



# Astronomia

Grzegorz Pojmański

Obserwatorium Astronomiczne UW

tel. 22-553-05-07

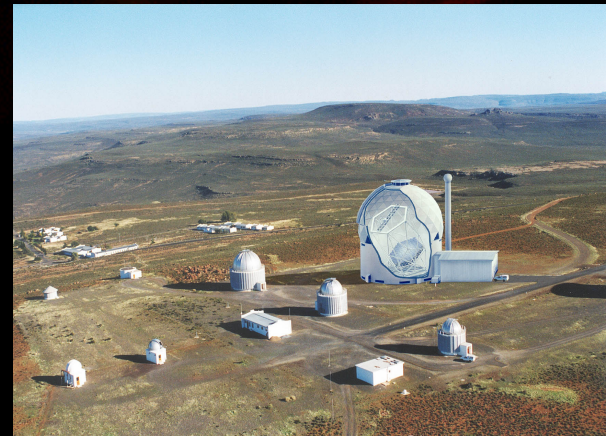
[gp@astrouw.edu.pl](mailto:gp@astrouw.edu.pl)

[www.astrouw.edu.pl/~gp/nkf.html](http://www.astrouw.edu.pl/~gp/nkf.html)

# Astronomia

## 1. Źródła danych astrofizycznych

- Promieniowanie elektromagnetyczne, kosmiczne, neutrinowe, grawitacyjne
- Przyrządy i detektory
- Obserwacje astronomiczne, metody i możliwości



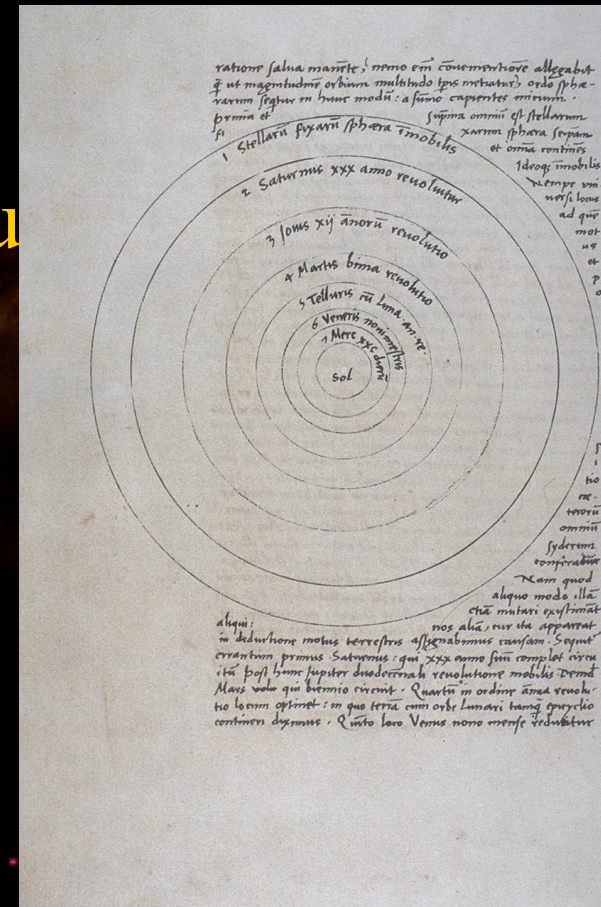
SALT - RPA



# Astronomia

## 2. Astronomia sferyczna

- Współrzędne astronomiczne
- Trygonometria sferyczna
- Czas, kalendarz, służba czasu



