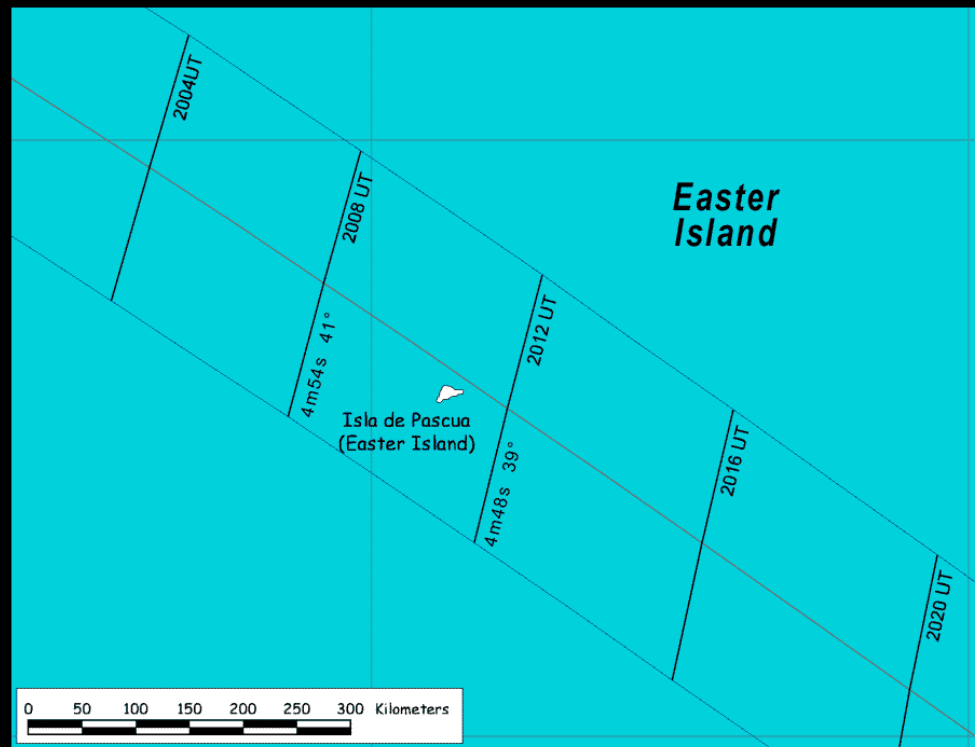


11 lipca 2010

**Total Eclipse
2010 Jul 11**

Saros 146

Total Solar Eclipse of 2010 Jul 11



Mag. = 1.05
Gam. = -0.679

J. Anderson and F. Espenak

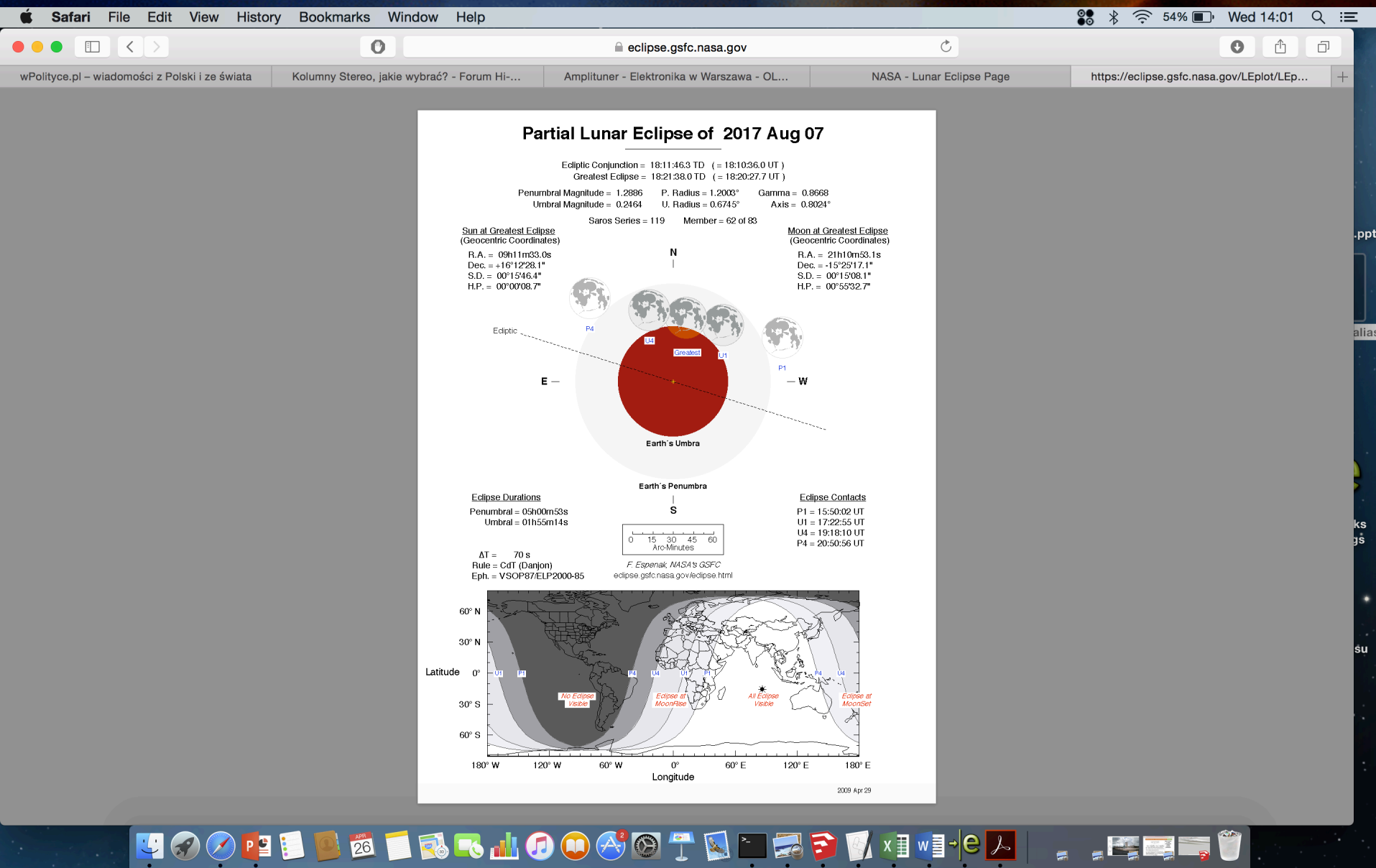
Dur. = 5^m 20^s

F. Espenak, NASA's GSFC

Total Solar Eclipse of 2010 - Mean Cloudiness For July

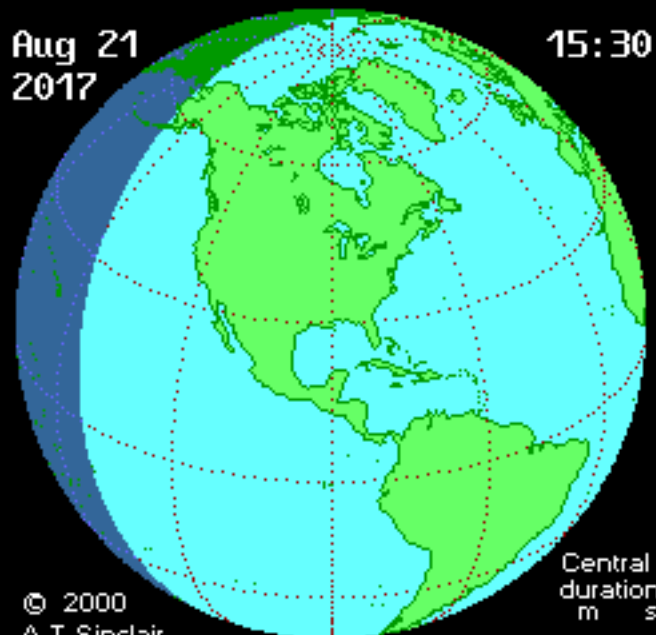


zaćmienie Księżyca 2017



Częściowe Zaćmienie Słońca

18 lutego 2018



© 2000
A.T.Sinclair

sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse

Partial Solar Eclipse of 2018 Feb 15

Geocentric Conjunction = 20:15:02.2 UT J.D. = 2458165.343776

Greatest Eclipse = 20:51:18.6 UT J.D. = 2458165.368965

Eclipse Magnitude = 0.5986 Gamma = -1.2117

Saros Series = 150 Member = 17 of 71

Sun at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 21h57m18.7s

Dec. = -12°28'07.7"

S.D. = 00°16'11.4"

H.P. = 00°00'08.9"

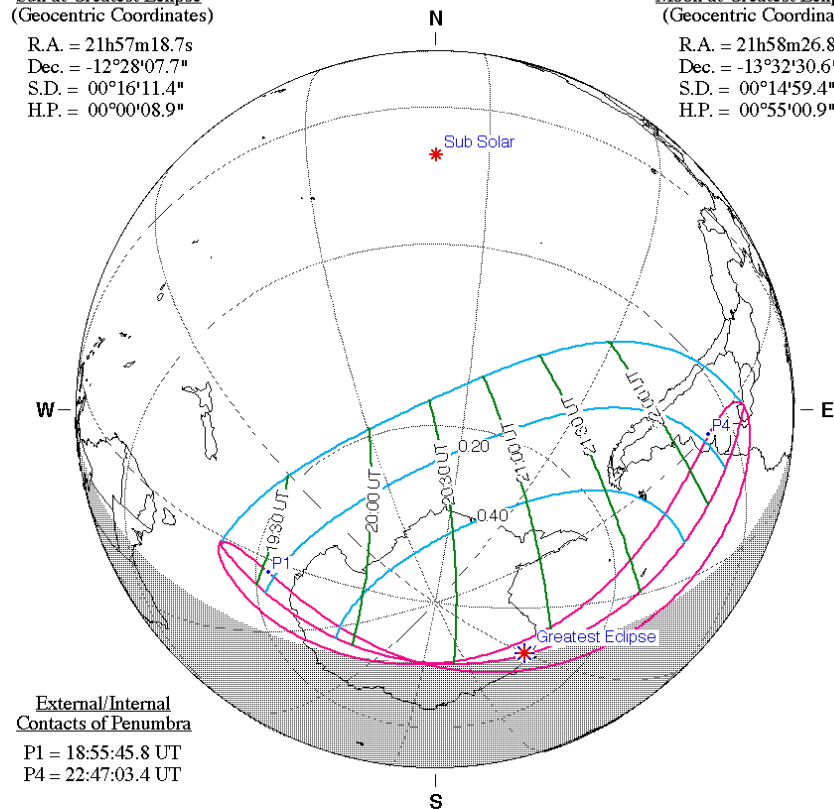
Moon at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 21h58m26.8s

Dec. = -13°32'30.6"

S.D. = 00°14'59.4"

H.P. = 00°55'00.9"



External/Internal
Contacts of Penumbra

P1 = 18:55:45.8 UT

P4 = 22:47:03.4 UT

Ephemeris & Constants

Eph. = Newcomb/ILE

$\Delta T = 74.8$ s

$k1 = 0.2724880$

$k2 = 0.2722810$

$\Delta b = 0.0''$ $\Delta l = 0.0''$

Geocentric Libration
(Optical + Physical)

$l = -3.95^\circ$

$b = 1.41^\circ$

$c = -21.58^\circ$

Brown Lun. No. = 1177



F. Espenak, NASA's GSFC - Fri, Jul 2,

sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html

-

• 15/04/2020



Zasady dynamiki Newtona

- *Kepler: 1571-1630*
- *Newton: 1643-1727*
- *Philosophiae naturalis principia mathematica -1687*

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore J. S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. P E P Y S, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

L O N D I N I,

Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Zasady dynamiki Newtona

- *Lex I. Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare*
- Każde ciało trwa w swym stanie spoczynku lub ruchu prostoliniowego jednostajnego, jeżeli siły przyłożone nie zmuszą ciała do zmiany tego stanu
- **Jeśli na ciało nie działa żadna siła lub siły działające równoważą się, to ciało pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.**
 - ruch swobodny
 - układy inercjalne
 - *Istnieje układ odniesienia, w którym ciało nie podlegające oddziaływaniom zewnętrznym spoczywa lub porusza się po prostej ze stałą prędkością*

Zasady dynamiki Newtona

- *Lex II. Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur*
- Zmiana ruchu jest proporcjonalna do przyłożonej siły poruszającej i odbywa się w kierunku prostej, wzdłuż której siła jest przyłożona.
- **Jeśli siły działające na ciało nie równoważą się (czyli siła wypadkowa jest różna od zera), to ciało porusza się z przyspieszeniem wprost proporcjonalnym do siły wypadkowej**

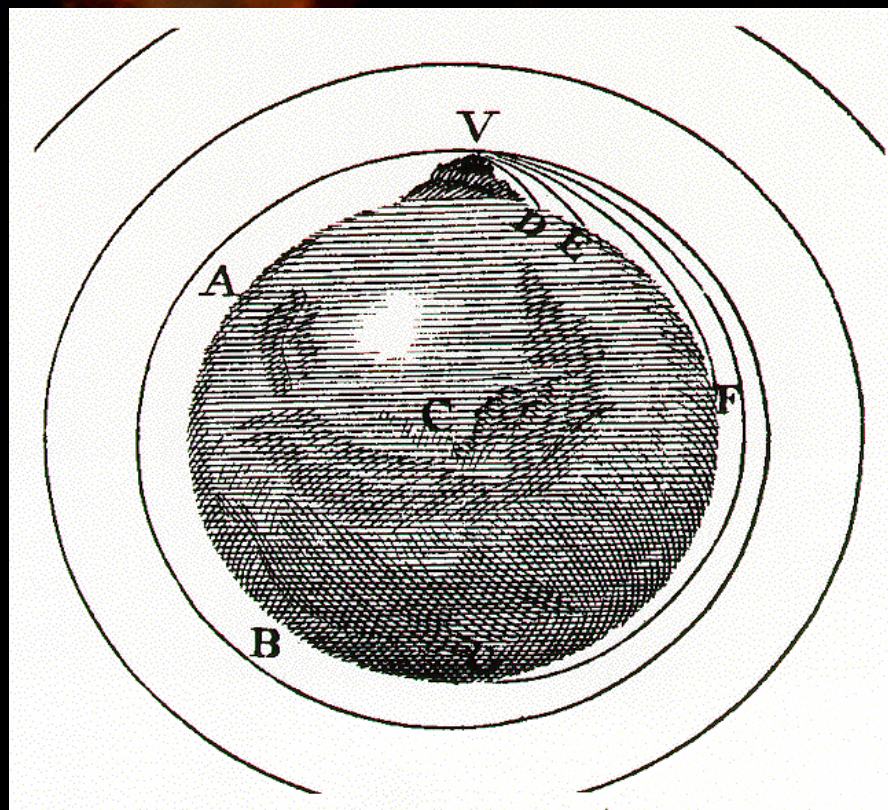
$$\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{F}_w = \frac{\vec{F}_w}{m}.$$

Zasady dynamiki Newtona

- *Lex III.*
- *Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem; sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.*
- Względem każdego działania istnieje przeciwdziałanie skierowane przeciwnie i równe, to jest wzajemne działania dwóch ciał są zawsze równe i skierowane przeciwnie.
- **Każdej akcji towarzyszy reakcja równa co do wartości i przeciwnie skierowana.**
 - słuszna tylko w mechanice nierelatywistycznej – założenie nieskończonej prędkości rozchodzenia się oddziaływań

Ruch pod wpływem siły centralnej

- Działo Newtona (1728, w *A Treatise of the System of the World*)

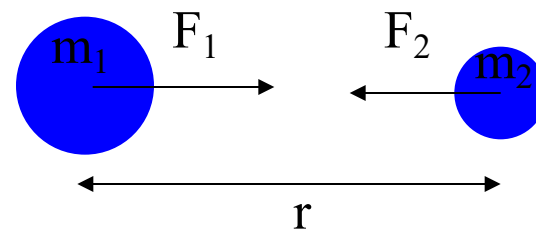


Prawo powszechnego ciążenia

Każdy punkt materialny przyciąga każdy inny punkt materialny siłą działającą wzdłuż linii łączącej te punkty. Siła ta jest proporcjonalna do iloczynu mas punktów i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu ich odległości.

$$F^i = G \frac{m_1 m_2}{r^2} e^i, \quad e^i = \frac{x^i}{r}$$

$$G \approx 6,6732(\pm 0,0031) 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}.$$



Zagadnienie n-ciał

Układ n równań różniczkowych zwyczajnych drugiego rzędu:

$$m_j \ddot{\mathbf{q}}_j = G \sum_{k \neq j} \frac{m_j m_k (\mathbf{q}_k - \mathbf{q}_j)}{|\mathbf{q}_k - \mathbf{q}_j|^3}, j = 1, \dots, n$$

Warunki brzegowe dla $i=1, \dots, n$:

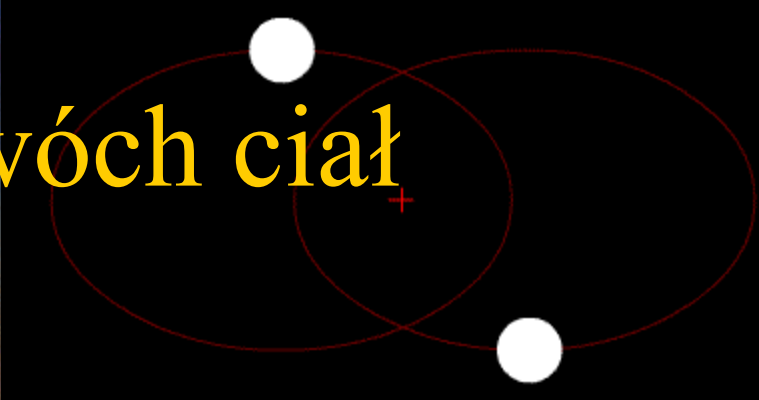
$\mathbf{q}_j(0)$ wektory początkowe położenia

$\dot{\mathbf{q}}_j(0)$ wektory początkowe prędkości

Całki pierwsze – całki ruchu

- Całki pierwsze – funkcje pozostające stałe wzdłuż dowolnego rozwiązania układu równań
- W mechanice są to całki ruchu
 - *Prawa zachowania energii, pędu, momentu pędu.*
 - np.: $E = mv^2/2 + mgh$
- W zagadnieniu n -ciał mamy 10 *algebraicznych* całek pierwszych:
 - 3 całki określające położenie środka masy
 - 3 całki pędu
 - 3 całki momentu pędu
 - 1 całka energii
- Potrzebujemy jednak $6n$ stałych całkowania!

Zagadnienie dwóch ciał

A diagram illustrating the two-body problem. It shows two white circles representing masses, with two intersecting red elliptical orbits around them. A small red cross marks one of the intersection points of the orbits.

Zadanie:

Niech $\mathbf{x}_1$ i $\mathbf{x}_2$ oznaczają położenia dwóch mas m_1 i m_2 .

Określić trajektorie $\mathbf{x}_1(t)$ i $\mathbf{x}_2(t)$ w funkcji czasu t ,

jeśli znane są początkowe położenia:

$$\mathbf{x}_1(t=0) \text{ i } \mathbf{x}_2(t=0)$$

i prędkości:

$$\mathbf{v}_1(t=0) \text{ i } \mathbf{v}_2(t=0)$$

Zagadnienie dwóch ciał

Rozwiązanie:

Z drugiej zasady dynamiki:

$$\mathbf{F}_{12}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = m_1 \ddot{\mathbf{x}}_1$$

$$\mathbf{F}_{21}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = m_2 \ddot{\mathbf{x}}_2$$

gdzie:

$$\mathbf{F}_{12} = G m_1 m_2 (\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2) / |\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|^3$$

$$\mathbf{F}_{21} = G m_1 m_2 (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1) / |\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1|^3$$

Zagadnienie dwóch ciał

Dodajemy równania stronami:

$$m_1\ddot{\mathbf{x}}_1 + m_2\ddot{\mathbf{x}}_2 = \mathbf{F}_{12} + \mathbf{F}_{21} = 0$$

gdzie na mocy 3 zasady Newtona: $\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$

Definiujemy położenie środka masy (3 całki ruchu);

$$\mathbf{x}_{cm} \equiv \frac{m_1\mathbf{x}_1 + m_2\mathbf{x}_2}{m_1 + m_2}$$

i otrzymujemy:

$$\ddot{\mathbf{x}}_{cm} = 0, \text{ zatem } \dot{\mathbf{x}}_{cm} = \text{const, czyli } m_1\dot{\mathbf{x}}_1 + m_2\dot{\mathbf{x}}_2 = \text{const}$$

Jest to zasada zachowania pędu (3 całki ruchu)

Zagadnienie dwóch ciał

Odejmujemy równania stronami (uwzględniając $\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$):

$$\ddot{\mathbf{r}} = \ddot{\mathbf{x}}_1 - \ddot{\mathbf{x}}_2 = \left(\frac{\mathbf{F}_{12}}{m_1} - \frac{\mathbf{F}_{21}}{m_2} \right) = \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) \mathbf{F}_{12}$$

gdzie $\mathbf{r}$ jest wektorem położenia względnego: $\mathbf{r} = \mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2$

Ze względu na symetrię praw fizyki względem przesunięcia (translacji) mamy:

$$\mathbf{F}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \mathbf{F}(\mathbf{r})$$

[Siła nie zależy od położenia cząstek, a jedynie od ich wzajemnej odległości]

Stąd:

$$\mu \ddot{\mathbf{r}} = \mathbf{F}_{12}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \mathbf{F}(\mathbf{r})$$

gdzie $\mu = \frac{1}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ oznacza „masę zredukowaną”.

Zagadnienie dwóch ciał

Ostateczne rozwiązania problemu będą więc miały postać:

$$\mathbf{x}_1(t) = \mathbf{x}_{cm}(t) + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \mathbf{r}(t)$$

$$\mathbf{x}_2(t) = \mathbf{x}_{cm}(t) - \frac{m_1}{m_1 + m_2} \mathbf{r}(t)$$

(sprawdzić przez podstawienie!)

Weźmy teraz:

pęd: $\mathbf{p} = \mu \dot{\mathbf{r}}$

moment pędu: $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$

zmiana momentu pędu: $\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \dot{\mathbf{r}} \times \mu \dot{\mathbf{r}} + \mathbf{r} \times \mu \ddot{\mathbf{r}} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$

ale: $\dot{\mathbf{r}} \times \dot{\mathbf{r}} = 0$, oraz, na mocy 3 prawa Newtona, $\mathbf{F}(\mathbf{r})$ działa wzdłuż $\mathbf{r}$,
zatem $\mathbf{r} \times \mathbf{F} = 0$, czyli $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mu \mathbf{v} = \text{const.}$

$\mathbf{r}$ i $\mathbf{v}$ są zatem prostopadłe do stałego $\mathbf{L}$ – ruch odbywa się w
płaszczyźnie, ze stałą prędkością polową!

II prawo Keplera

The background of the slide is a deep space image. It features a large, glowing nebula with orange and yellow hues, possibly the Helix or Ring Nebula, dominating the right side. The left side is a darker blue field filled with numerous stars of varying brightness, some showing diffraction spikes. The overall composition is dramatic and celestial.

- koniec 26/04/2014

Zagadnienie Keplera

Dla sił centralnych, odwrotnie proporcjonalnych do kwadratu odległości:

$$F = \frac{\alpha}{r^2} = \alpha u^2$$

równanie przybiera prostą postać:

$$\frac{d^2 u}{d\theta^2} + u = -\frac{\alpha\mu}{L^2}$$

którego rozwiązaniem jest funkcja harmoniczna:

$$u(\theta) \equiv \frac{1}{r(\theta)} = -\frac{\alpha\mu}{L^2} + A \cos(\theta - \theta_0)$$

gdzie $A \geq 0$ i θ_0 są stałymi całkowania.

Rozwiązaniami są krzywe stożkowe:

okrąg dla $A = 0$

elipsa dla $A < -\frac{\alpha\mu}{L^2}$

parabola dla $A = -\frac{\alpha\mu}{L^2}$

hiperbola dla $A > -\frac{\alpha\mu}{L^2}$

I prawo Keplera

$\alpha = -k$ dla grawitacji

$$dr/dt = dr/d(\theta) d(\theta)/dt$$

$$u \equiv \frac{1}{r} = \frac{km}{L^2} [1 + e \cos(\theta - \theta_0)]$$

$$e = \sqrt{1 + \frac{2EL^2}{k^2 m}}$$

mimośród Energia

$e = 0$ $E = -k^2 L / 2m^2$

$e < 1$ $E < 0$

$e = 1$ $E = 0$

$e > 1$ $E > 0$

Zagadnienie Keplera

Pole elipsy πab

Okres obiegu T

Prędkość połowa $\frac{1}{2}r^2\omega = \pi ab/T$

stąd:

$$2\pi a^2 (1-e^2)^{1/2} = T L / \mu \quad (1)$$

ale:

$$u(\theta) \equiv \frac{1}{r(\theta)} = -\frac{\alpha\mu}{L^2} + A \cos(\theta - \theta_0)$$

oraz równanie biegunowe elipsy:

$$r = p/(1+e\cos(\theta-\theta_0)) \quad (2)$$

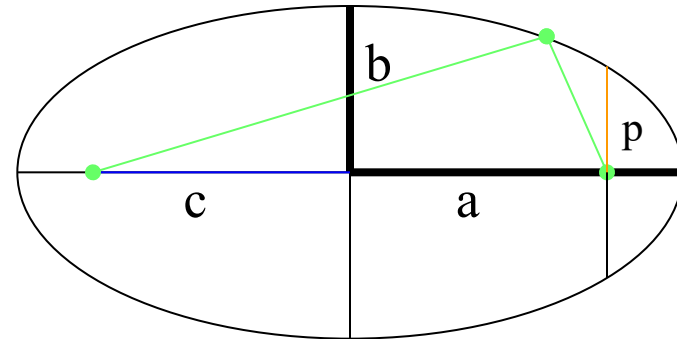
gdzie $p = -L^2/\alpha$, $e = -A L^2/\alpha\mu$

oraz $\alpha = -G(m_1 m_2) = -G\mu(m_1+m_2)$

eliminując L z (1) i (2) otrzymamy

$$\mathbf{G(m_1+m_2) = 4\pi^2 a^3 / T^2}$$

III prawo Keplera



$2a$ – wielka oś

$2b$ – mała oś

$2c$ – odległość ognisk

p – *semilatus rectum*

$e = c/a$

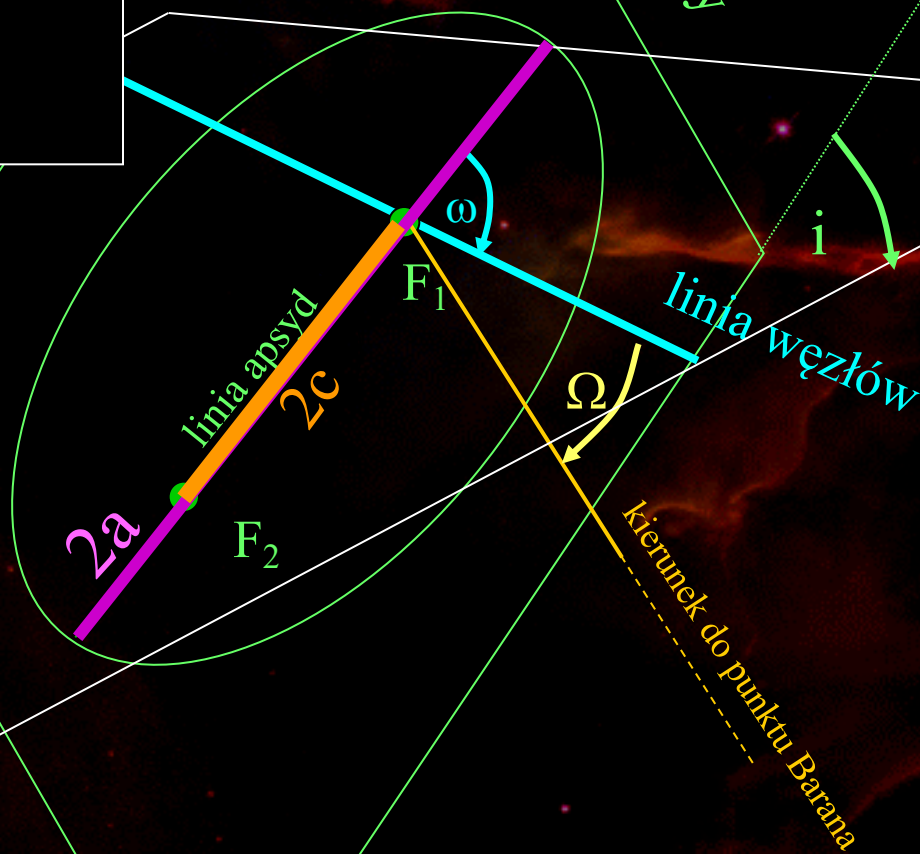
$b = a(1-e^2)^{1/2}$

Elementy orbity

- a – wielka półoś orbity
- e – mimośród $e=c/a$
- i – nachylenie płaszczyzny orbity do ekliptyki
- Ω – długość węzła wstępującego
- ω – odległość peryastronu od węzła wstępującego
- T – moment przejścia przez peryastron (P)

płaszczyzna ekliptyki

płaszczyzna orbity

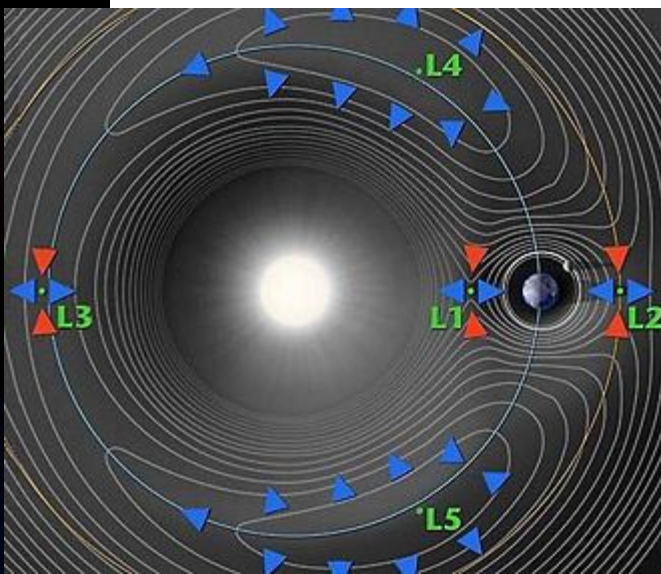
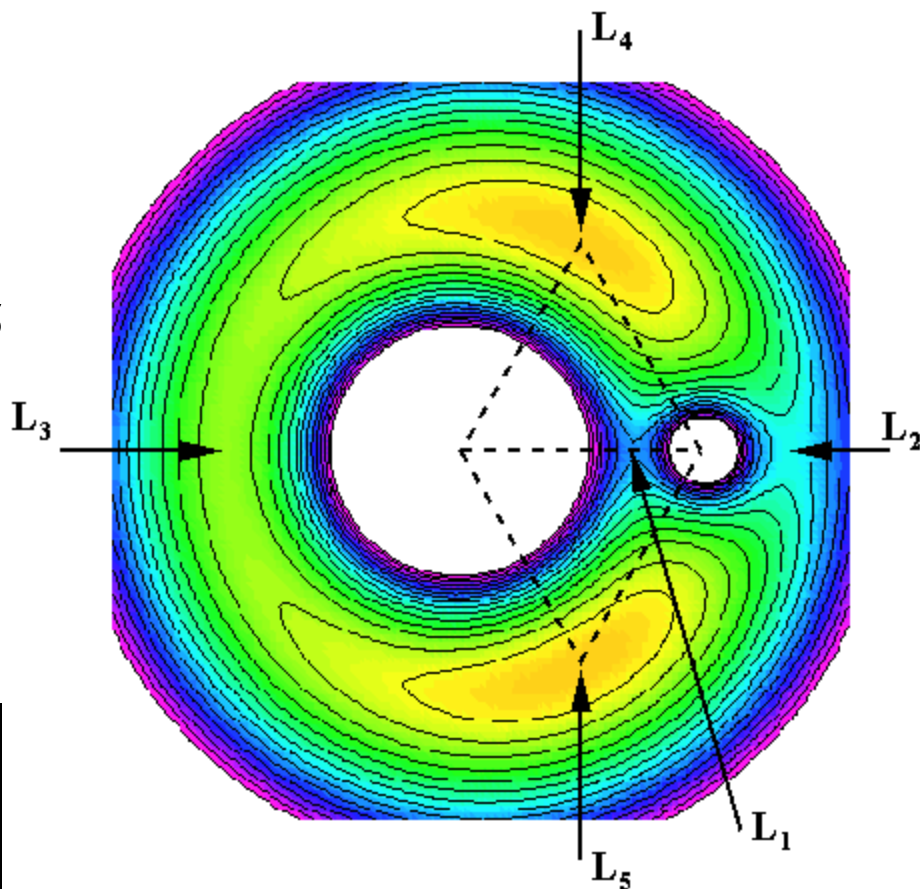


Ograniczone zagadnienie 3-ciał

- Zagadnienie 2-ciał + trzecie ciało o znikomej masie
- Potencjał grawitacyjny w postaci:

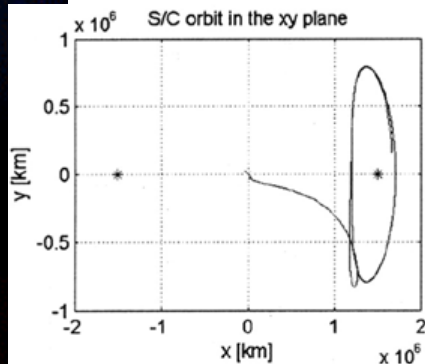
$$V(x, y) = \frac{-\mu_1}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2}} - \frac{\mu_2}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2}}.$$

- punkty libracji $L_1 \dots L_5$
 - $L_1 \dots L_3$ – niestabilne
 - $L_4 \dots L_5$ – stabilne dla $M_2/M_1 > 25$



Ograniczone zagadnienie 3-ciał

- W układzie Słońce - Ziemia:
 - L1 – „zredukowane” przyciąganie Słońca – okres obiegu zwiększony
 - satelita SOHO do obserwacji Słońca (od 1996 r)
 - L2 – „zwiększone” przyciąganie Słońca – okres obiegu zmniejszony
 - WMAP, Gaia,
 - 1,500,000 km od Ziemi

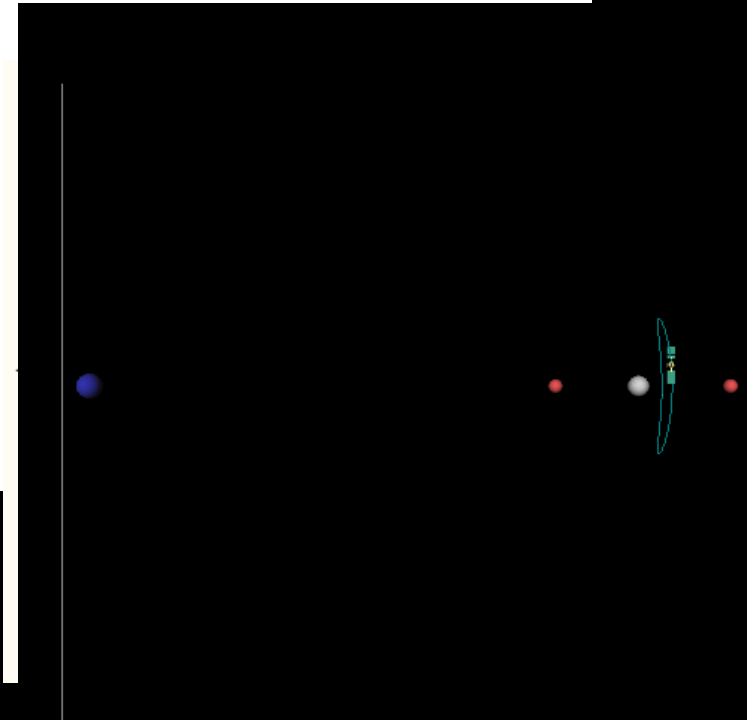
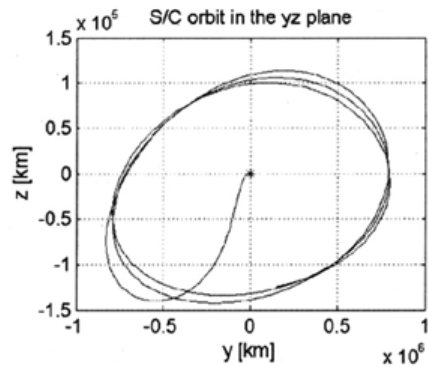
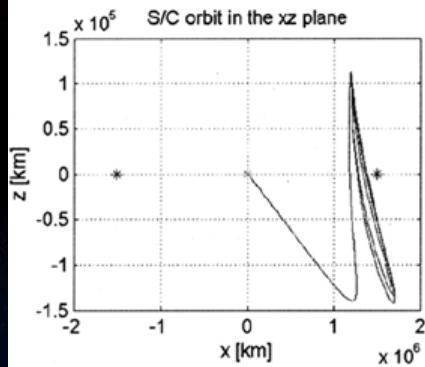


Ariane5 ECA: launch at equinoxes

T transfer=99 days

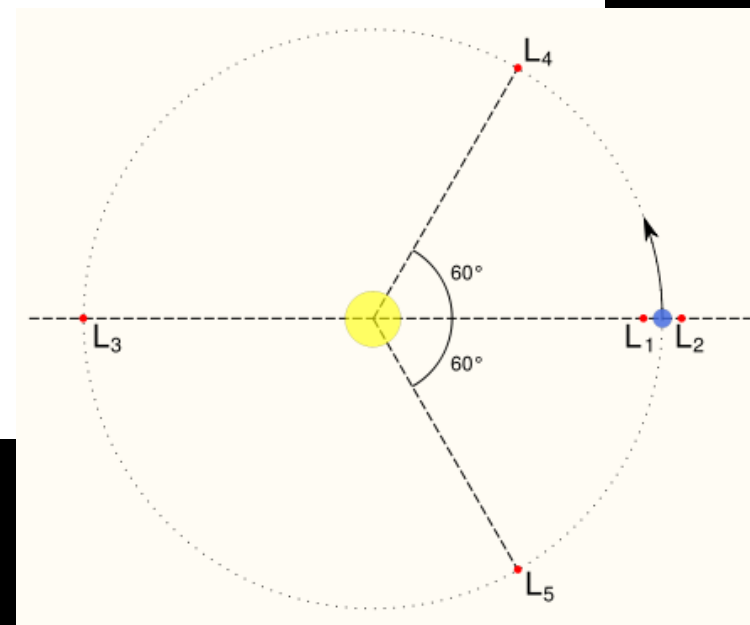
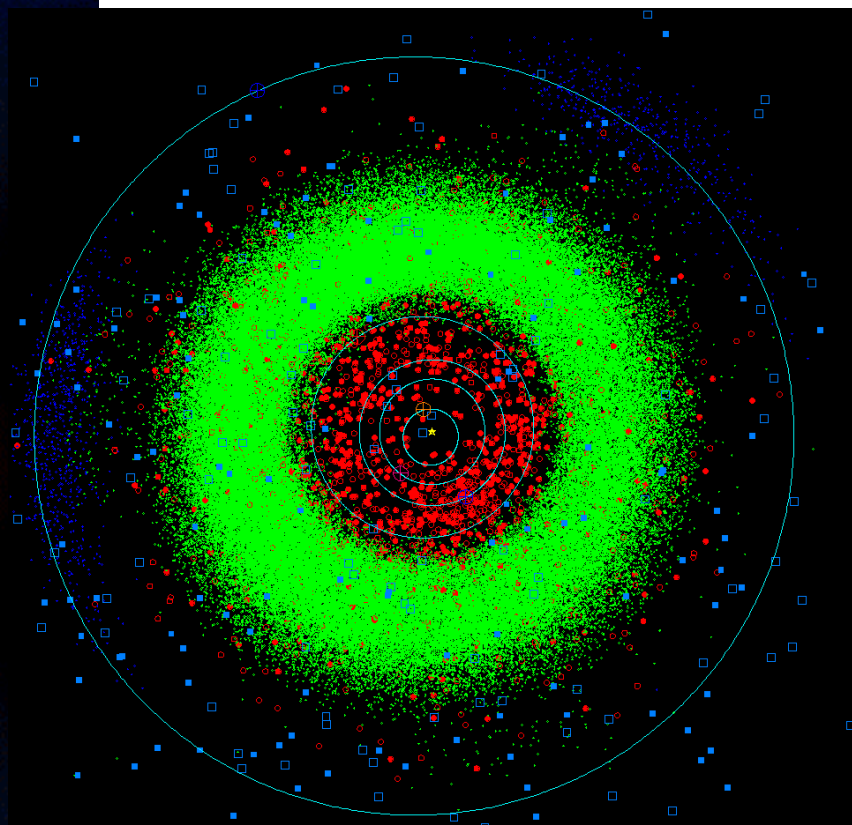
T orbit=180 days

Delta V=0.79573 km/s



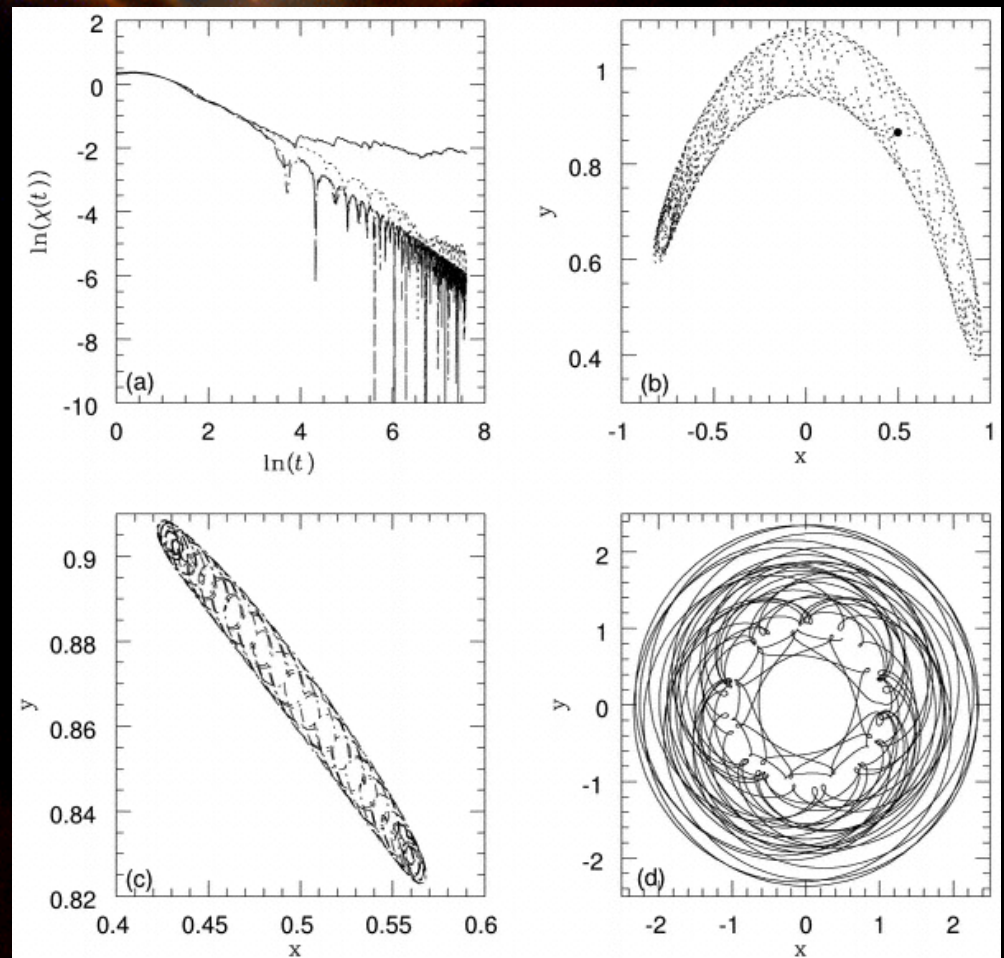
Ograniczone zagadnienie 3-ciał

- W układzie Słońce - Jowisz:
 - L4, L5 – Grecy, Trojanie
- W układzie Ziemia - Księżyc
 - L4, L5 – Księżycy Kordylewskiego (?)