# Astronomia

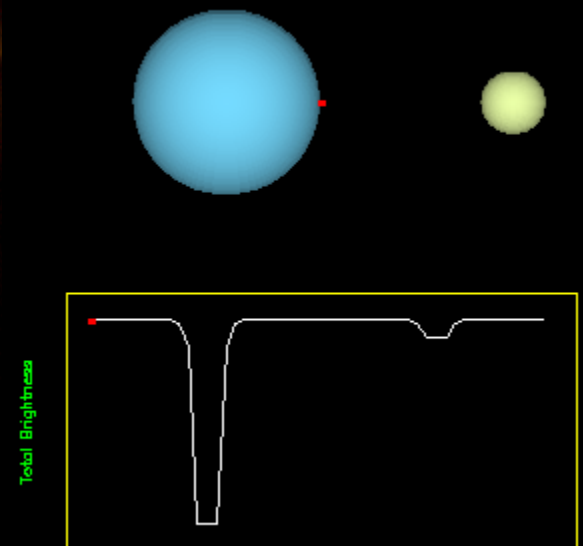
## 3. Układ Słoneczny

- Ruch Słońca, Księżyca i planet
- Zaćmienia Słońca i Księżyca
- Prawa Keplera
- Budowa fizyczna Słońca i planet
- Księżyce planet
- Materia międzyplanetarna
- Wiatr słoneczny

# Astronomia

## 4. Astronomia gwiazdowa

- Parametry fizyczne gwiazd
  - odległości, masy, jasności, rozmiary
- Budowa i ewolucja gwiazd
- Gwiazdowe ZOO
- Gromady gwiazd
- Galaktyka



# Astronomia

## 5. Kosmologia

- Inne galaktyki, hierarchia
- Poczzerwienienie, prawo Hubble'a
- ekspansja Wszechświata





# Astronomia - ogólna

- Literatura
  - Frank Shu: Galaktyki, Gwiazdy, Życie
  - Astronomia Ogólna. Hannu Karttunen i in.
  - Eugeniusz Rybka: Astronomia Ogólna
  - Marcin Kubiak: Gwiazdy i Materia Międzygwiazdowa
  - Ludwig Oster: Astronomia Współczesna
  - Wiedza i Życie, Świat Nauki, Sky & Telescope

# Astronomia w Internecie



- Obserwatorium Astronomiczne UW

<http://www.astro.uw.edu.pl/>



- Astronomy Picture of the Day

<http://antrwp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html>

<http://apod.oa.uj.edu.pl/apod/astropix.html>

# Astronomia w Internecie



**SKY**  
& TELESCOPE

Sky & Telescope

<http://www.skyandtelescope.com>



Świat Nauki

<http://www.swiatnauki.pl>

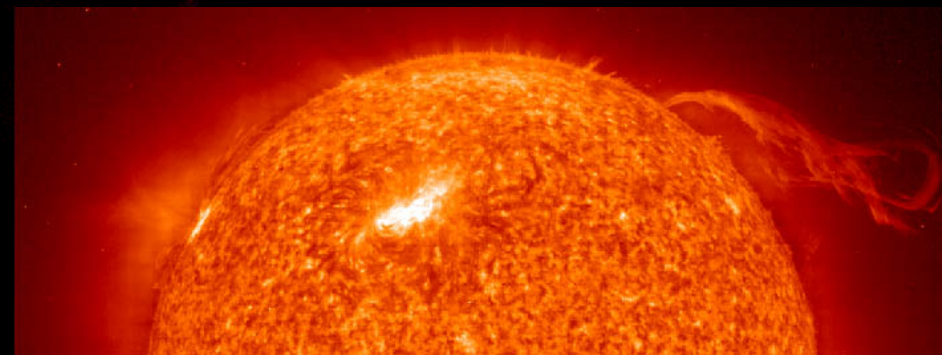
**ASTRONOMIA.PL**  
Pod patronatem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii

Portal astronomiczny

<http://www.astronomia.pl>

# Układ Słoneczny w Internecie

- Jet Propulsion Laboratory (JPL)  
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/index.html>
- The Nine Planets  
<http://www.nineplanets.org/>
- Views of the Solar System  
<http://www.planetscapes.com/>



# Astronomia - wykład

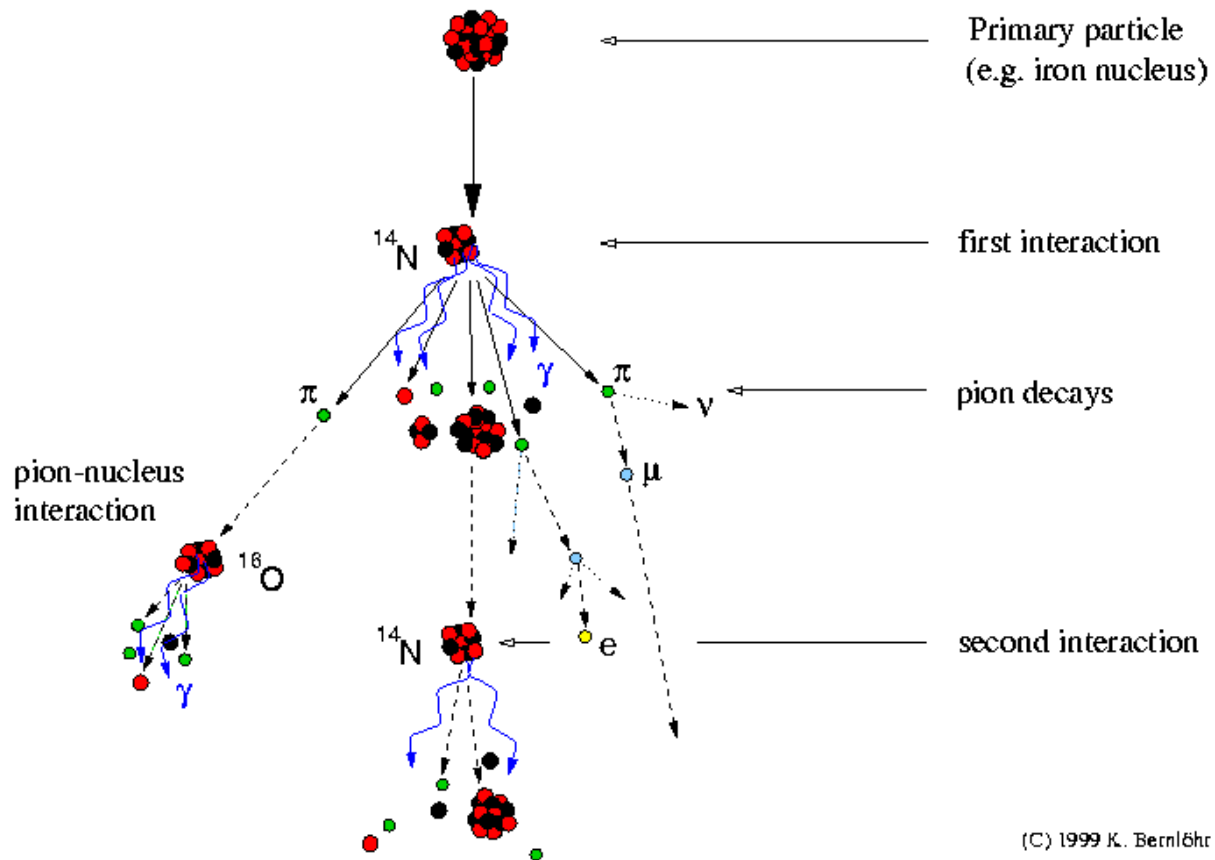
- Wymagania
  - Egzamin końcowy

# Źródła danych astrofizycznych

- Promieniowanie elektromagnetyczne
- Promieniowanie kosmiczne
- Neutrino
- Fale grawitacyjne
- Badania bezpośrednie: meteory, próbki kosmiczne

# Przemiany cząstek kosmicznych

## Development of cosmic-ray air showers

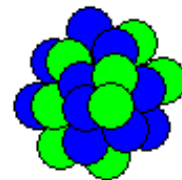


- głównie na satelitach

# Promieniowanie neutrinowe

- towarzyszy przemianom jądrowym
- niezwykle przenikliwe
- dociera bezpośrednio z wnętrza Słońca
- Supernowe; np. SN1987A
- detektory:
  - promieniowanie Czerenkowa
  - $^{37}\text{Cl} + \nu \rightarrow ^{37}\text{Ar} + e$
  - $^{71}\text{Ga} + \nu \rightarrow ^{71}\text{Ge} + e$