Ogólne zagadnienie n-ciał

- Orbity chaotyczne, quasi-periodyczne

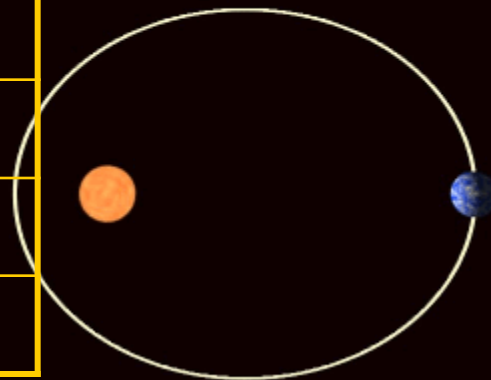


Ogólna teoria względności

- Ruch linii apsyd Merkurego

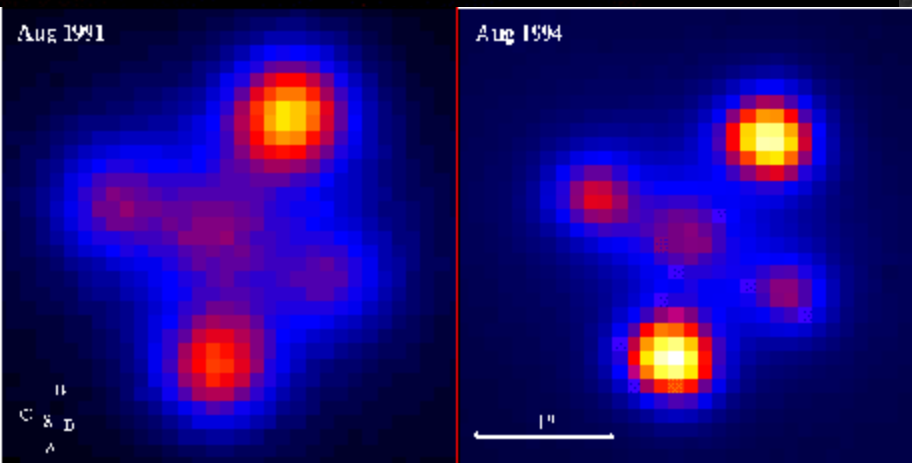
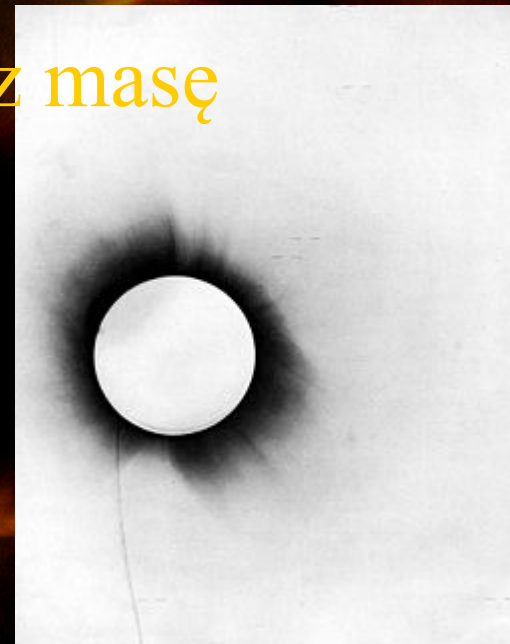


Wartość (arcsec/wiek)	Przyczyna
5025.6	Precesja (ziemska)
531.4	Inne planety
0.0254	Spłaszczenie Słońca
42.98 ± 0.04	Ogólna Teoria Względności
5600.0	Suma
5599.7	Obserwowane



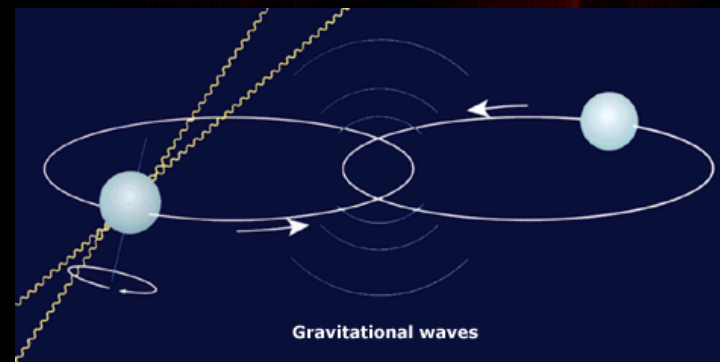
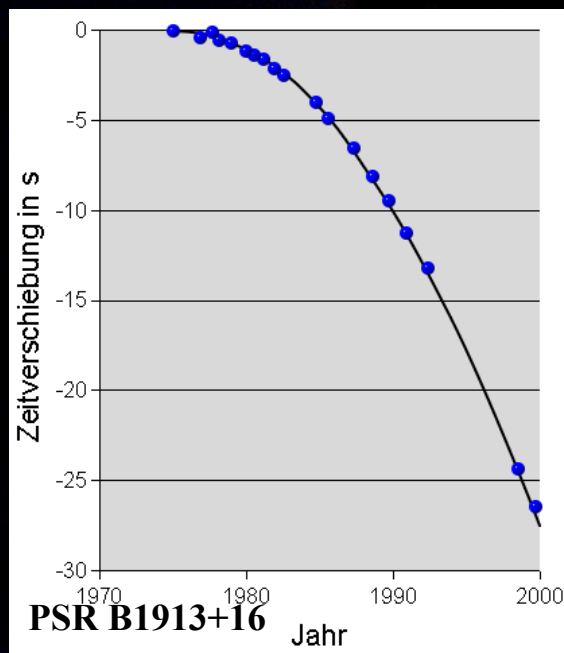
Ogólna teoria względności

- Zakrzywienie drogi światła przez masę
 - soczewkowanie grawitacyjne
- poczerwienienie grawitacyjne



Ogólna teoria względności

- fale grawitacyjne

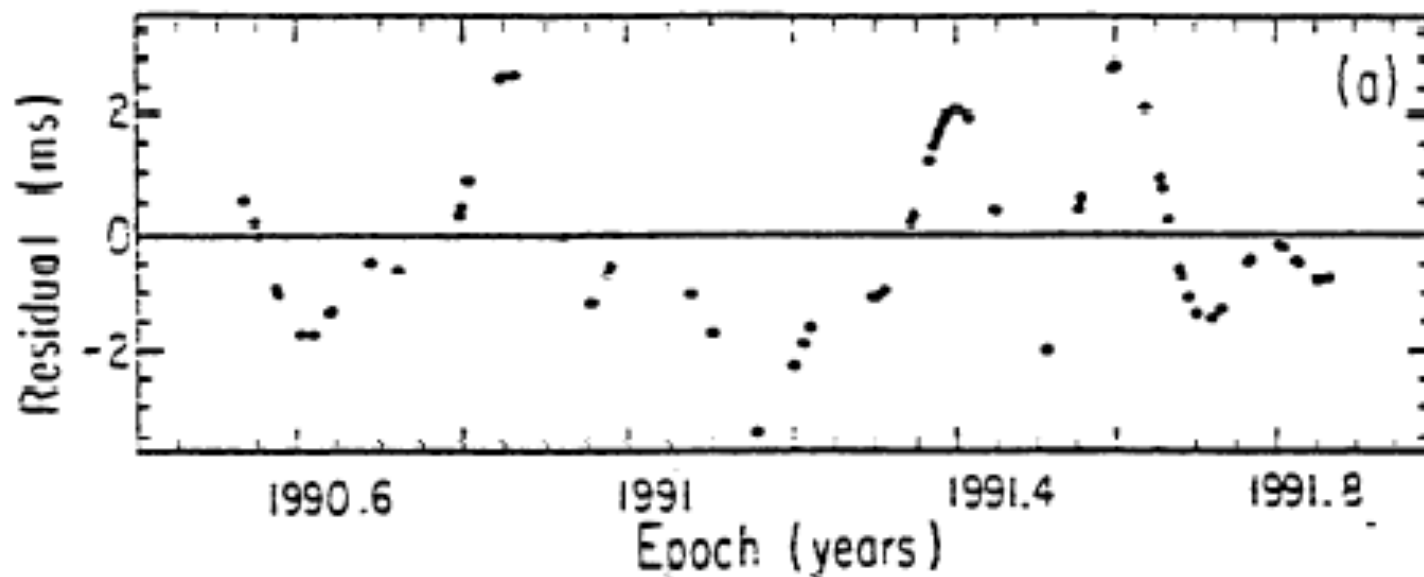
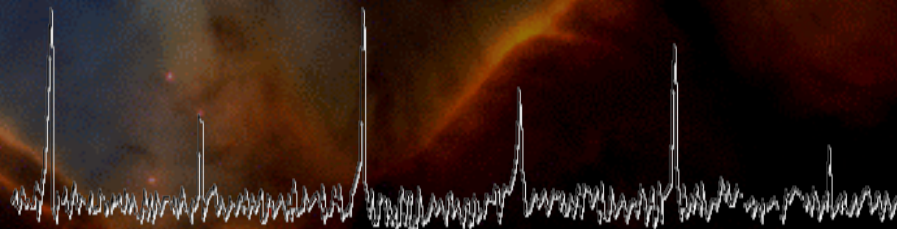


Planety Innych Gwiazd "Egzoplanety"



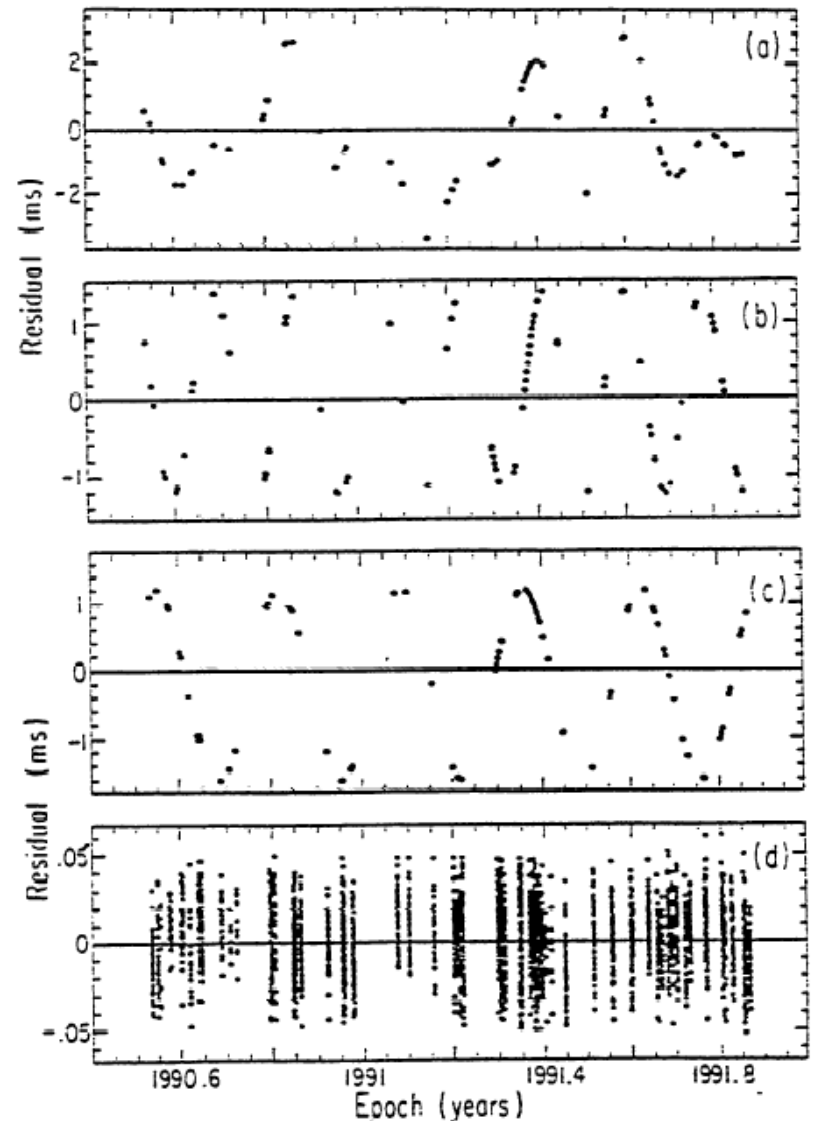
Planety Wolszczana - 1992

- Pulsar PSR1257+12
- $P_0 = 6.2$ ms
- Obserwacje > 1 rok
- Systematyczne residua ~ 2 ms



Planety Wolszczana

- Model:
- Pulsar $1.4 M_{\odot}$
- Planeta A - $3.4 M_Z$
 - $a = 0.36 \text{ AU}$
 - $P = 66.6^d$
- Planeta B - $2.8 M_Z$
 - $a = 0.47 \text{ AU}$
 - $P = 98.2^d$
- *Planeta C* - $0.015 M_Z$
 - $0.19 \text{ AU}, 25.3^d$



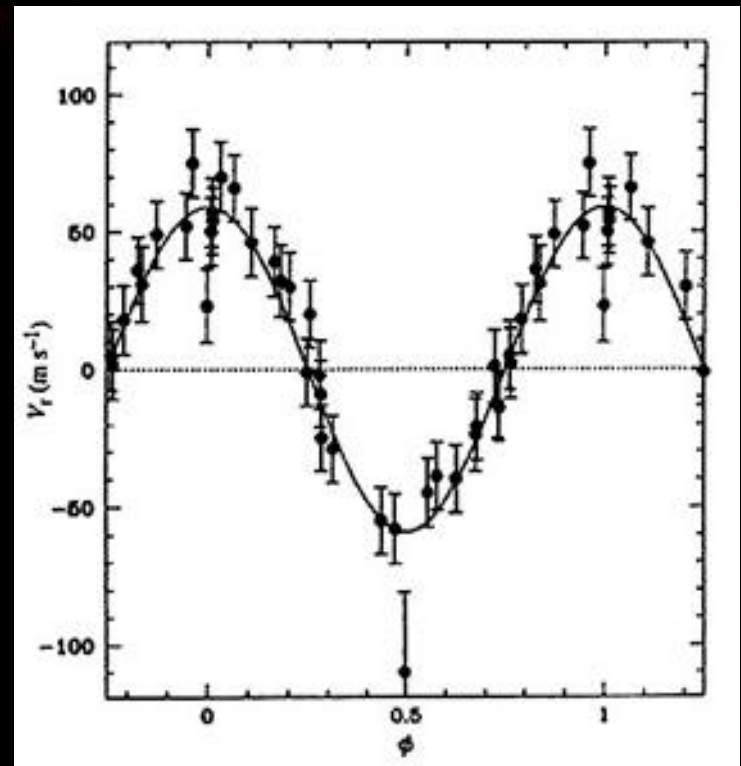
51 Pegasi – 06/10/1995

- Michel Mayor & Didier Queloz
- Geneva Extrasolar Planet Search
- Observatoire de Haute-Provence
 - Teleskop 1.93 m
 - Spektrograf ELODIE

$M=0.5 M_J$

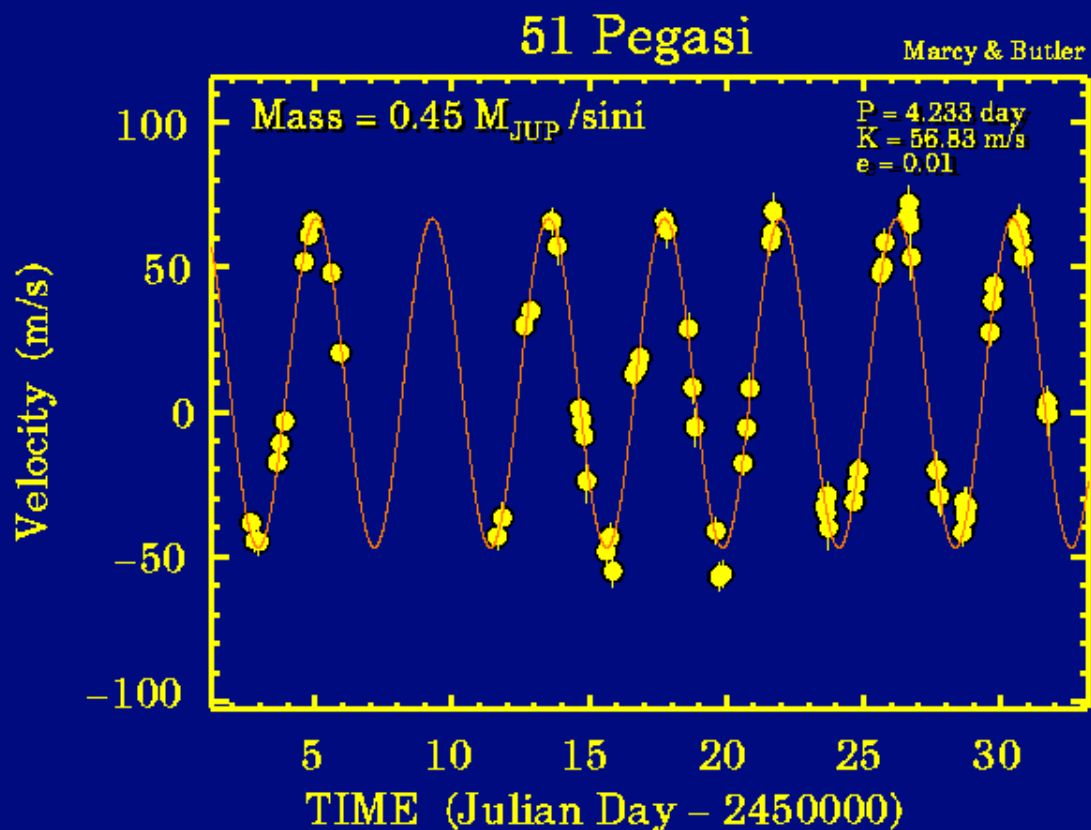
$P=4.23^d$

$K=59 \text{ m/s}$



51 Pegasi c.d.

- Geoffrey Marcy i Paul Butler (12/10/95)
- Lick Iodine Planet Search
- Teleskopy
Shane'a - 3 m
CAT - 0.6 m
- Spektrograf
Hamiltona



Obserwacje dopplerowskie

Gwiazdy F,G,K

- okresy rotacji 5-50 dni
- prędkość rotacji 1-10 km/s
- wahania prędkości ~ 10 m/s

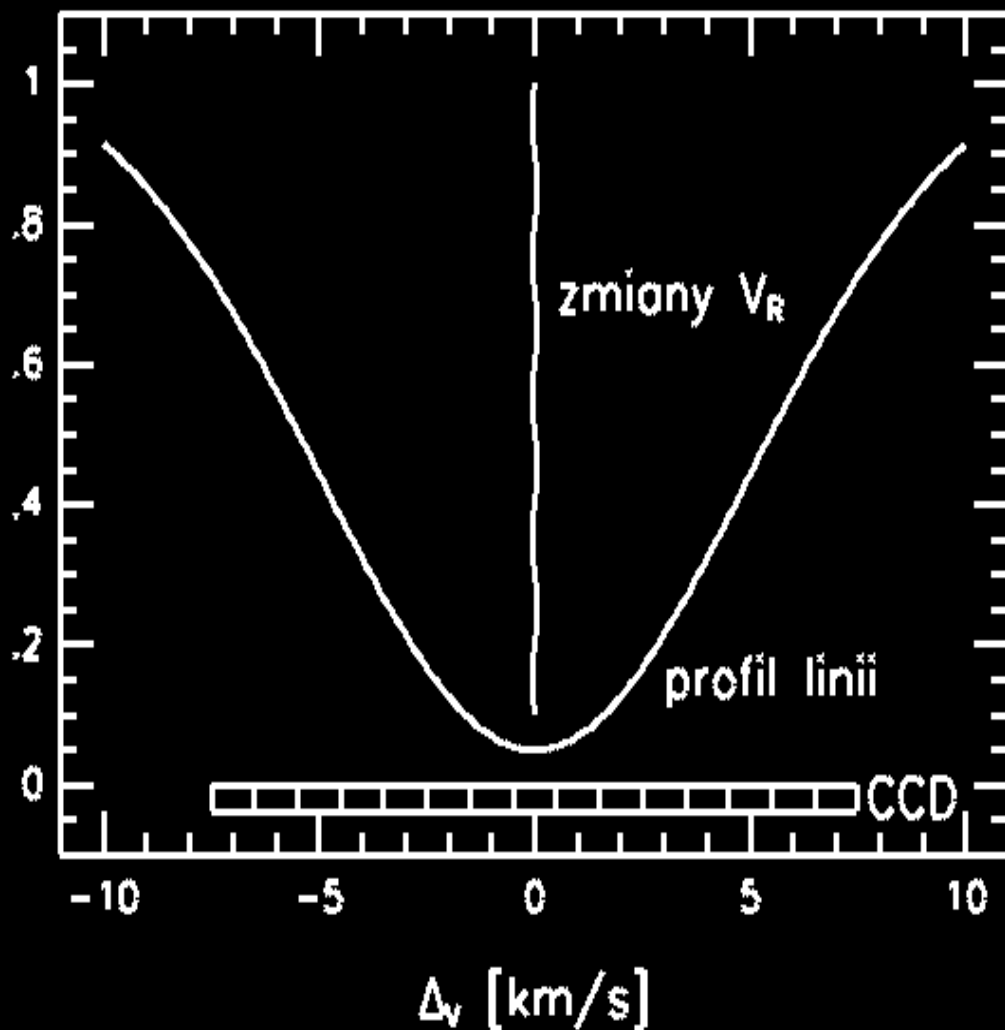
Rozdzielczość spektrografu

- $R=50.000 \sim 5$ km/s
- 1 km/s na piksel CCD

Wpływ na Słońce

- Jowisza 12 m/s
- Saturna 2.7 m/s
- Planeta 51 Peg 60 m/s

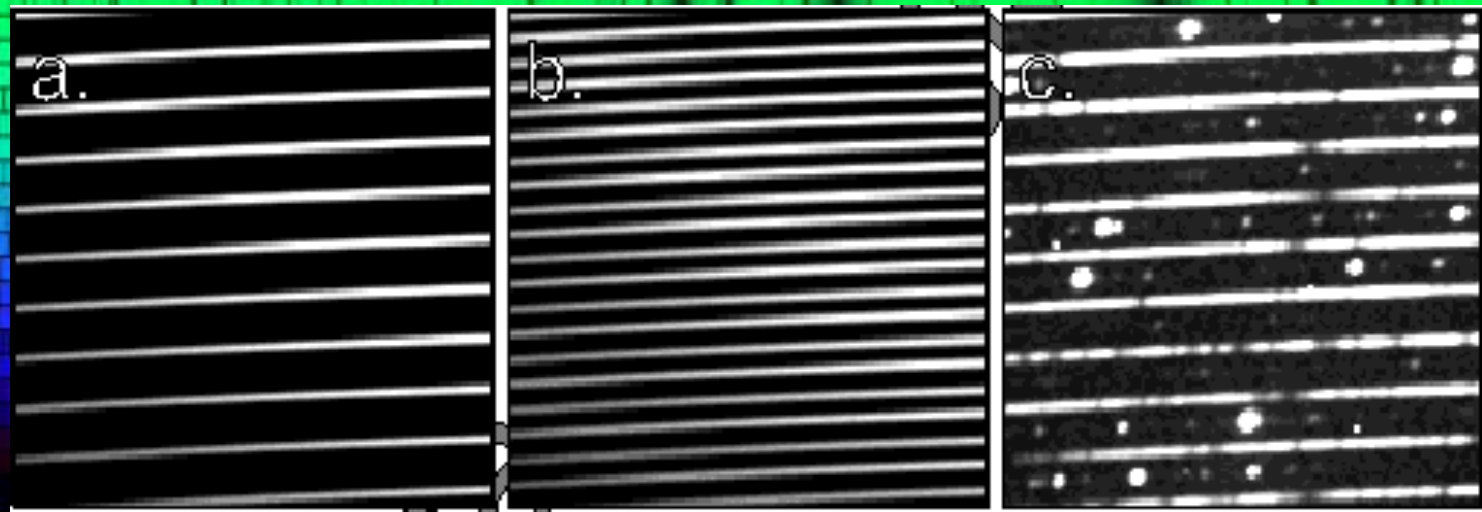
Obserwacje dopplerowskie



Ponadto:

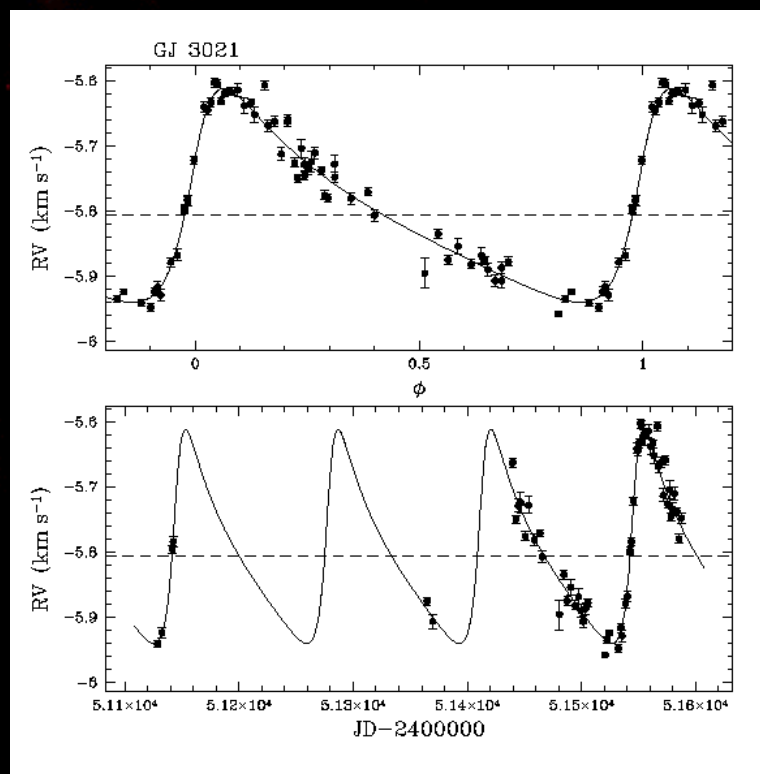
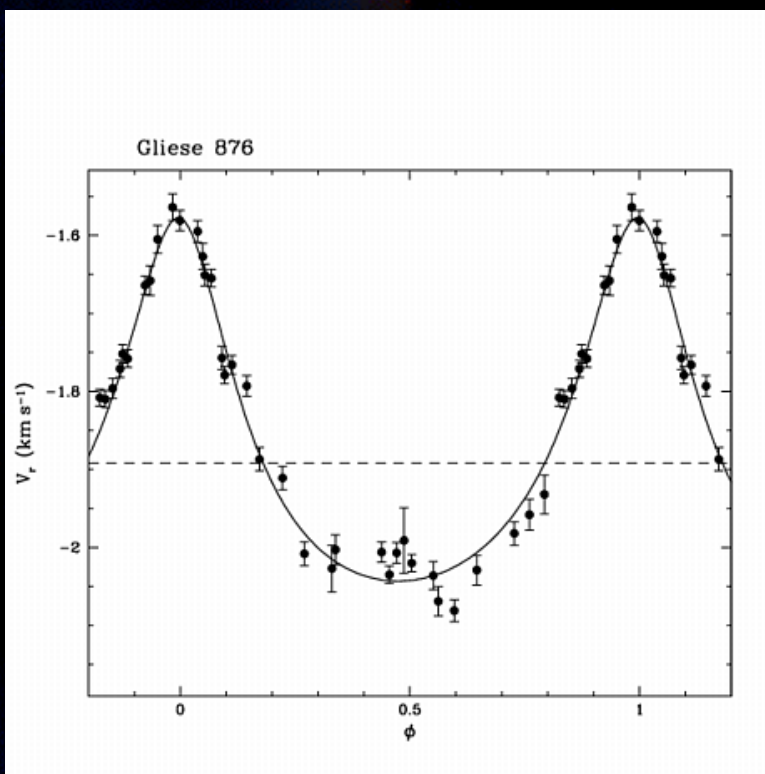
- Zmiana prędkości obserwatora
 ~ 2 m/s na min.
- Relatywistyczny efekt Dopplera
 ~ 3 m/s

ELODIE - CORALI



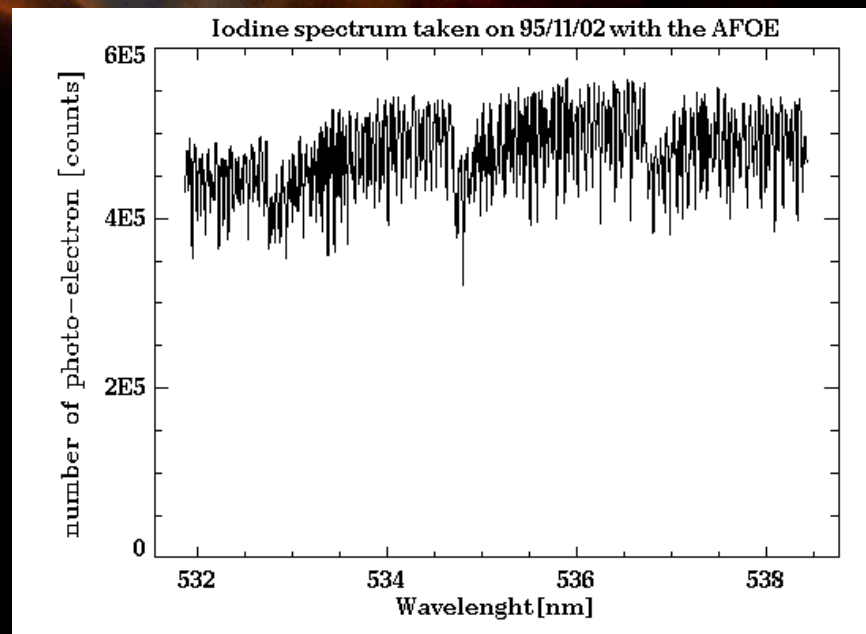
Geneva Extrasolar Planet Search

- ELODIE na teleskopie 1.93 m OHP
- CORALI na teleskopie 1.20 w La Silla
- Próbkę gwiazd: 320 (OHP), 1600 (La Silla)



„Hamilton” – znakowanie widma

- Spektrograf echelle w obserwatorium Licka
- Ognisko coudé
- $R = 120.000$
- 502-587 nm
- 16 rzędów widma



- Komórka I_2
 - 500-630 nm, $T=50$ C, $P=0.001$ Atm, 5×10 cm
 - Znane widmo I_2 – $S/N=700$, $\sigma_\lambda/\lambda=10^{-8}$

„Hamilton” – znakowanie widma

Przepis na sukces:

A) widmo I_2

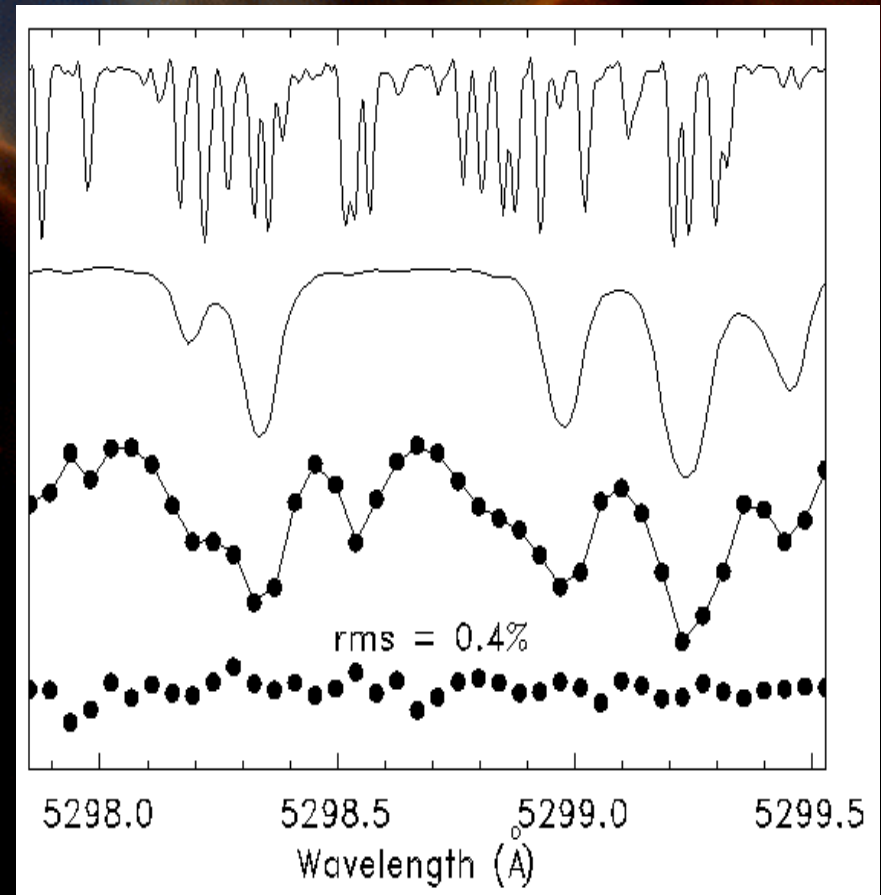
B) wzorzec widma gwiazdy

C) widmo gwiazdy (Δv) + I_2

D) profil instrumentalny

Znajdź (Δv , D), by:

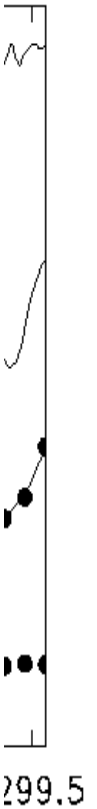
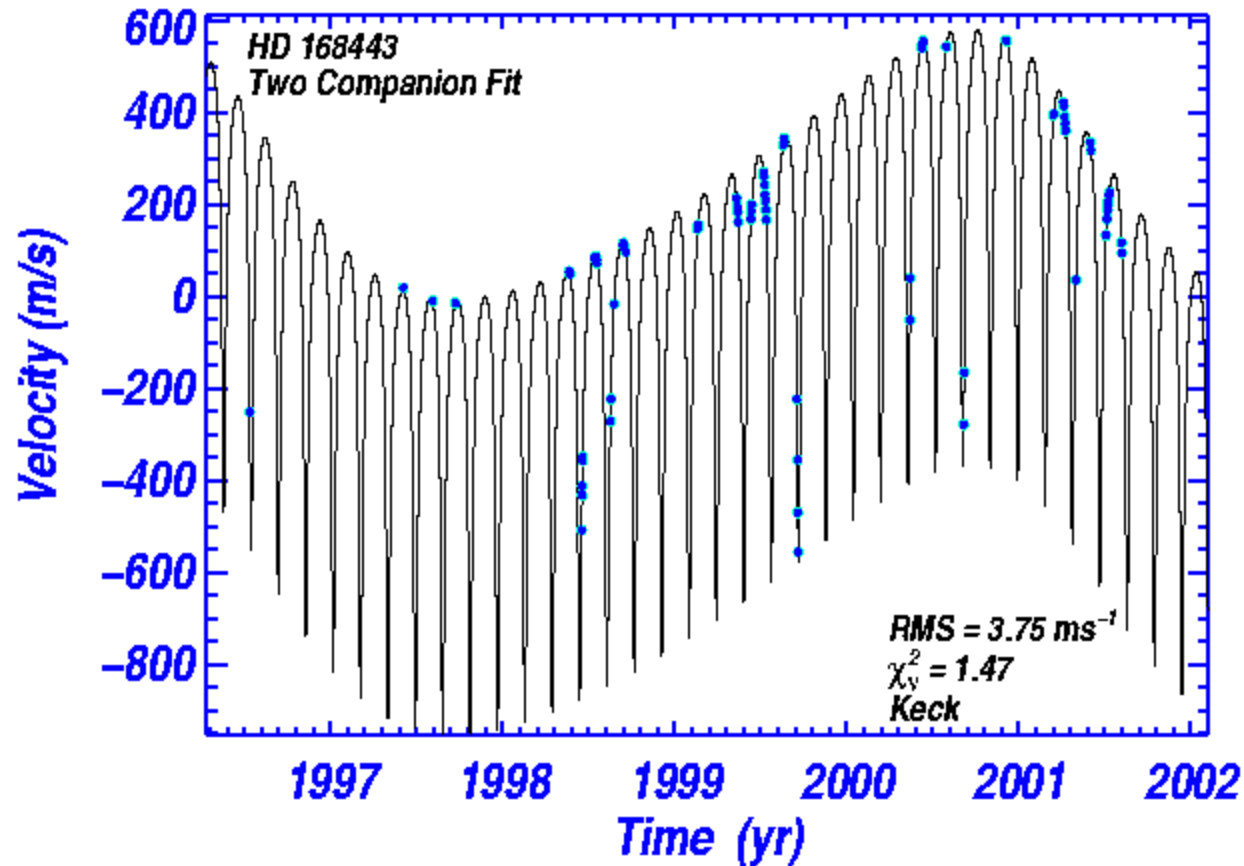
$$(A \bullet B(\Delta v)) * D = C$$



Rezultat: $\sigma_v = 3$ m/s @ 3 min, 3-m, V=5 mag

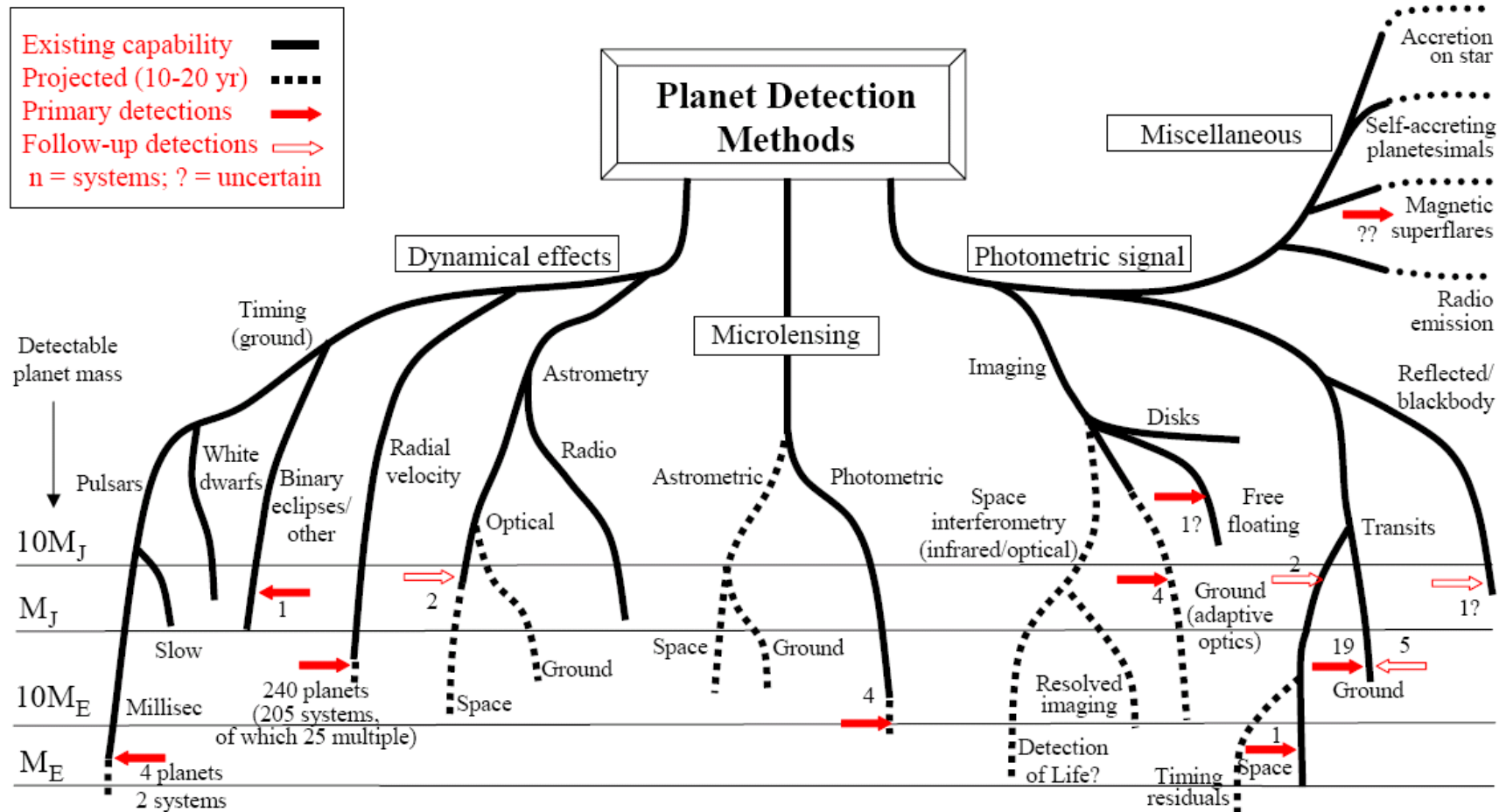
„Hamilton” – znakowanie widma

Prz
A)
B)
C)
D)
Zn
(A



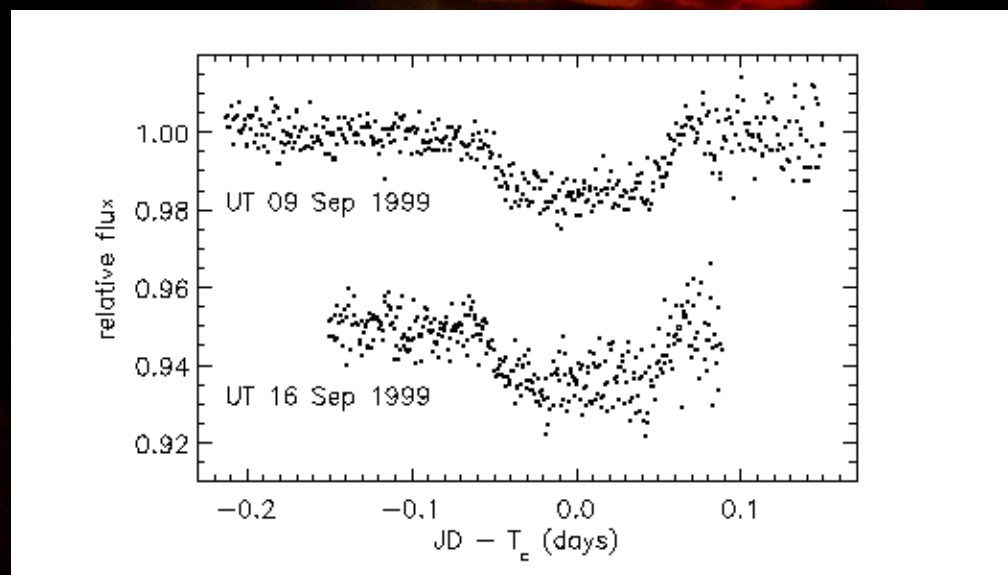
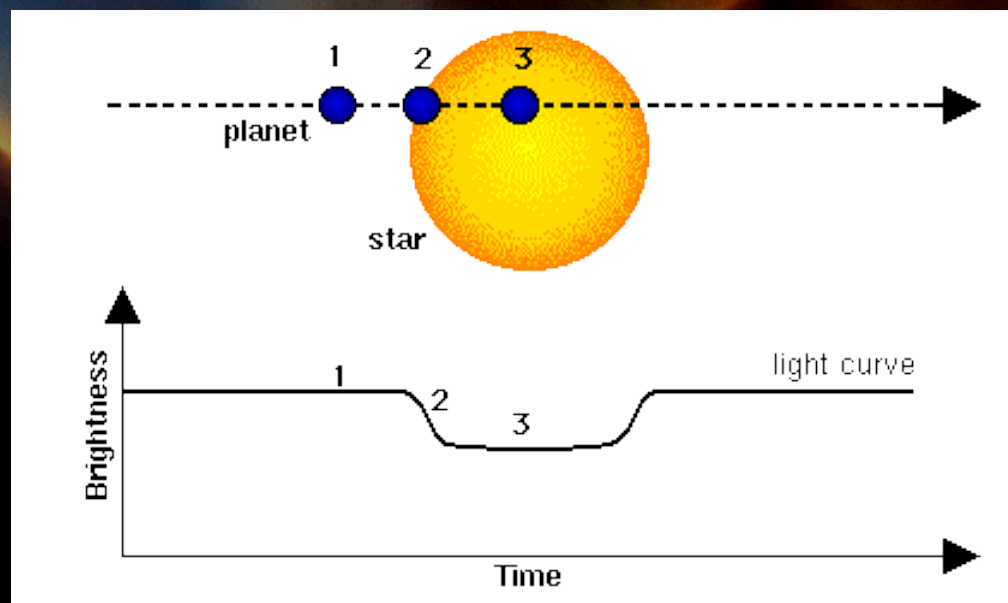
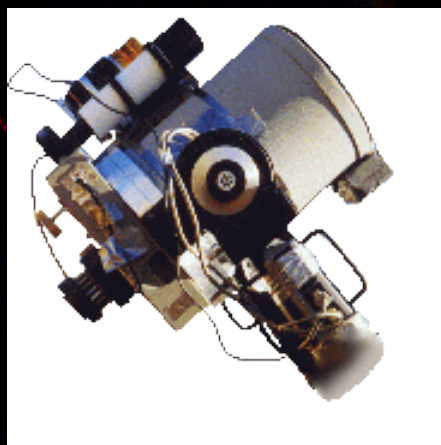
Planet Detection Methods

Michael Perryman, Rep. Prog. Phys., 2000, 63, 1209 (updated 3 October 2007)

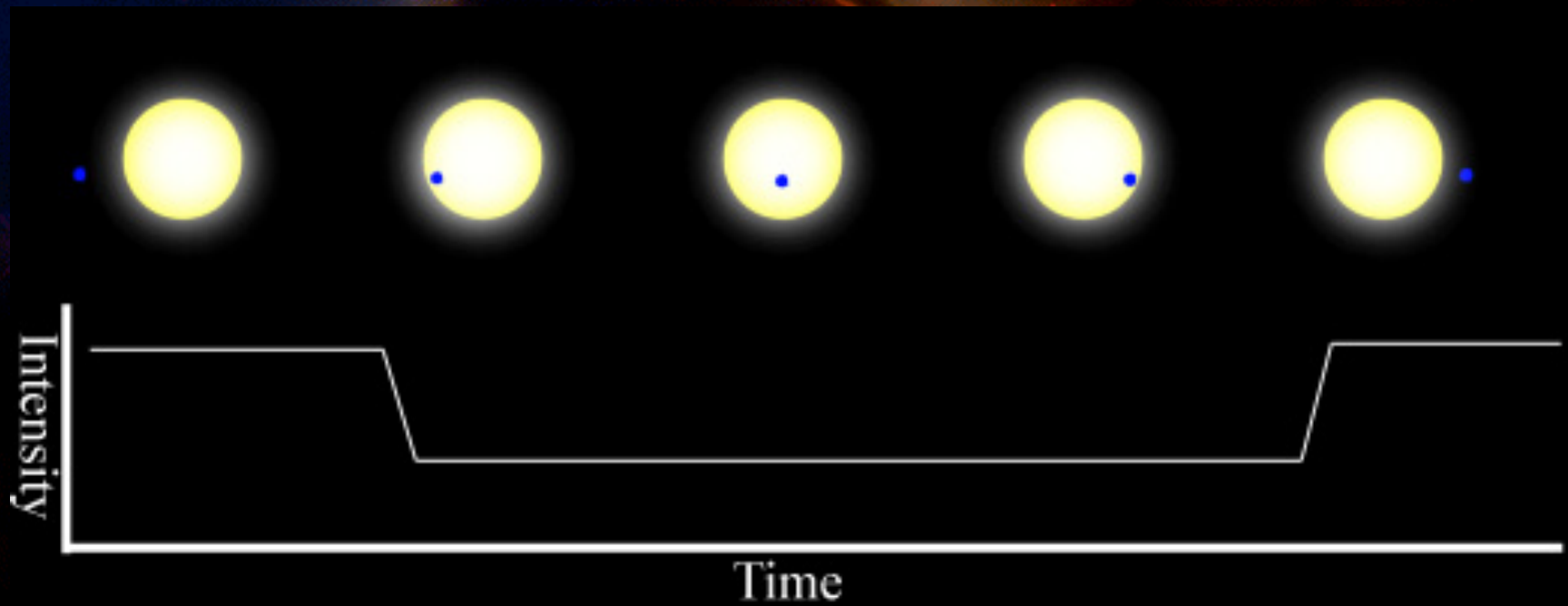


Poszukiwania fotometryczne

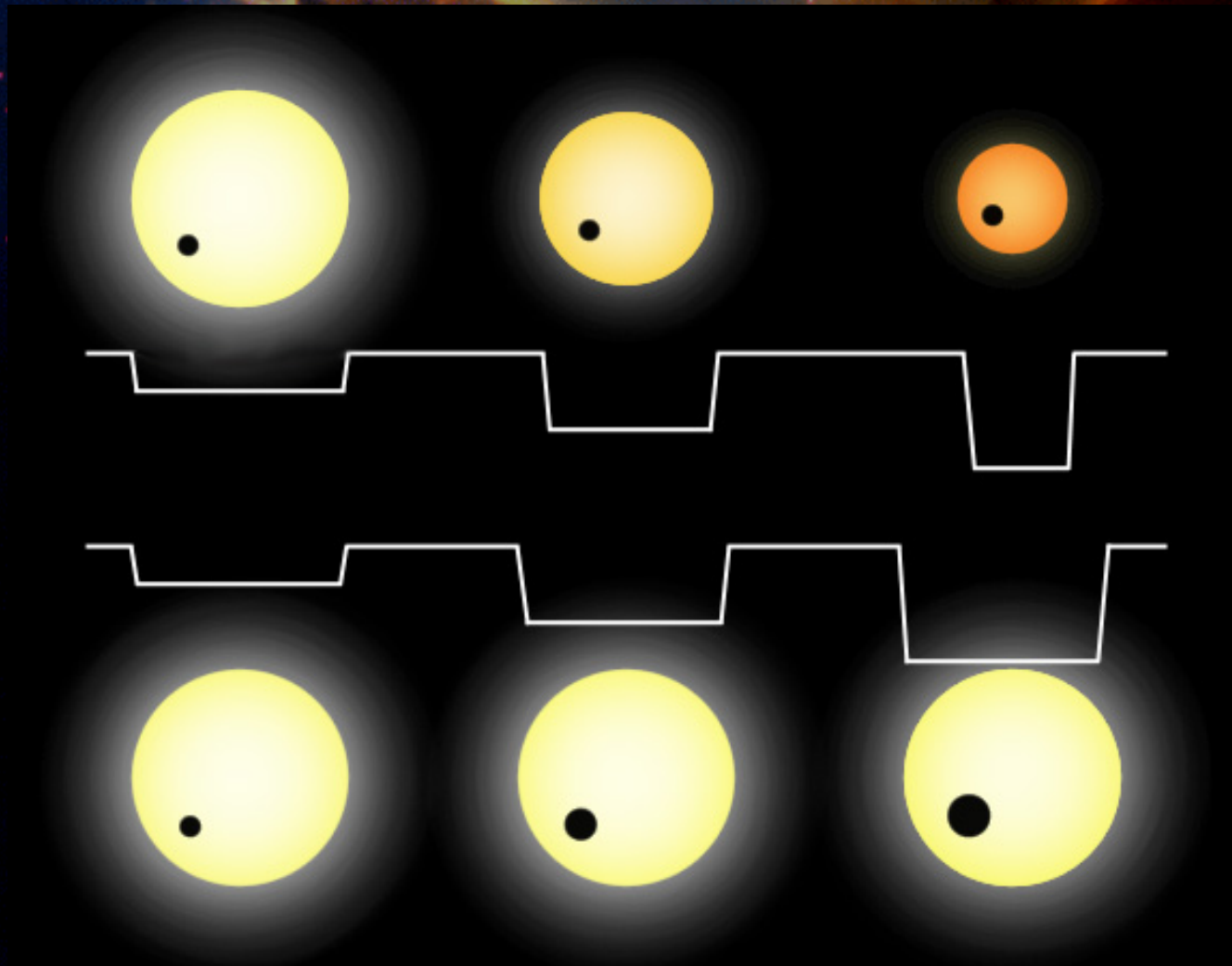
- HD 209458
- Projekt STARE
 - D=10 cm
 - F=30 cm
- $\Delta I/I = 1.7 \%$



Metoda Tranzytów



Metoda Tranzytów



Metoda Tranzytów

Zalety:

- Pomiar fotometryczny wielu obiektów umożliwia identyfikację kandydatów.
- Pomiar kształtu tranzytów umożliwia wyznaczenie rozmiaru planety.
- $\sin i \sim 1.0$.
- Dodatkowe obserwacje spektroskopowe umożliwiają wyznaczenie dokładnej masy i wszystkie podstawowe parametry planety są znane. (Jedynie przypadki !!!).
- Dzięki orbicie wyznaczonej z fotometrii (okres, faza) wystarczy zaledwie kilka obserwacji spektroskopowych do wyznaczenia masy.

Metoda Tranzytów

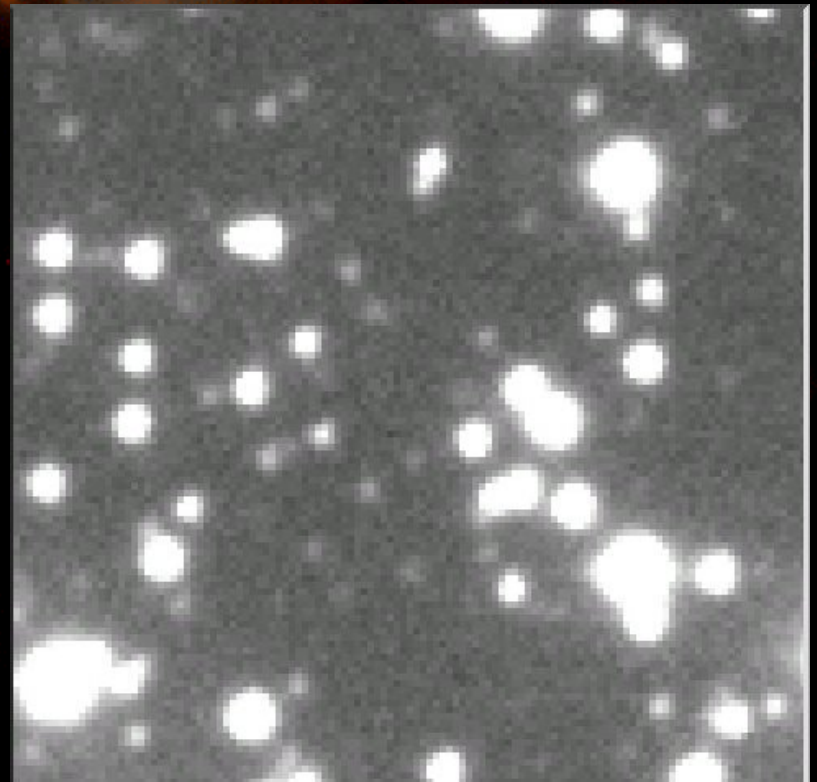
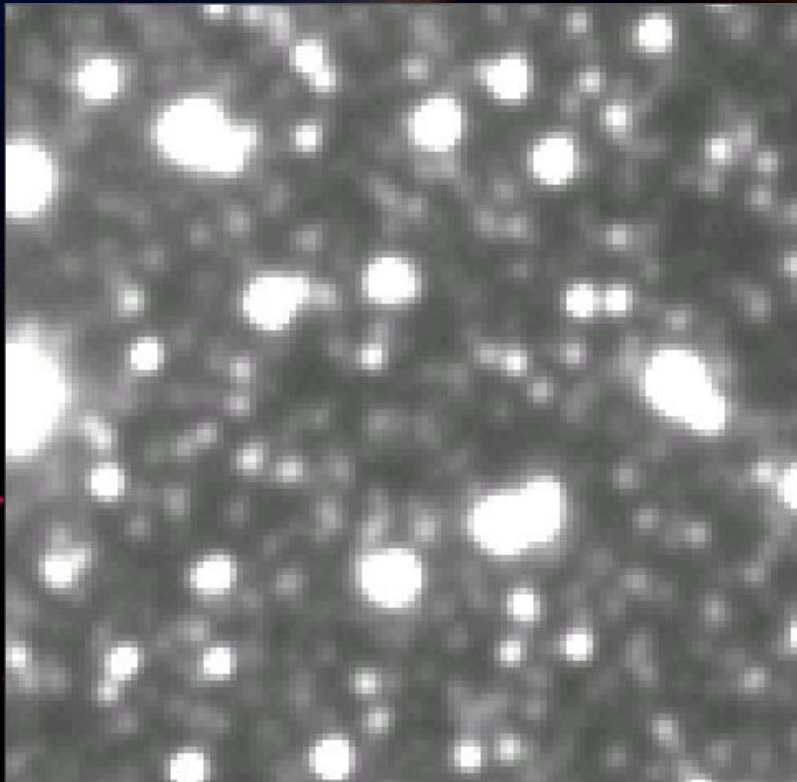
Problemy:

- Wysoka dokładność obserwacji fotometrycznych jest kluczowa do detekcji tranzytów planetarnych ($\sim 0.5\%$).
- Trzeba zarejestrować kilka indywidualnych tranzytów aby uniknąć przypadkowych detekcji.
- Inne obiekty astronomiczne, jak brązowe karły czy najmniejsze gwiazdy (typu M) mogą mieć podobne rozmiary do planet i wywoływać tranzyty. Konieczna dyskryminacja na podstawie masy (spektroskopia).