JĄDRO GALU

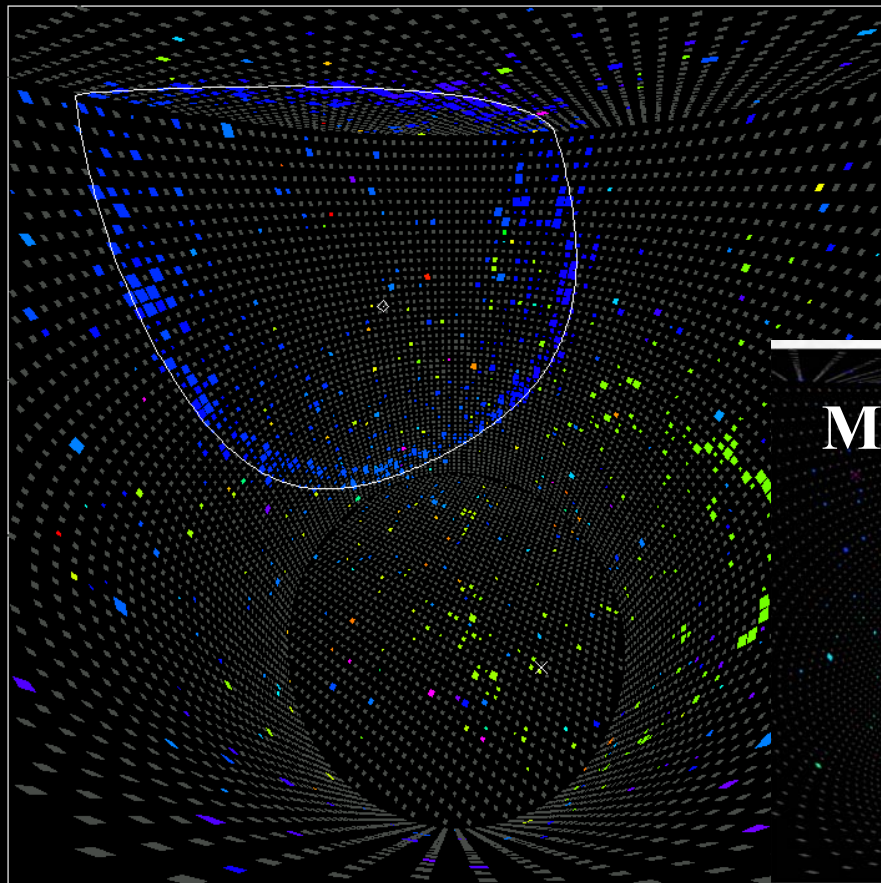
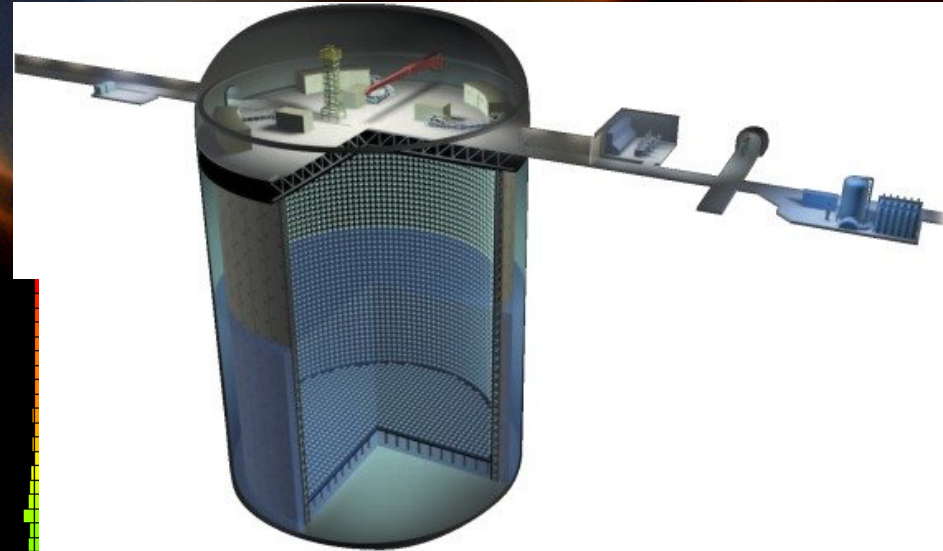