Las Campanas Observatory, teleskop warszawski 1.3 m

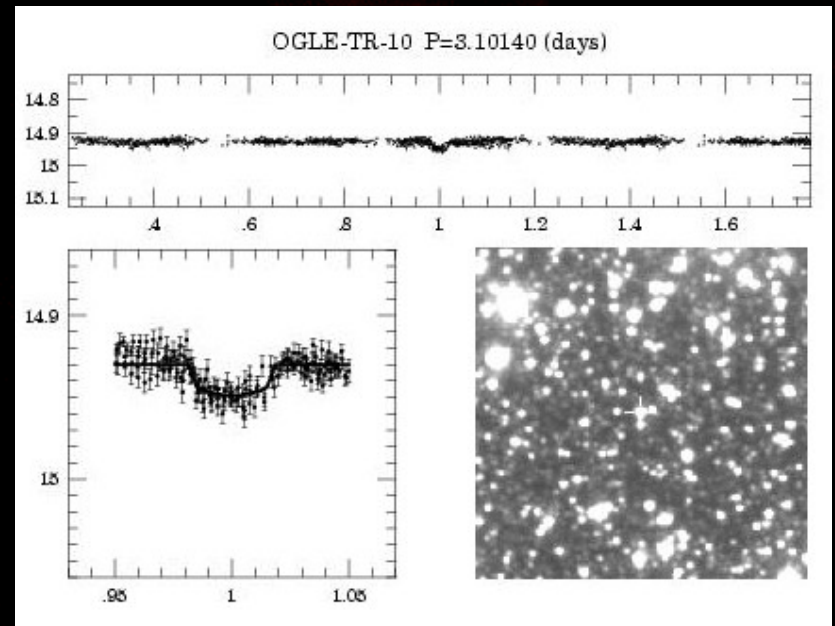
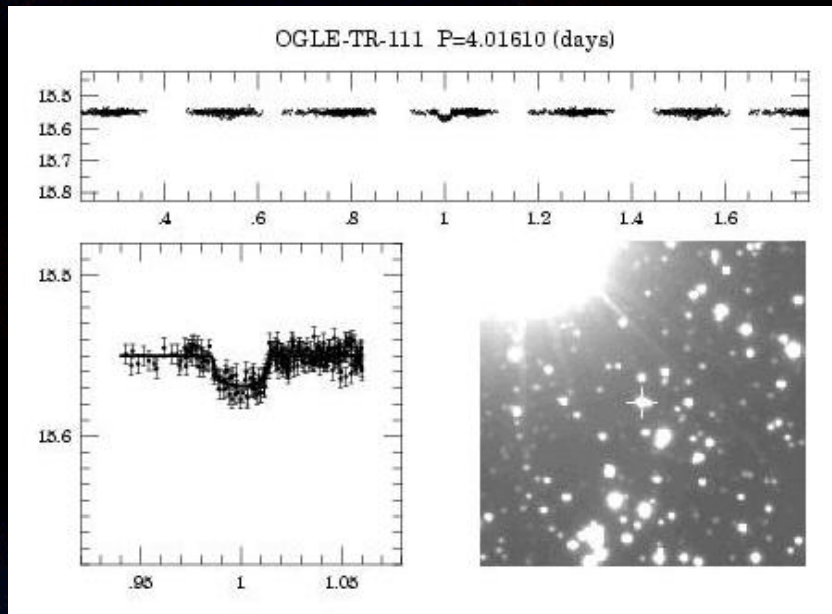


Pola Tranzytowe OGLE-III: Centrum Galaktyki vs. dysk galaktyczny



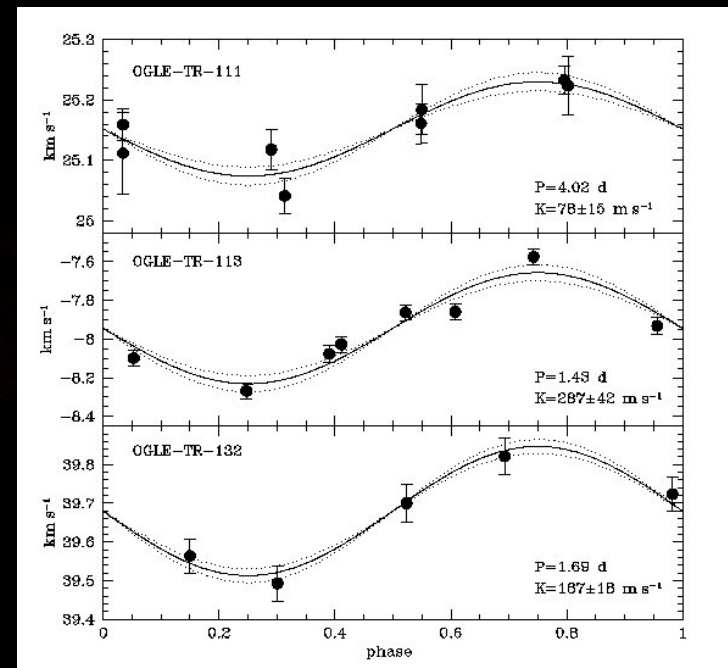
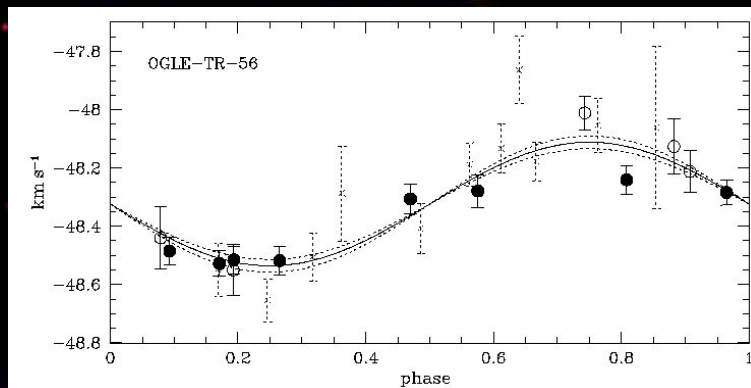
Potwierdzone Planety Pozasłoneczne i inne Interesujące Obiekty

- OGLE-TR-56 (pierwsza planeta odkryta metodą tranzytów),
- OGLE-TR-10
- OGLE-TR-111

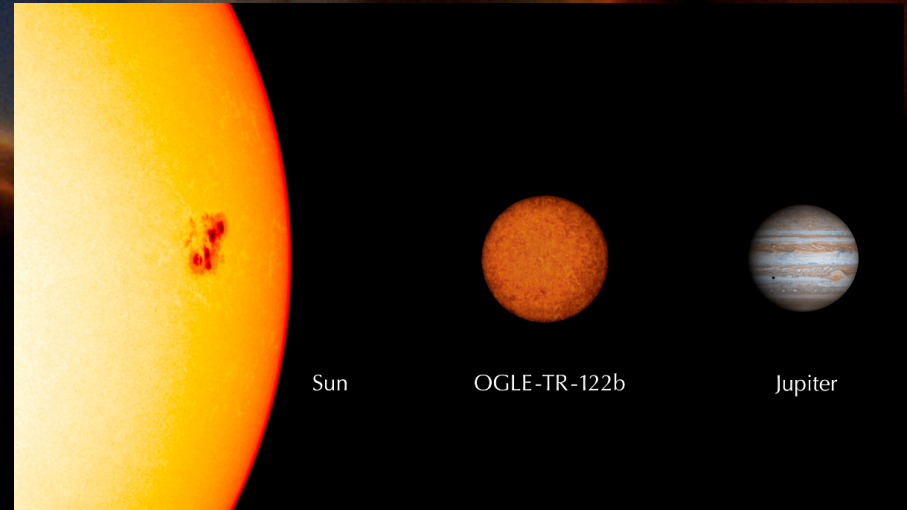
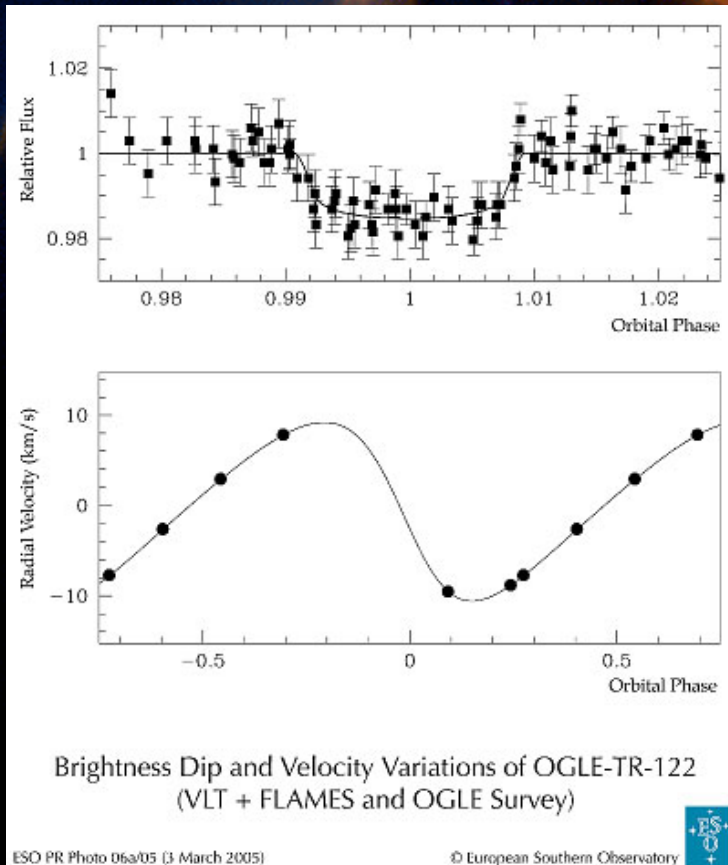


Potwierdzone Planety Pozasłoneczne i inne Interesujące Obiekty

- OGLE-TR-56 (pierwsza planeta odkryta metodą tranzytów),
- OGLE-TR-10
- OGLE-TR-111

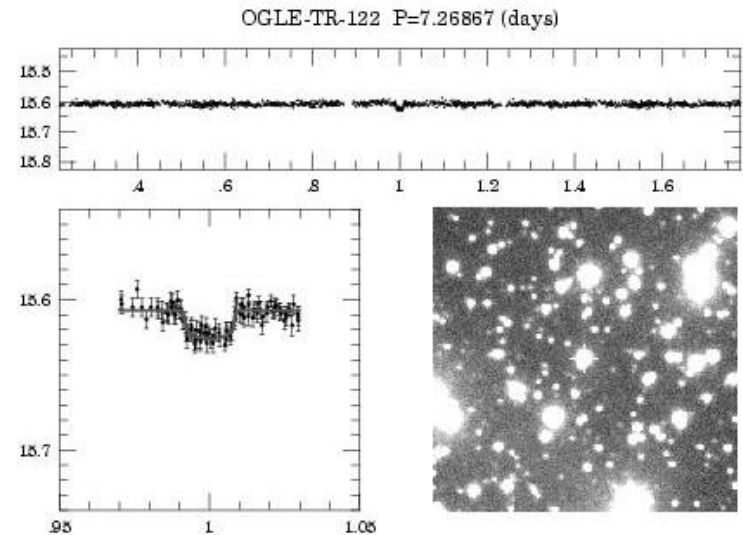


Najmniejsza/Najmniej Masywna Gwiazda OGLE-TR-123, -122 – 0,085 i 0.092 Msun

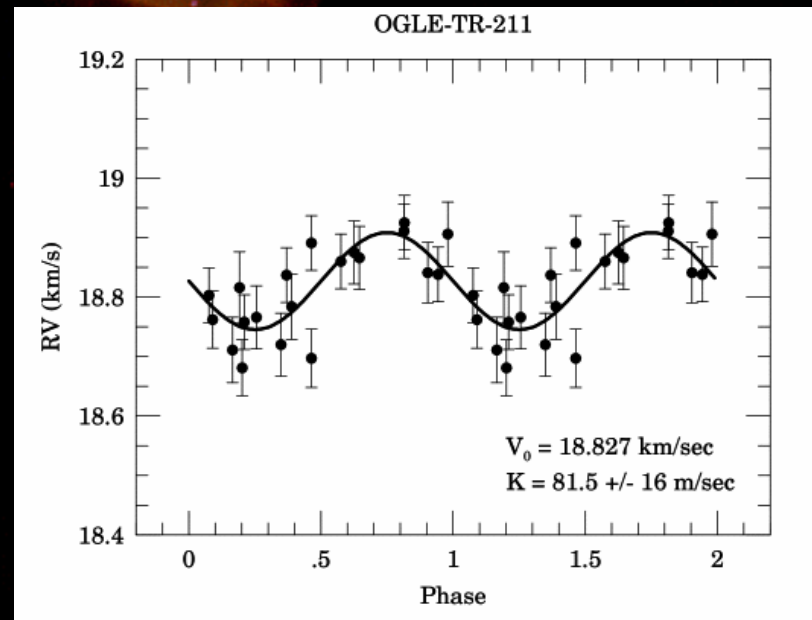
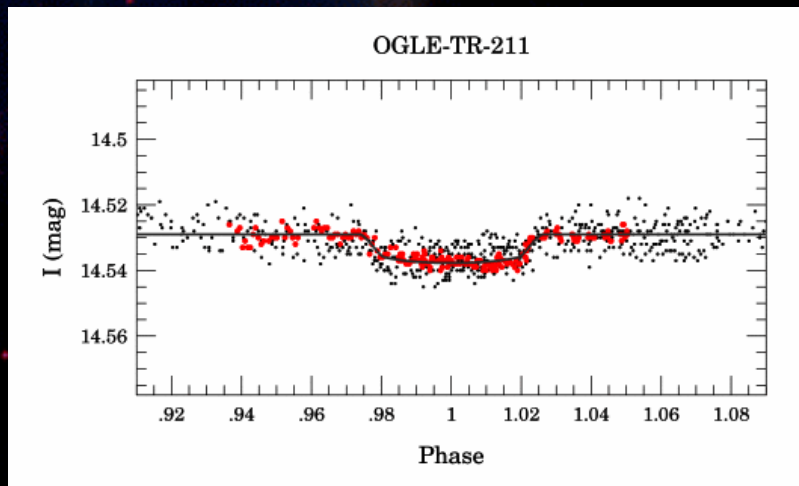


Comparison Between OGLE-TR-122b, Jupiter and the Sun

ESO PR Ph

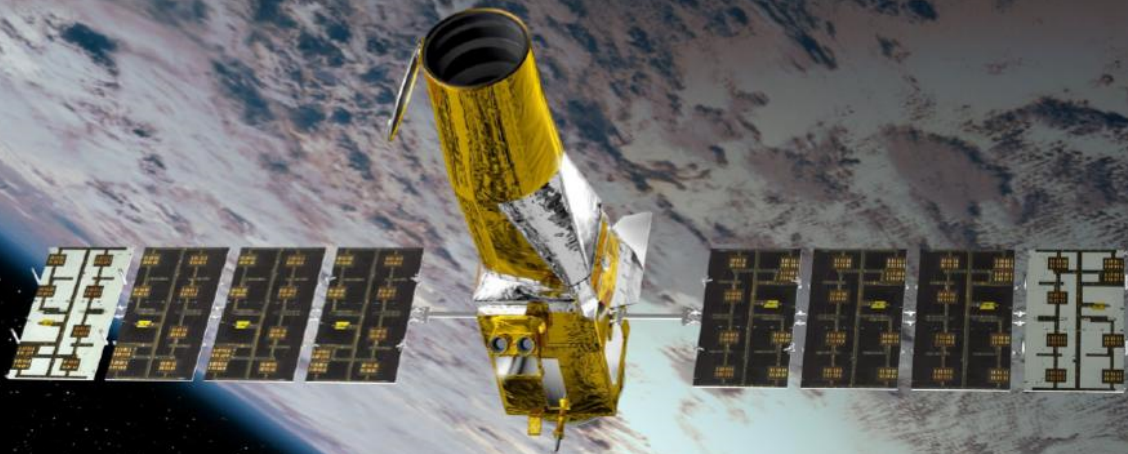


OGLE-TR-211



COROT

- **C**onvection **R**otation and planetary **T**ransits
- ESA+ CNES (Fr)
- 27/12/2006 – Bajkonur, Sojuz
- $D=30$ cm, $F=1.1$ m
- do 2013 r.



COROT

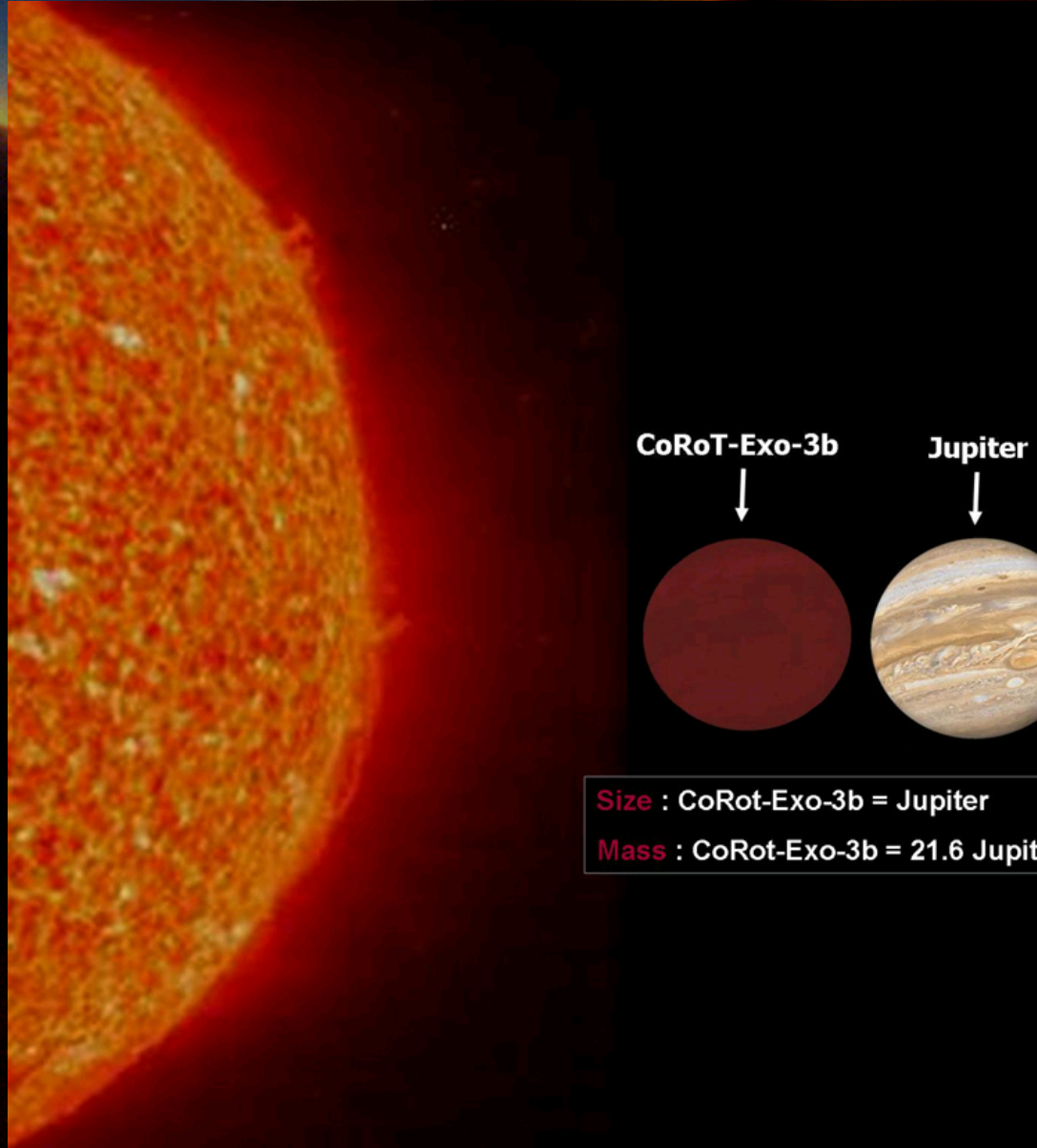
Odkrycia:

- 34 potwierdzone
- 200 oczekuje

Najmniejsza:

CoRot-Exo-7b

- 2 masy Ziemi
- $P = 20h$



CoRoT-Exo-3b

Jupiter

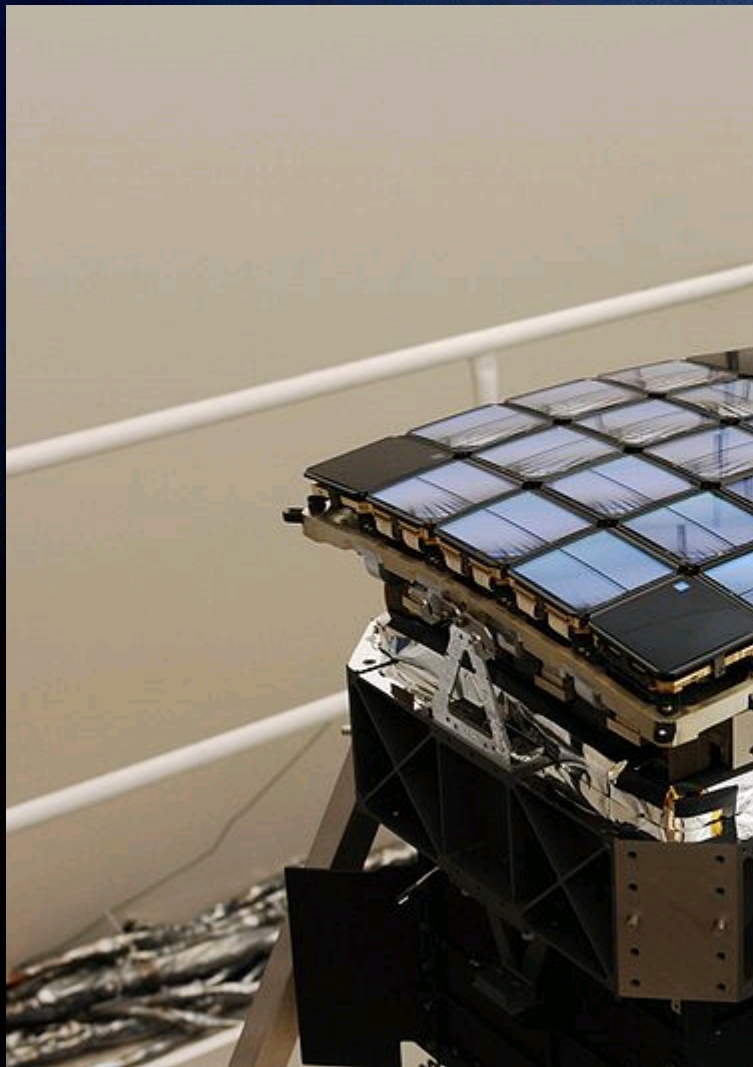
Size : CoRot-Exo-3b = Jupiter

Mass : CoRot-Exo-3b = 21.6 Jupit

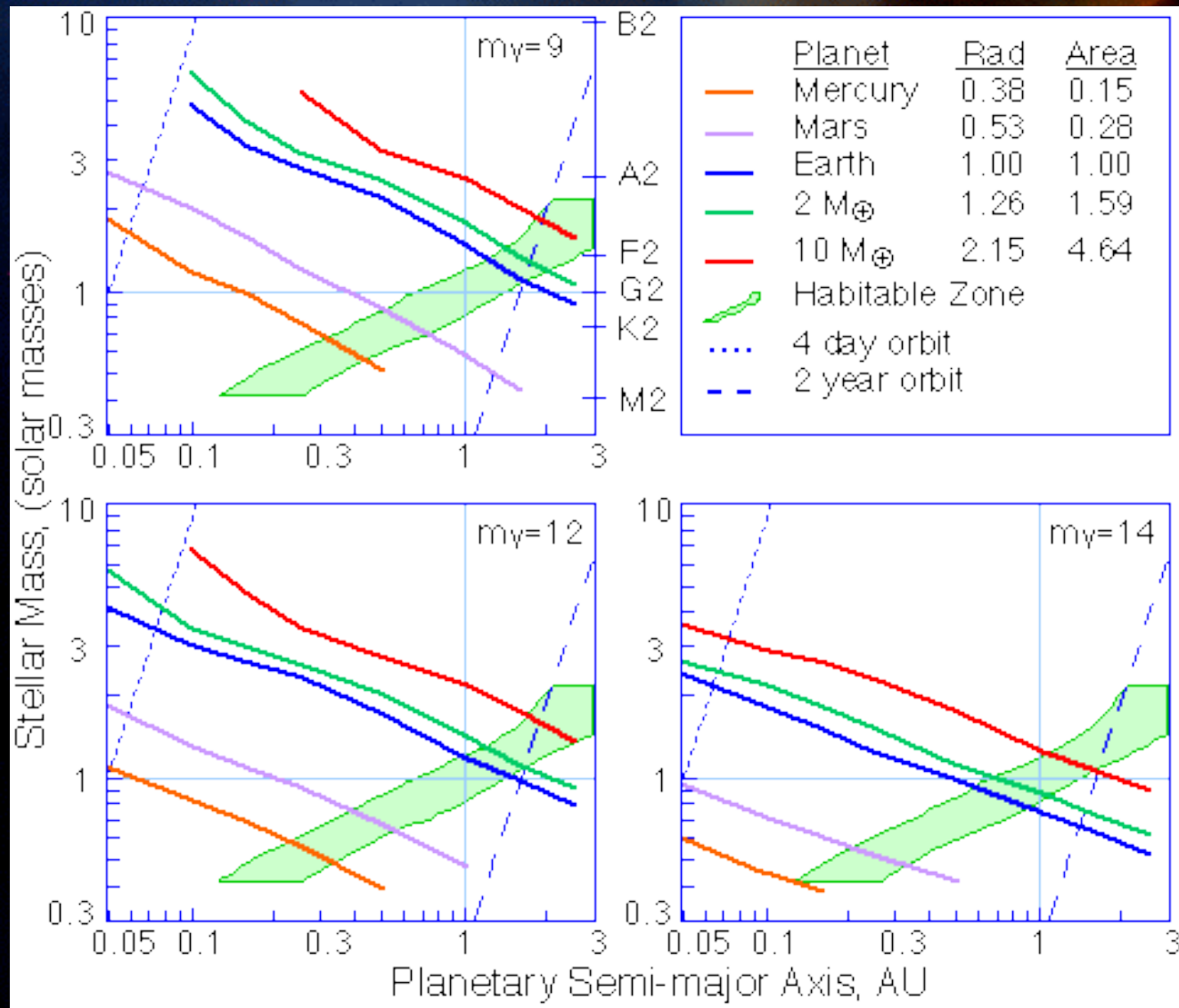
KEPLER – fotometria z orbity

- Teleskop 0.95 m
- CCD 9K x 9K
- Ciągła fotometria 100.000 gwiazd (>2 lata)
- $9 < m < 14$
- Planety ziemskie - zakrycia
 - $\Delta t \sim 2-16$ h, $\Delta I/I \sim 10^{-5} - 10^{-4}$
- Gazowe olbrzymy - światło odbite
 - Jowisze dla $P < 6^d$

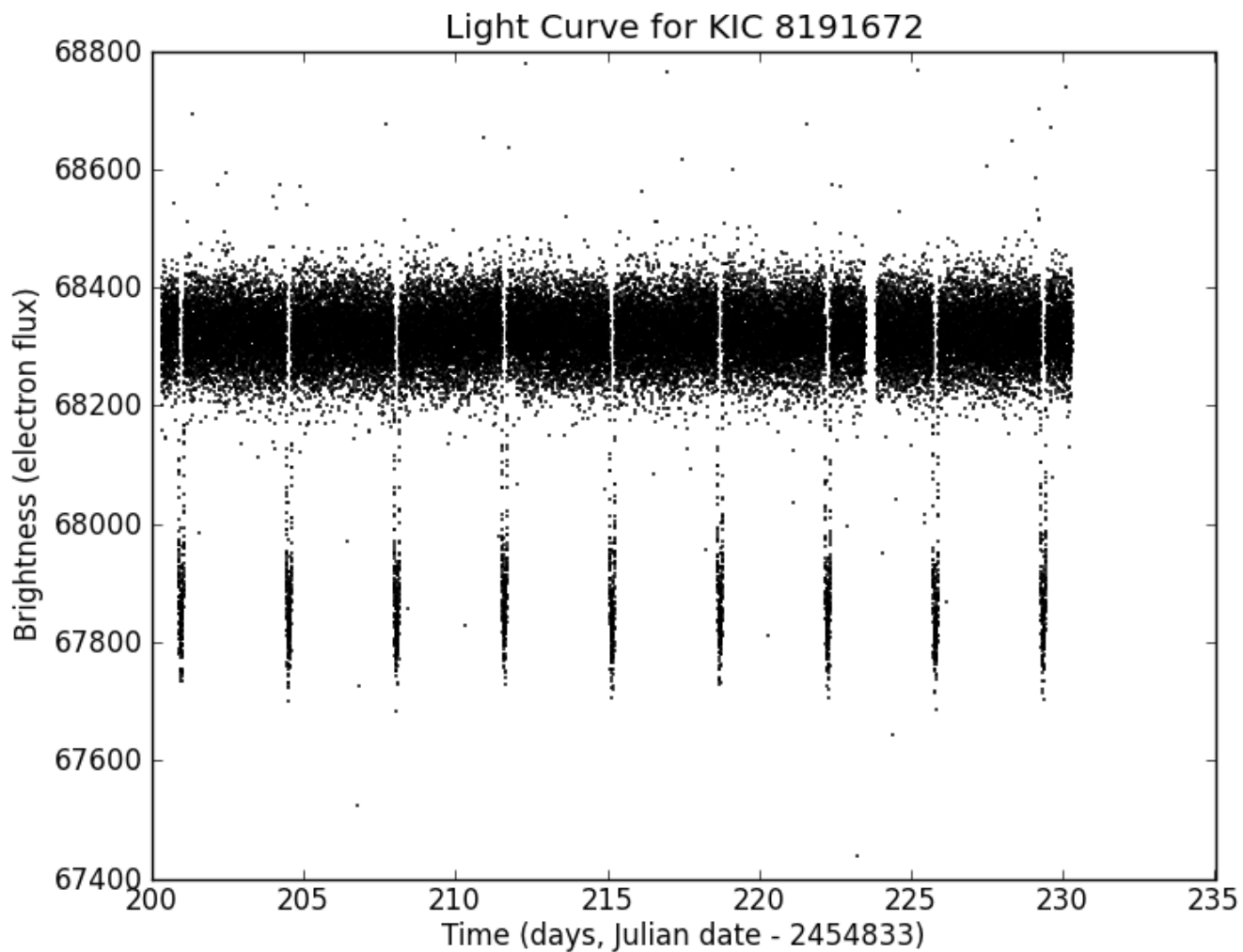
Kepler na orbicie (06/03/2009)



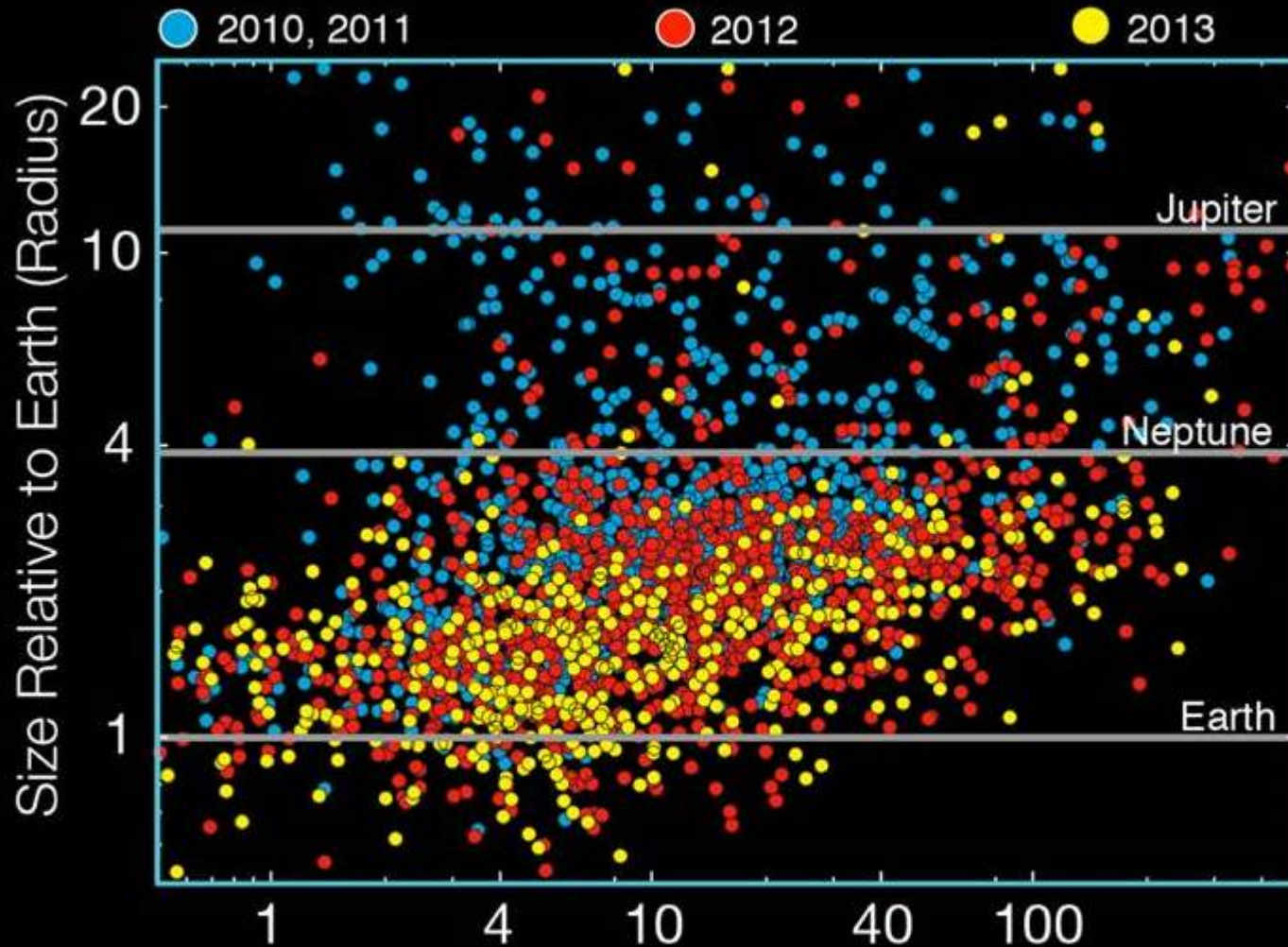
KEPLER – fotometria z orbity



Kepler - wyniki

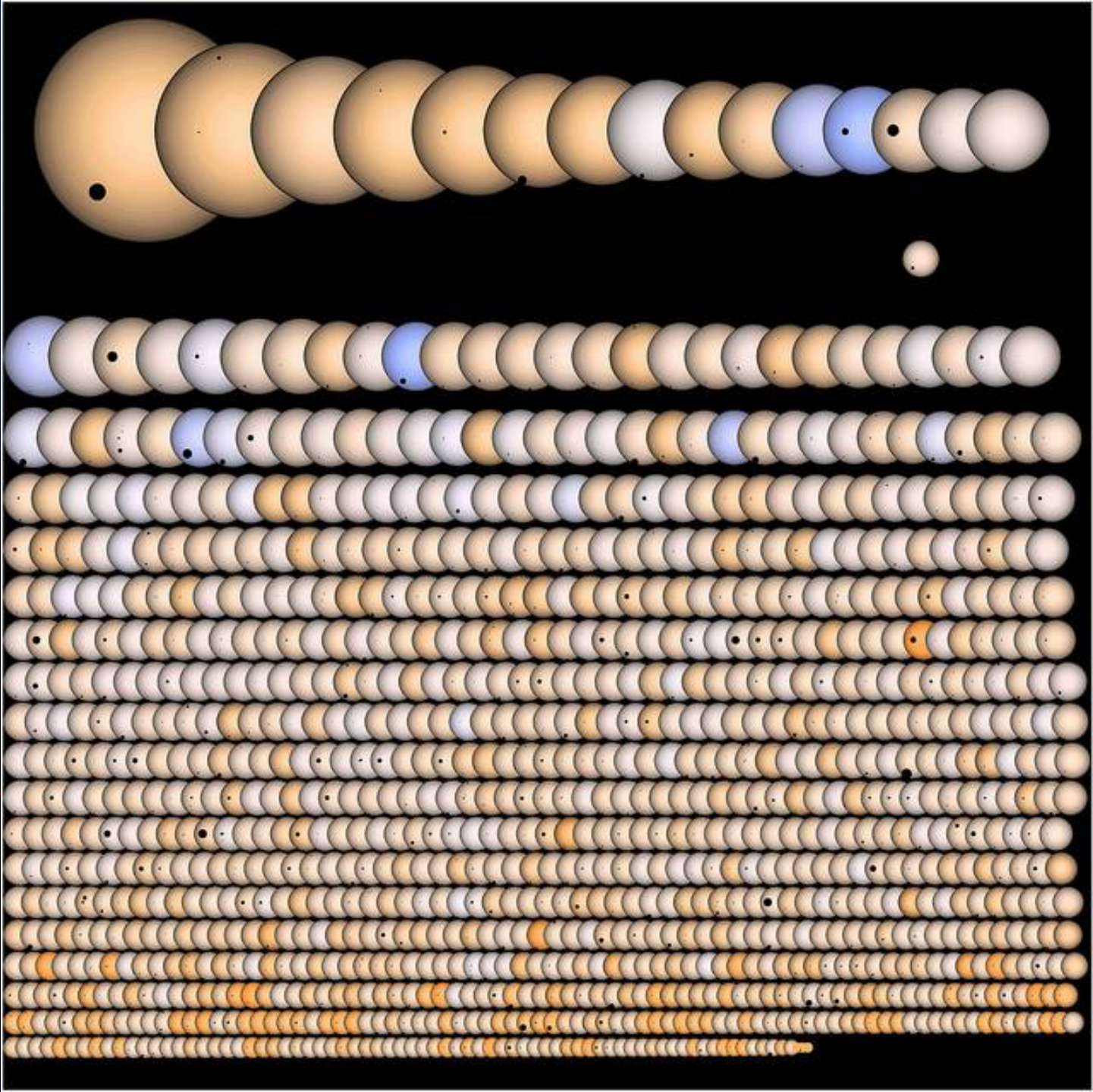


Kepler - wyniki



TOTAL = 2,740

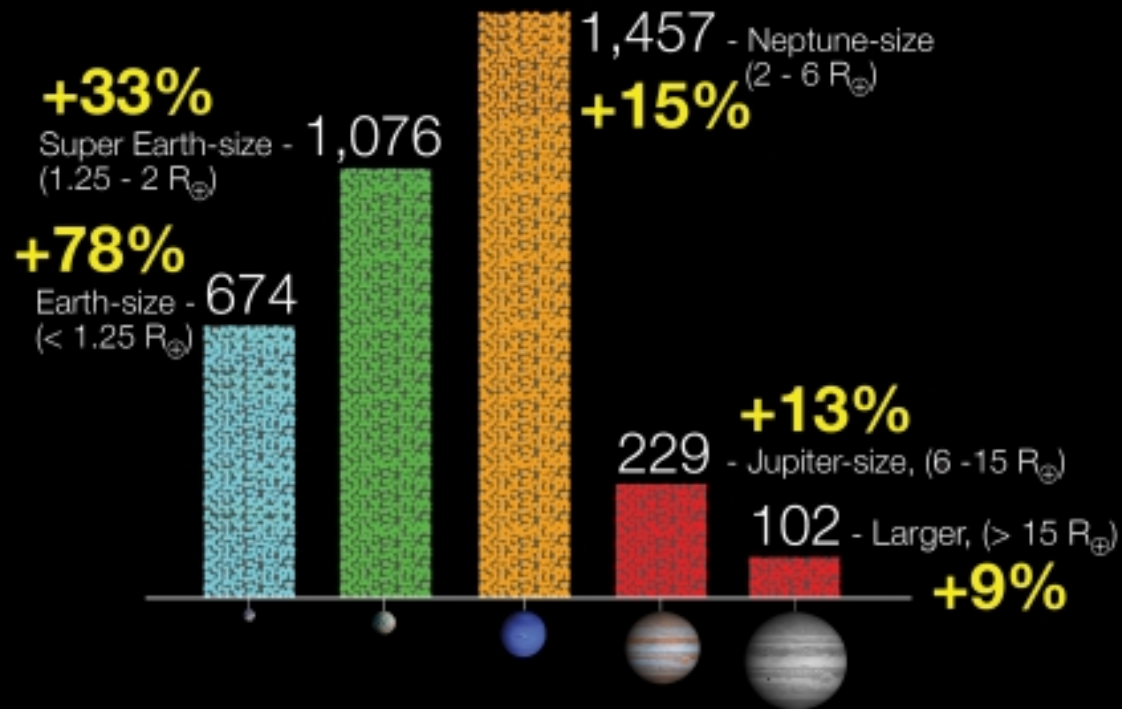
Orbital Period in Days



Kepler - wyniki

Sizes of Planet Candidates

Totals as of November, 2013

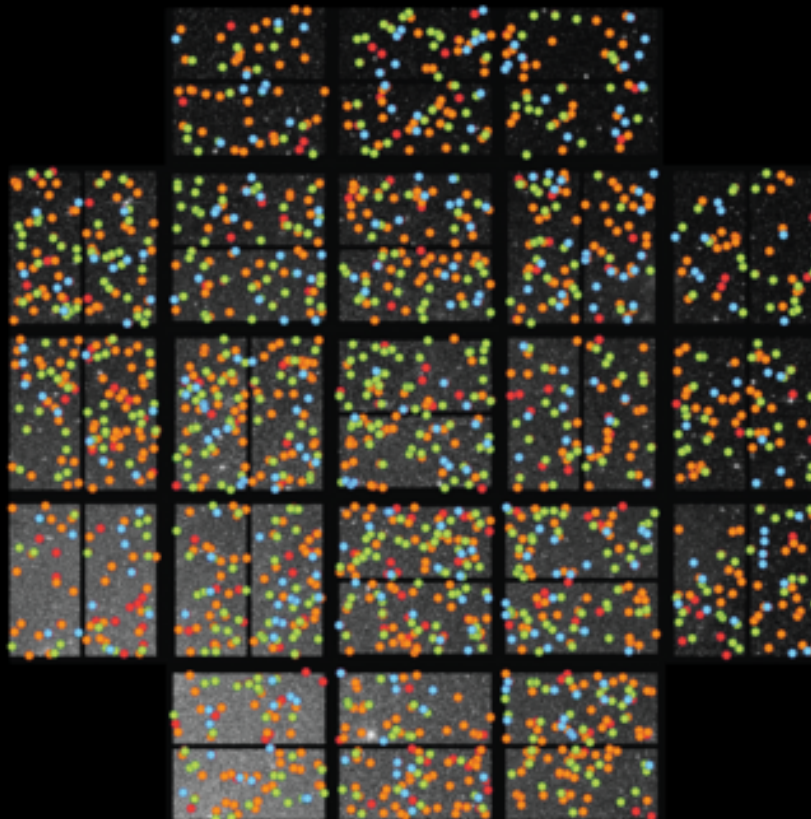


Kepler - wyniki

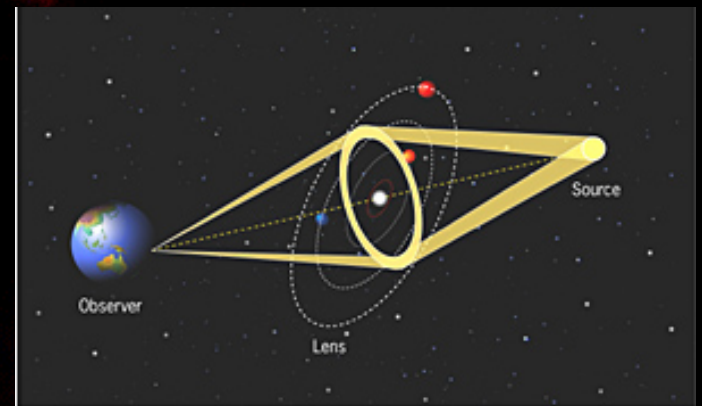
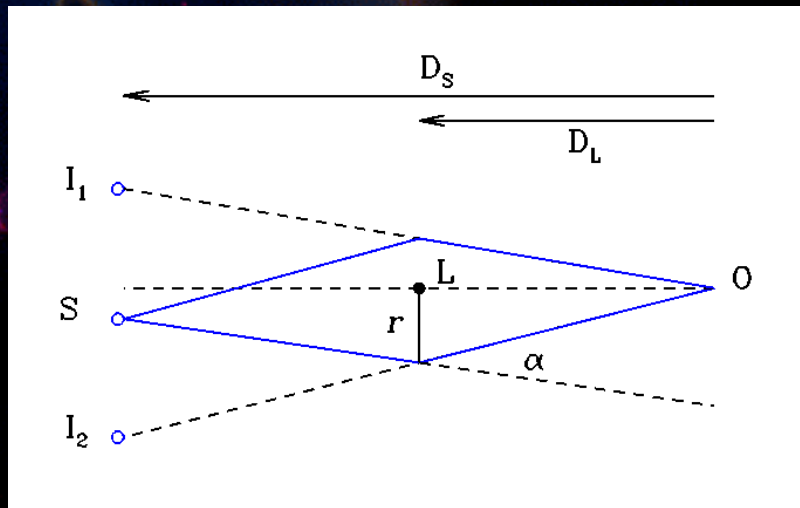
Locations of Kepler Planet Candidates

As of January 7, 2013

- Earth-size
- Super-Earth size
1.25 - 2.0 Earth-size
- Neptune-size
2.0 - 6.0 Earth-size
- Giant-planet size
6.0 - 22 Earth-size



Soczewkowanie Grawitacyjne



$\alpha = 4GM/c^2r$ - kąt ugięcia

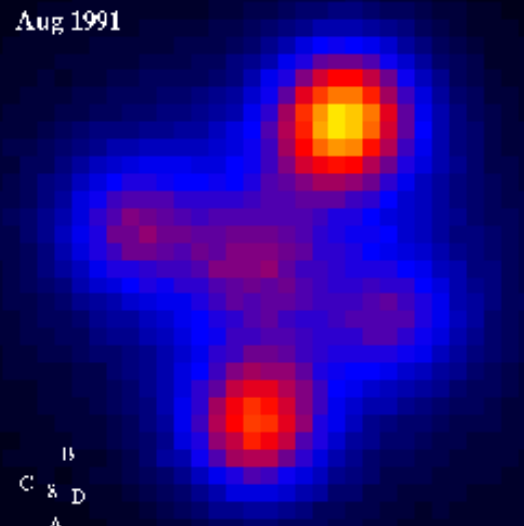
$R_E^2 = 4GMD_{LS}/c^2D_LD_S$ - kątowy promień Einsteina

Soczewkowanie Grawitacyjne



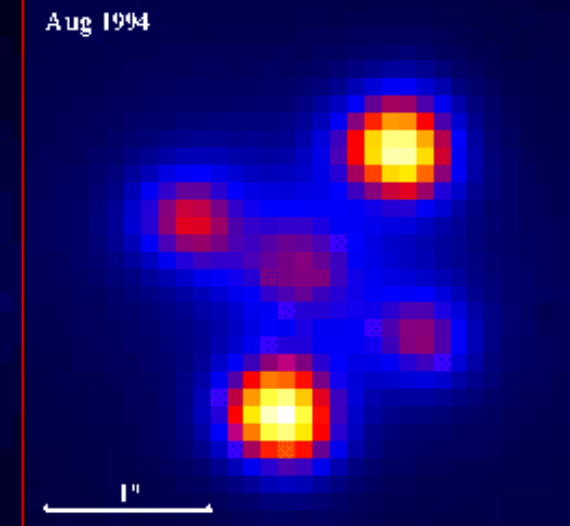
Aug 1991

B
C x D
A

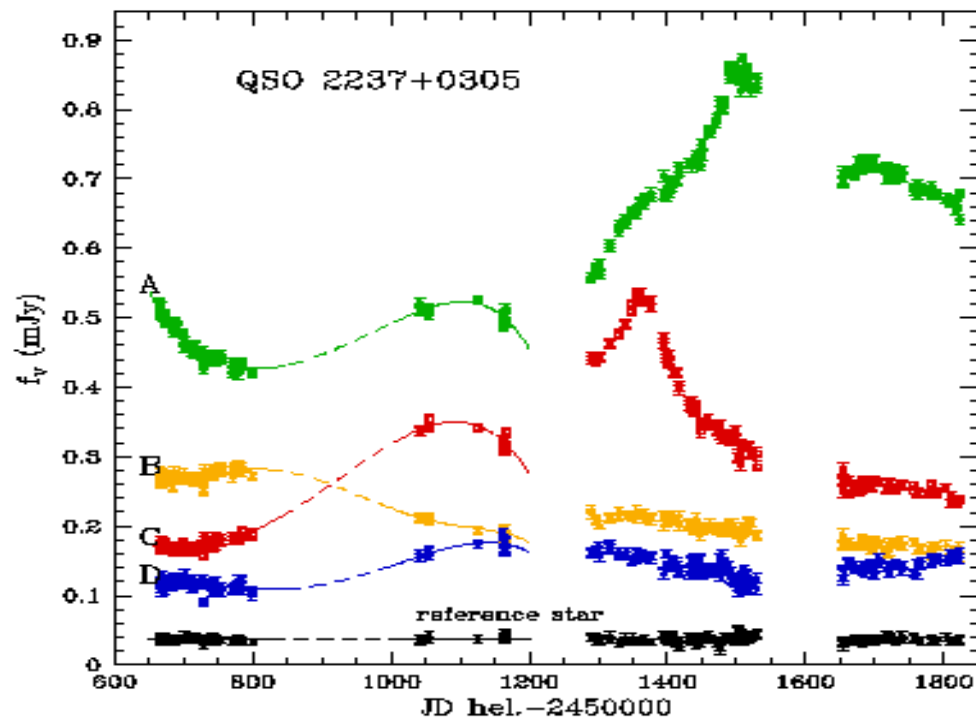


Aug 1994

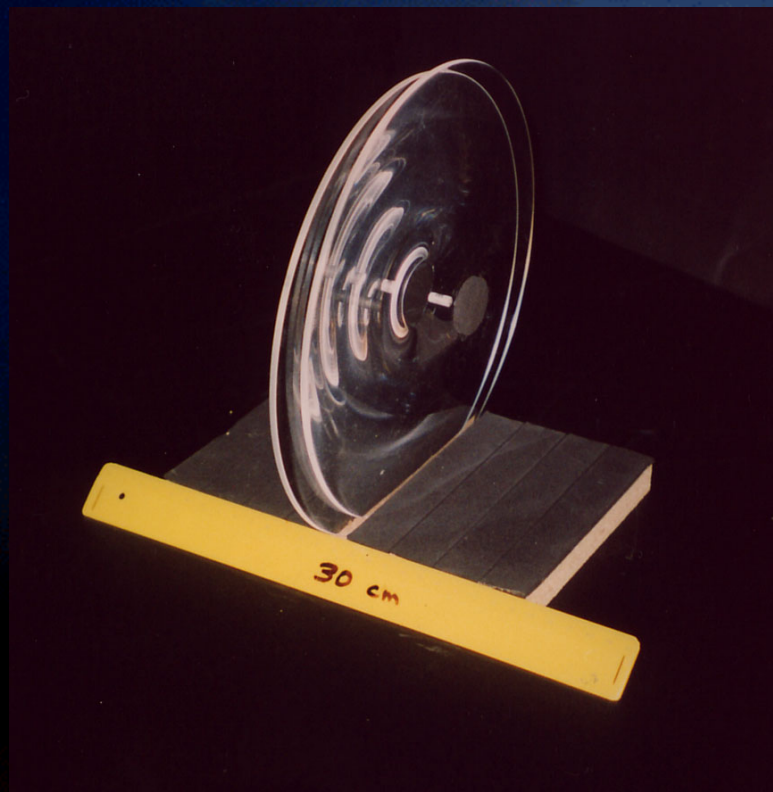
1"



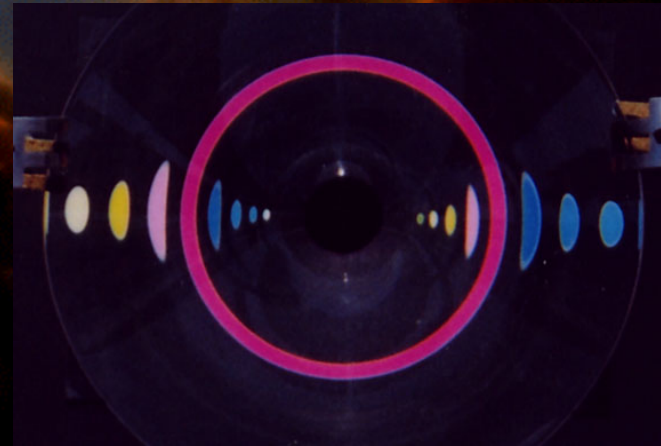
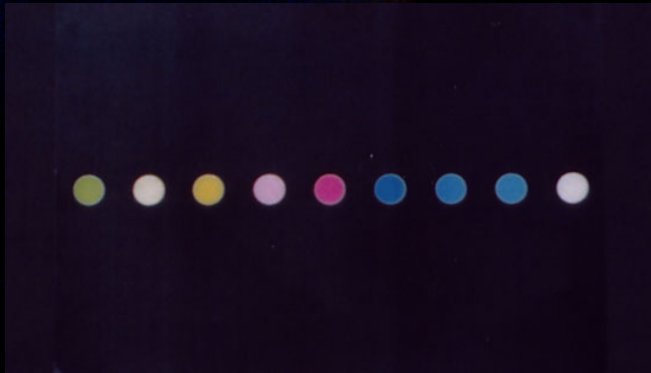
QSO 2237+0305



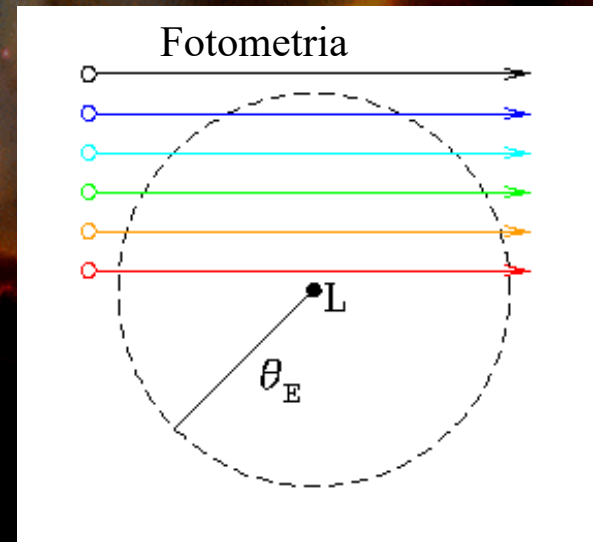
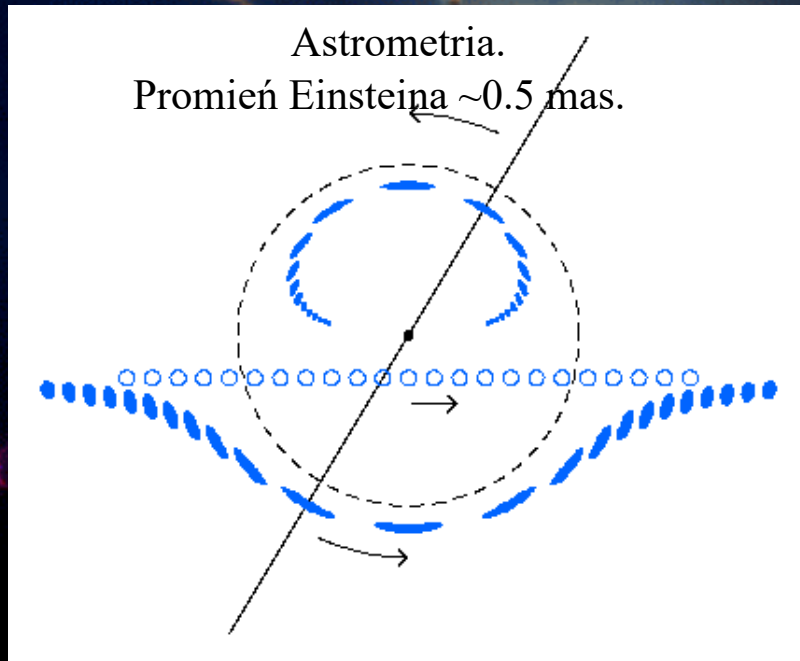
Modele Mikrosoczewkowania



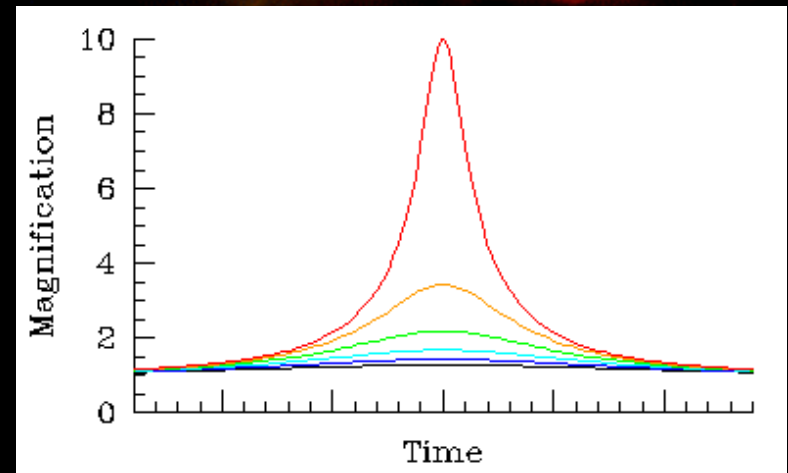
Modele Mikrosoczewkowania



Mikrosoczewkowanie Grawitacyjne

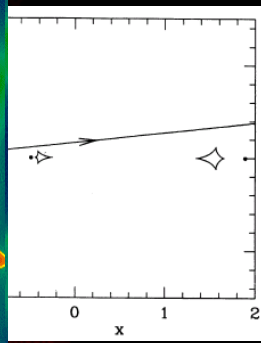
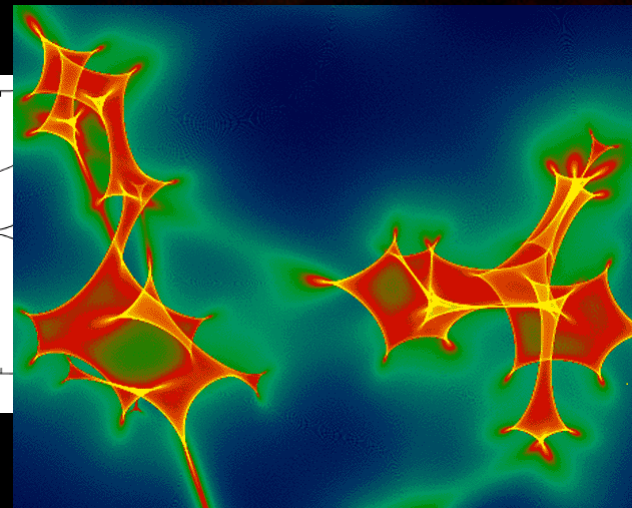
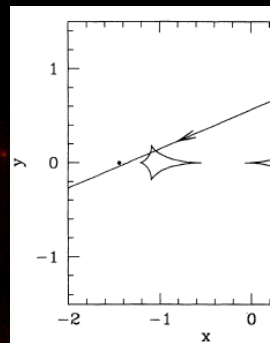
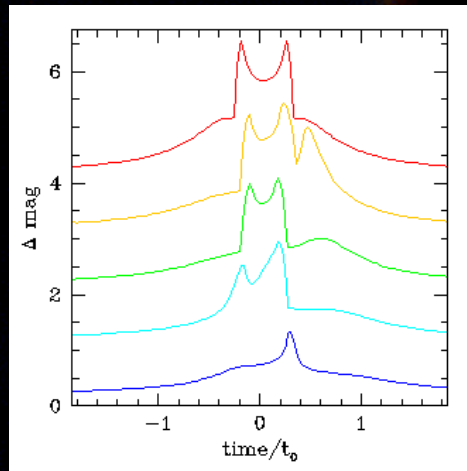
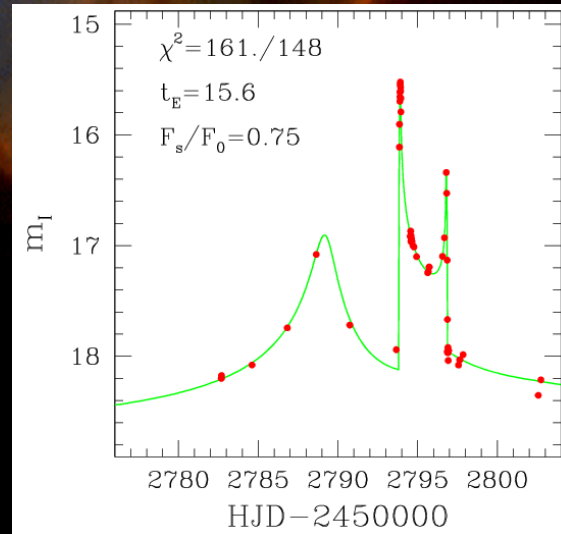
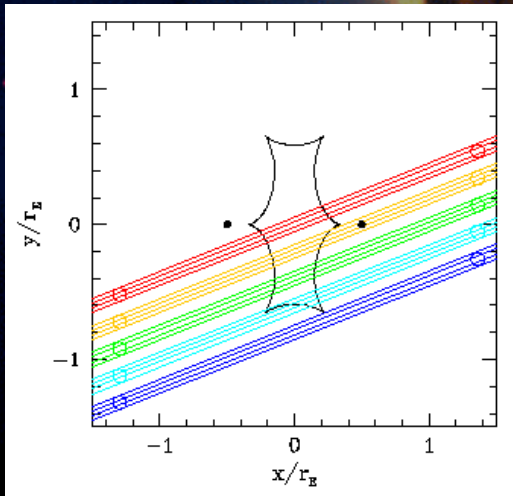


$$A(u) = \frac{u^2 + 2}{u\sqrt{u^2 + 4}}$$

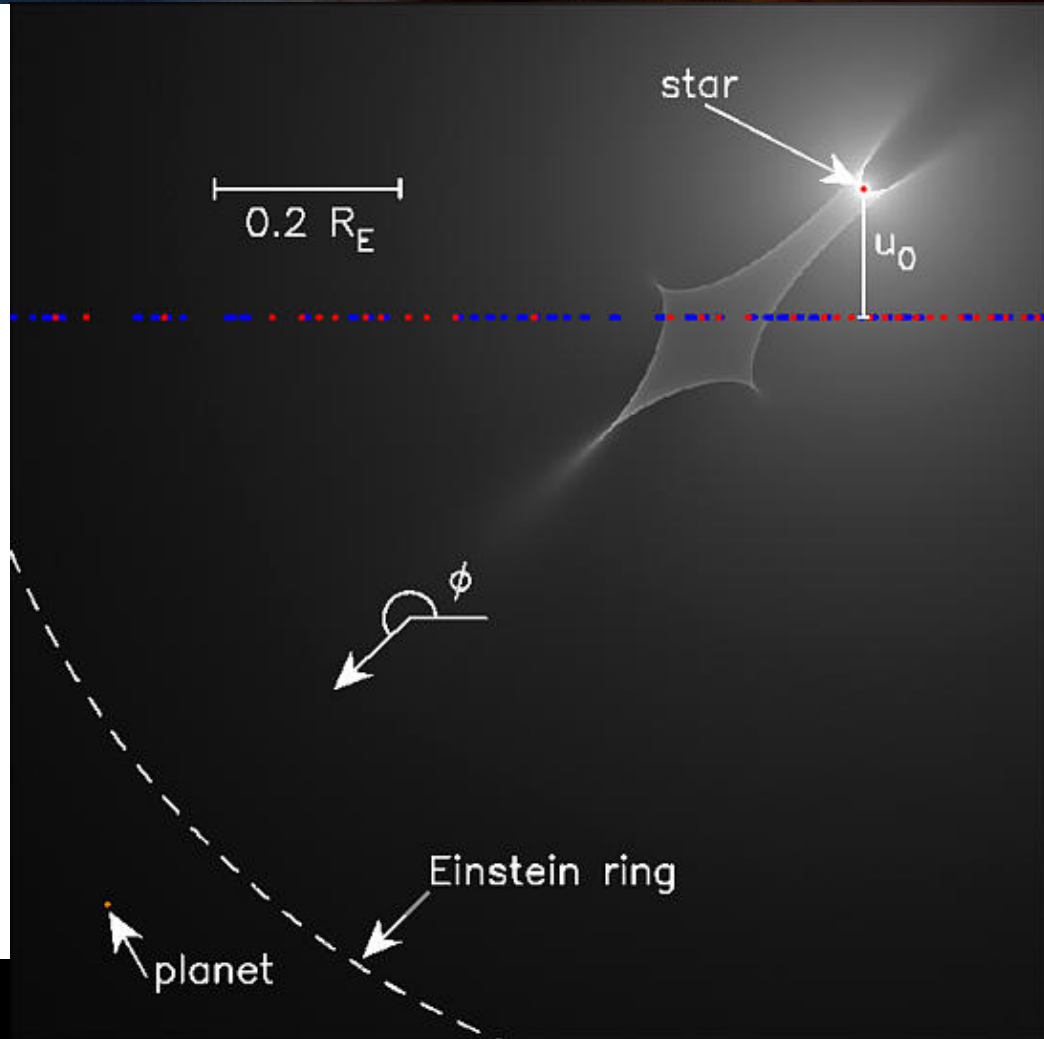
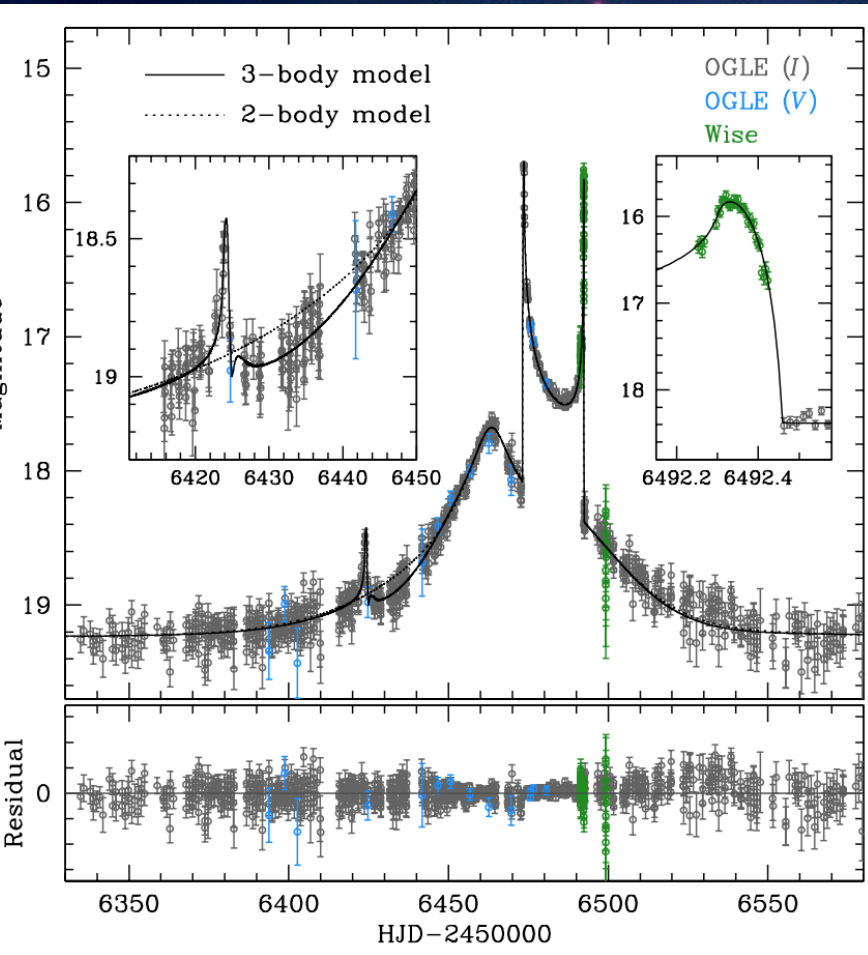


Mikrosoczewkowanie przez układy podwójne gwiazd

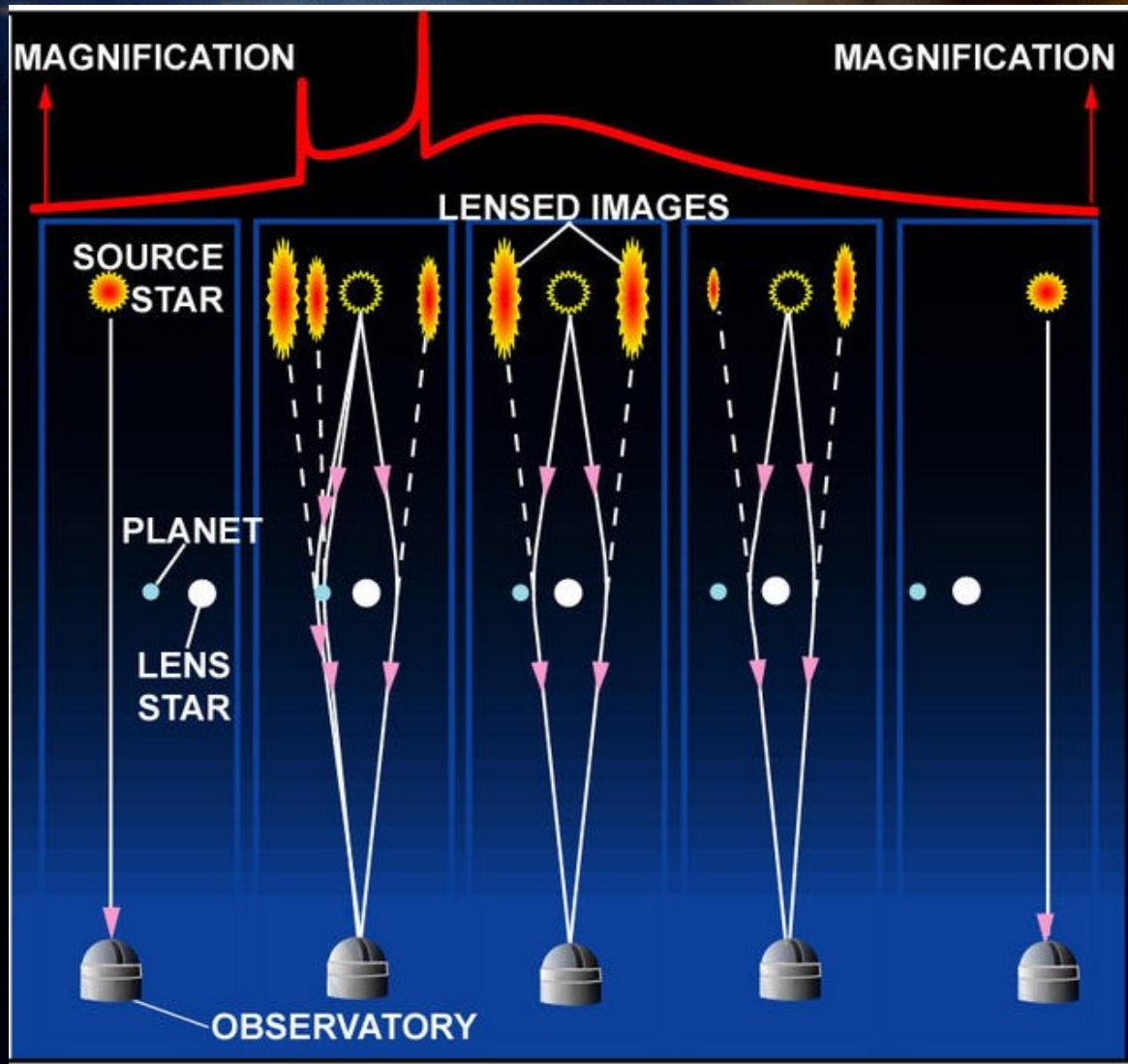
OGLE-2003-BLG-170



Mikrosoczewkowanie Planetarne



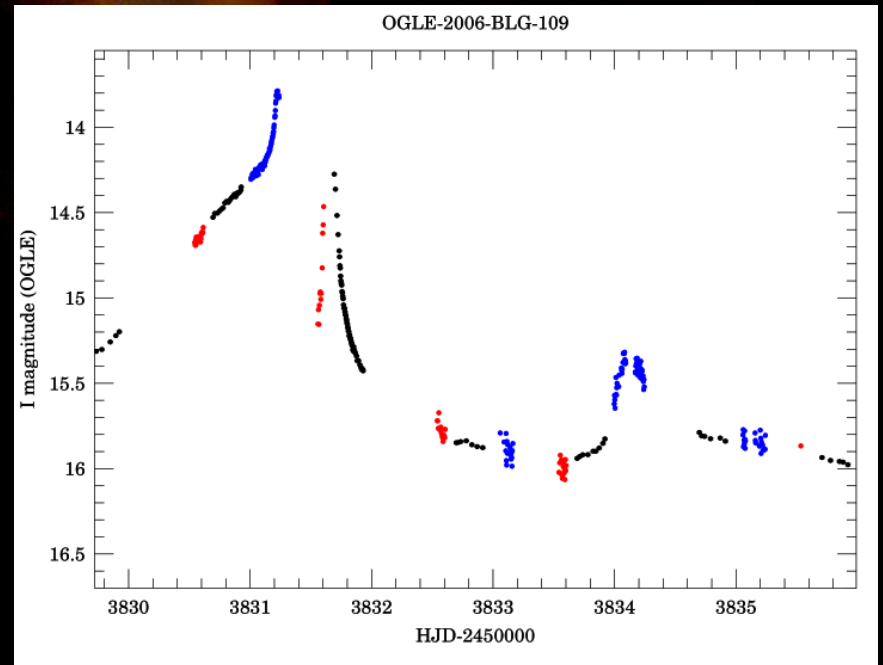
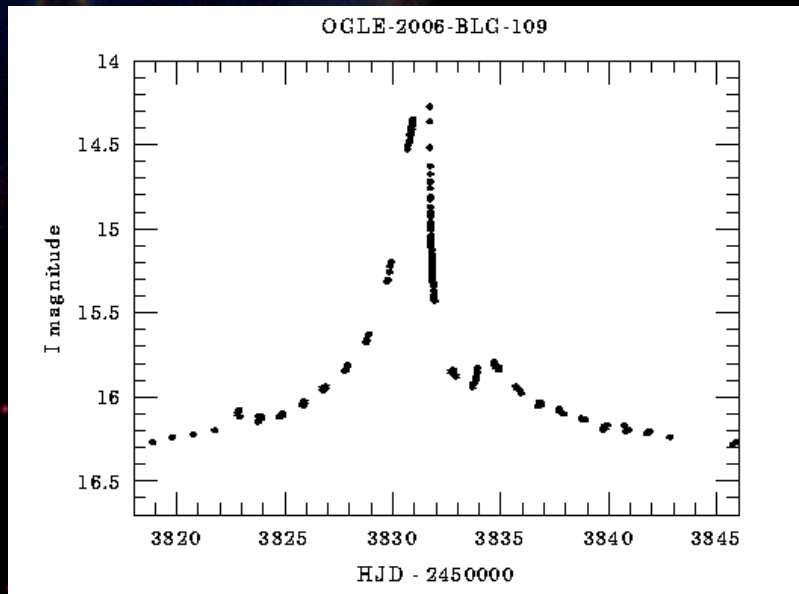
Mikrosoczewkowanie Planetarne



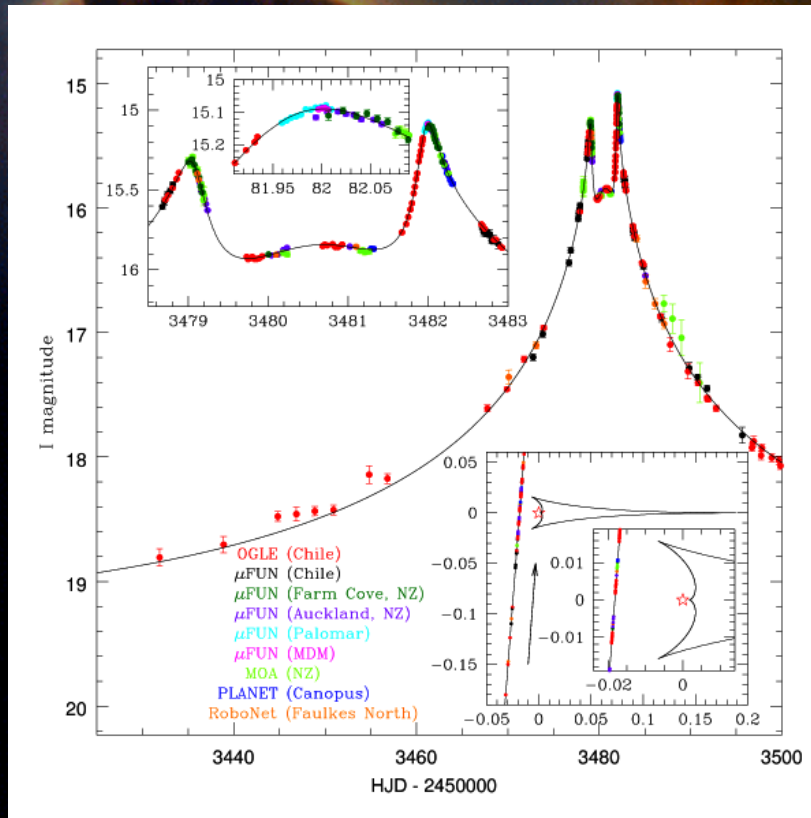
Mikrosoczewkowanie Planetarne

- Krótkotrwała anomalia na krzywej mikrosoczewki pojedynczej masy (gwiazdy centralnej układu).
- Czas trwania anomalii zależny od masy planety
 - od kilku godzin w przypadku planety o masie Ziemi
 - do 4—5 dni w przypadku planety jowiszopodobnej.
- Z analizy krzywej zmienności blasku wyznacza się
 - stosunek masy planeta/gwiazda
 - rzut odległości na płaszczyznę nieba w jednostkach promienia Einsteina.
 - W szczególnych przypadkach można wyznaczyć masę.

Konieczność obserwacji non-stop: OGLE-2006-BLG-109



OGLE-2005-BLG-71

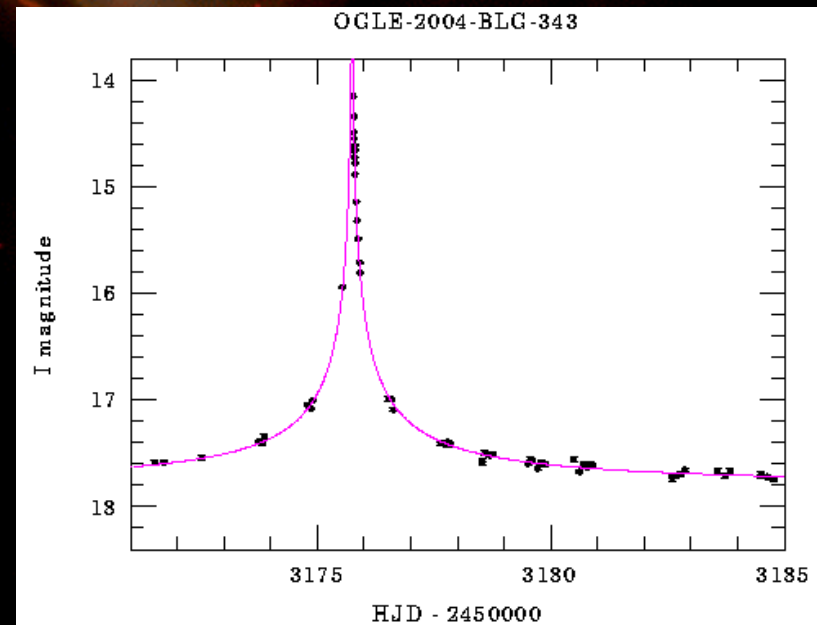


Mikrosoczewkowanie Planetarne

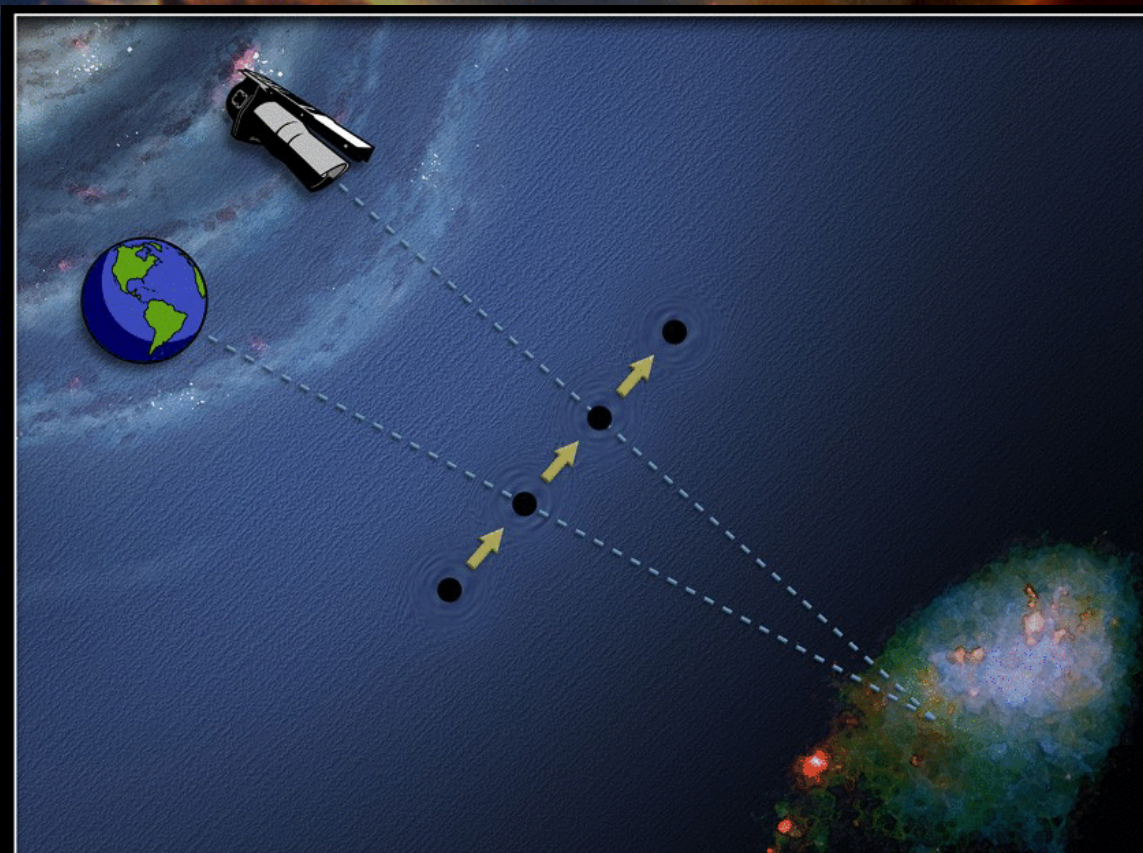
- Metoda jest najbardziej czuła na układy planetarne w dużej odległości od Ziemi (10—20 tys. lat świetlnych).
- Bardzo małe prawdopodobieństwo zajścia mikrosoczewkowania planetarnego
- Zjawiska mikrosoczewkowania są niepowtarzalne – konieczność ciągłych obserwacji zjawiska. (Duże kolaboracje; bardzo wiarygodne dane obserwacyjne).

Mikrosoczewkowanie o Ogromnym Wzmocnieniu

- Ogromna czułość na planety.
- Nawet gdy brak detekcji – szerokie ograniczenia na obecność planet.
- OGLE-2004-BLG-343 – zjawisko o rekordowym wzmocnieniu: $A \sim 3000$.



Mikrosoczewkowanie – różnorodności



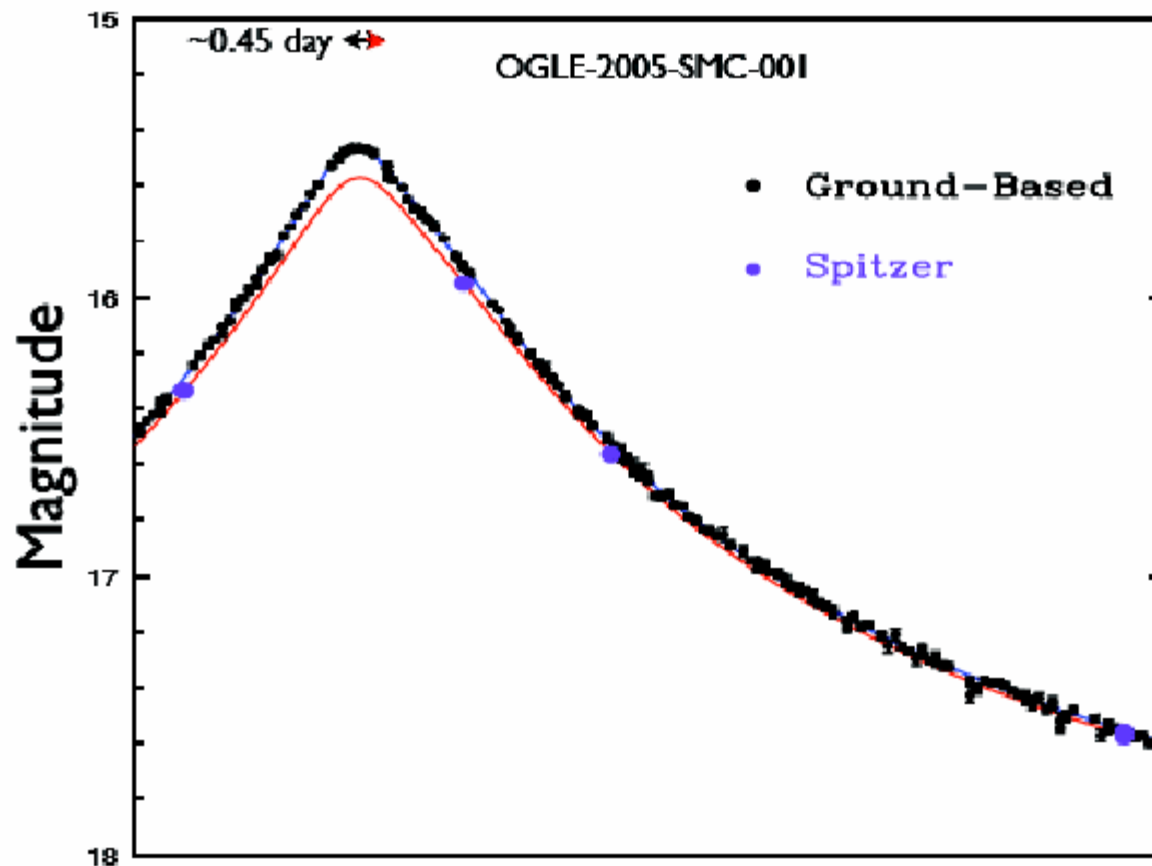
Microlens Parallax Observations of OGLE-2005-SMC-001

NASA / JPL-Caltech / S. Dong (Ohio State University)

Spitzer Space Telescope • IRAC

ssc2007-XX

Microlens Parallax



JUL 2005

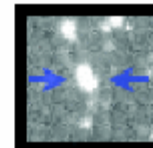
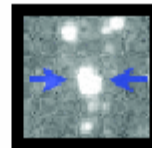
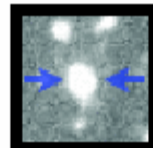
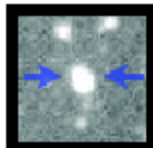
AUG 2005

SEP 2005

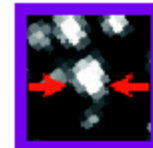
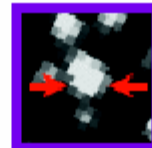
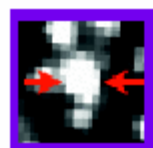
OCT 2005

NOV 2005

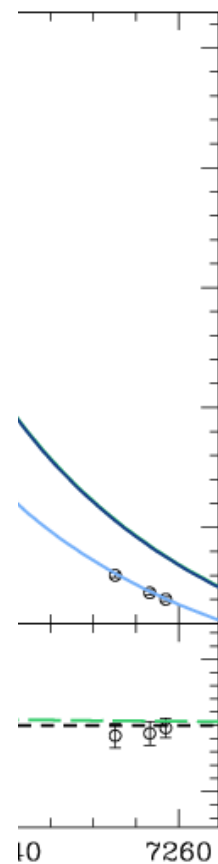
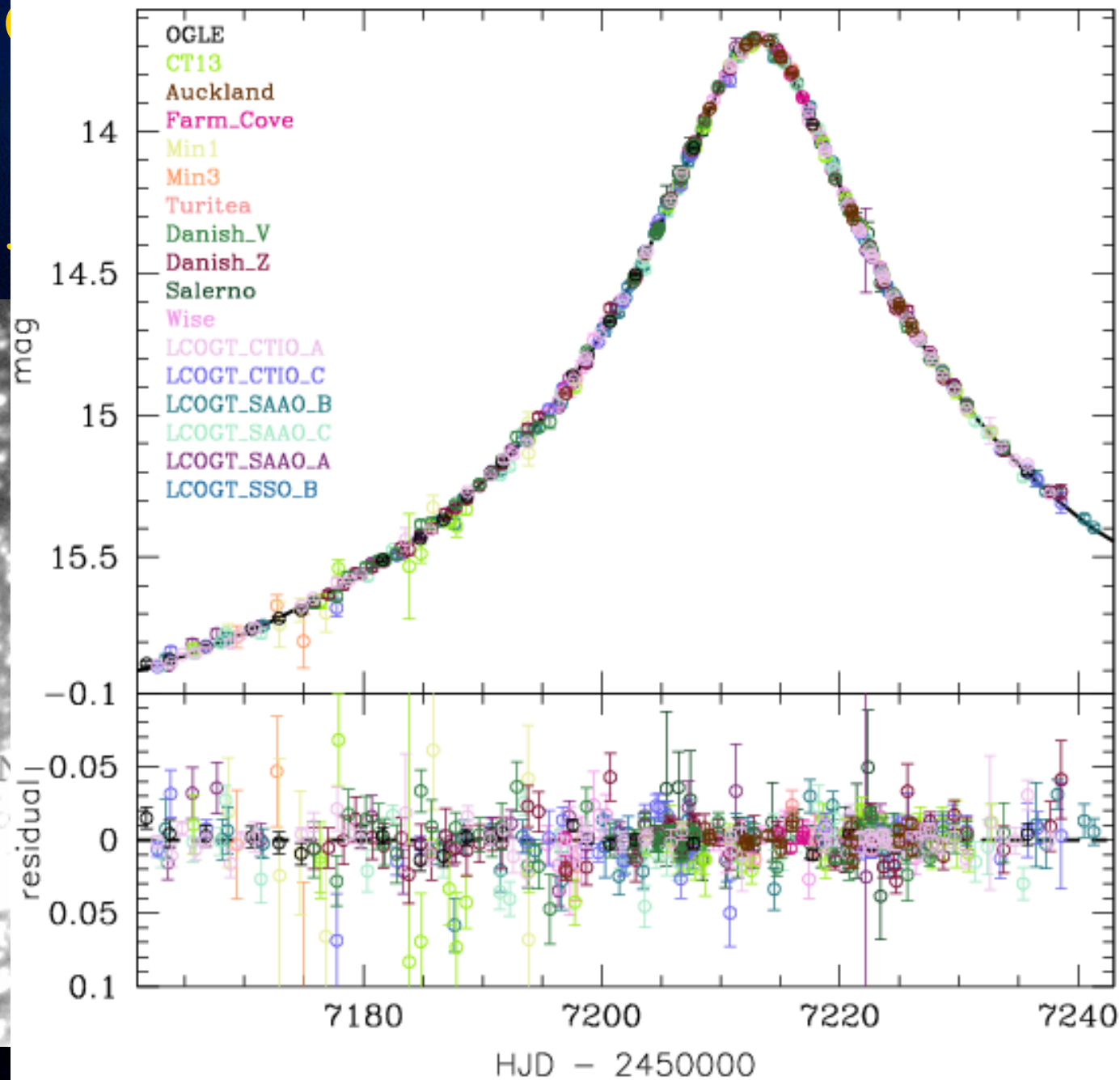
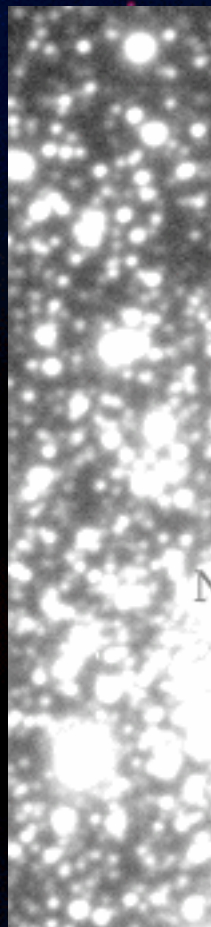
DEC 2005



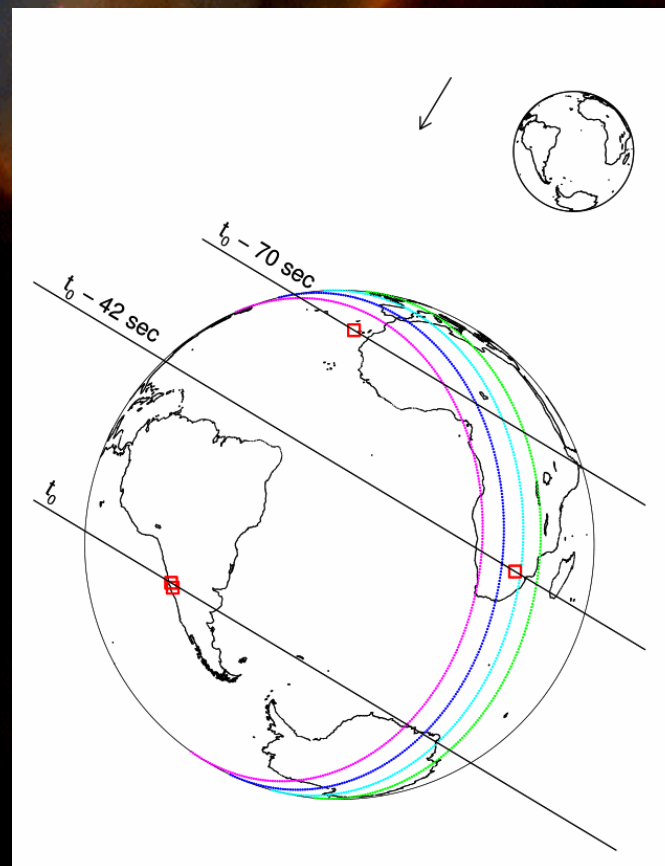
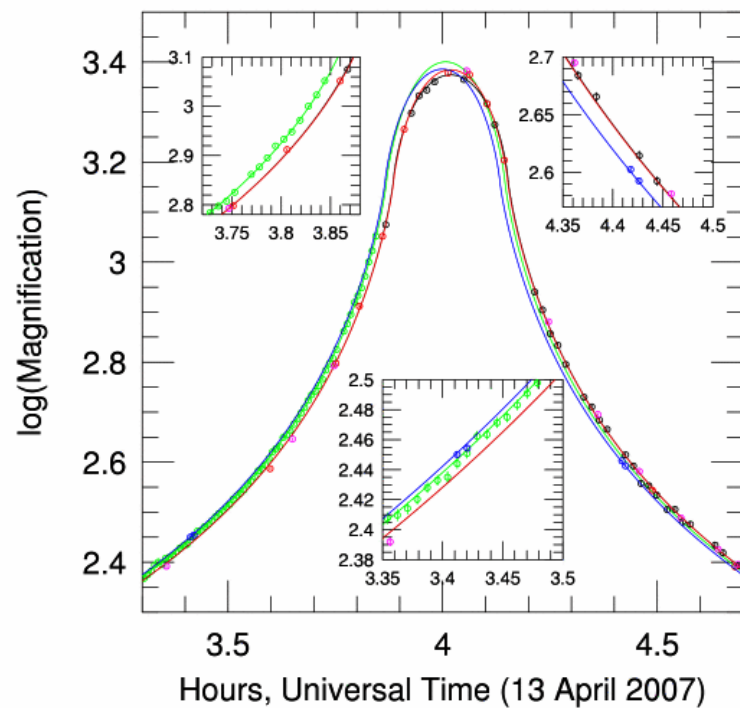
Ground