# Super-Kamiokande

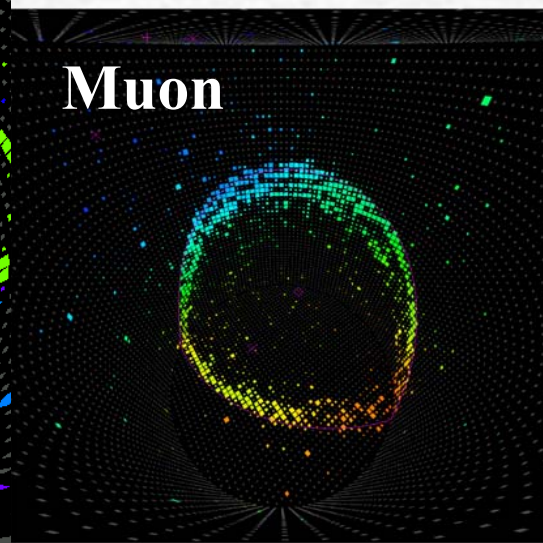
– walec 40x40m z H<sub>2</sub>O

$$\nu + e^- \rightarrow \nu + e^-$$

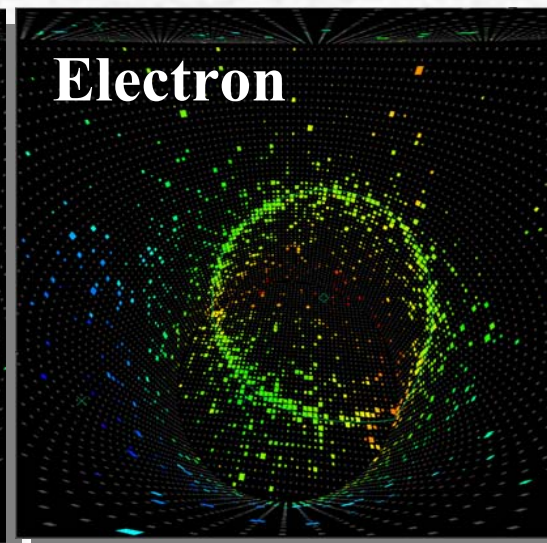


Cerenkov radiation

**Muon**

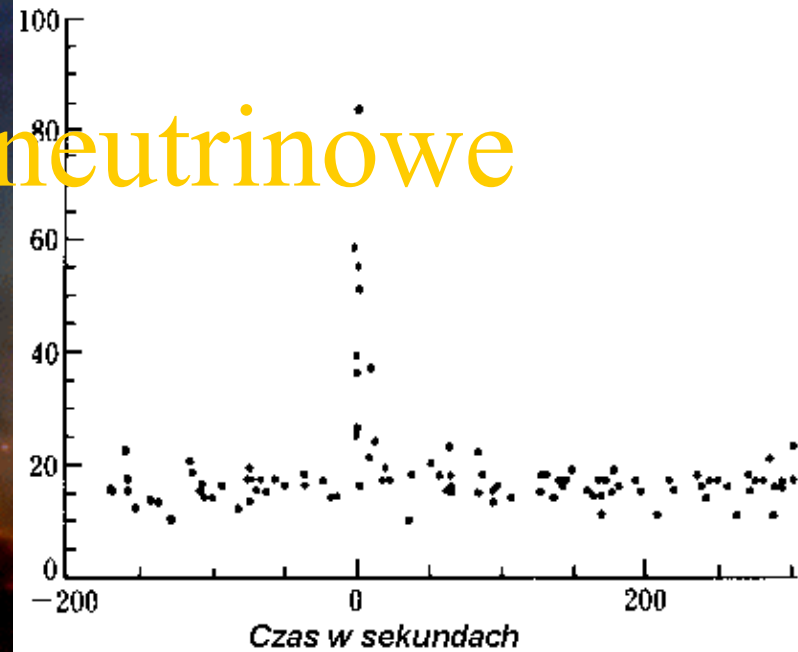


**Electron**



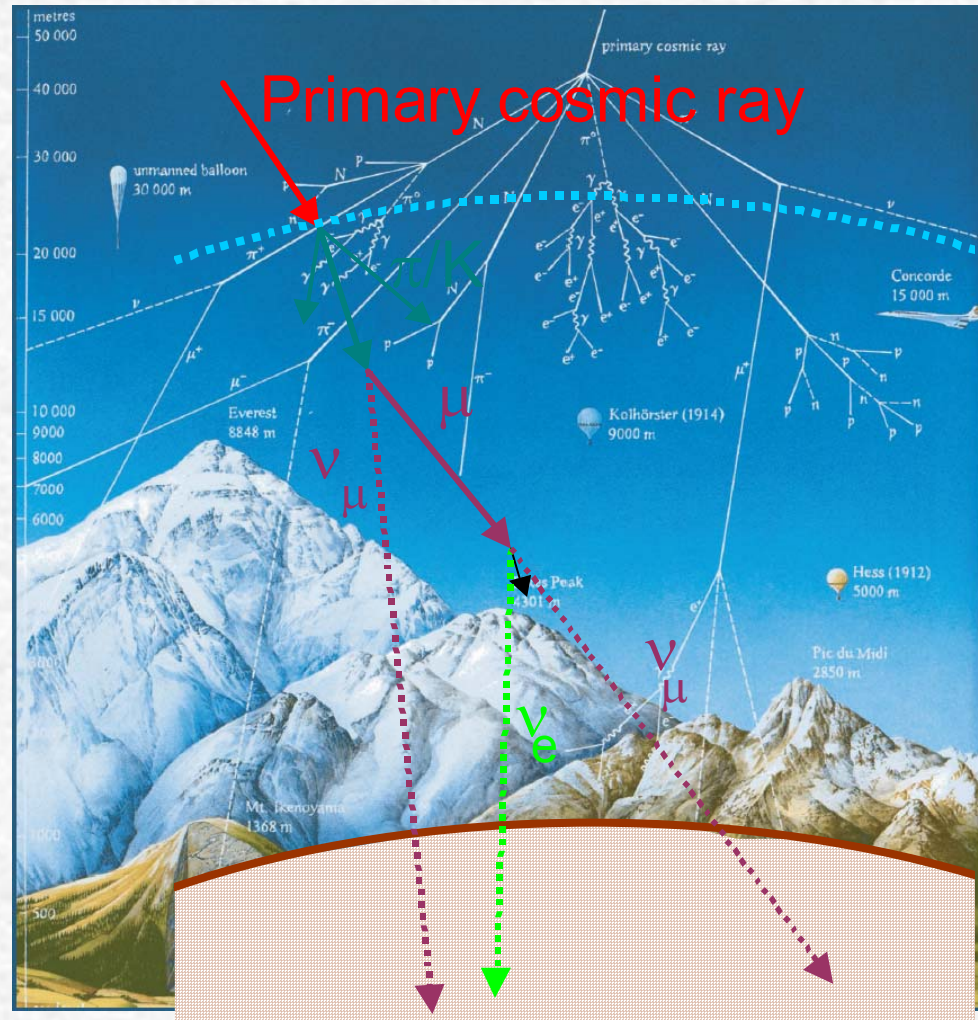
# Promieniowanie neutrinowe

- towarzyszy przemianom jądrowym
- niezwykle przenikliwe
- dociera bezpośrednio z wnętrza Słońca
- Supernowe; np. SN1987A
- detektory:
  - promieniowanie Czerenkowa
  - $^{37}\text{Cl} + \nu \rightarrow ^{37}\text{Ar} + e$
  - $^{71}\text{Ga} + \nu \rightarrow ^{71}\text{Ge} + e$

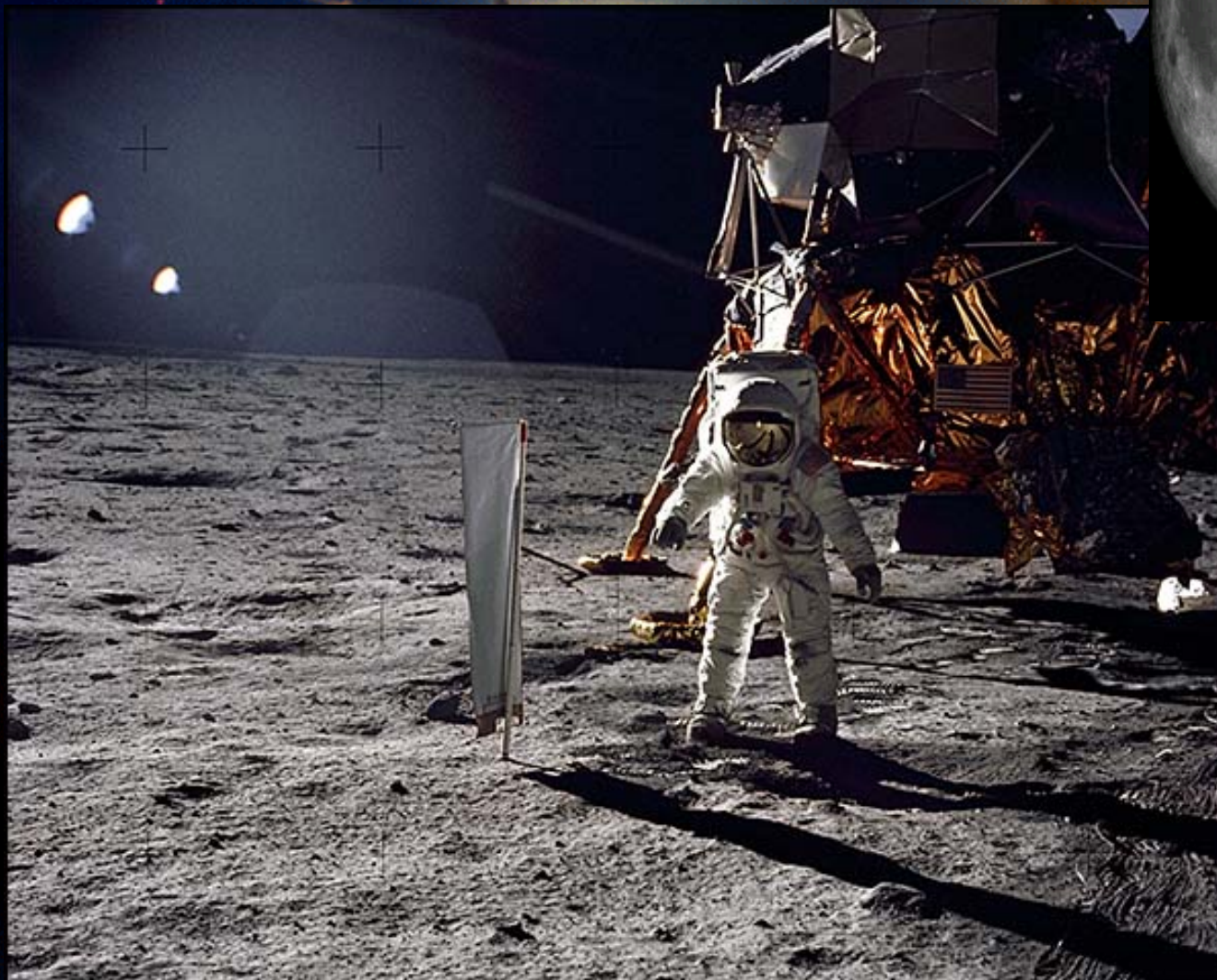


# Atmospheric Neutrinos

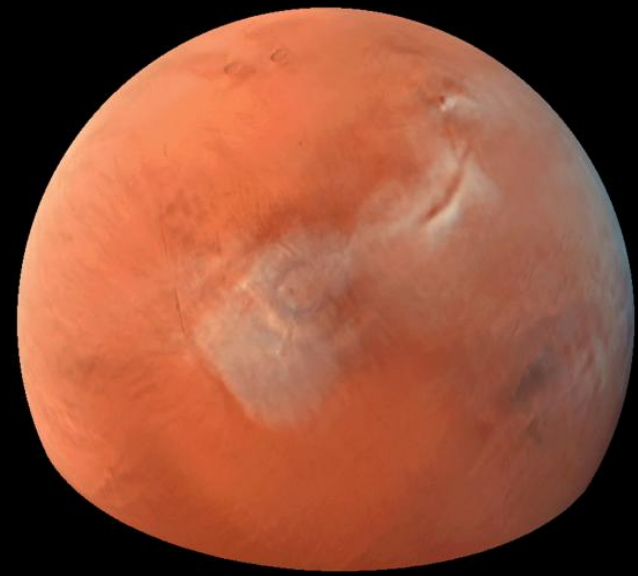
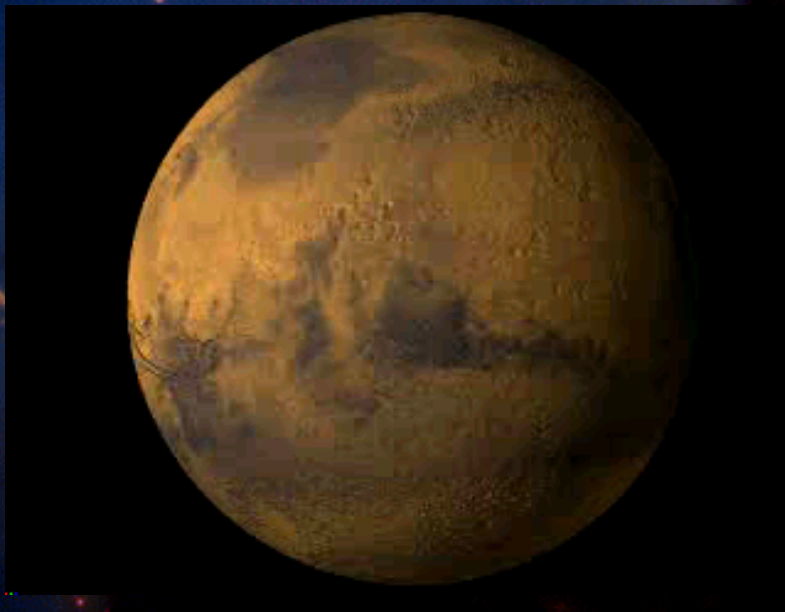
- Produced by cosmic-ray proton collisions with the upper atmosphere
  - Power-law ( $\sim E^{-2.7}$ ) energy spectrum
    - Mean energy  $\sim 1$  GeV
  - Neutrinos arrive from all directions