Spitzer



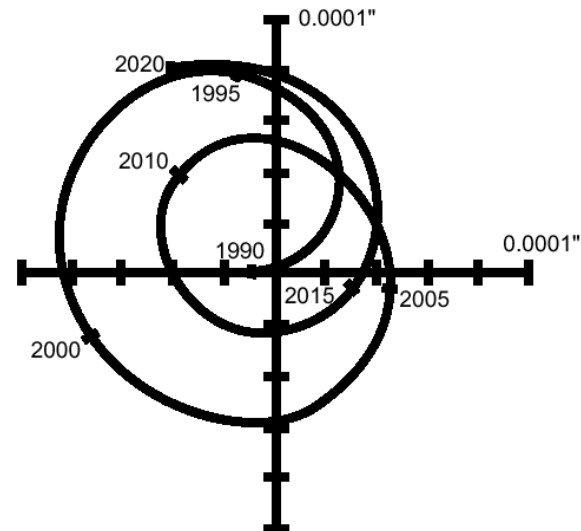
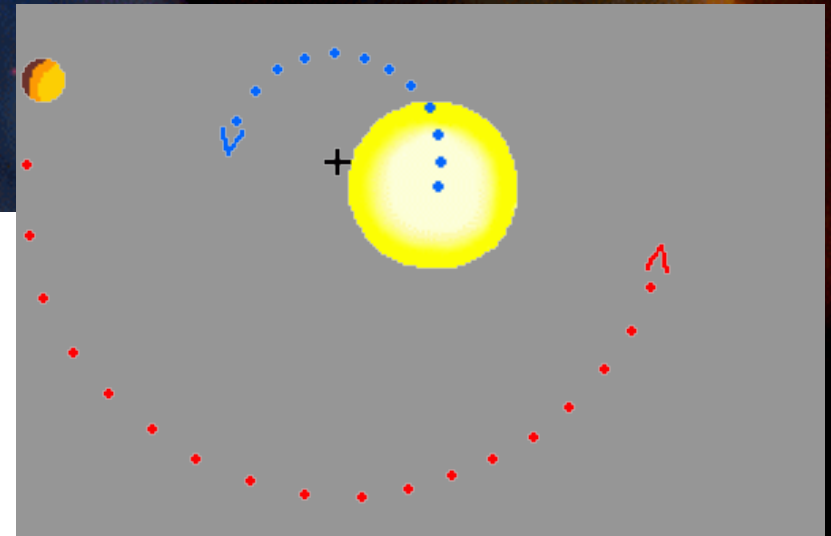
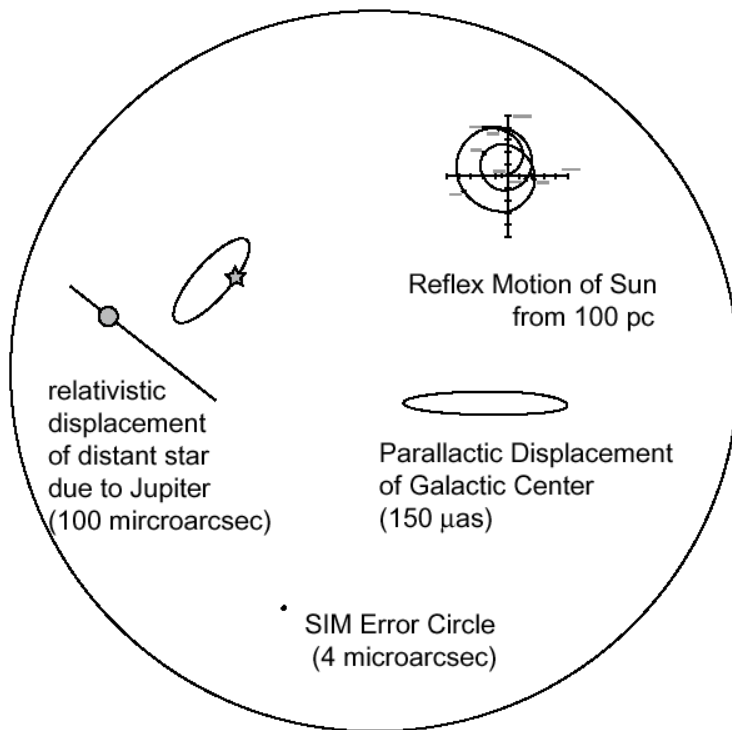
Paralaksa Ziemska: OGLE-2007-BLG-224



Astrometry

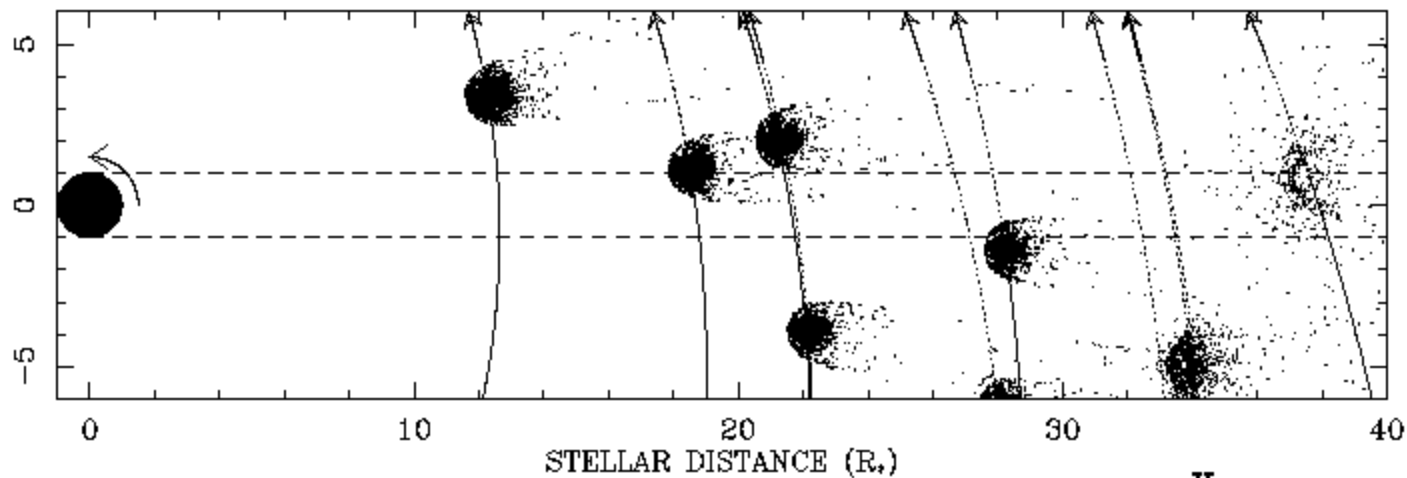
Mircoarcsecond precision opens a new window to a multitude of phenomena observable with SIM

Hipparcos Error Circle (0.64 milliarcsec)

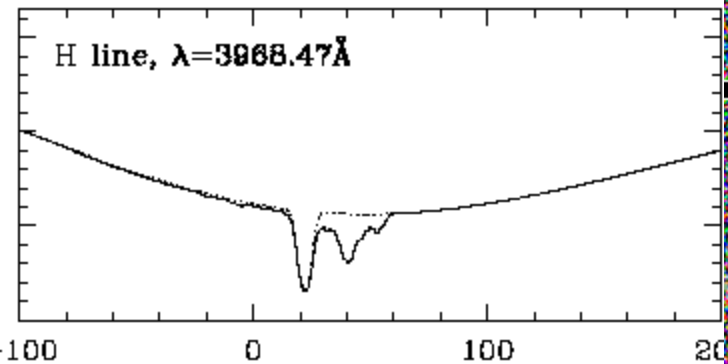
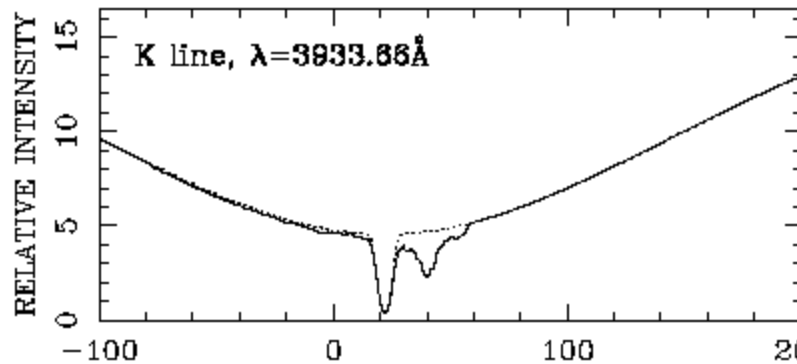


Obrazowanie - Beta Pictoris

Beust et al 1994



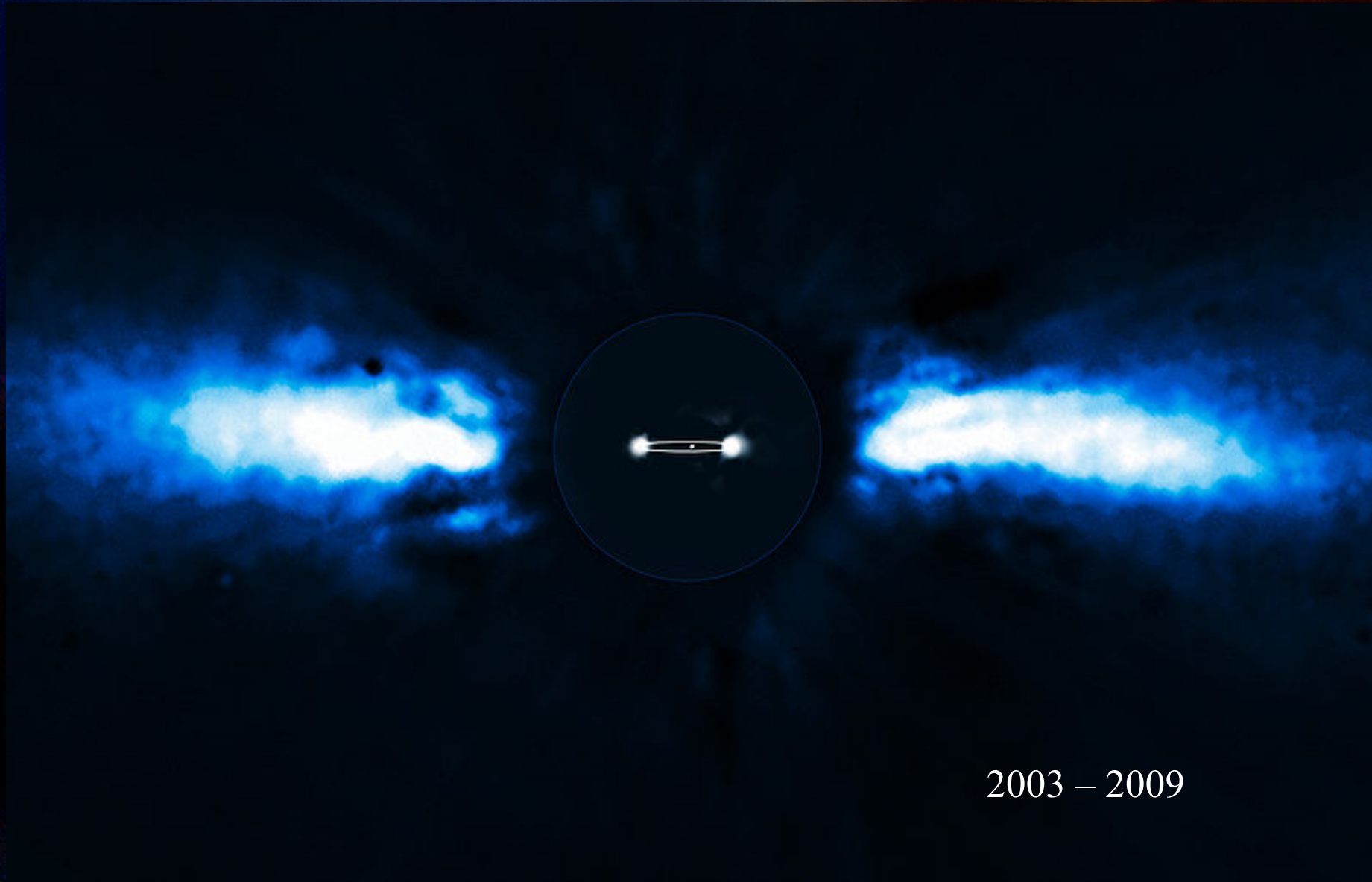
$t = 131^{\text{H}} 0 \text{ min. } 0 \text{ s.}$



HRC

C06-25

Beta Pictoris b



2003 – 2009

HR8799

- gwiazda A5V

HR 8799 Planetary System
(Sept. 2008)

Planeta	Masa (M_J)	Okres orbitalny (dni)	Półoś wielka (j.a.)
e	9 ± 4	$\sim 18\,000$	$14,5 \pm 0,5$
d	10 ± 3	$36\,500$	24
c	10 ± 3	$69\,000$	38
b	7^{+4}_{-2}	$170\,000$	68

b

c

d

0.5 arcsec
20 AU

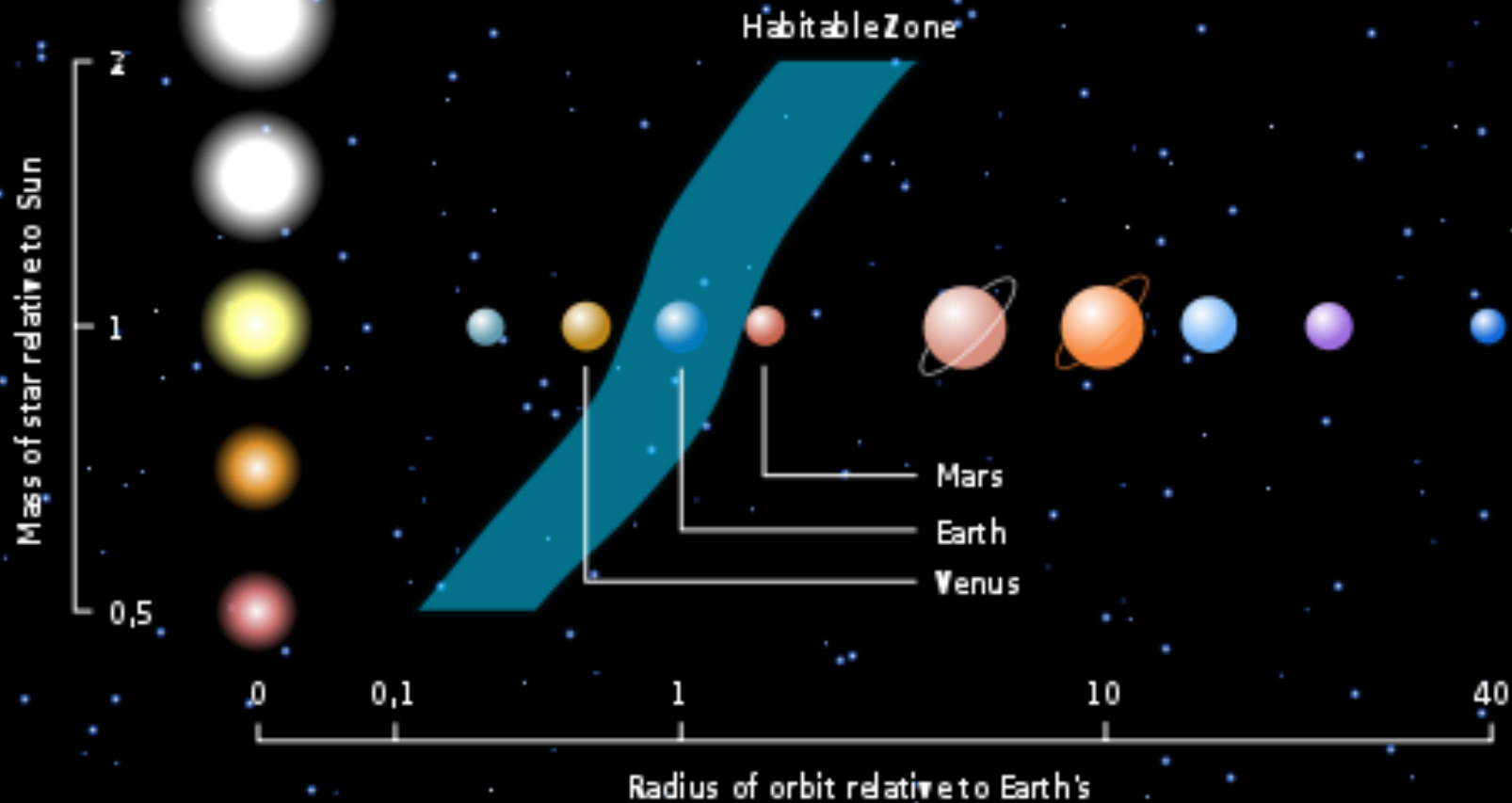
Brązowy karzeł 2M1207

- Pierwsza planeta (?) sfotografowana bezpośrednio
- 3-25 M_J
- odległość 53 pc



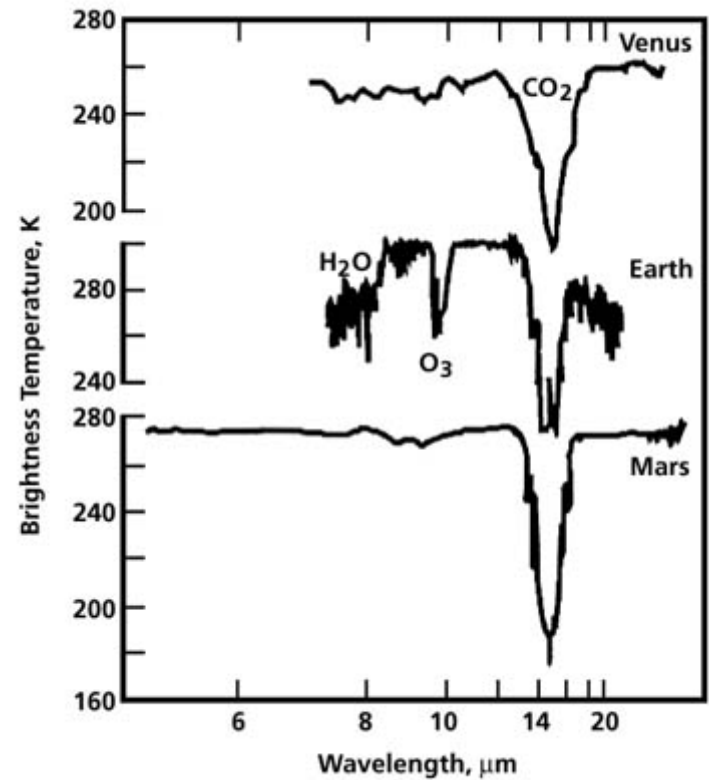
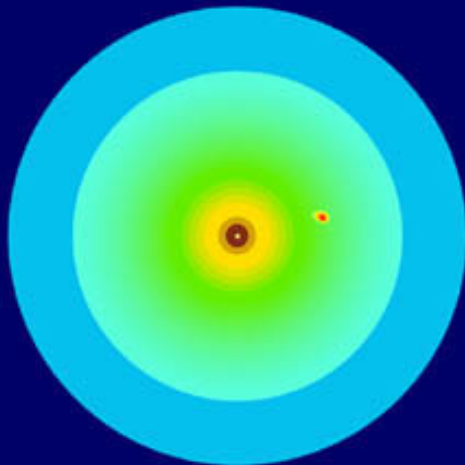
NACO Image of the Brown Dwarf Object 2M1207 and GPCC

Ekosfera – „habitable zone”

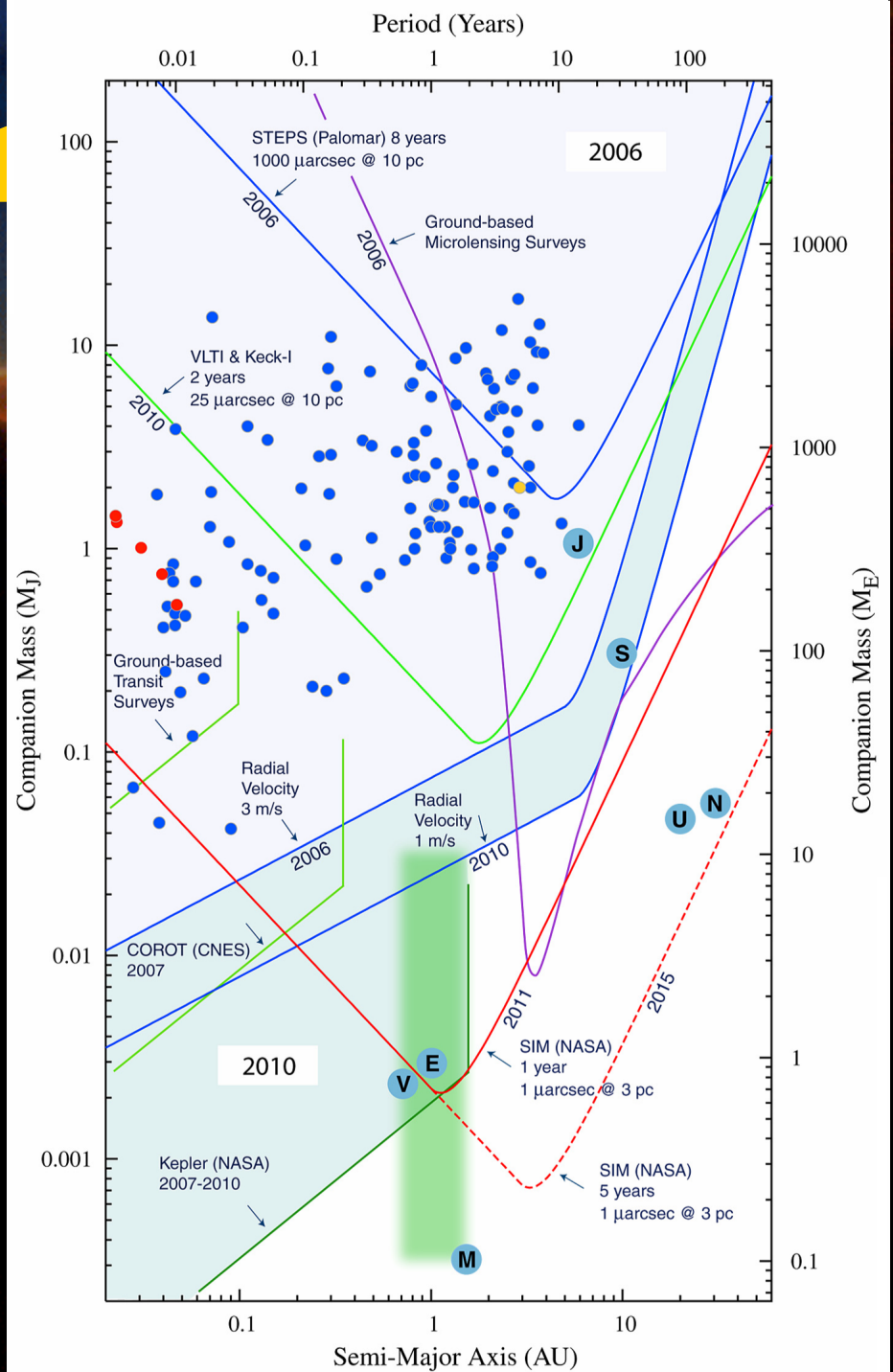


DARWIN

- Space Infrared Interferometry Project (ESA)
- Obrazowanie planet
- *Nulling interferometer*
- Poszukiwanie życia
- Za



Rezultaty 1



Oczekiwania

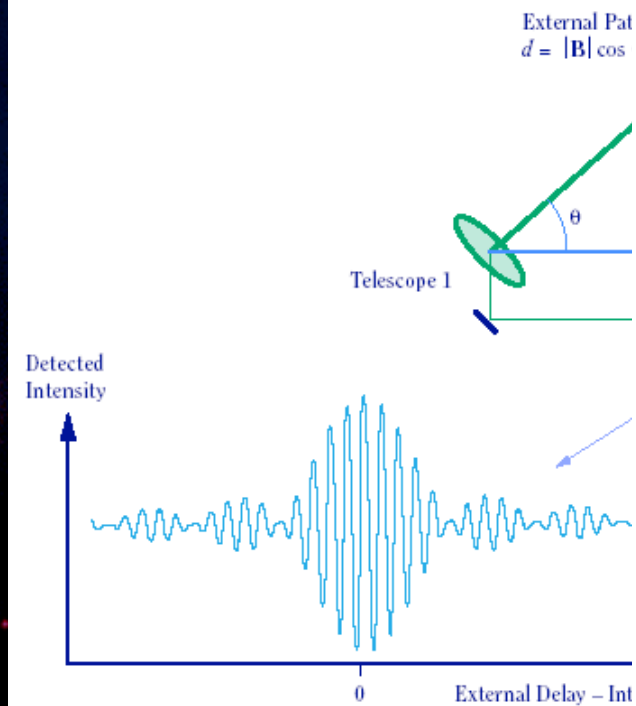
- Systemy planetarne
 - Stosunkowo liczne ($\sim 1/3$ gwiazd Ciągu Głównego)
 - Wiele planet w proporcjonalnych odstępach ($f \sim 1.5-2$)
- Olbrzymy
 - Nie zawsze ($< 50\%$)
 - Masy, promienie, budowa – Jowiszowa
- „Przyzwoite” orbity
 - Jowisze dla $a > 5 \text{ j.a.}$
 - Orbity prawie kołowe

SIM – 2006

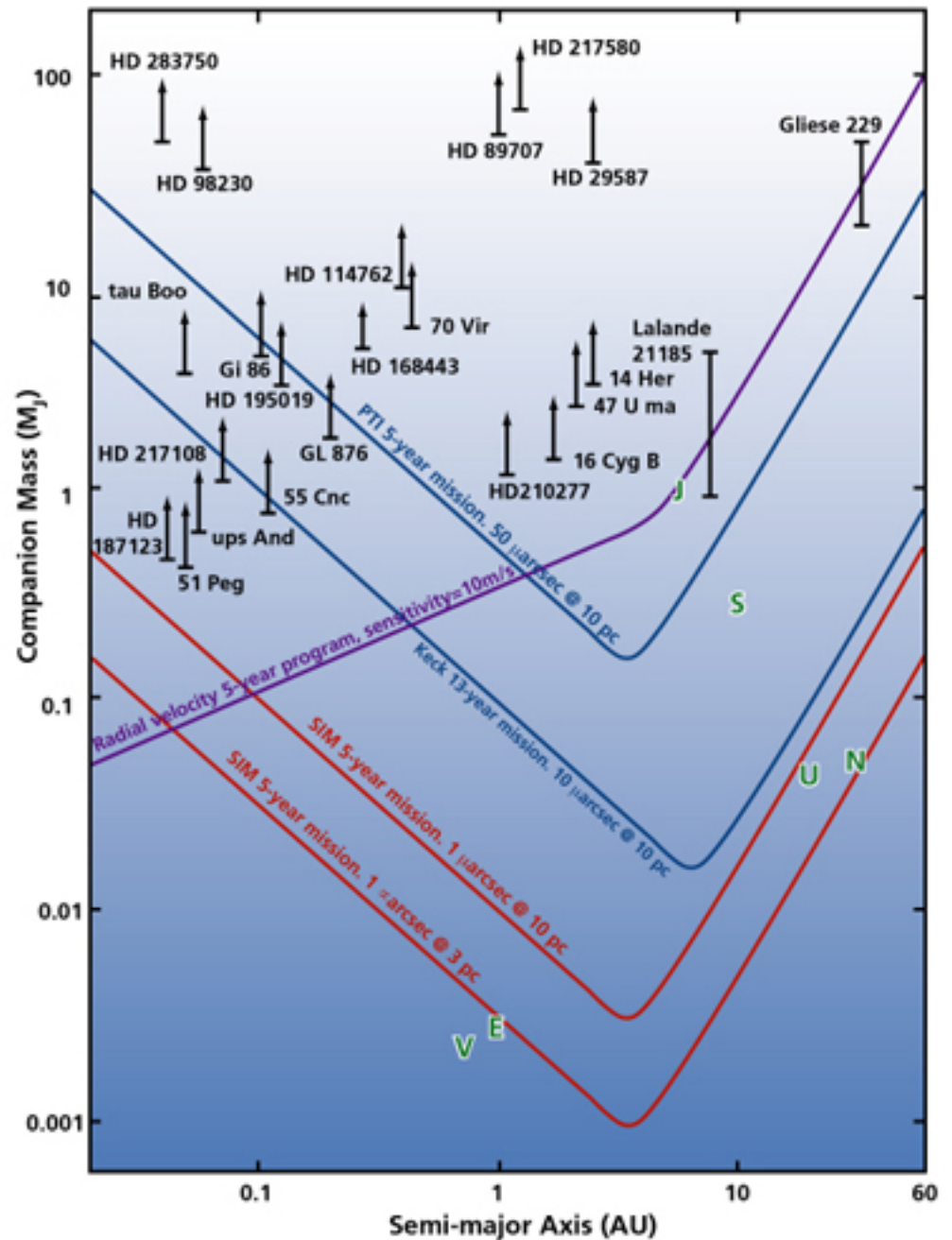
- Space Interferometry Mission
- 3 Interferometry Michelsona
- 4 μsec łuku



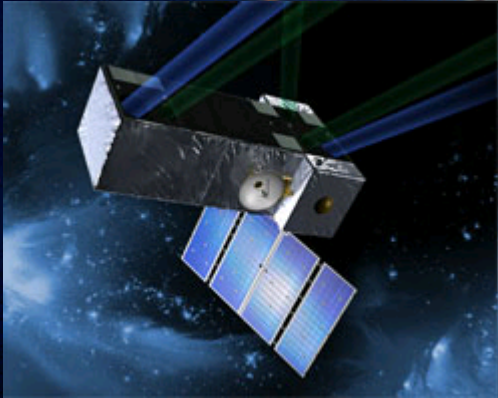
SI



- Metrologia (laser)
- Astrometria różn



SIM Lite



SIM Lite Mission and Instrument Performance

SIM Lite Instrument and mission parameters

- Baseline length: 6 m
- Wavelength range: 450 to 900 nm
- Telescope aperture: 50 cm
- Mission duration: 5 years
- Orbit: Heliocentric, Earth-trailing

Wide-angle (global) astrometric performance (1σ)

- Reference grid accuracy: 1 μ as
- Faint target limit: 20 mag
- Number of grid stars: 1302
- Grid-quasar frame-tie accuracy: 2 μ as
- Grid star selection: K-giants at ≈ 1 kpc, $V \approx 10$
- Wide-angle field of regard: 15 deg

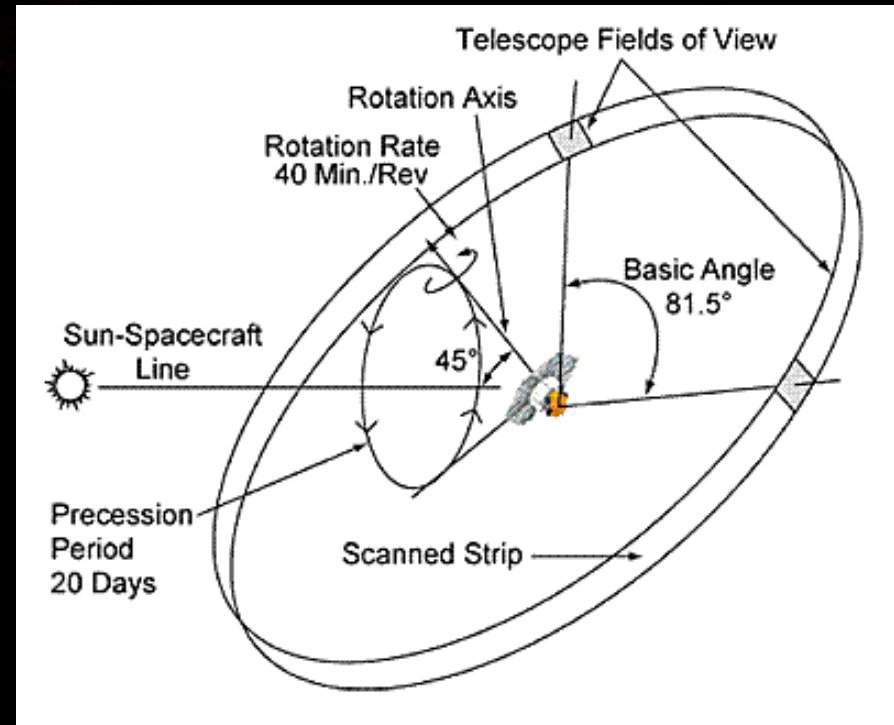
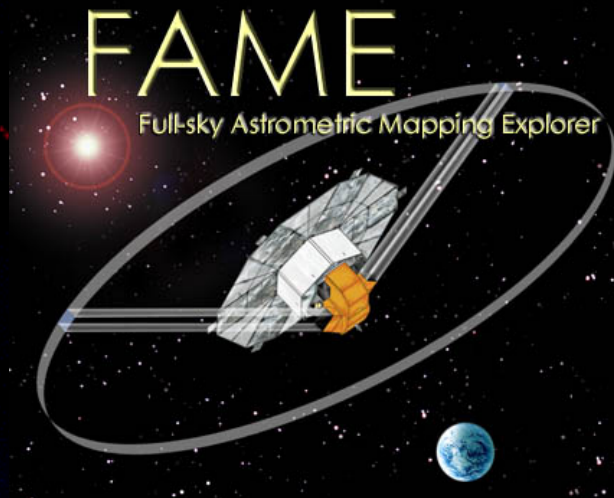
Narrow-angle (differential) astrometric performance (1σ)

- Single-measurement accuracy: 1.0 μ as
- Differential-measurement accuracy: 1.4 μ as
- Narrow-field diameter: 2 deg
- Instrument noise floor: 0.035 μ as
- Minimum detectable astrometric signature: 0.21 μ as at SNR = 5.8
- Minimum detectable planet mass at 10 pc from the Sun: $0.7 M_{\oplus}$
 - For a star of 1.0 solar mass orbited by a planet at 1.0 AU
- Planet search capability: at least 60 of the closest FGK stars for $1 M_{\oplus}$ planets orbiting in the habitable zone (0.7 to 1.5 AU for a G star)

FAME - 2004

Skasowana

- Full-sky Astrometric Mapping Explorer
- 50 mikrosekund łuku (z 1000 pomiarów)
- 40 mln gwiazd
- 5-15 mag
- 2,5 – 5 lat



exoplanet.eu

- 3610 planet
- 2704 układów planetarnych
- 610 układów wielokrotnych
- metoda:
 - prędkości radialne – 424
 - tranzyty – 1133 (w 615 układach)
 - mikrosoczekowanie – 29
 - obrazowanie – 48
 - chronometraż – 14

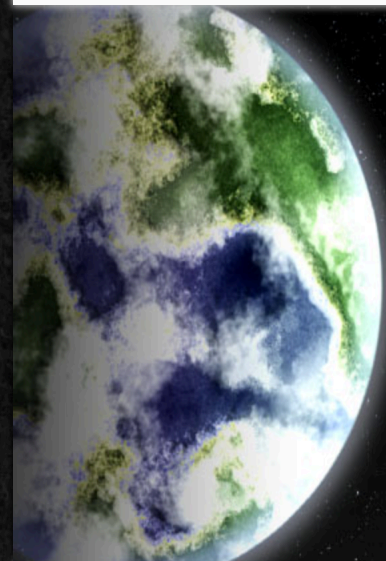
exoplanets.org

Exoplanets
Data Explorer

Methodology
and FAQ

Exoplanets
Links

California
Planet Survey



Table

2925

EOD Planets

Planets with good orbits listed in the Exoplanet Orbit Database



Plots

25

Other Planets

Including microlensing and imaged planets



Search

2950

Total Confirmed Planets

2338

Unconfirmed Kepler Candidates

5288

Total Planets

Confirmed planets + Kepler Candidates

The Exoplanet Data Explorer is an interactive table and plotter for exploring and displaying data from the Exoplanet Orbit Database. The Exoplanet Orbit Database is a carefully constructed compilation of quality, spectroscopic orbital parameters of exoplanets orbiting normal stars from the peer-reviewed literature, and updates the Catalog of nearby exoplanets.

A detailed description of the Exoplanet Orbit Database and Explorers is published [here](#) and is available on [astro-ph](#).

In addition to the Exoplanet Data Explorer, we have also provided the entire Exoplanet Orbit Database in CSV format for a quick and convenient download [here](#). A list of all archived CSVs is available [here](#).

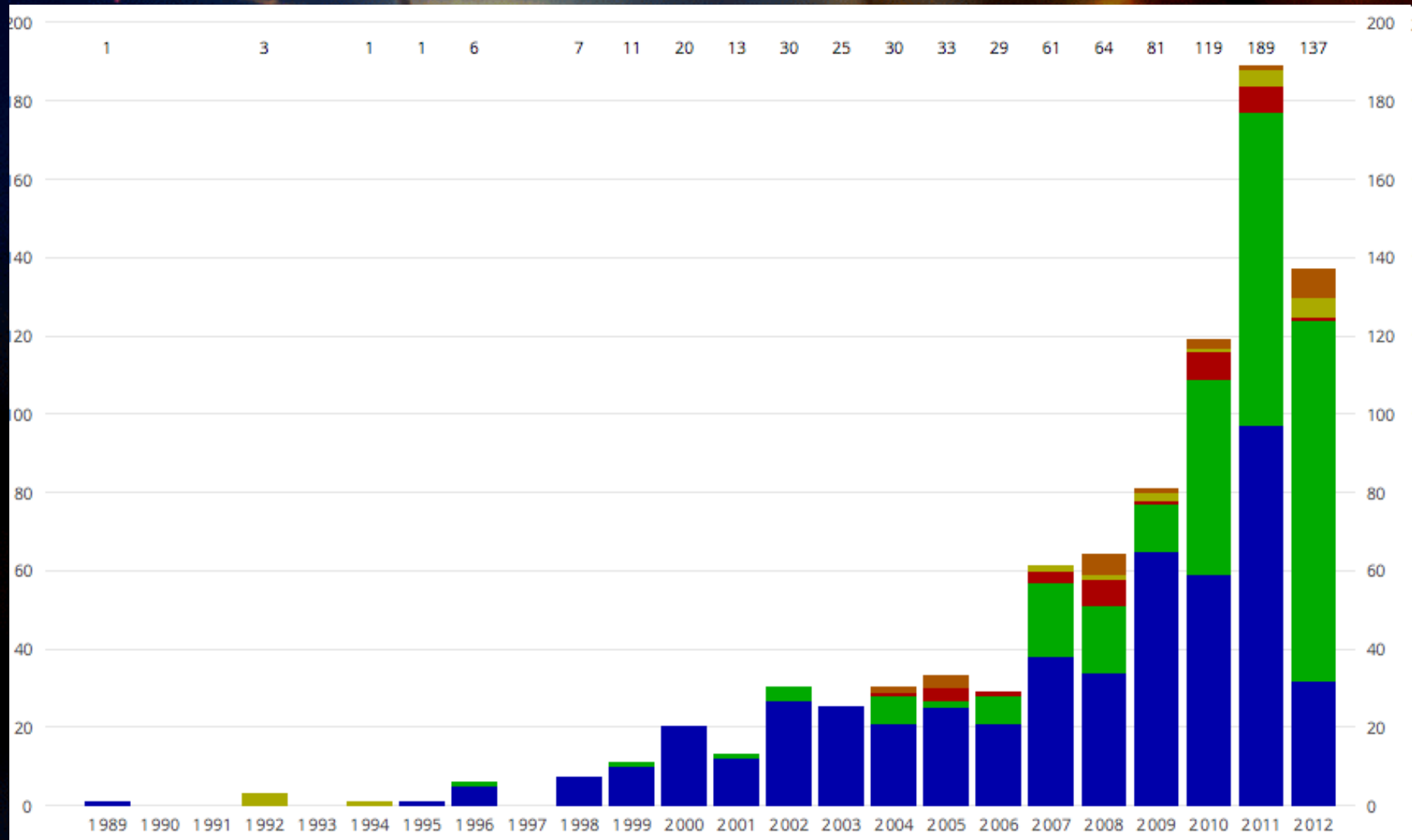
Help and documentation for the Exoplanet Data Explorer is available [here](#). A FAQ and overview of our methodology is [here](#), including answers to the questions "Why isn't my favorite planet/datum in the EOD?" and "Why does site X list more planets than this one?".

Shawn Wolfe has created an external search engine for the EOD [here](#). Send feedback to [Shawn Wolfe](#).

Safari

you use this resource in a publication, please cite [this paper](#) and include the following acknowledgement:

Stan na 03/2012



Kłopoty - gorące Jowisze

W świetle standardowej teorii formowania się planet jest:

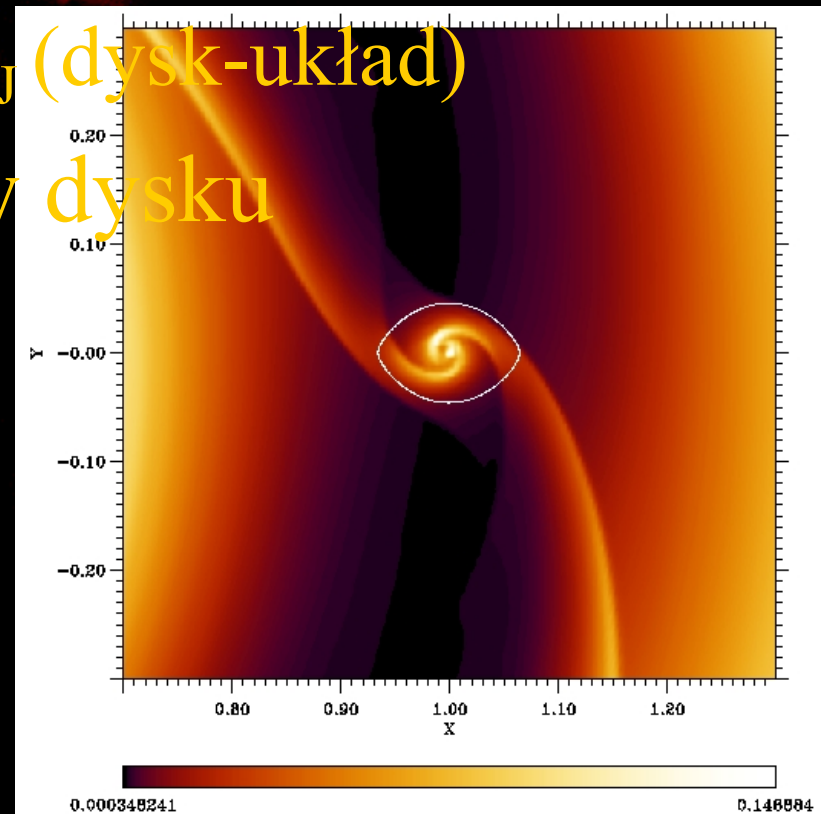
- Zbyt gorąco na kondensację ziaren
- Za mało pyłu by zbudować jądro z $m > 10M_Z$
- Za mało gazu by zbudować otoczkę

Możliwe wyjaśnienia

- Migracja planet w dysku (spadają czy nie?)

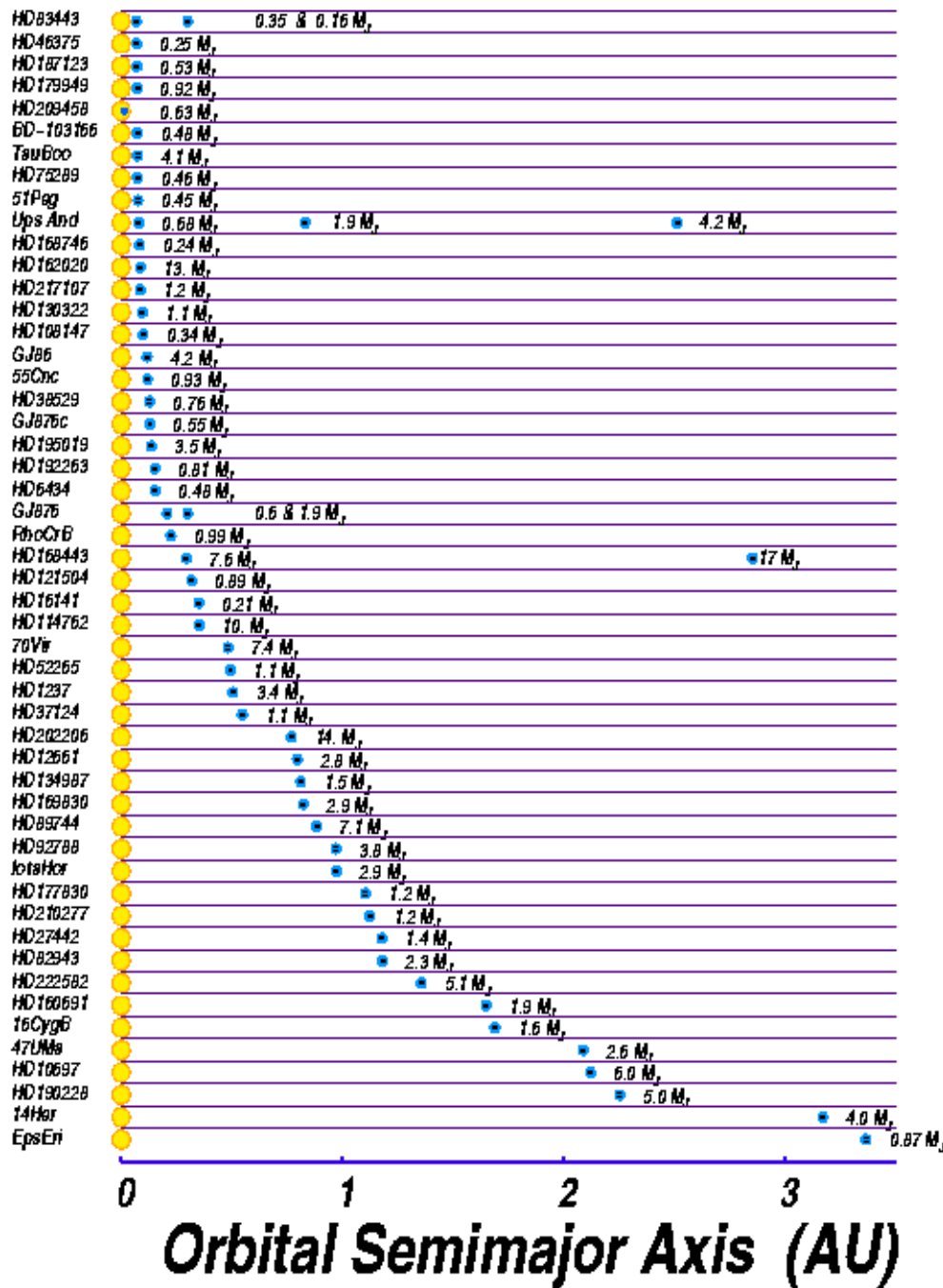
Kłopoty - mimośród, super-Jowisze

- Cyrkularyzacja (?)
 - $de/dt < 0$ dla $m < 5 M_J$ (dysk-planeta)
 - $de/dt > 0$ dla $m > 10 M_J$ (dysk-układ)
- Otwarcie przerwy w dysku
 - $M_{max} < 1 M_J$?



koniec ...

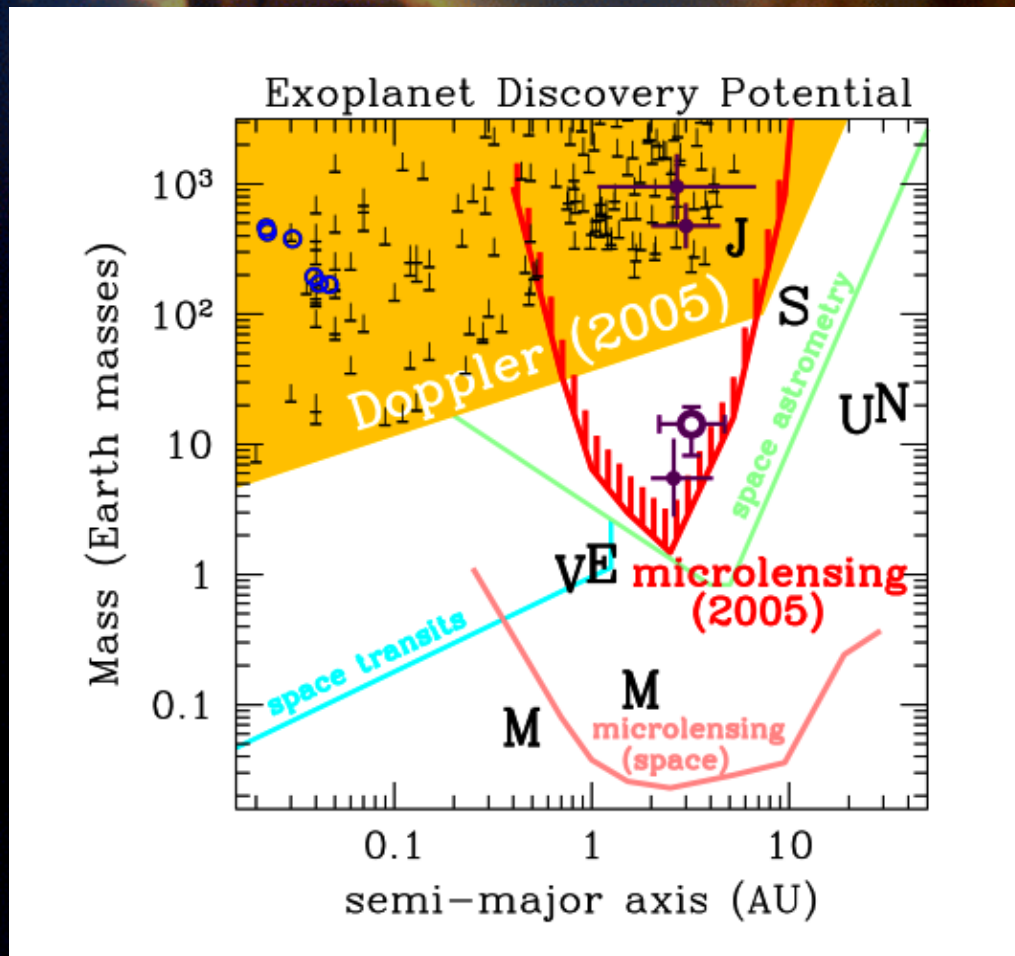


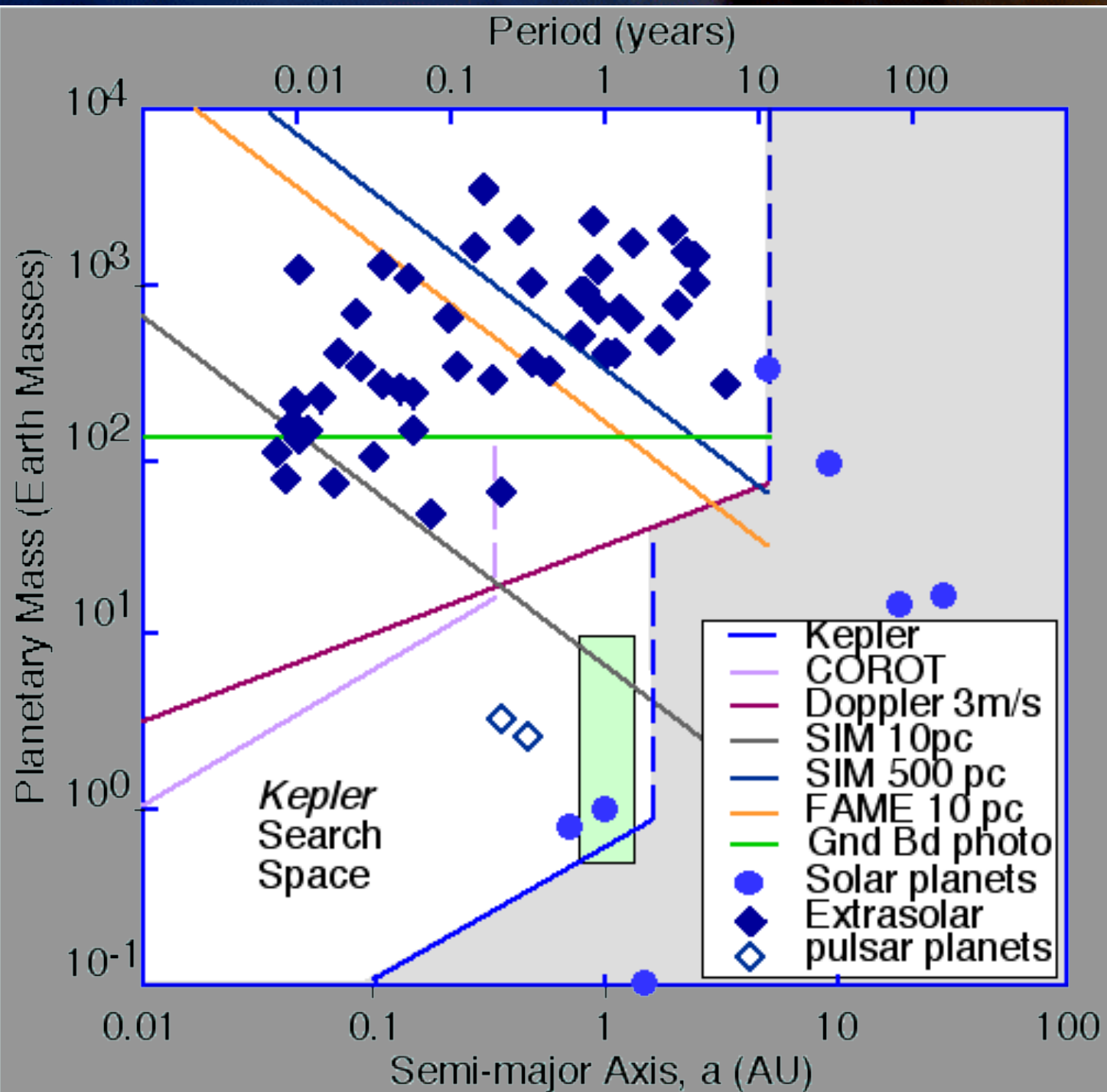


Rzeczywistość

- $> 2\%$ gwiazd CG
- pojedyncze planety
- $M \sim M_J$ i $a < 1$ j.a.
- „gorące Jowisze”
- wiele $M \gg M_J$
- $a > 0.1$ j.a. $\Rightarrow e \neq 0$
- większe $[\text{Fe}/\text{H}]$

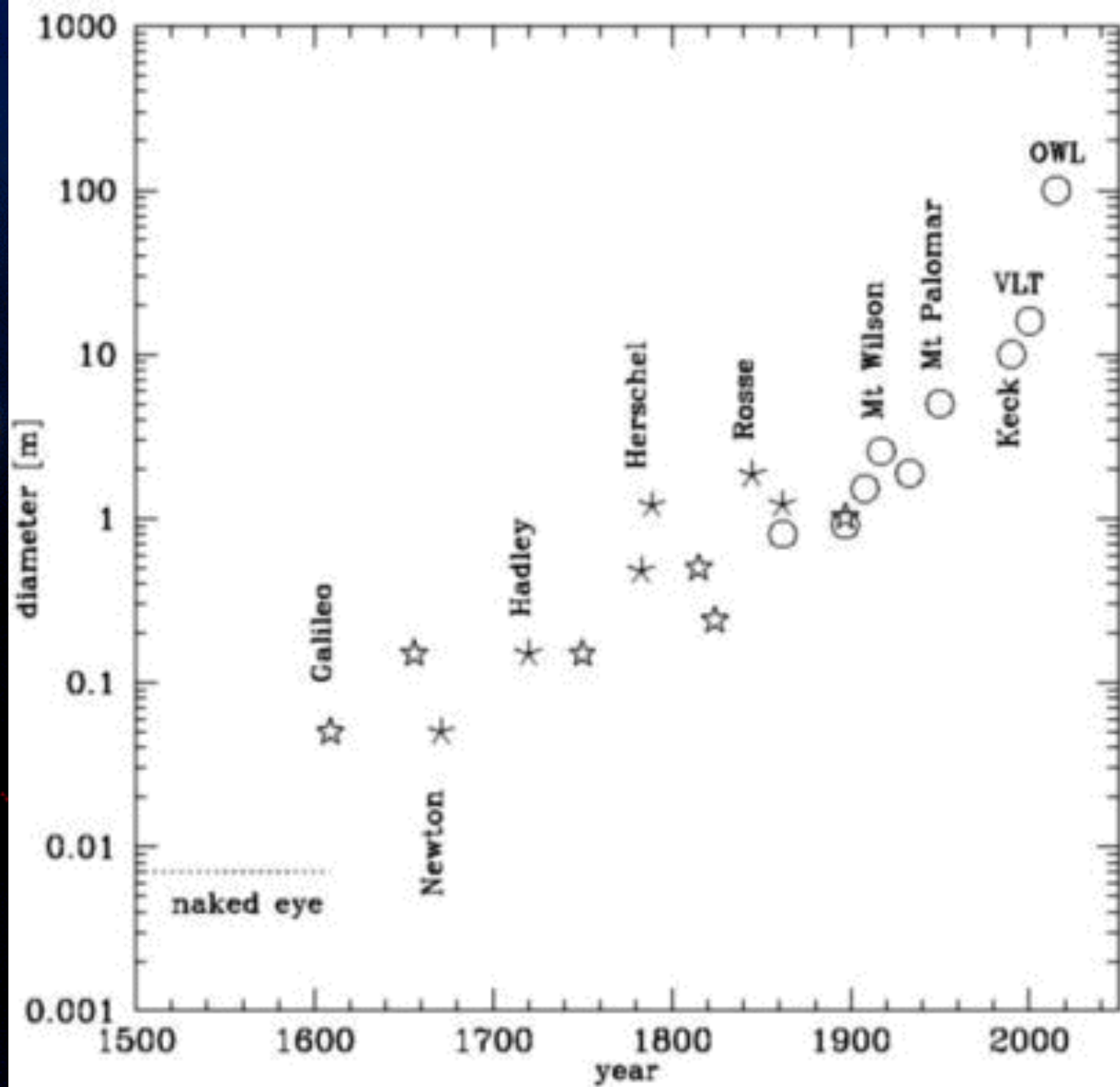
Planety Pozasłoneczne – Podsumowanie





The All Sky
Automated Survey
Fotometryczny
Przegląd Nieba





SAO, Zelenchuskaya, BTA - 6m



SAO, Zelenchuskaya, BTA - 6m

- masa zwierciadła 42 t
- masa teleskopu 850 t
- kłopoty z proporcjami
 - technologia
 - klimat
 - polityka



Potrzeba

- Powstawanie gwiazd
- Ewolucja gwiazd i galaktyk
- Inne układy planetarne
- Geometria Wszechświata
- Ciemna materia, ciemna energia
- Historia Wszechświata
- Życie we Wszechświecie

Teleskopy nowej generacji

Teleskop	D[m]	Lokalizacja
Keck I,II	2x10	Mauna Kea, Hawaje
Hobby-Eberly T.	9.2	Mt. Fowlkes, Teksas
Subaru	8.3	Mauna Kea, Hawaje
VLT Antu, Kueyen, Melipal, Yepun	4x8.2	Cerro Paranal, Chile
Gemini N,S	2x8.0	Mauna Kea, Cerro Pachon
Magellan I,II	6.5	Las Campanas, Chile
MMT	6.5	Mt. Hopkins, Arizona

Teleskopy nowej generacji

Teleskop	D[m]	Loakalizacja
Large Binocular T. (2005)	2x8.4	Mt. Graham, Arizona
Gran Telescopio Canarias (2005)	10.4	Wyspy Kanaryjskie
Southern African Large Telescope (2006)	~10	RPA

Koszt

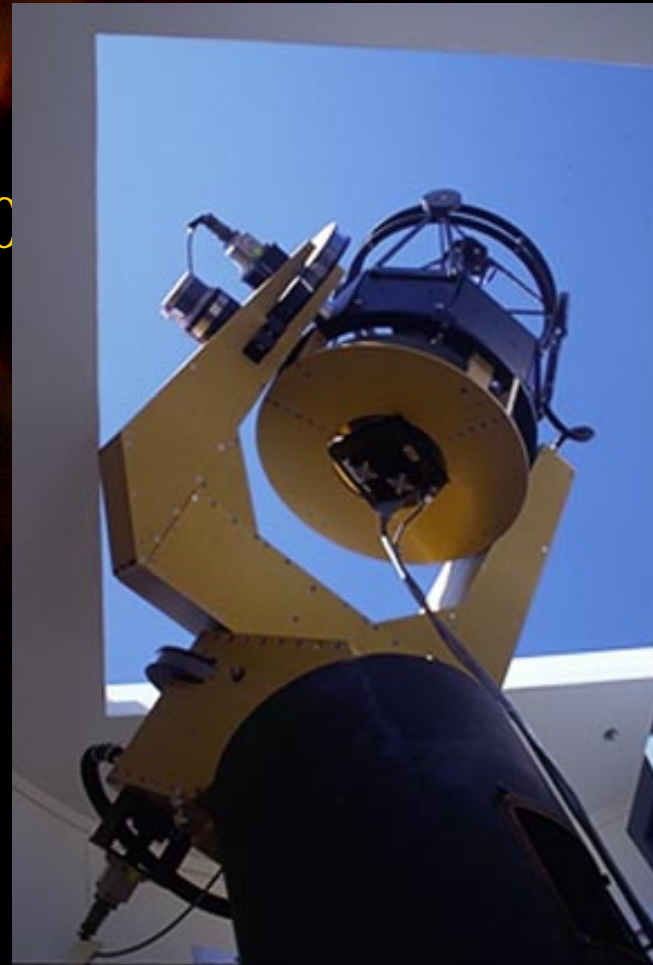
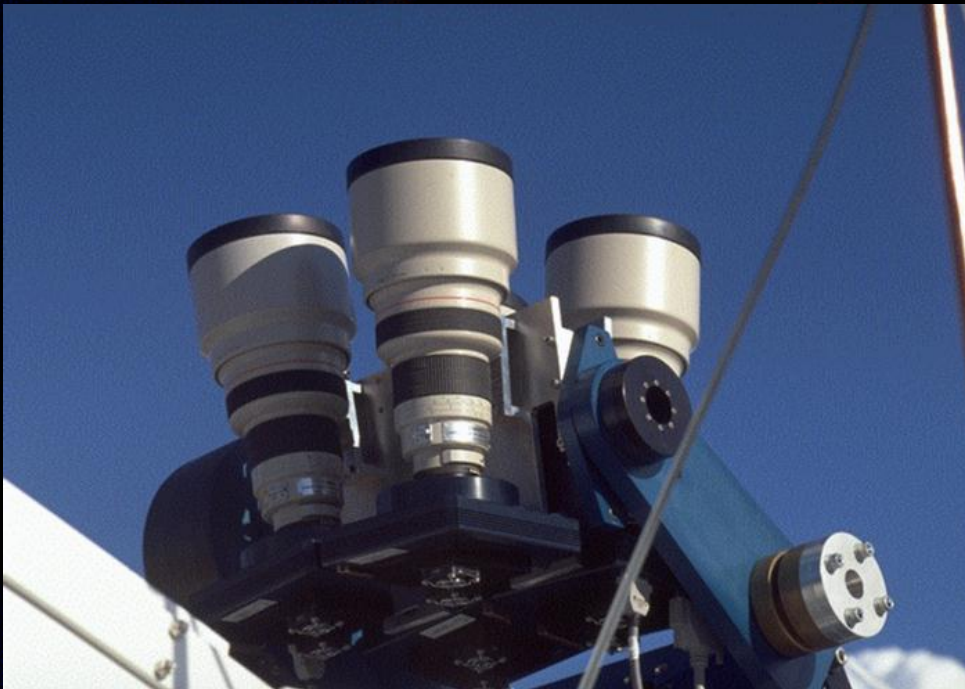
VLT	4 *8.2 m	500 M\$
Keck	2*10 m	150 M\$
Gemini	2*8 m	170 M\$
HET	9.2 m	13.5 M\$
SALT	10 m	16 M\$
LBT	2*8 m	85 M\$
GTC	10.4 m	100 M\$

A co małymi teleskopami?

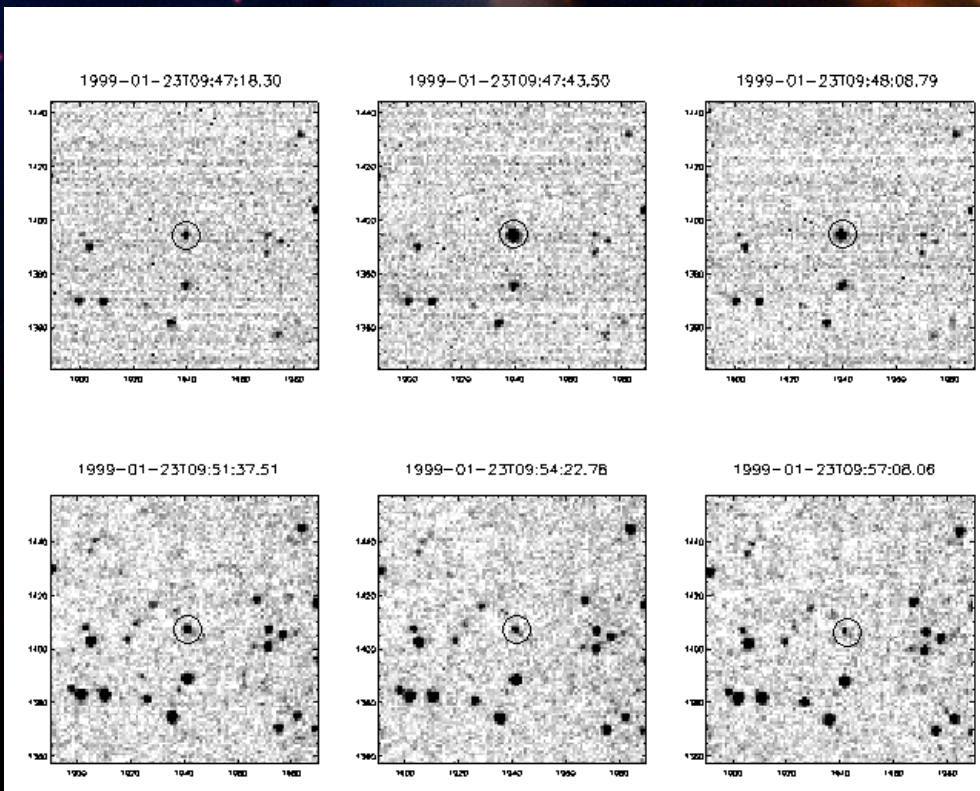


ROTSE

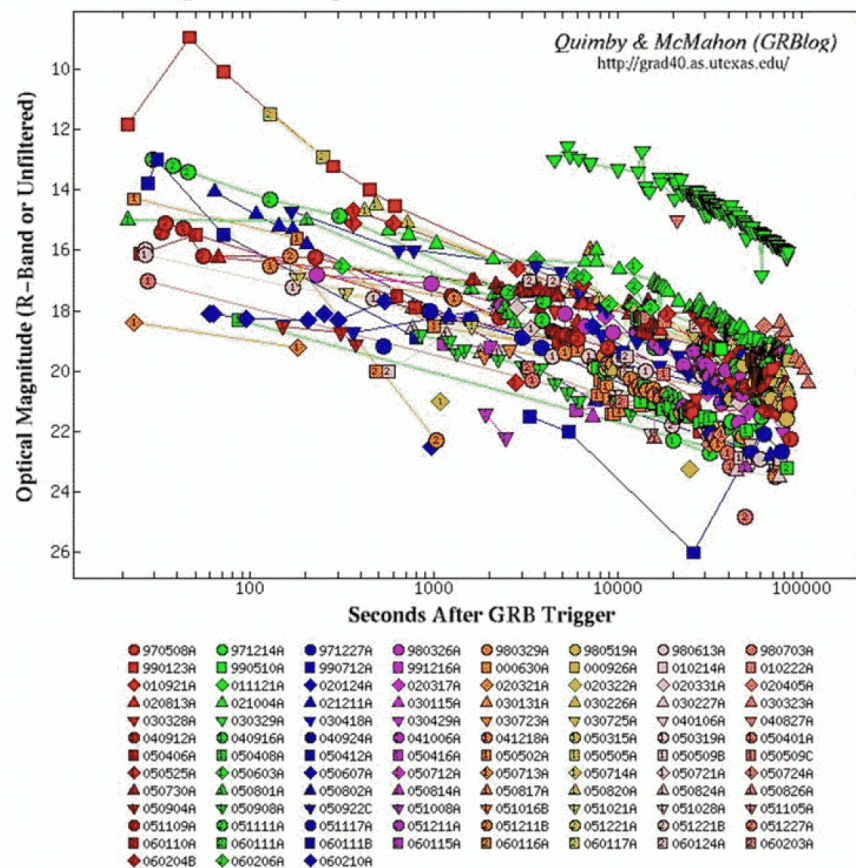
- Robotic Optical Transient Search Experiment
 - Carl Akerlof
 - U. Michigan, LANL, LLNL
 - kamera: 4x (200/1.8 + 2048x2048)



ROTSE GRB990123

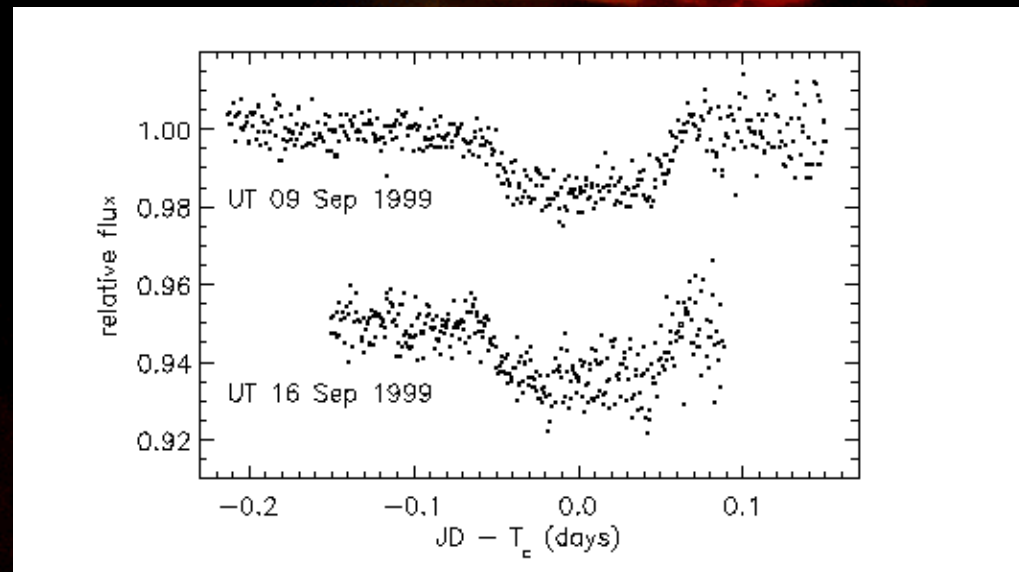
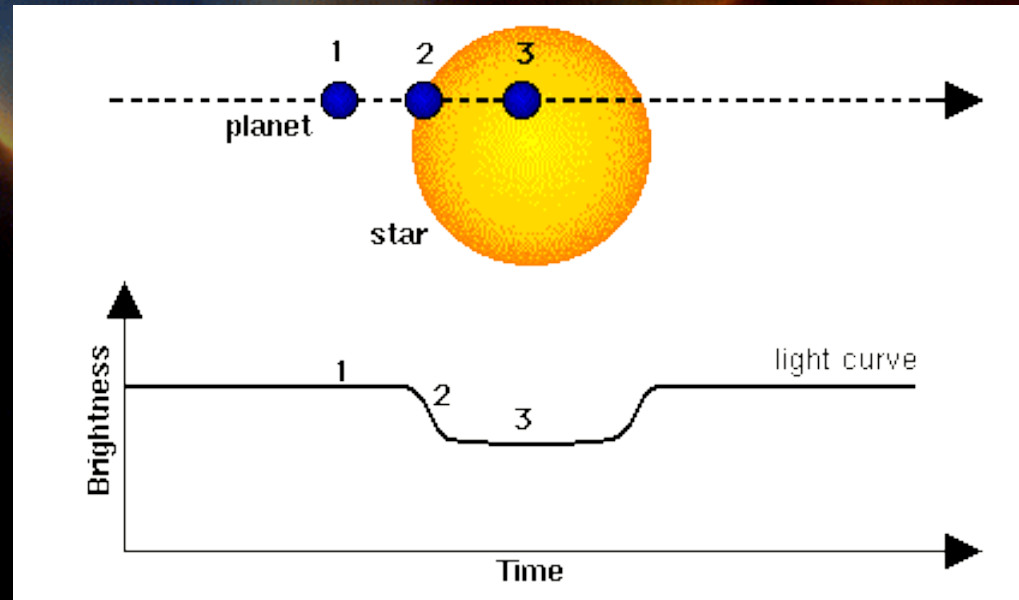
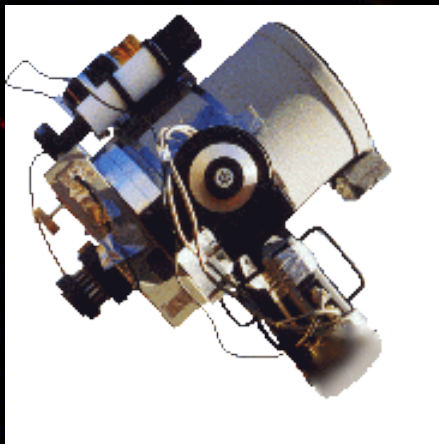


GRB Optical Afterglow Detections from the GCN Circulars



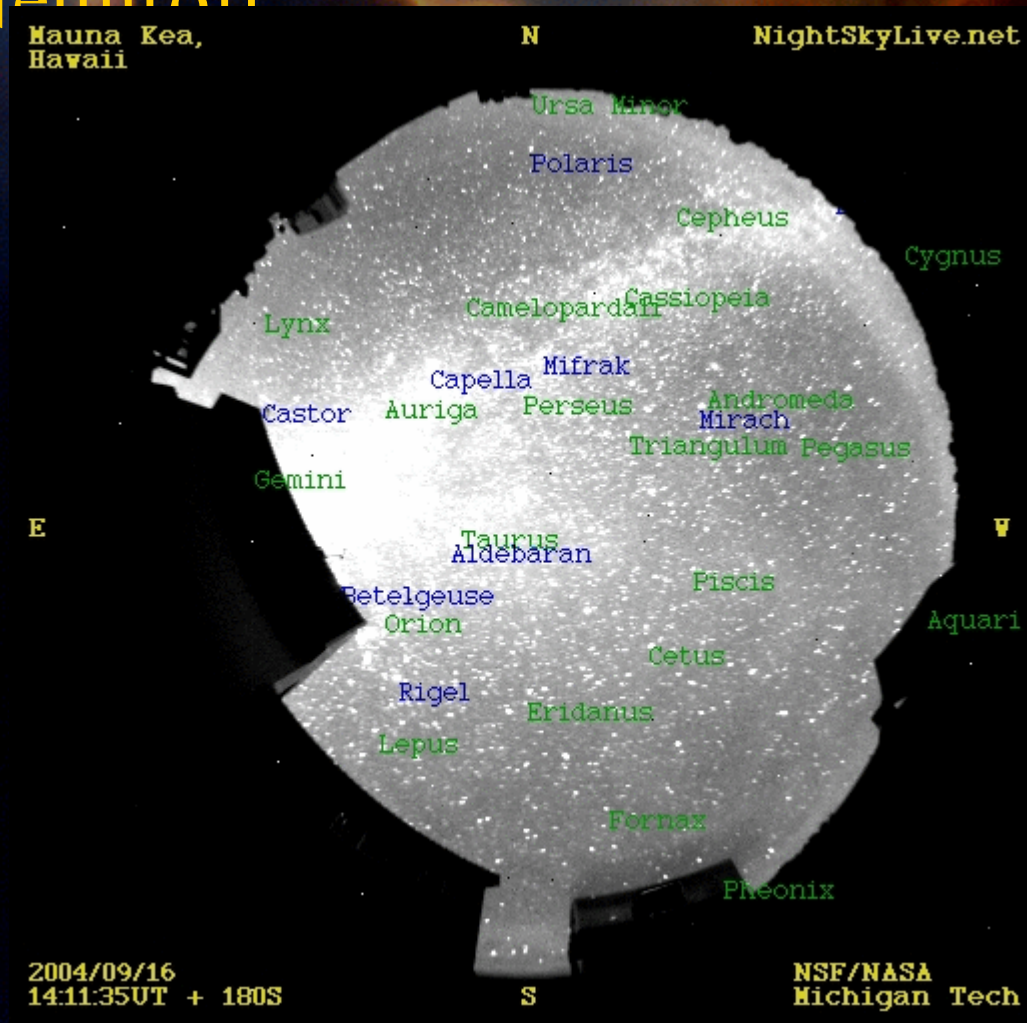
Poszukiwania fotometryczne planet

- HD 209458
- Projekt STARE
 - D=10 cm
 - F=30 cm
- $\Delta I/I = 1.7 \%$



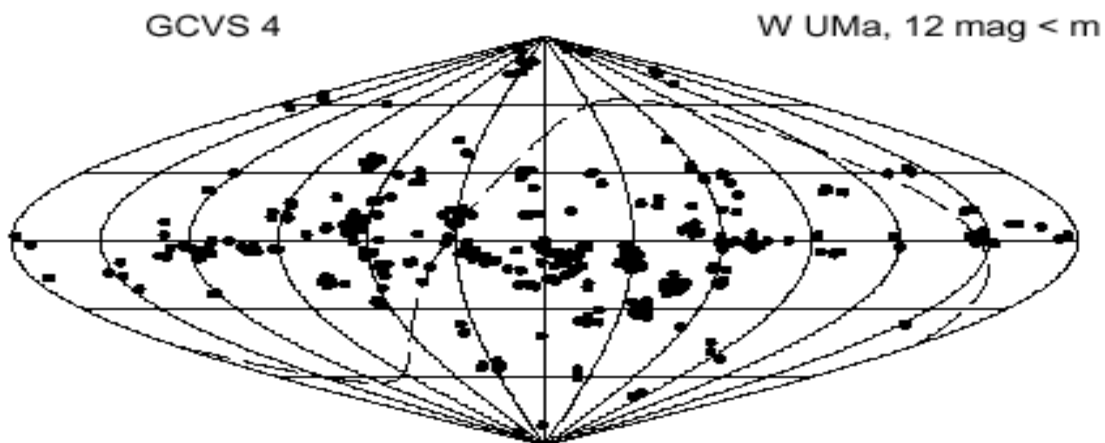
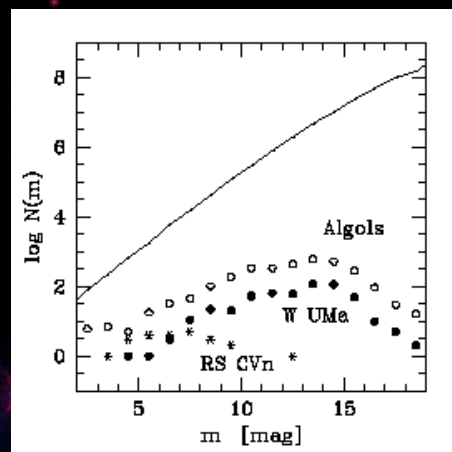
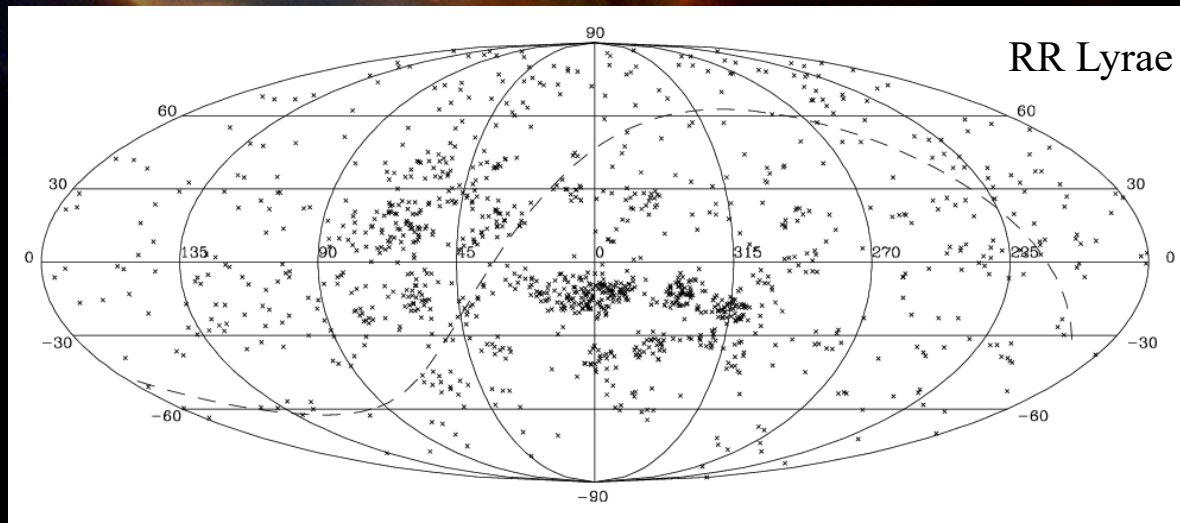
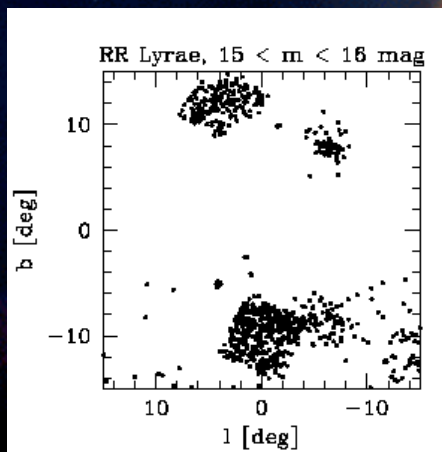
CONCAM

- Rob Nemiroff



Paczyński 1996 - 12-th IAP Coll:

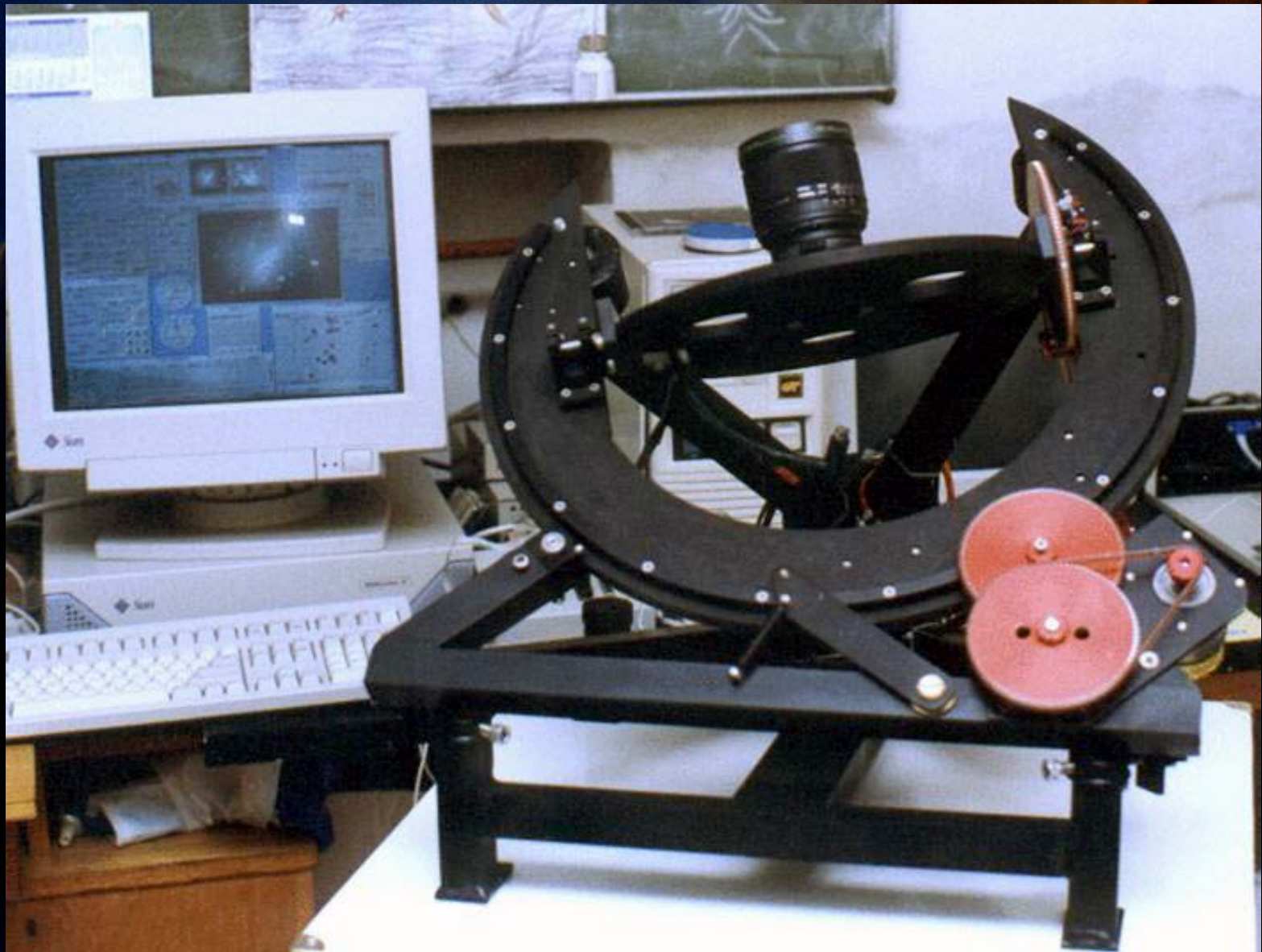
The Future of the Massive Variability Searches



PC – Personal Computer - 1981



PT – Personal Telescope – 1995



Geneza

- Jasne gwiazdy
 - najlepsze dla fundamentalnych pomiarów
 - jest ponad 5 mln gwiazd jaśniejszych od 13^m i ponad 30 mln gwiazd jaśniejszych od 15^m
 - *małe* teleskopy ($\sim 1m$) powodują saturację CCD przy minutowych ekspozycjach już dla $m=13$.
 - większość (80%) jasnych gwiazd jest nadal bardzo słabo poznana
- Projekty współczesne – *ambitne* (HIPPARCOS, 2MASS, SDSS, 2dF), specjalizowane
- Koniec fotograficznych przeglądów nieba

Jasne gwiazdy

- Wśród 5 mln gwiazd znajdziemy:
 - 50,000 okresowych gwiazd zmiennych
 - 200,000 zmiennych nieregularnych
- Kalibracja parametrów astrofizycznych
 - np. odległości, przy użyciu jasnych układów rozdzielonych (wymagana jest spektroskopia)
- Badania statystyczne (kompletne próbki)
 - budowy gwiazd oraz ewolucji
 - np. układy podwójne, asteroseismologia
 - struktury Galaktyki
- Skale czasowe zmienności
 - zbadane - głównie z przedziału *godziny - tygodnie*.

Alerty (EWS)

- Rzadkie zdarzenia astrofizyczne
 - wybuchy, rozbłyski
 - zakrycia, zaćmienia
 - *mikrosoczewkowanie*
- Asteroidy, komety
- Odpowiedniki optyczne błysków GRB (*np. ROTSE*)
 - *poświata, prekursorzy*
- Obserwacje *follow-up* za pomocą większych instrumentów

Archiwum *on-line*

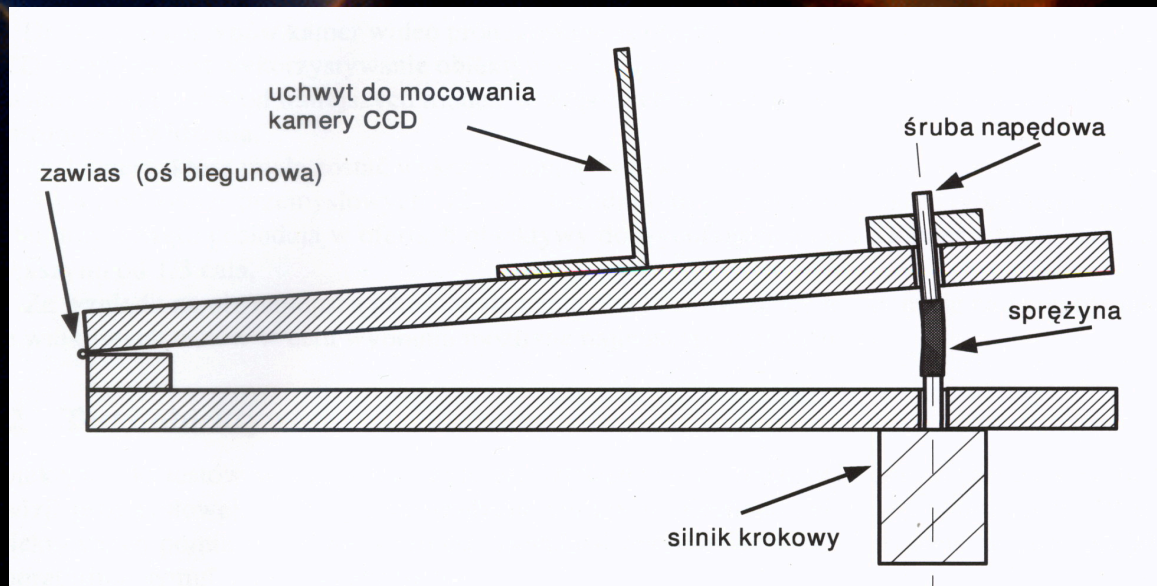
- katalog wszystkich źródeł
 - średnia jasność, dyspersja
- katalog obiektów zmiennych
 - klasyfikacja, okresy, amplitudy, efemerydy
- krzywe zmian blasku
 - np. sprawdzanie jasności obiektu w przeszłości
- katalog zdarzeń specjalnych (np. gwiazdy nowe, nowe karłowate, błyski optyczne)
- katalog obserwacji asteroidów i komet
- archiwalne obrazy nieba

Realizacja

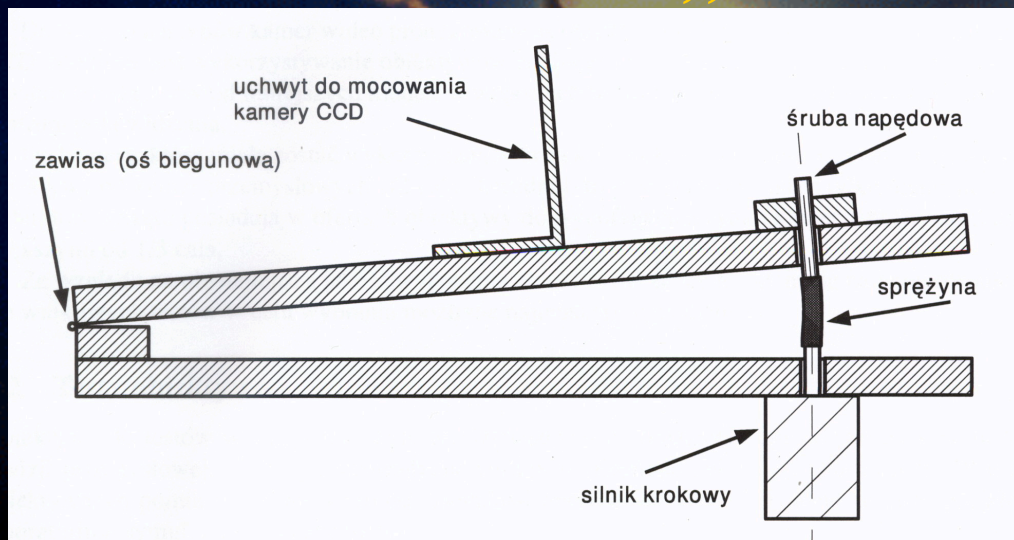
- Własności przeglądów nieba (optyka f/3)
 - (jasność nieba = $22^m/\text{arcsec}^2$, czas naświetlania – 2-3 min)

Rozmiar piksela [arc sec]	Jasność max. [mag]	Liczba pikseli na niebie	Ogniskowa [mm]	Liczba gwiazd	Liczba zdjęć dla CCD 2K ²	
1024	4.5	720^2	2.8	1000	1	
256	7.5	2880^2	11	$10^{4.4}$	2	CONCAM
64	10.5	$10^{8.1}$	45	$10^{5.7}$	33	ASAS
16	13.5	$10^{9.3}$	180	$10^{6.3}$	530	ASAS, ROTSE
4	16.5	$10^{10.5}$	720	10^8	8500	ASAS
1	19.5	$10^{11.7}$	2880	$10^{8.9}$	136000	

Oryginalny pomysł BP „barn door”



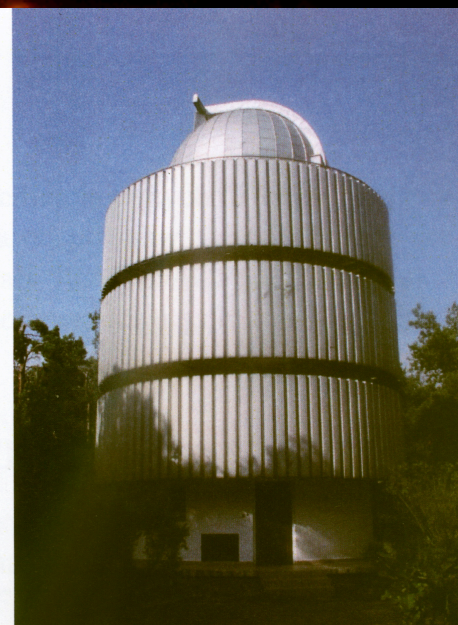
Oryginalny pomysł BP „barn door”



model „Lap top” :-)

Mikro Teleskop

- $F=4.5$ mm, $f/1.4$
- FOV 90×60 deg
- $I < 7.0$ mag



Ostateczna konstrukcja - typu podkowa

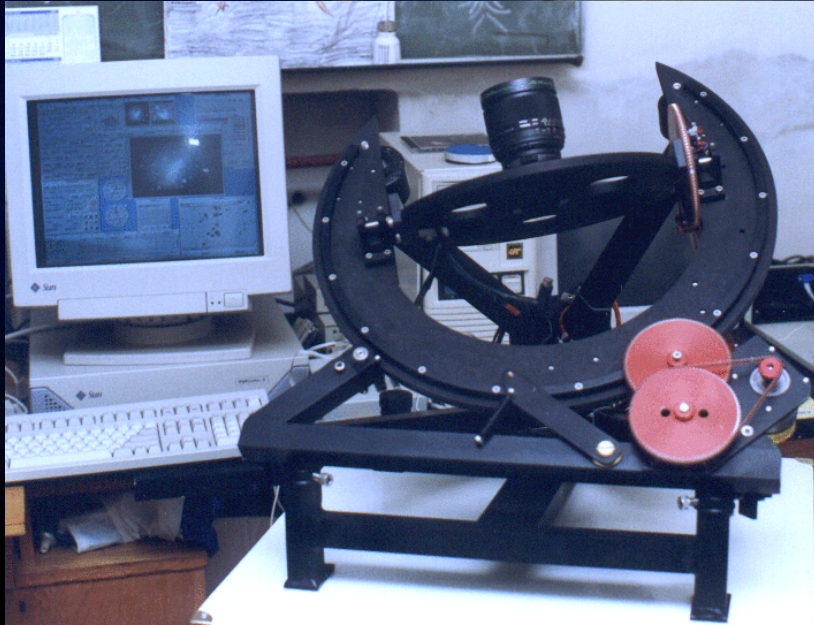
- W oparciu o projekty AutoScope
- Wszechstronny
- Wystarczająco dokładny
- Przenośny
- Tani!



ASAS - Realizacja

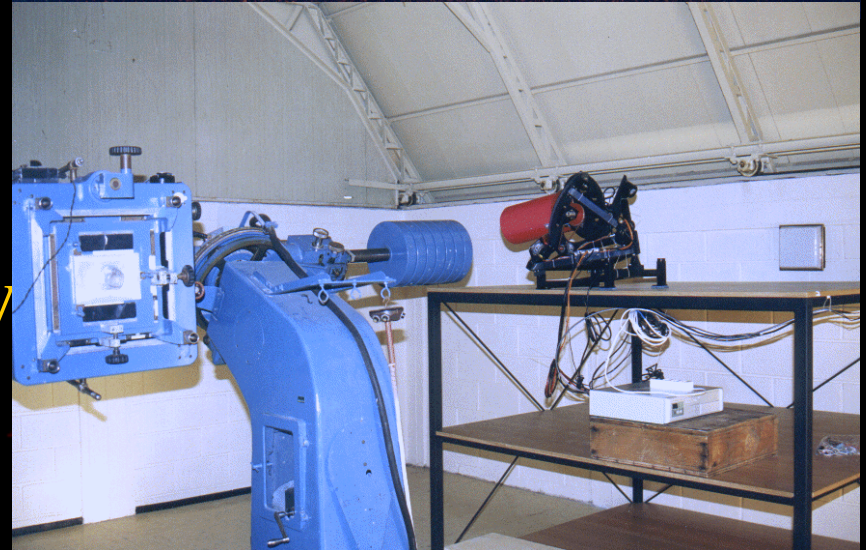
- Założenie - *tani* projekt
 - prototyp 1997 - ASAS-1,2 10 k\$
 - własny montaż paralaktyczny
 - kamera CCD 768x512 Pictor (MEADE)
 - obiektyw 135 mm (2x3 deg)
 - 300 deg² - kilka razy w ciągu nocy
 - rozszerzenie 2000 – ASAS-3 60 k\$
 - 180 mm (9 x 9 deg²) - V & I
 - 50 mm (36 x 36 deg²) - R
 - 750 mm (2 x 2 deg²) - I
 - kamery 2K² AP-10 (Apogee)
 - 30,000 deg² – co 1-3 noce

ASAS-1 w Las Campanas Observatory

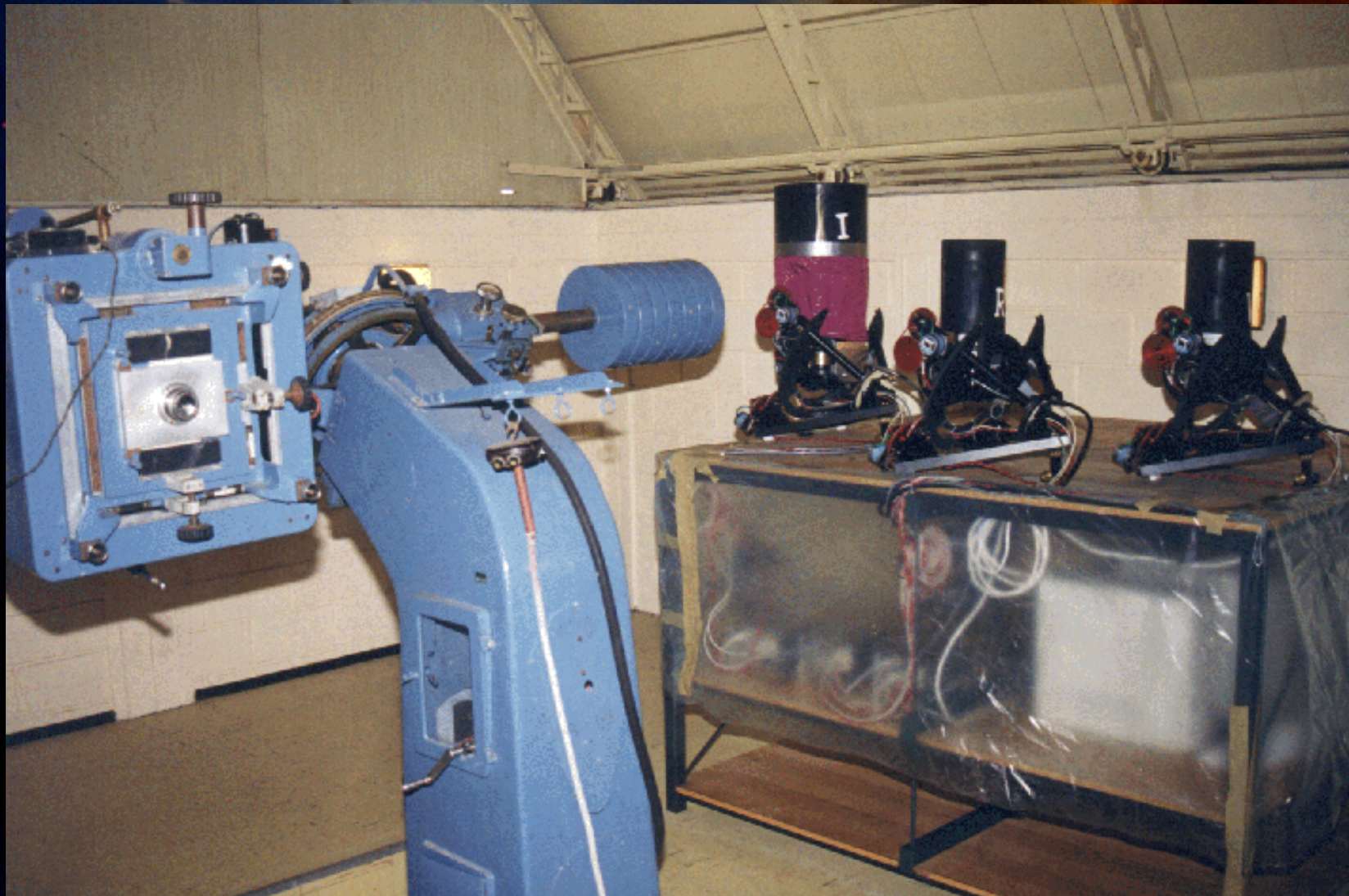


ASAS-2

- w budynku 10'' astrografu
- całkowicie automatyczny
- 2 lata obserwacji
- 50 pól, 300 sq. deg
- 150,000 gwiazd
- 50 mln pomiarów
- 3,500 gwiazd zmienny



ASAS-3 – 11/2000



ASAS-3 2002



ASAS-3 2002



2004+





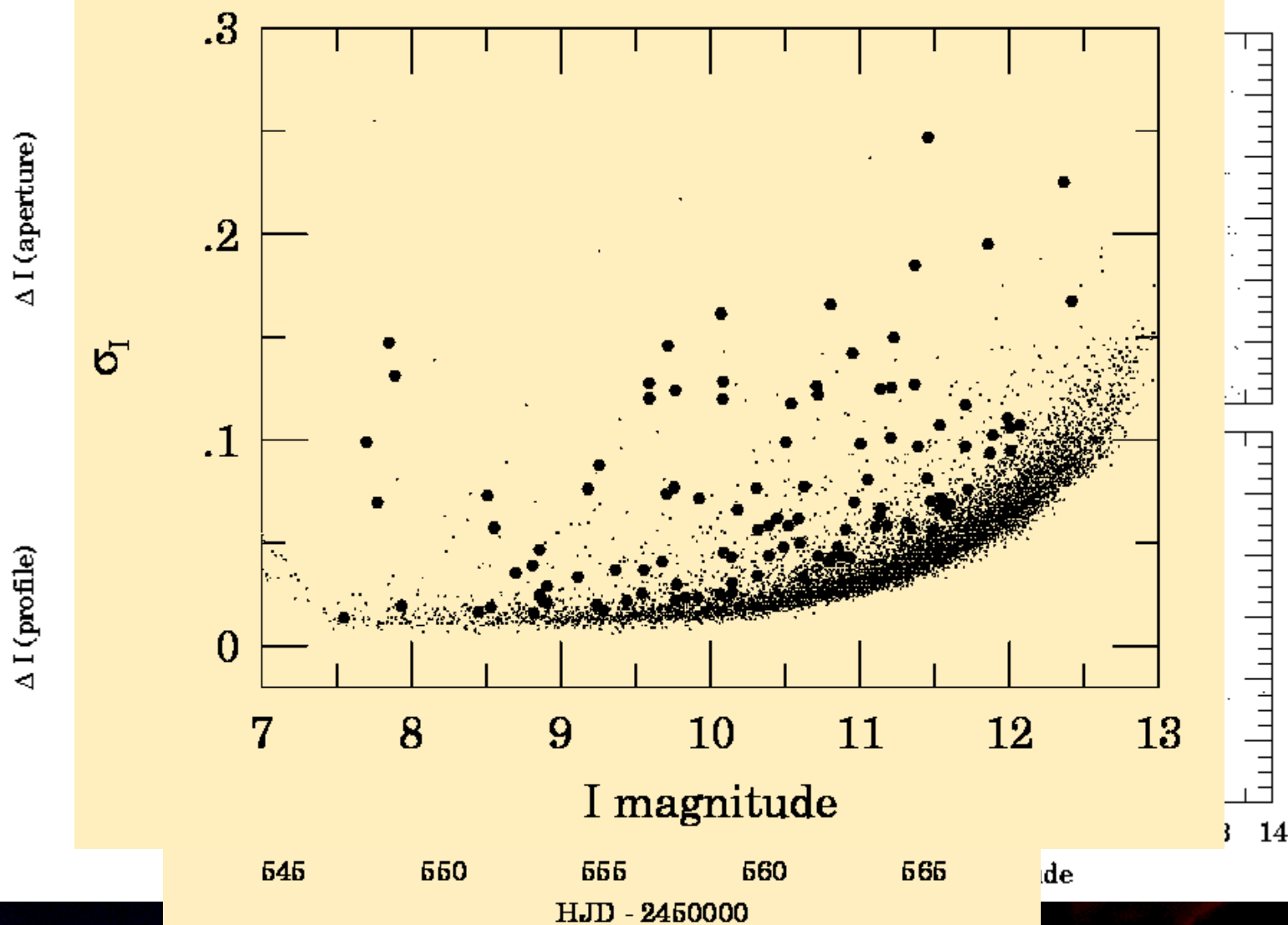
ASAS-N 2006 – Haleakala, Maui



Przetwarzanie i analiza danych

- skrypt „Observer”
 - może być przerywany np. przez GCN (HETE,SWIFT)
- redukcja obserwacji
 - BIAS, DARK, FLAT
- fotometria aperturowa
 - średnica 2,3,4,5,6 pikseli
 - dokładność 0.01 @ 9 mag, 0.3 @ 14 mag
- astrometria
 - z wykorzystaniem katalogu ACT
 - dokładność 3 arcsec.
- katalog – fotometria absolutna
 - względem pomiarów Tycho w V
 - dokładność 0.05 -...(0.2) mag.

Photometry



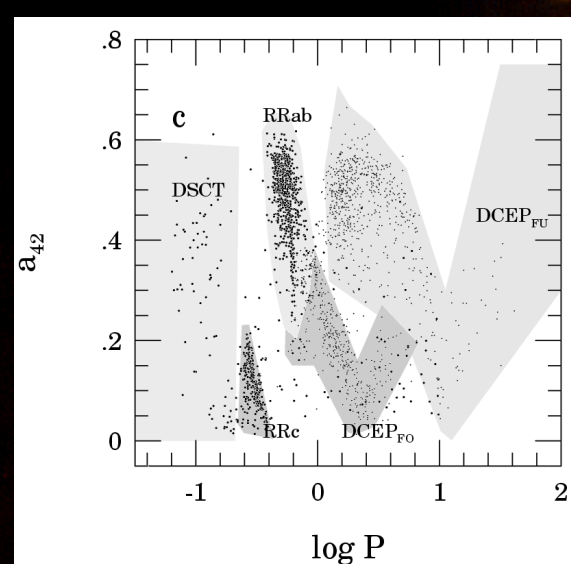
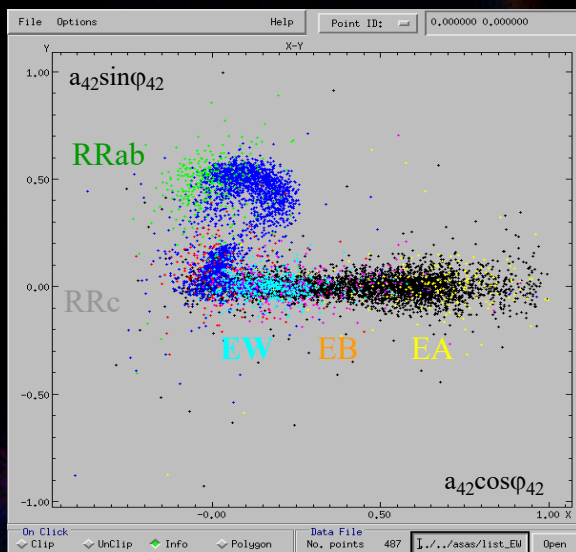
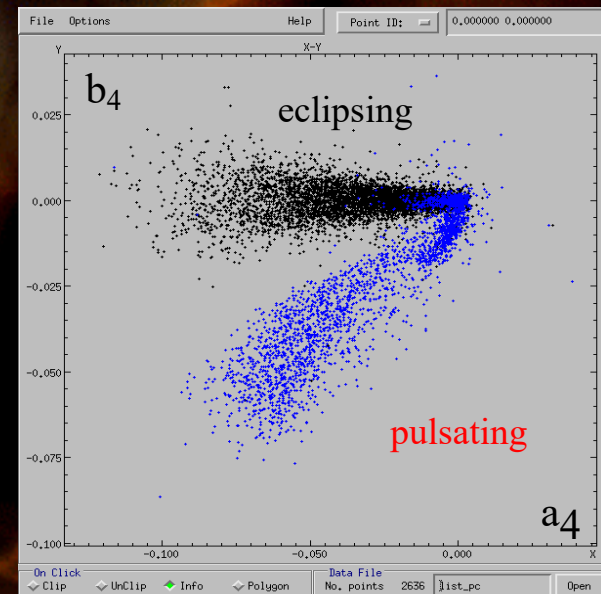
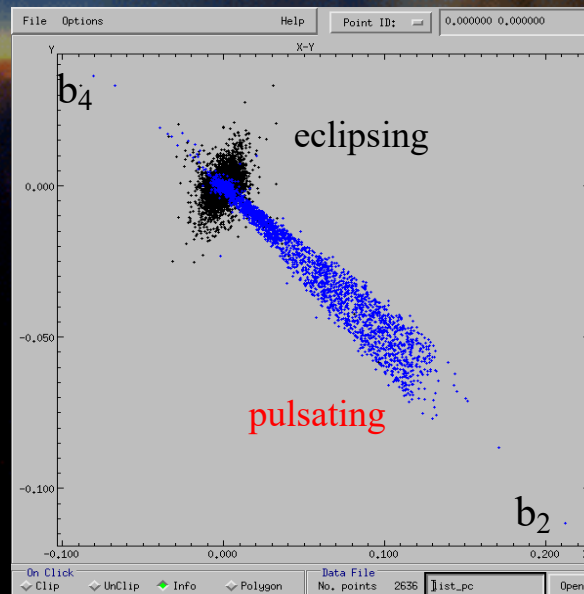
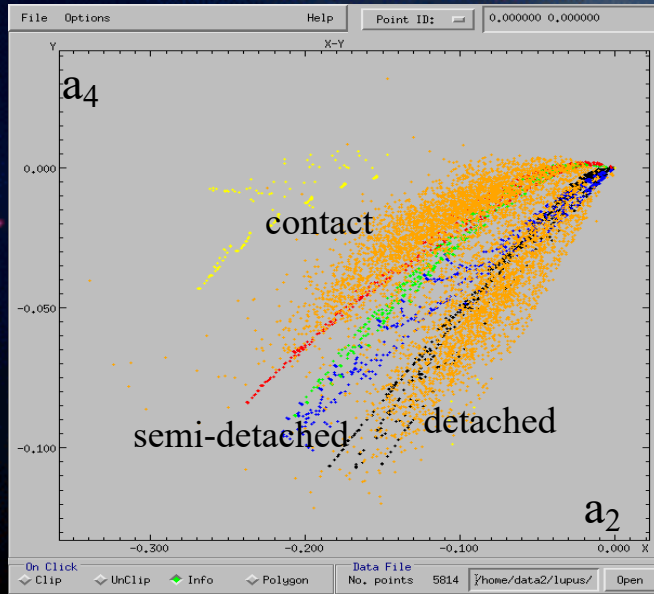
Poszukiwanie gwiazd zmiennych

- Półautomatyczne:
 - automatyczny wybór kandydatów
 - duża dyspersja krzywej blasku
 - przetestowano zaledwie 5% najbardziej zmiennych
 - pojedynczne odstające punkty
 - silny sygnał w widmie mocy
 - zmućna weryfikacja „oczna”
 - automatyczna klasyfikacja ściśle okresowych krzywych blasku.

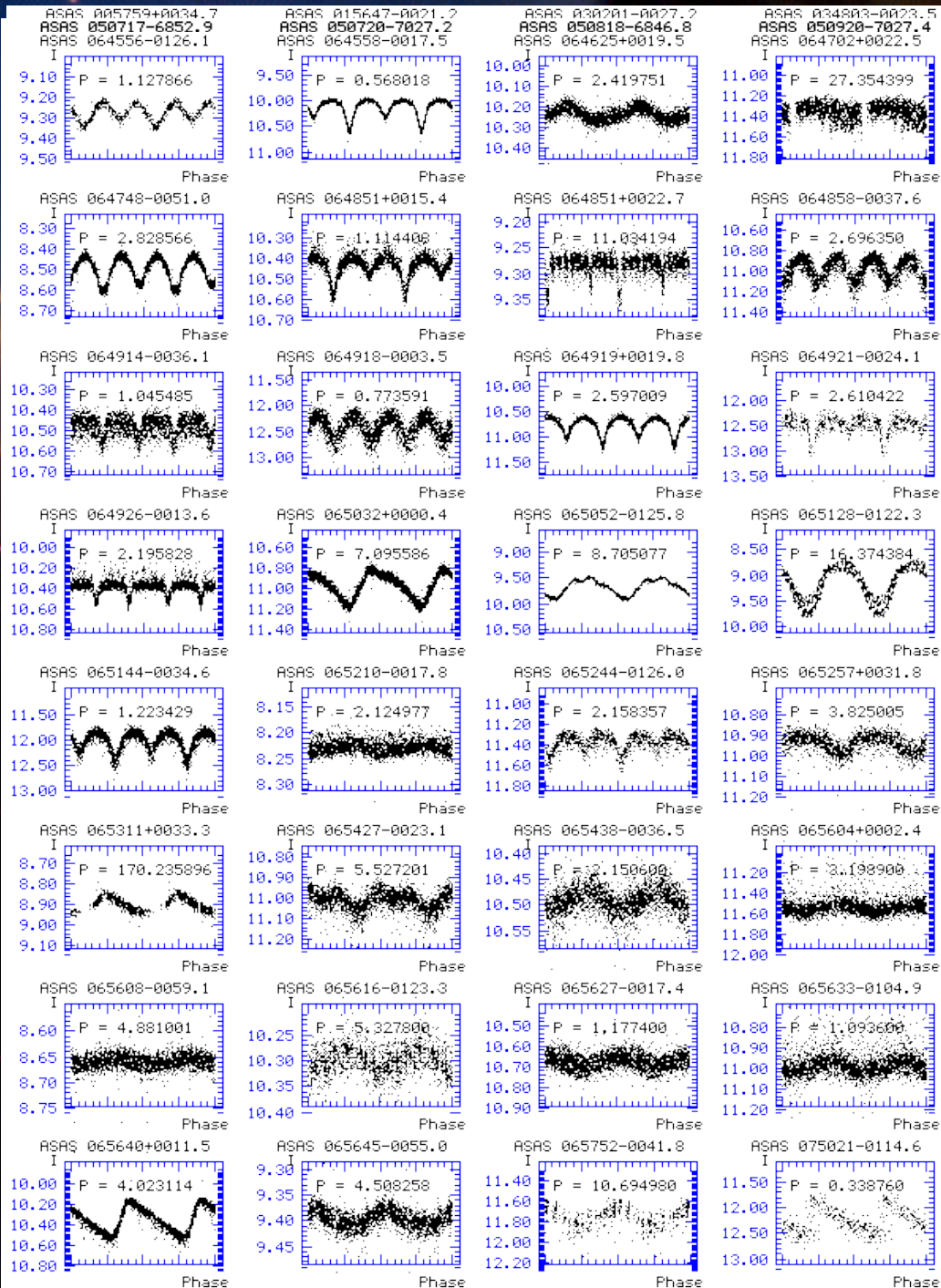
Automatyczna klasyfikacja krzywych blasku

- Zmienne okresowe
 - okres (AoV), ...
 - wsp. Fouriera dla sfazowanej krzywej
- Zmienne nieregularne
 - analiza falkowa
 - schematy (np. mikrosoczewkowanie, wybuch)

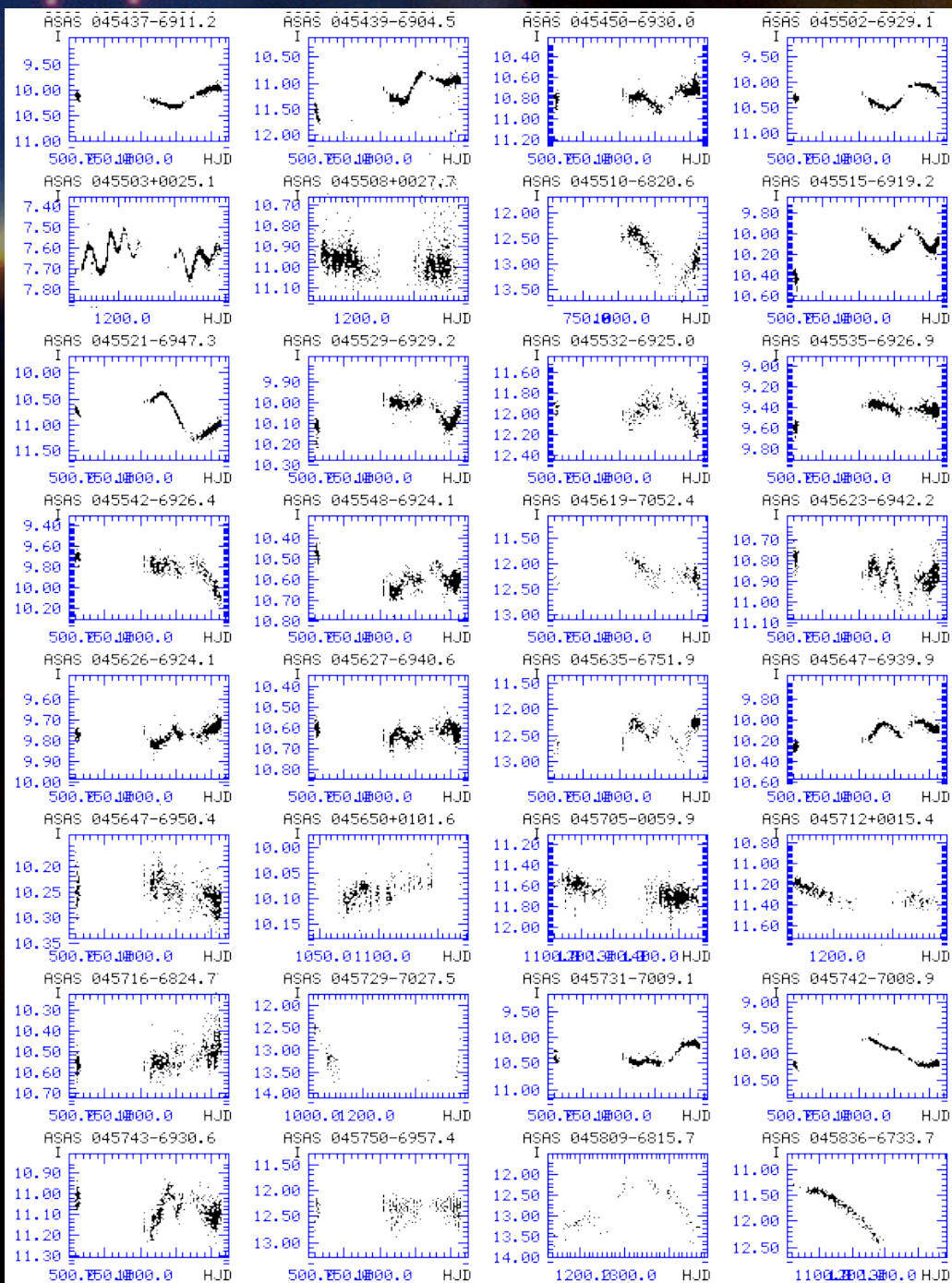
Automatyczna klasyfikacja krzywych blasku



Zmienne okresowe



Zmienne nieregularne



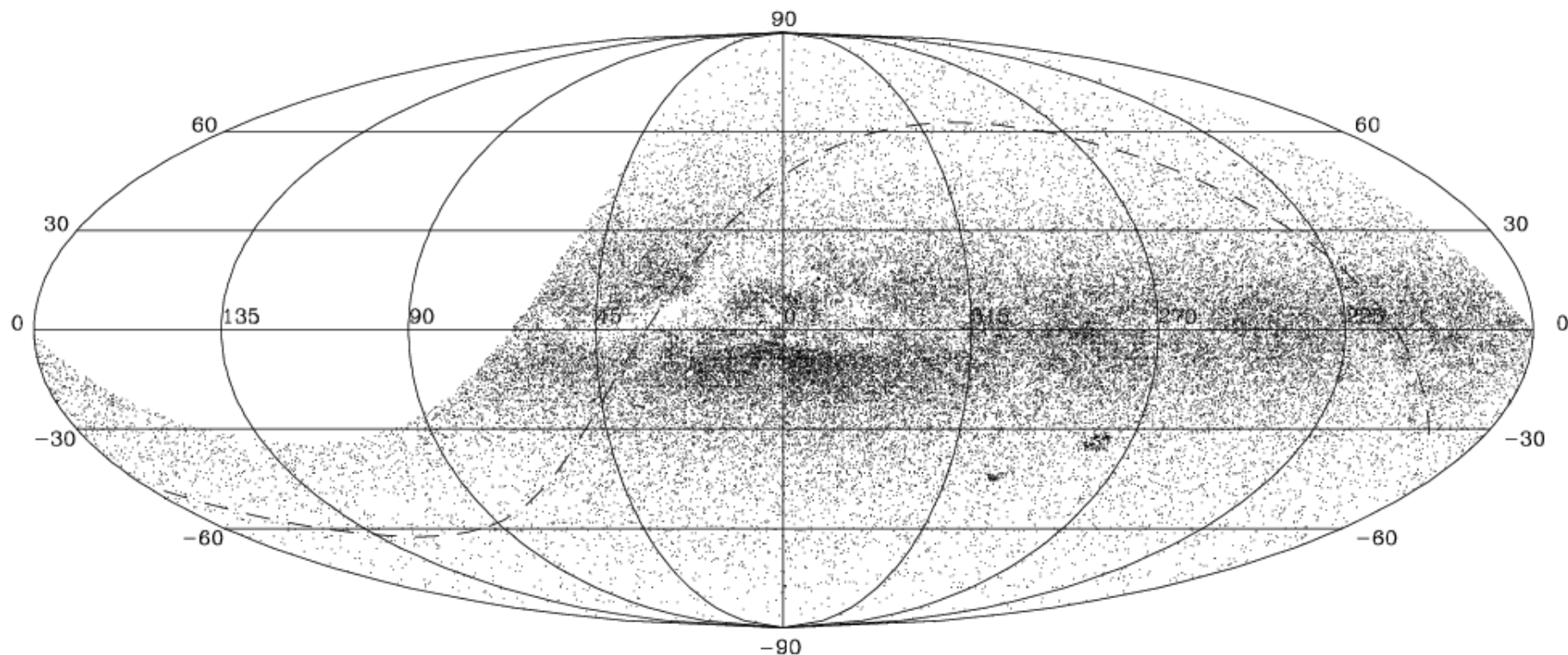
Gwiazdy zmienne na 75% nieba: 0^h - 24^h , $\delta < +28^\circ$

Typ	Liczba
MIRA	2895
DCEP	1176
DSCT	1272
CW, ACV, BCEP	354, 130, 39
RRAB	1455
RRC	757
ED	2757
ESD	2598
EC	5384
MISC	30932
Suma	50124

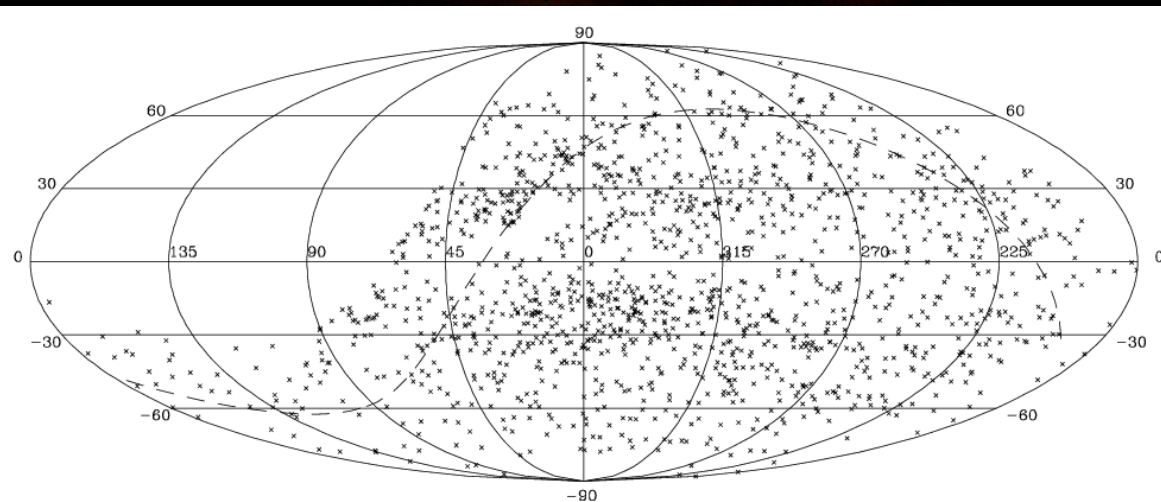
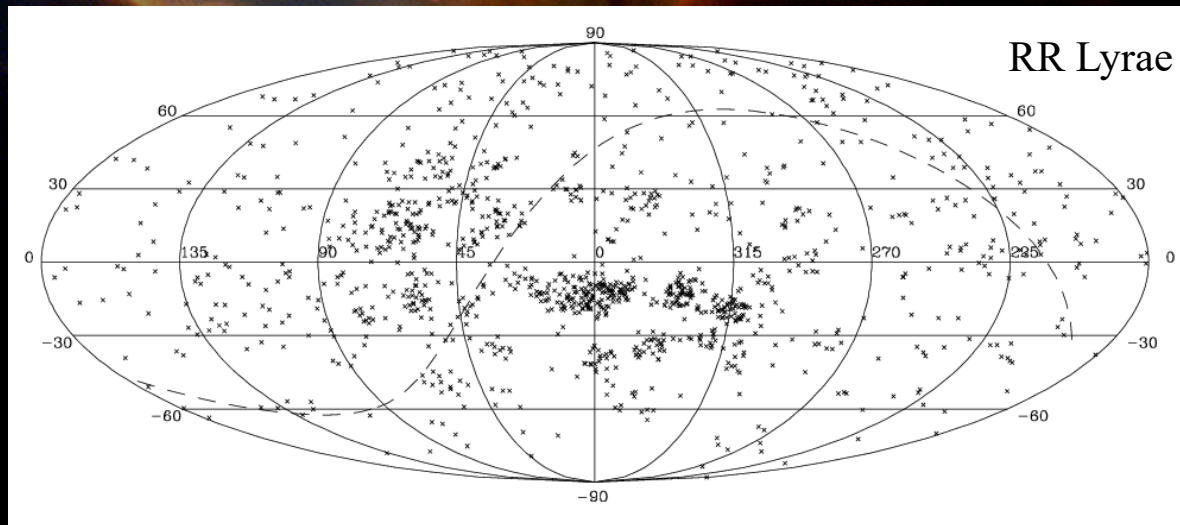
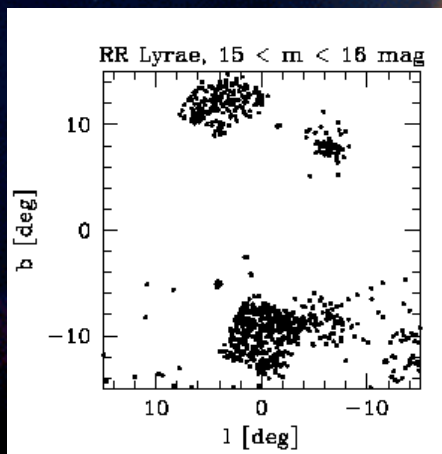
ASAS vs. GCVS

Typ	znanych wcześniej
MIRY	79 %
DCEP	42%
DSCT	6%
RRAB	52%
RRC	17%
ED	31%
ESD	17%
EC	11%
średnio	20%

Gwiazdy zmienne ASAS

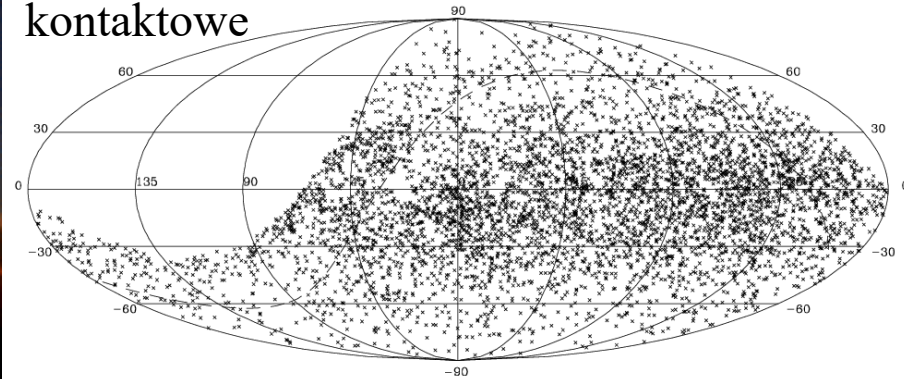


Paczyński 1996 - 12-th IAP Coll: The Future of the Massive Variability Searches

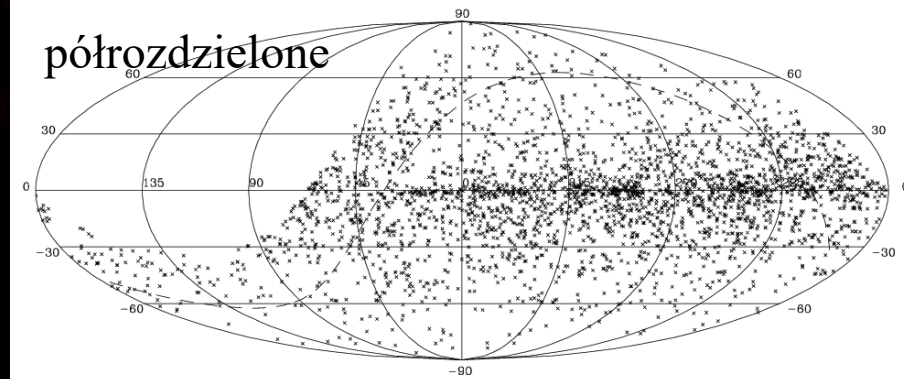


Zaćmieniowe

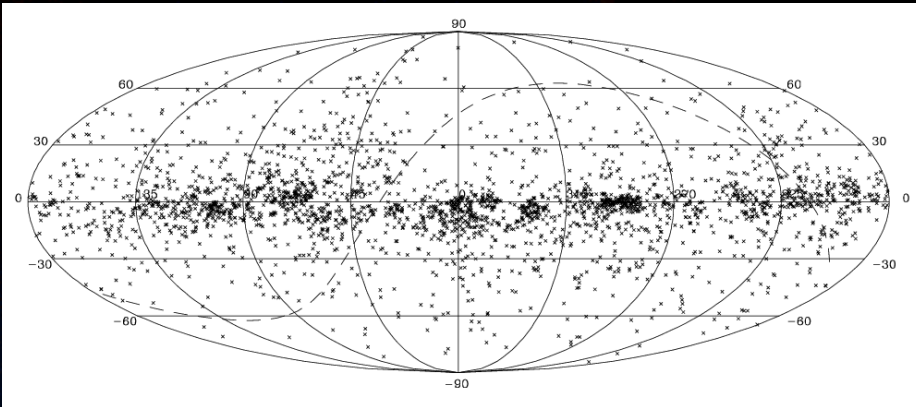
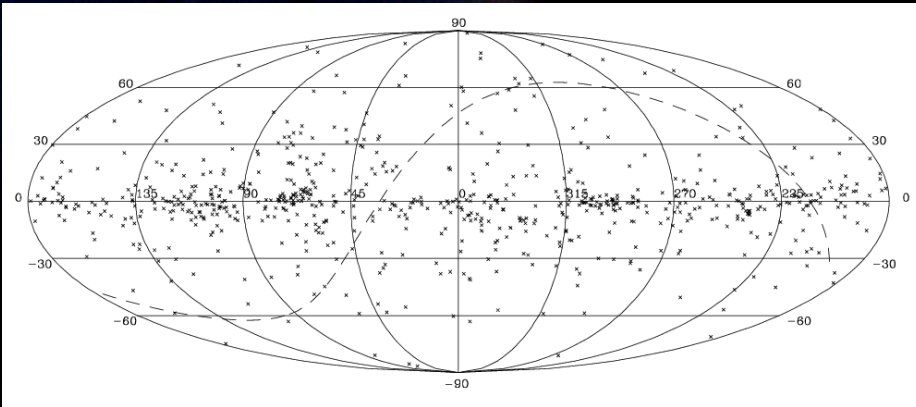
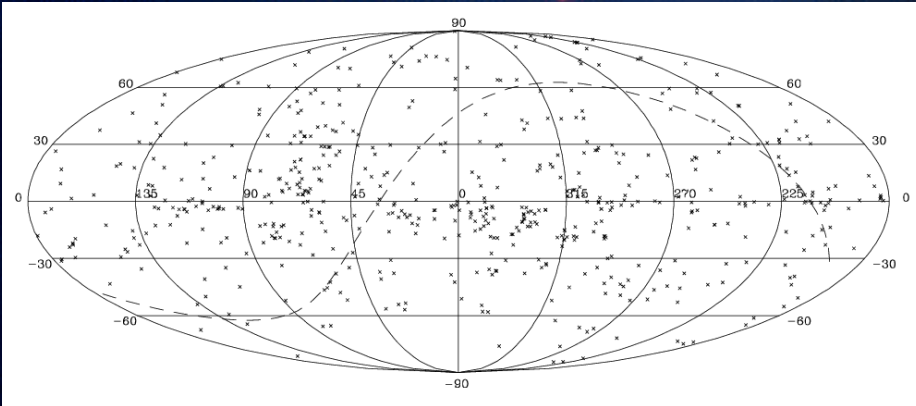
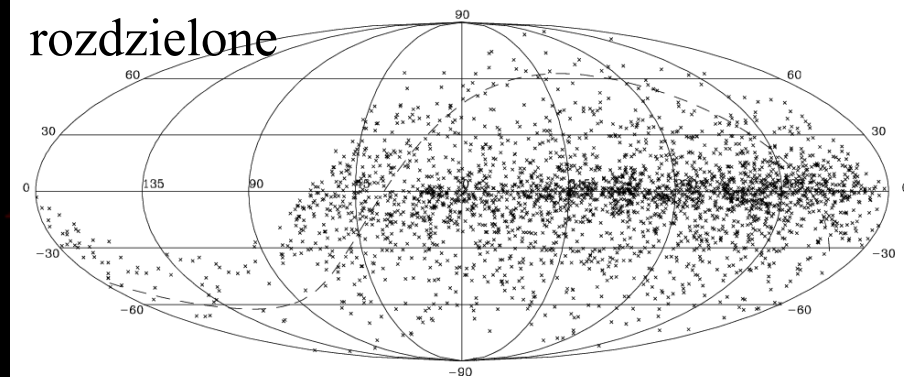
kontaktowe



półrozdzielone

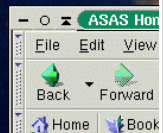


rozdzielone



Poszukiwanie gwiazd zmiennych

- Dotychczas zbadano tylko 5% gwiazd
- Katalog gwiazd zmiennych ASAS:
 - zawiera ponad 50,000 obiektów, 80% nowych
 - gotowe:
 - $\text{DEC} < +28^\circ$
 - do zrobienia:
 - małe amplitudy (sprawdzić pozostałe 95% danych ...)
 - uzupełnienia dla $0^{\text{h}} < \text{RA} < 12^{\text{h}}$ (nowe pomiary)



The All Sky Automated

[Home Poland - U](#)
[History ASAS-3](#)
[Highlights](#)

[Alert Service Pa](#)

Photometric Cal
 Search: [V-band](#)
 Atlas: [V-band I](#)

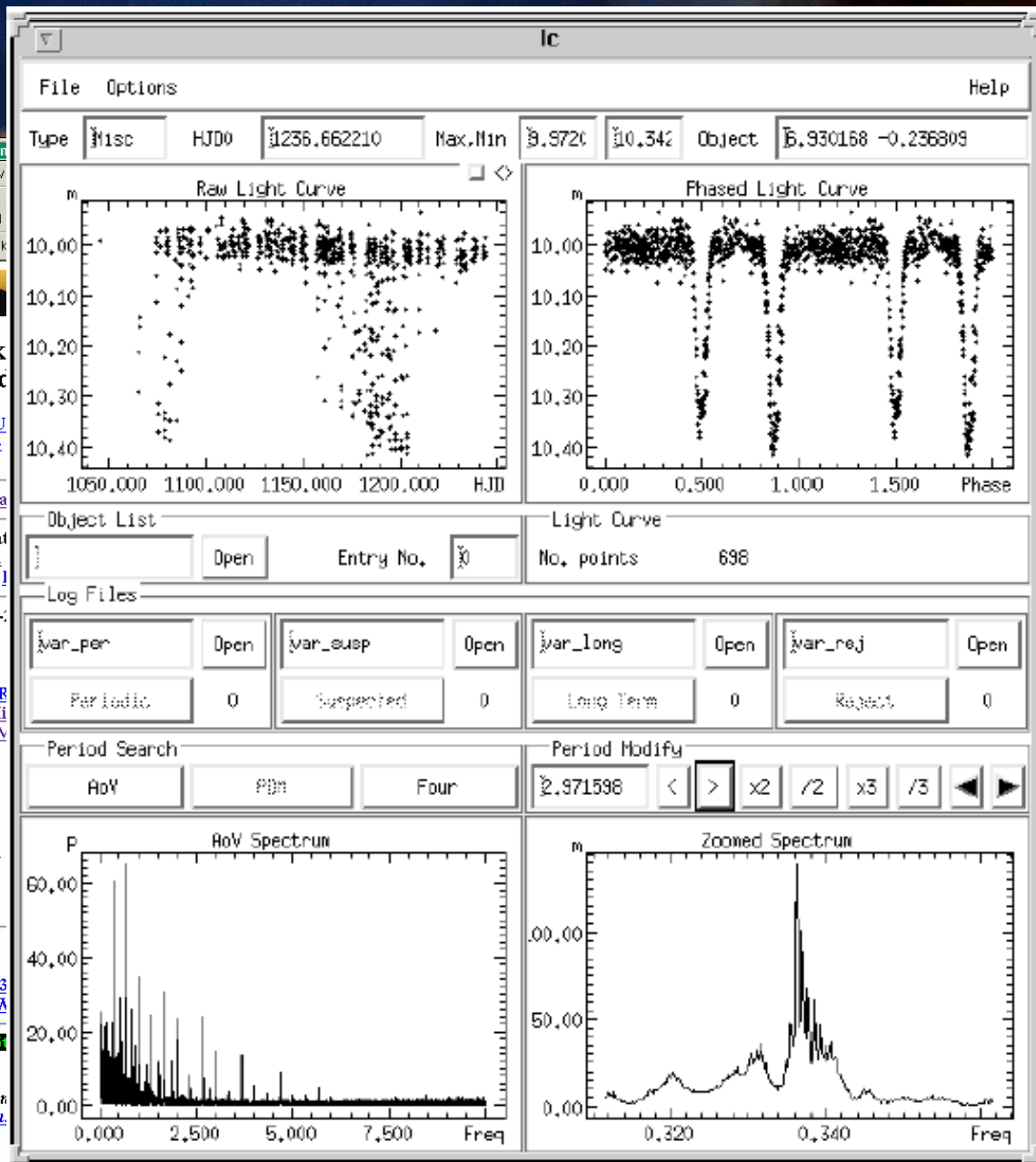
ASAS-3 (V) Obj:
[Variables](#)
[- All \(2MB\)](#)
[- Ec Ecd Ed](#)
[- DSCT RRc RR](#)
[- DCEP CW, Mi](#)
[- ACV, BCEP, N](#)
[- Gallery](#)
 ASAS-2 (I)
[Variables](#)
[- Periodic](#)
[- Miscellaneous](#)
[- Old Variables](#)
[- Gallery](#)

[Erratum](#)

[Papers, Credit](#)
[Download](#)
[Live Cam 1, 2, 3](#)
[LCO sky WWW](#)

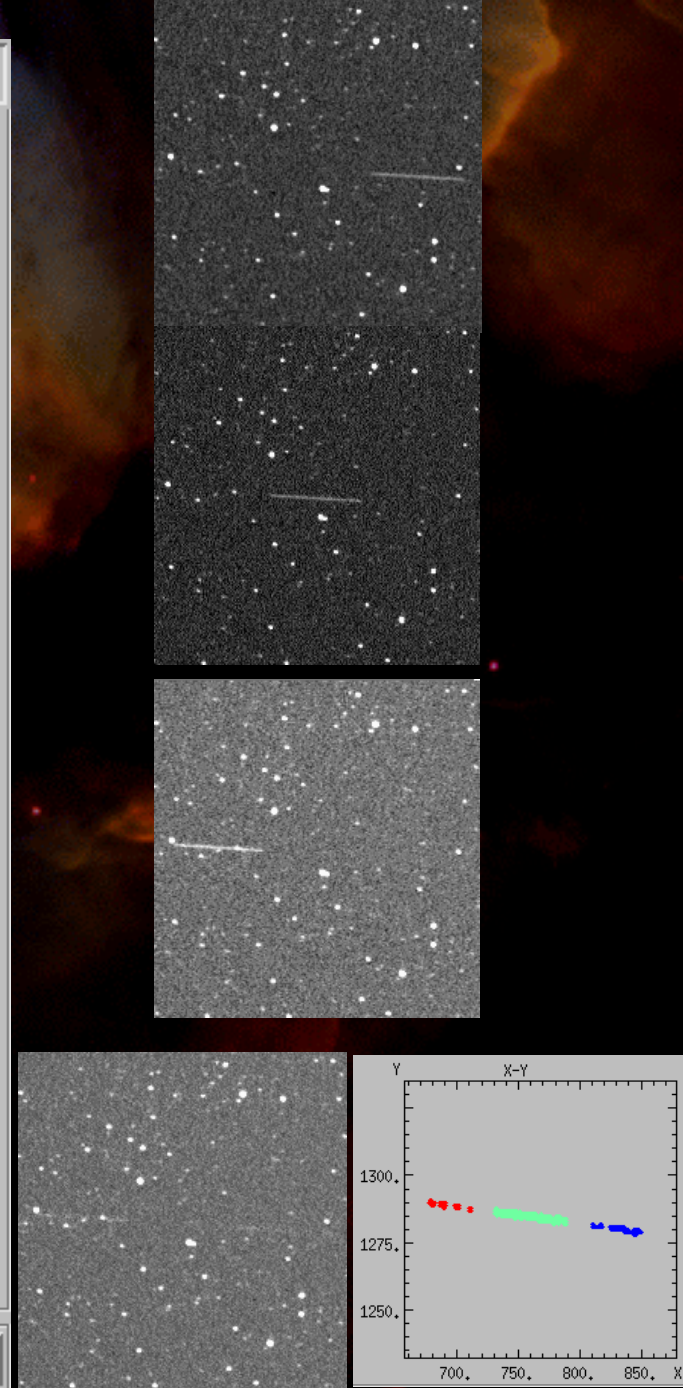
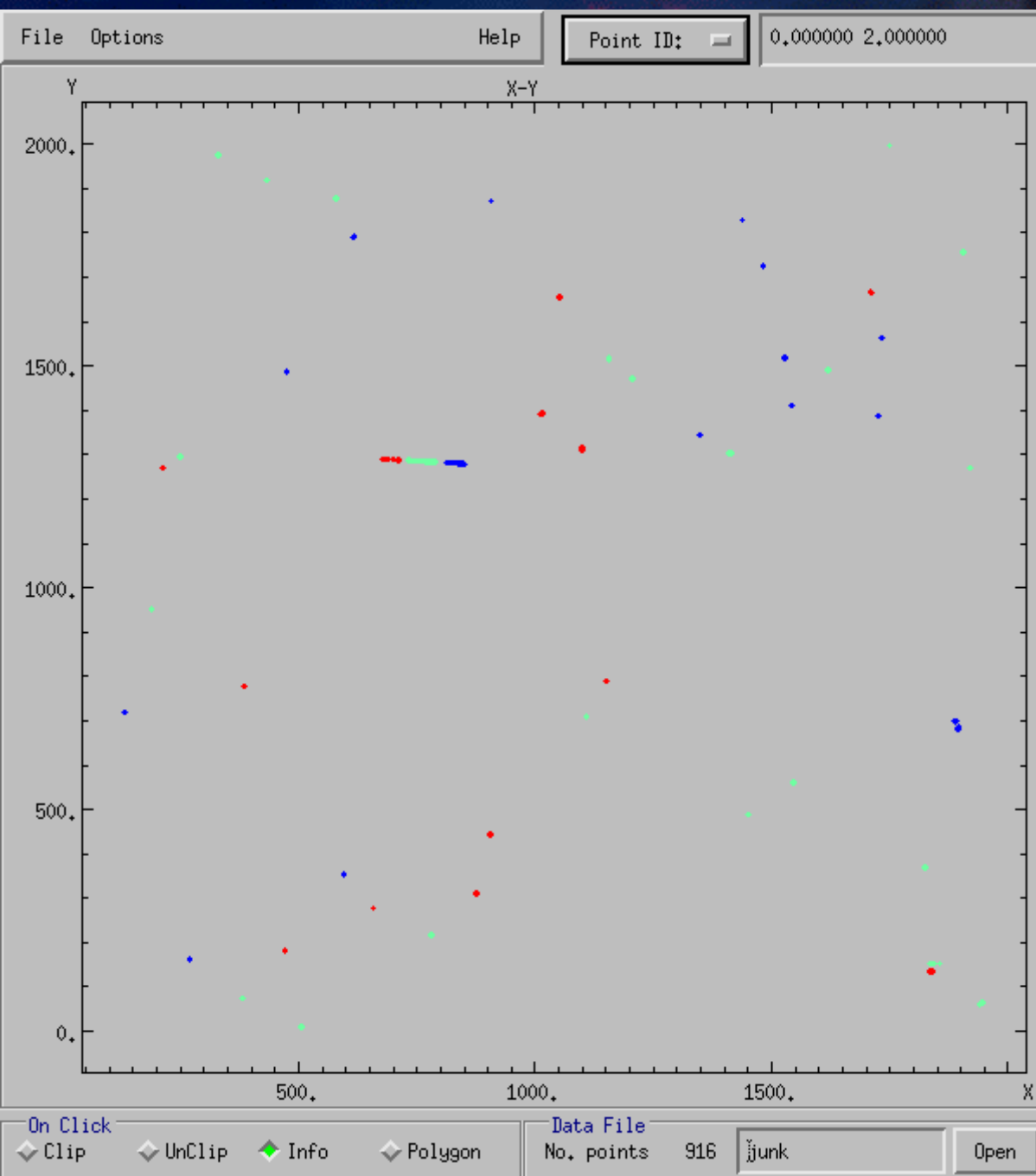
You are **33795**
 ASAS pages

Grzegorz Pojman
gp@astrow.edu

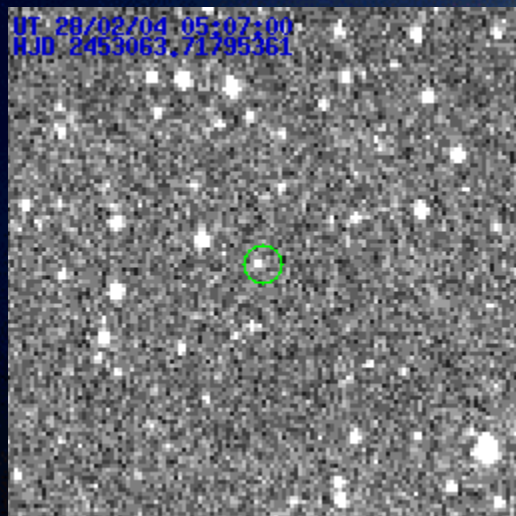


System Alertów ASAS

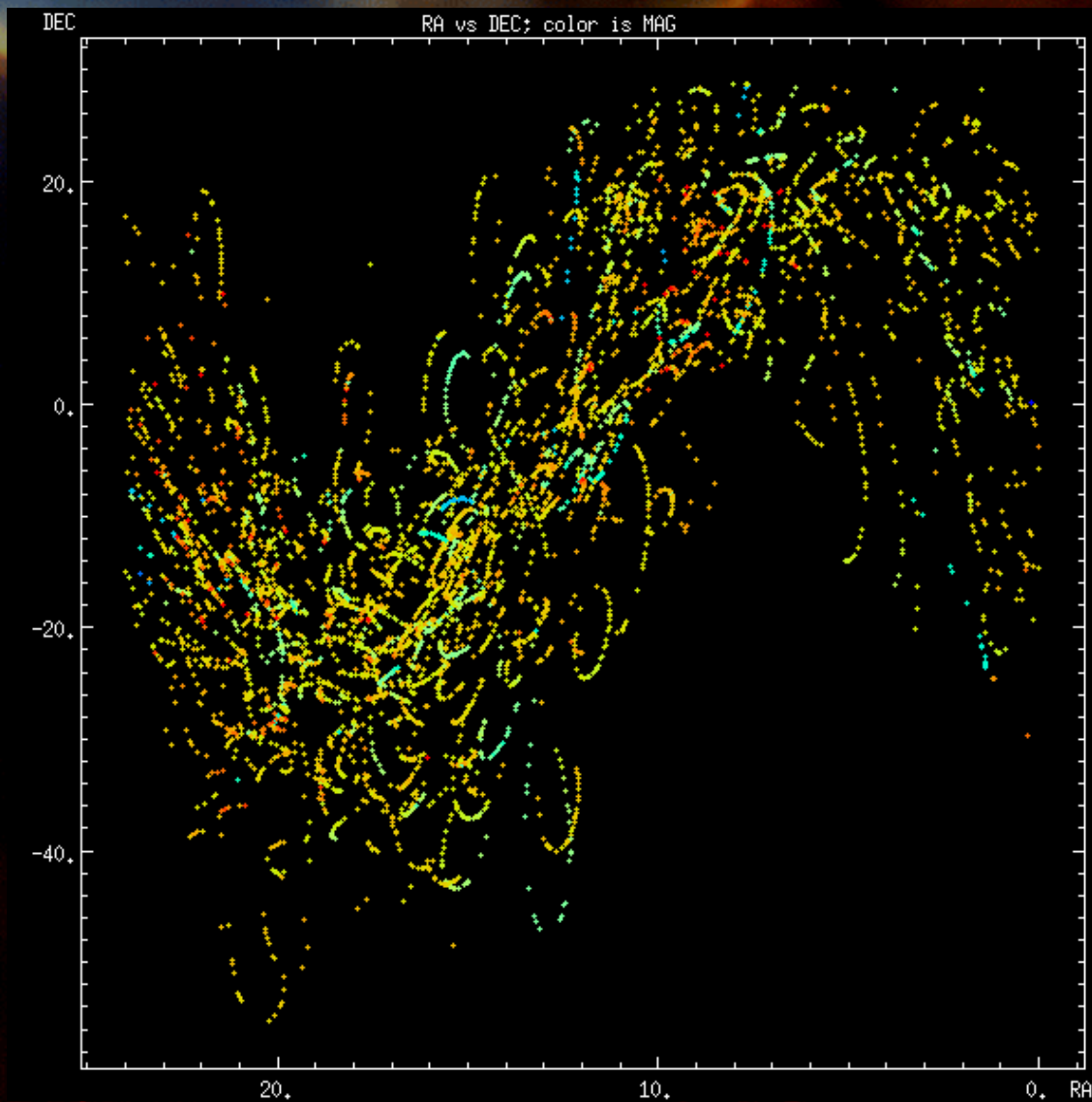
- obserwacje:
 - 3 x 1 minuta
 - *reject-shift-reject-add*
 - wykorzystuje niedoskonałe prowadzenie
 - tworzy *mapy* zdarzeń (*cosmic rays*, satelity, itp.)
- wyzwalamie alertów
 - przejściowe *hot pixels*
 - *ghosts*, refleksy
 - znane asteroidy, komety
 - gwiazdy bliskie (*blends*)
 - prawdziwe zjawiska:
 - gwiazdy nowe, nowe karłowate, gwiazdy zaćmieniowe, Miry



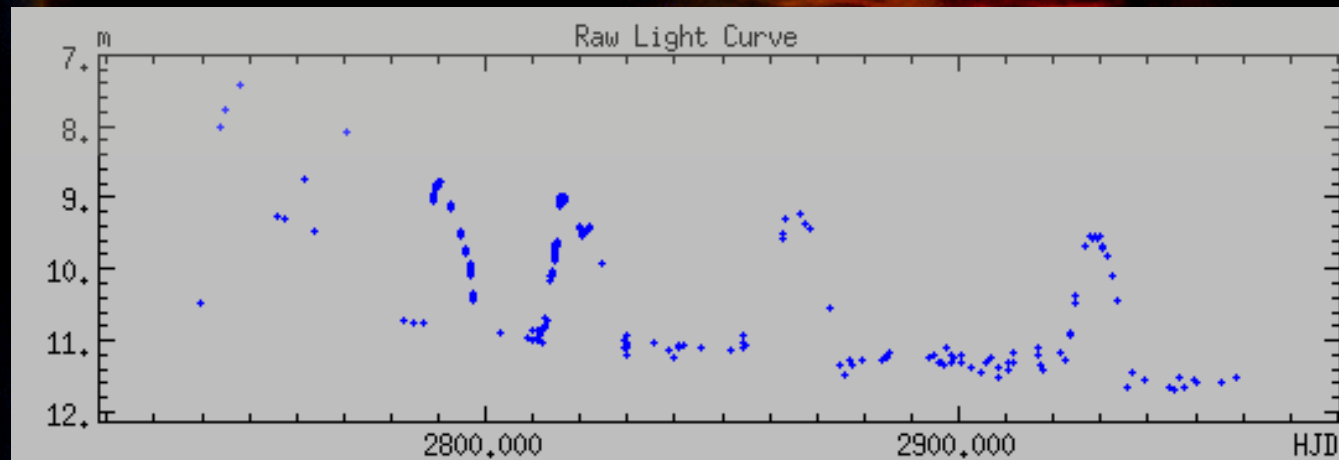
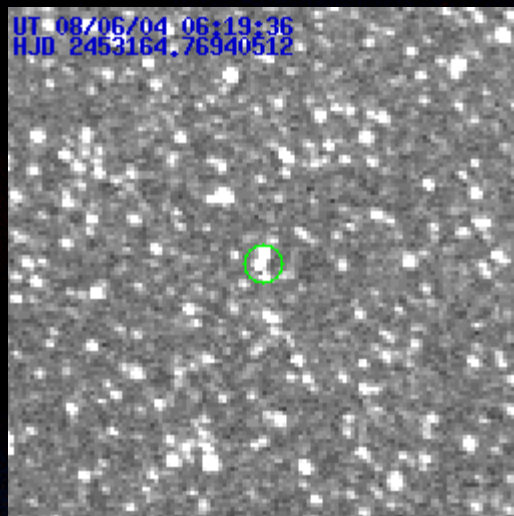
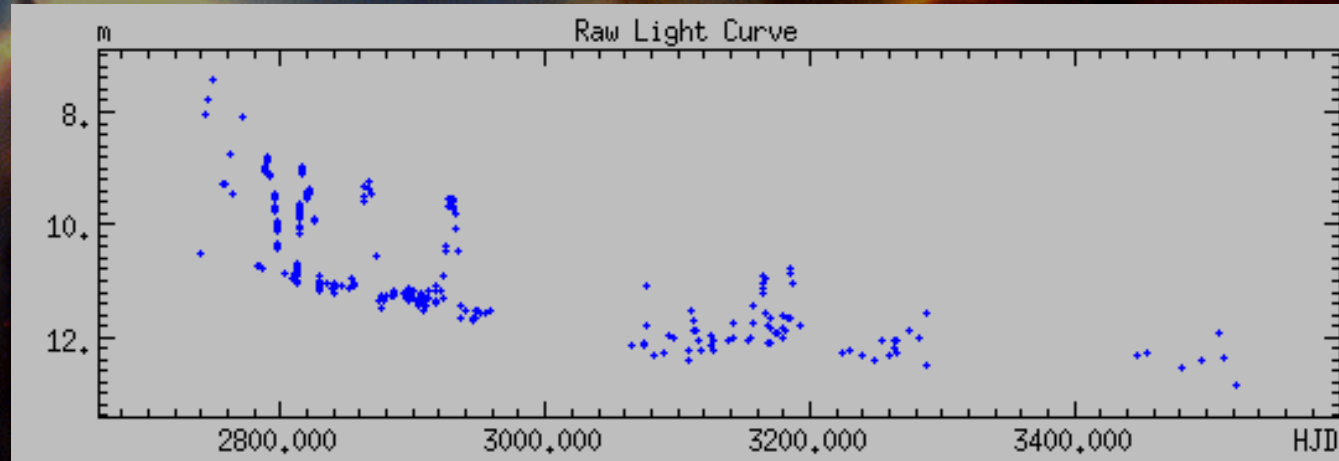
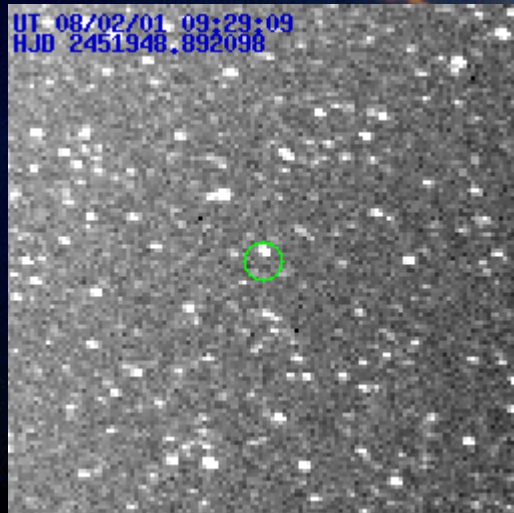
Asteroidy



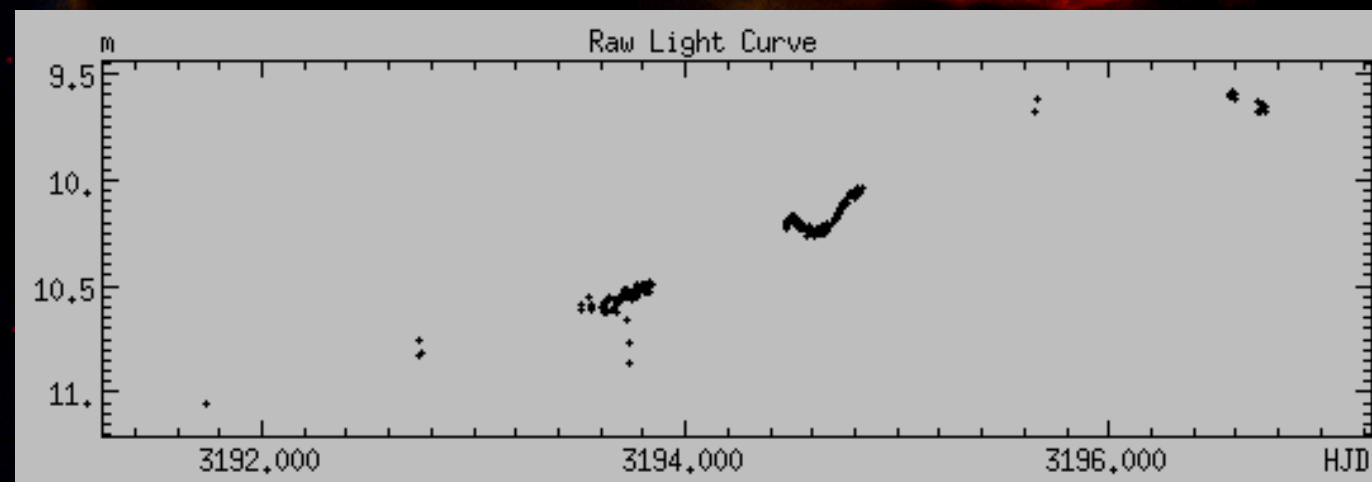
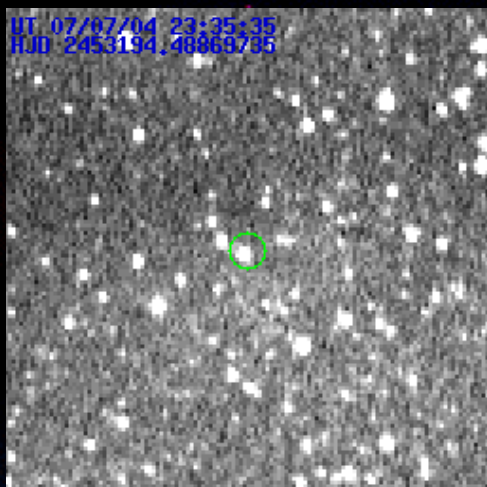
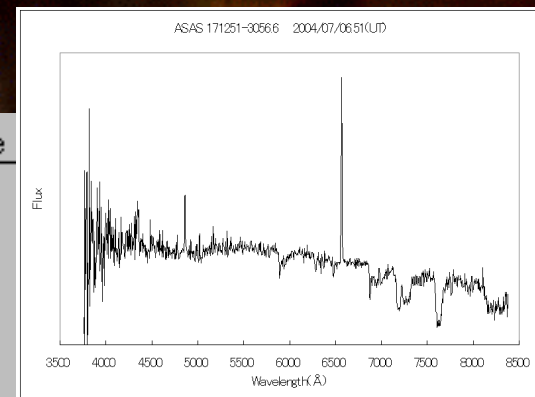
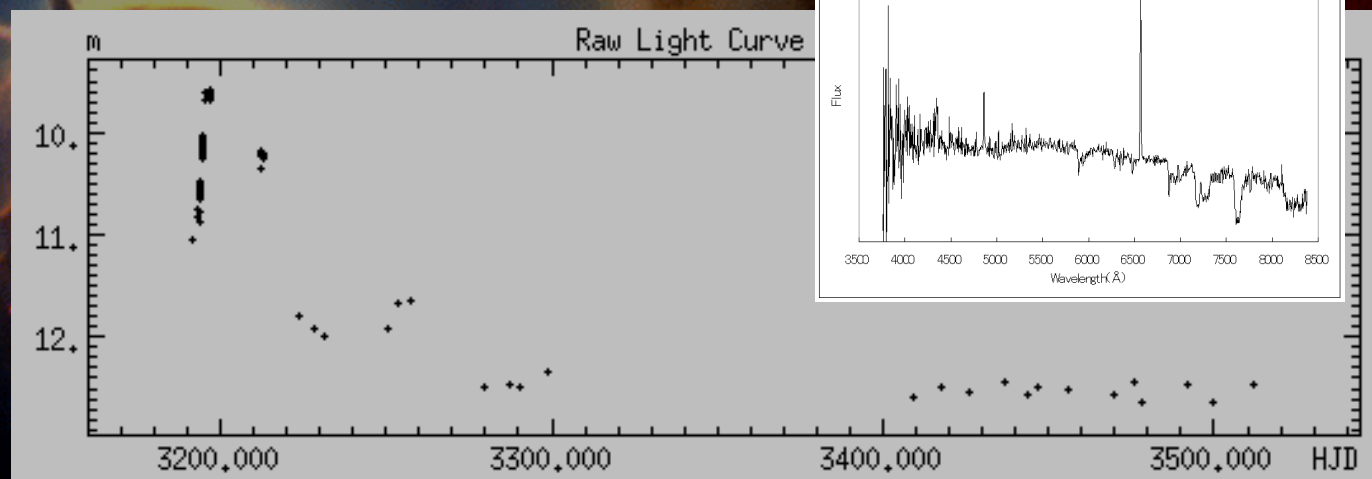
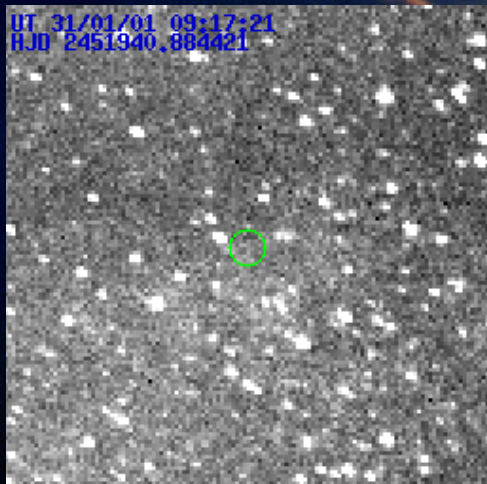
(170)Maria



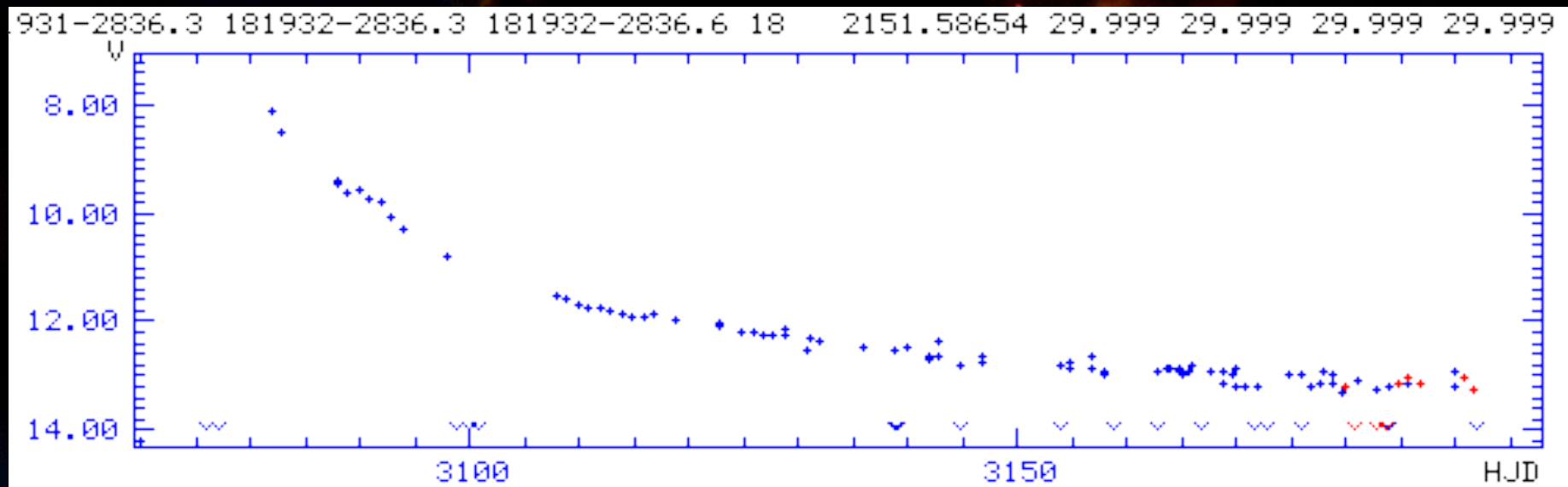
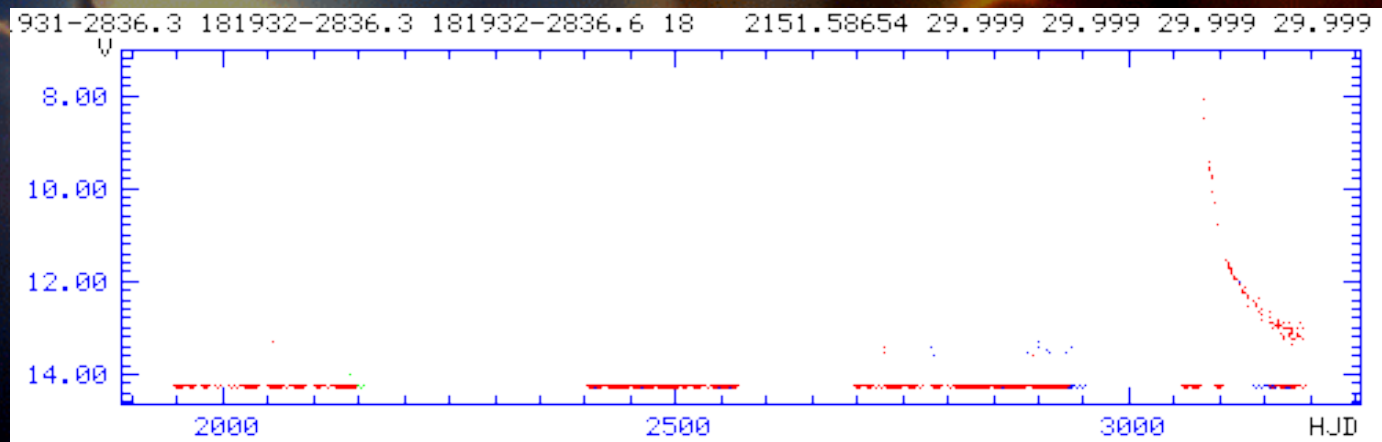
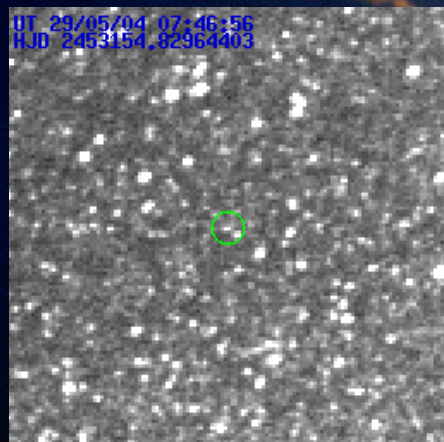
ASAS 184002-3327.0



ASAS 171251-3056.6 (Nova)



ASAS 181932-2836.6 (Nova)



C/2004 R2 (ASAS)



<http://www.bellatrixobservatory.org/c2004q2c2004r2.html>

New comet (C/2004 ??)
Mag: 9.7 Size: 2".5
Copyright - John Drummond
www.pasumobservatory.co.nz
41cm (16") f4.5 Meade SF Newt
Canon EOS 10D, FOV = ca 50" x 22"
20 x 1 minute exp @ 1600 ASA
Processed with IP & PS (slight crop)
Thurs 09.09 September 2004



C/2004 R2 (ASIS)
Mag: ~8.4 Size: ~3"
Copyright - John Drummond
www.pasumobservatory.co.nz
41cm (16") f4.5 Meade SF Newt
Canon EOS 10D, FOV = ca 15" x 10"
7 x 1 minute exp @ 1600 ASA
Processed with IP & PS (severe crop)
Thurs 16.70 September 2004 (UT)
Note the slight ~3" tail in PA of 243°



Kometa C2006 A1





The All Sky Automated Survey

[Nova Sgr 2006](#)
[RS Oph outburst!](#)
[Nova Oph 2006](#)
[Comet C/2006 A1 \(Pojmanski\)](#)

[Home Poland - USA](#)
[History ASAS-3](#)
[Highlights](#)

Alert Service Page

Photometric Catalog
 Search: [V-band](#) [I-band](#)
 Atlas : [V-band](#) [I-band](#)

ASAS-3 (V) south of +28

[Variables](#)
[- All \(2MB\)](#)
[- Ec Esd Ed](#)
[- DSCT RRc RRab](#)
[- DCEP CW, Miras](#)
[- ACV, BCEP, Misc](#)
[- Gallery](#)
[ACVS on-line](#)

ASAS-2 (I)

[Variables](#)
[- Periodic](#)
[- Miscellaneous](#)
[- Old Variables](#)
[- Gallery](#)

Erratum

[Papers, Credit](#)
[Download](#)
[Live Cam 1, 2, 3 Stat](#)
[LCO sky ground space](#)
[WWW Links](#)

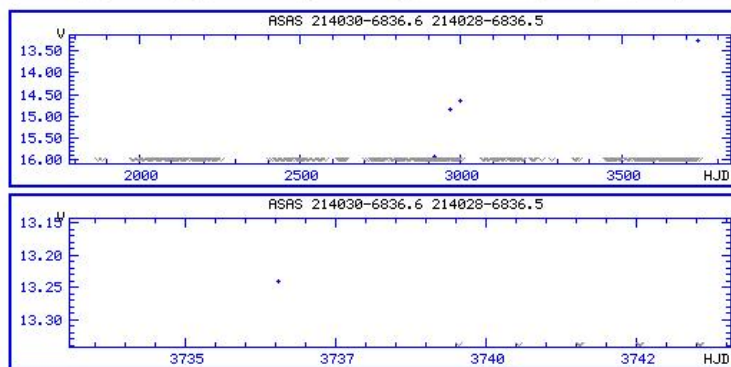
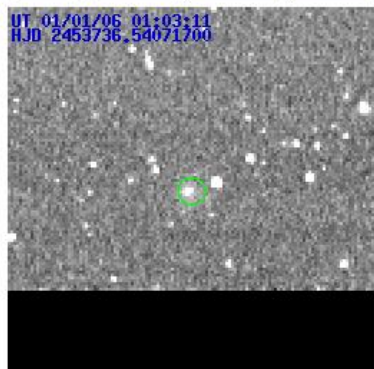
You are **47731st** visitor to the ASAS pages

[Grzegorz Pojmanski / gp@astrouw.edu.pl](#)

ASAS 214028-6836.5 Light Curve (asas3)

[test 193.0.88.33] [193.0.88.152 :0] [193.0.88.33 :1] [193.0.88.15 :0] [193.0.88.68 :0] [193.0.88.73 :0] [212.87.13.68 :0] [213.76.44.75 :0] [213.76.46.228 :0] [213.76.47.160 :0] [217.98.240.29 :0] [owner: 1]

GetData Map Image DSS USNO 2MASS SIMBAD ROSAT
 Junk Reject Badpix BadAll Ghost? Ghost Flash? Flash GetDet ReObs Gone
 New Check Double moon MPC? Moving Comet? Comet Var Orphan Clean

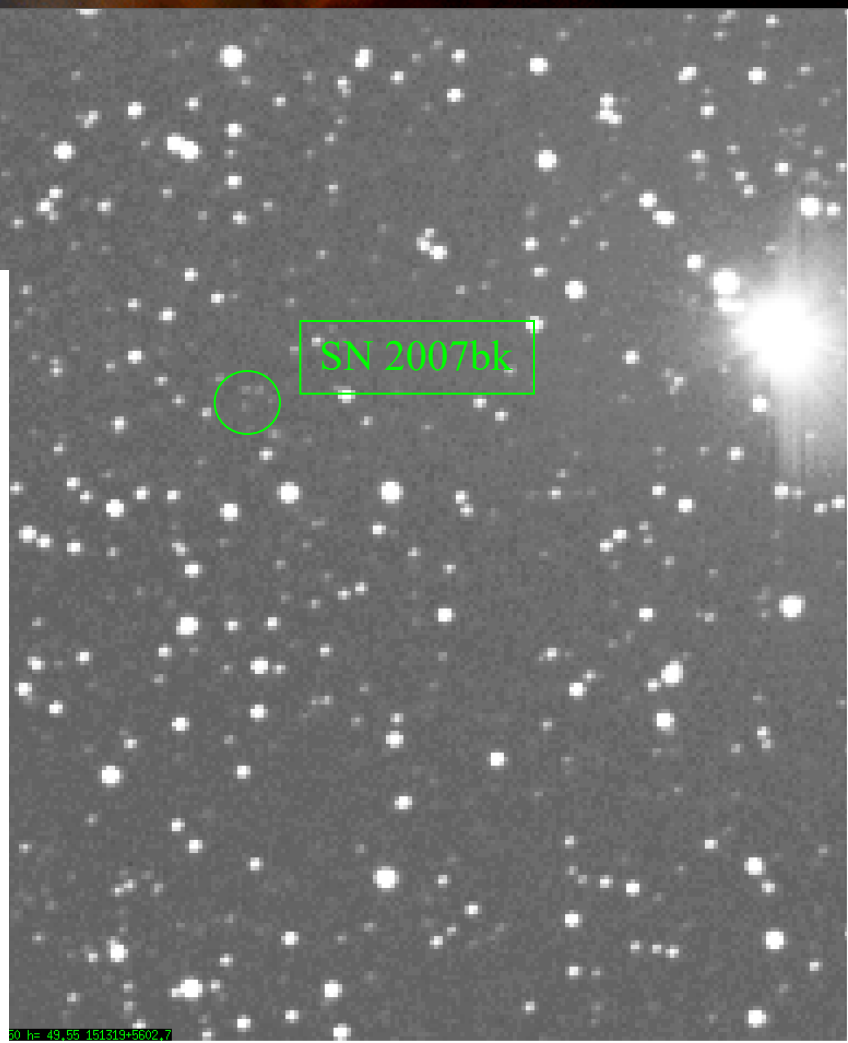
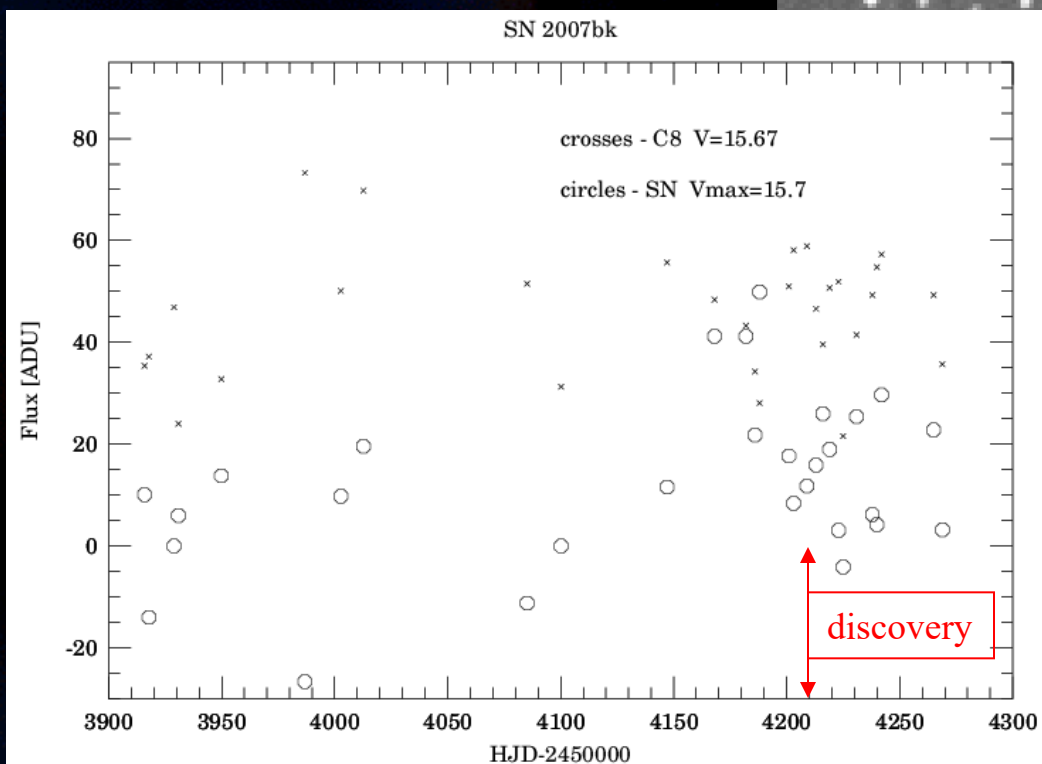


ASAS Raw Alerts

IMG	OLD	Ju	Bp	ID	XC	YC	Status	V	HJD	Type	Frame	Field	Reload	Check_All
IMG	OLD	Ju	Bp	-	(2000)	(2000)		[mag]	[days]					
		☐	☐	214028-6836.5	1532.8	35.1	New_Comet	12.46	2453736.540717	AL1	bv172317	F2200-64_058		
		☐	☐	175852-3647.6	1107.8	84.9	Nova	9.21	2453786.811082	AL1	bv178761	F1800-32_188		
		☐	☐	175852-3647.6	1054.8	84.0	Nova	9.22	2453786.813510	AL2	bv178762	F1800-32_188		
		☐	☐	175852-3647.6	1053.9	82.8	Nova	9.23	2453786.817642	AL2	bv178763	F1800-32_188		
		☐	☐	110109+0406.4	1628.8	316.2	susp	12.70	2453788.743038	AL1	bv179010	F1112+08_399		
		☐	☐	175852-3647.6	1107.8	84.9	Nova	9.21	2453786.811082	AL1	bv178761	F1800-32_188		

Bliskie supernowe

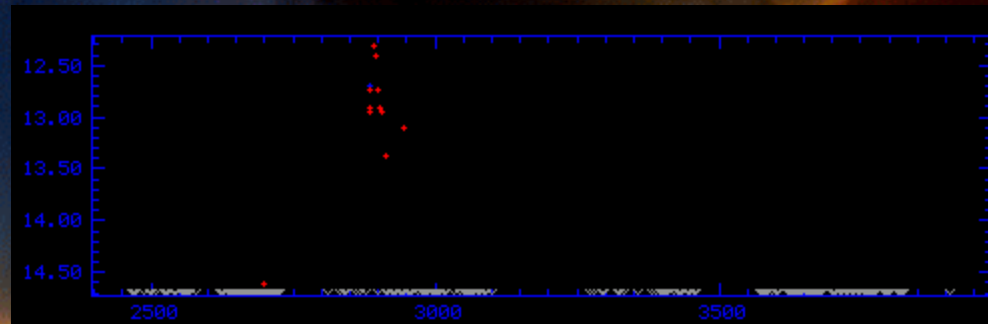
- SN 2007bk $V_{\text{max}} \sim 15.7$ mag
- Odkrycie - 18 Apr 2007
- ASAS - 06-26 Mar 2007



Supernowe w bliskich galaktykach

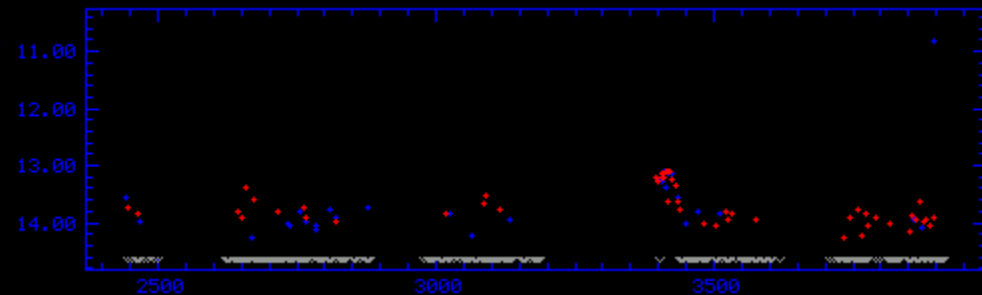
- SN 2003hv

- obserwowana 2883.85 @ 12.9 (9 dni przed odkryciem)



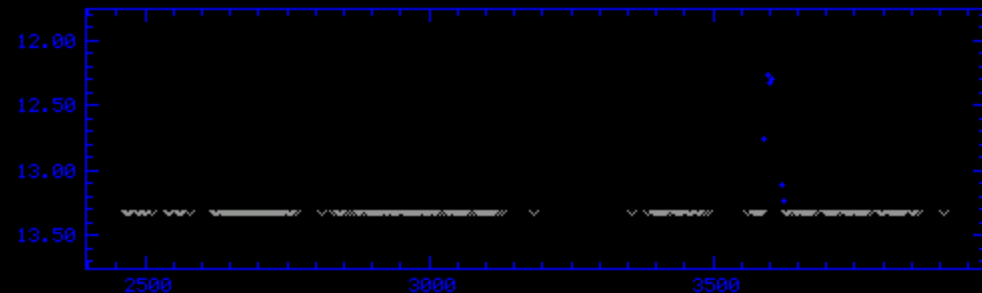
- SN 2005af

- obserwowana 3394.86 @ 13.2 (16 dni przed odkryciem)



- SN 2005df

- obserwowana 3590.88812 @ 12.76 (3 dni przed odkryciem),





The All Sky Automated Survey

[Nova Sgr 2006](#)
[RS Oph outburst!](#)
[Nova Oph 2006](#)
[Comet C/2006 A1 \(Pojmanski\)](#)

[Home Poland - USA](#)
[History ASAS-3](#)
[Highlights](#)

[Alert Service Page](#)

Photometric Catalog
 Search: [V-band](#) [I-band](#)
 Atlas : [V-band](#) [I-band](#)

ASAS-3 (V) south of +28

[Variables](#)
 - [All \(2MB\)](#)
 - [Ec](#) [Esd](#) [Ed](#)
 - [DSCT](#) [RRc](#) [RRab](#)
 - [DCEP](#) [CW](#) [Miras](#)
 - [ACV](#) [BCEP](#) [Misc](#)

- [Gallery](#)
[ACVS on-line](#)

ASAS-2 (I)
[Variables](#)
 - [Periodic](#)
 - [Miscellaneous](#)
 - [Old Variables](#)
 - [Gallery](#)

[Erratum](#)

[Papers, Credit](#)
[Download](#)
[Live Cam 1, 2, 3 Stat](#)
[LCO sky ground space](#)
[WWW Links](#)

You are **47731st** visitor to
 the ASAS pages

[Grzegorz Pojmanski](#) /
gp@astrouw.edu.pl

ASAS Highlights

Facts

- **Sky coverage:** south of +28 deg
- **Coverage rate:** once in 1-3 days.
- **Number of stars observed:** approx. 15 million.
- **Number of detected variables:** approx. 50,000.
- **Number of new variables:** approx. 39,000.
- [The ASAS Catalog of Variable Stars](#)

Discoveries and independent detections

Hot

[Nova Oph 2006](#) = [ASAS 173313-2421.1](#) (ASAS discovery)
[New Dwarf Nova in Hydra](#) = [ASAS 102522-1542.4](#) (ASAS discovery)
[New Dwarf Nova in Cetus](#) = [ASAS 023322-1047.0](#) (ASAS discovery)
[New Comet](#) = [C/2006 A1](#) (ASAS discovery)

Comets

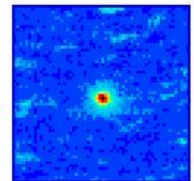
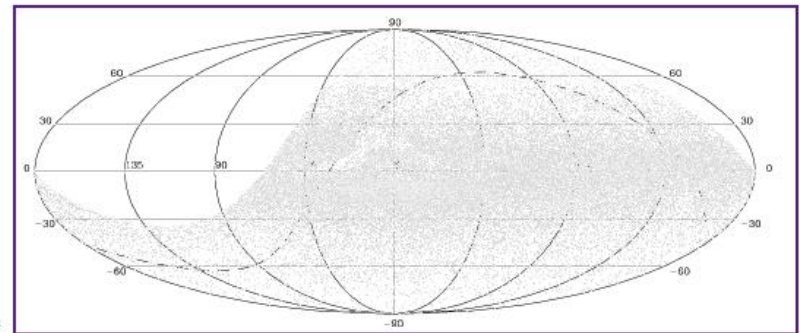
- [C/2004 R2 \(ASAS\) comet](#) (ASAS discovery)
- [C/2004 Q2 \(Machholz\)](#) (predisc. autom. detect.)
- [C/2006 A1 \(Pojmanski\)](#) (ASAS discovery)

Novae

- [V4745 Sgr](#) = [Nova Sgr 2003](#) = [ASAS 184002-3326.9](#) (predisc. obs.)
- [V5114 Sgr](#) = [Nova Sgr 2004](#) = [ASAS 181932-2836.6](#) (predisc. autom. detection)
- [V2574 Oph](#) = [Nova Oph 2004](#) = [ASAS 173845-2328.3](#) (predisc. autom. detection)
- [V1186 Sco](#) = [Nova Sco 2004](#) = [ASAS 171251-3056.6](#) (ASAS discovery)
- [V1188 Sco](#) = [Nova Sco 2005](#) = [ASAS 174422-3416.5](#) (ASAS discovery)
- [Nova SMC](#) = [ASAS 011500-7325.6](#) (predisc. autom. detect.)
- [V1663 Aql](#) = [Nova Aql 2005](#) = [ASAS 190512+0514.2](#) (ASAS discovery) [image](#): Arto Oksanen [spectrum](#): Fujii Bisei Observatory
- [V382 Nor](#) = [Nova Nor 2005](#) = [ASAS 161945-5134.9](#) (predisc. obs.)
- [V378 Ser](#) = [Nova Ser 2005](#) = [ASAS 174924-1300.0](#) (ASAS discovery)
- [V5115 Sgr](#) = [Nova Sgr 2005](#) = [ASAS 181700-2556.4](#)
- [SN 2005df](#) in [NGC 1559](#) = [ASAS 041739-6246.3](#)
- [V477 Set](#) = [Nova Set #2 2005](#) = [ASAS 183843-1216.3](#) (ASAS discovery)
- [V476 Set](#) = [Nova Set 2005](#) = [ASAS 183205-0643.6](#) (predisc. obs.)
- [V1047 Cen](#) = [Nova Cen 2005](#) = [ASAS 132050-6237.8](#) (predisc. obs.)
- [V5116 Sgr](#) = [Nova Sgr #2 2005](#) = [ASAS 181751-3026.5](#)
- [Nova Oph 2006](#) = [ASAS 173313-2421.1](#) (ASAS discovery)

Dwarf Novae (new)

- [ASAS 023322-1047.0](#) - [DN in Cet](#) (ASAS discovery)
- [ASAS 160048-4846.2](#) - [UGSU in Nor](#) (ASAS discovery)
- [ASAS 091858-2942.6](#) - [CV in Pyx](#) (ASAS discovery). [OGLE image](#)
- [ASAS 153616-0839.1](#) - [UGWZ](#) (ASAS discovery)
- [ASAS 002511+1217.2](#) - [UGWZ/UGSU ?](#) (ASAS discovery)
 - [light curve](#) from [Nyröla observatory/Arto Oksanen](#) and Mike Richmond (RIT) from Sep. [18](#), [19](#), [26](#).
- [ASAS 102522-1542.4](#) [Dwarf Nova in Hydra 2006](#) (ASAS discovery)
- [ASAS 023322-1047.0](#) - [Dwarf Nova in Cetus 2006](#) (ASAS discovery)

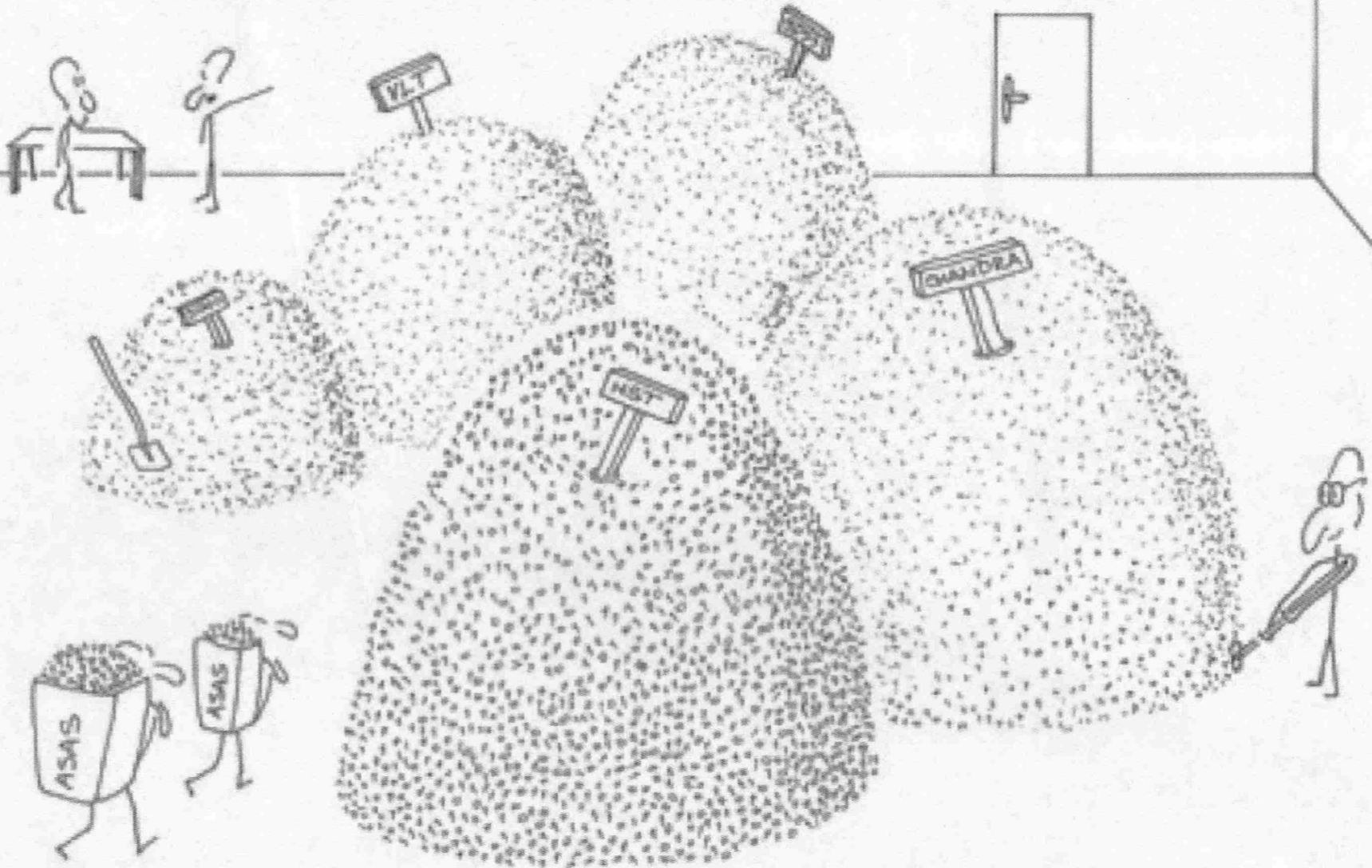


Hi Bohdan,
I saw this at the
IAU. ASAS is getting
a lot of assets!

S E R T A T I O C V M
C I O S I D E R E Q U I

5

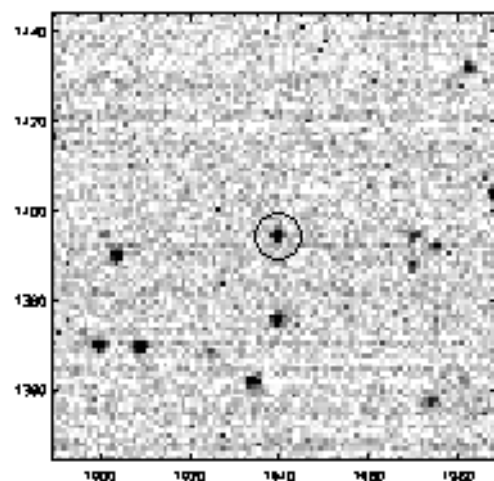
VIRTUAL OBSERVATORY



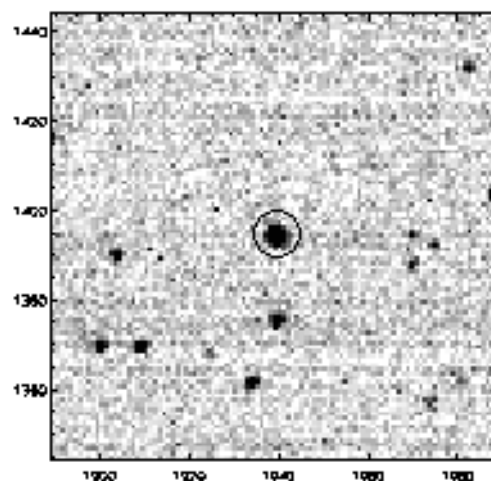
Podsumowanie

- ASAS-1,2 – prototyp za 10,000 \$
 - potrafi monitorować $\sim 100 \text{ deg}^2 / \text{h}$
- ASAS-3 – 4 kamery, >60,000 \$
 - potrafi monitorować $4,000 \text{ deg}^2 / \text{h}$
 - połowa nieba 2 x w ciągu nocy
- ASAS-N
 - 2 kamery na Hawajach – całe niebo północne
- System V – w pełni automatyczny - obserwacje >> katalog
 - 16,000 $\text{deg}^2 / \text{noc}$
 - Katalog on-line
 - 5 minut opóźnienia
 - krzywe zmian blasku dla
 - 20,000,000 monitorowanych gwiazd
 - 2,300,000,000 pomiarów
 - >50,000 gwiazd zmiennych (tylko... ale będzie więcej)

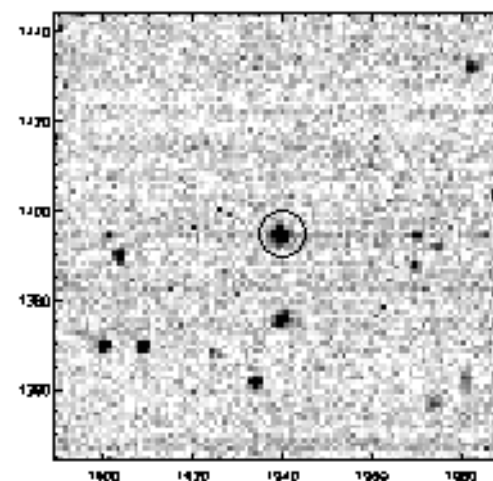
1999-01-23T09:47:18.30



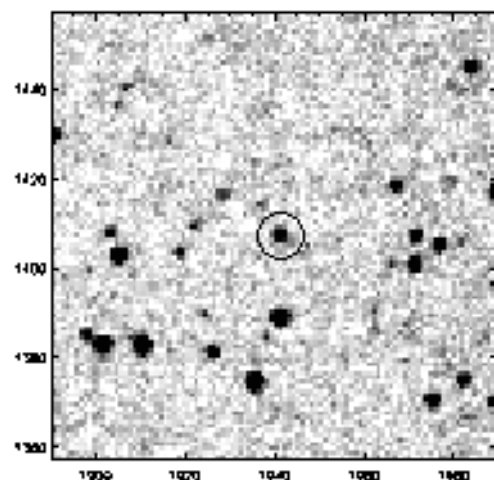
1999-01-23T09:47:43.50



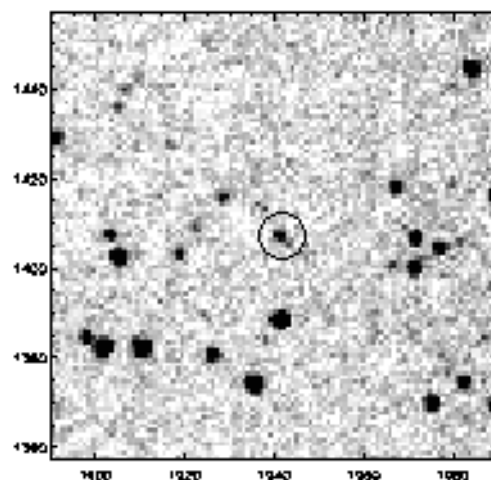
1999-01-23T09:48:08.79



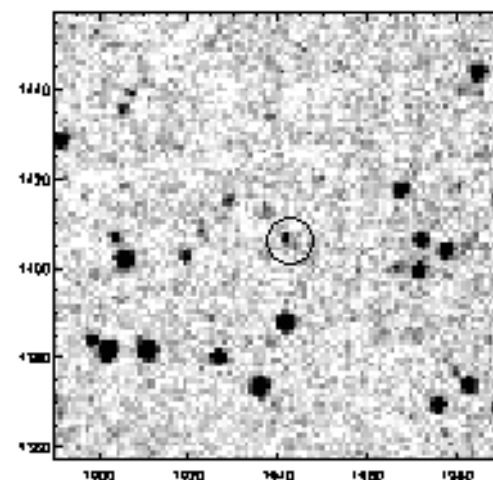
1999-01-23T09:51:37.51



1999-01-23T09:54:22.76



1999-01-23T09:57:08.06



ent