  - Contains muon and electron neutrinos in  $\sim 2:1$  ratio
  - Absolute flux is uncertain to 10-20%



# Badania bezpośrednie - Księżyc



# Mars



Spirit, Opportunity

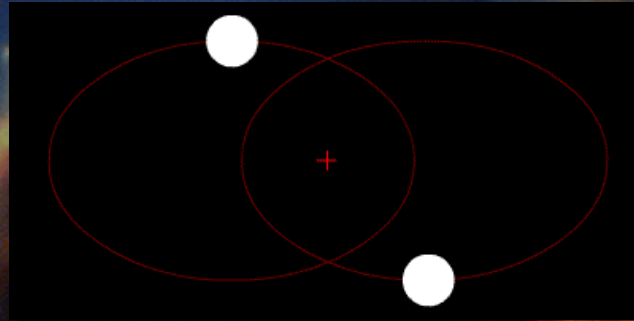


# Kometa Halleya - 1986

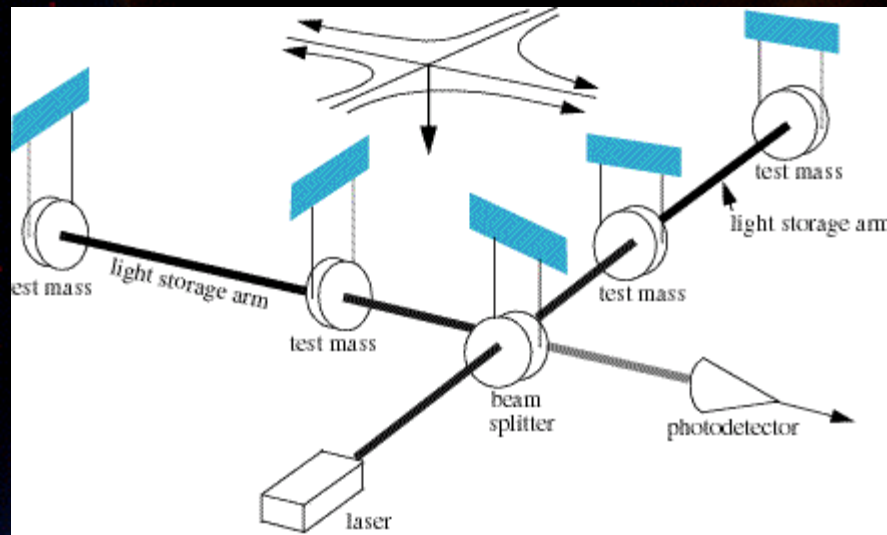
- Spotkanie z Giotto



# Promieniowanie grawitacyjne

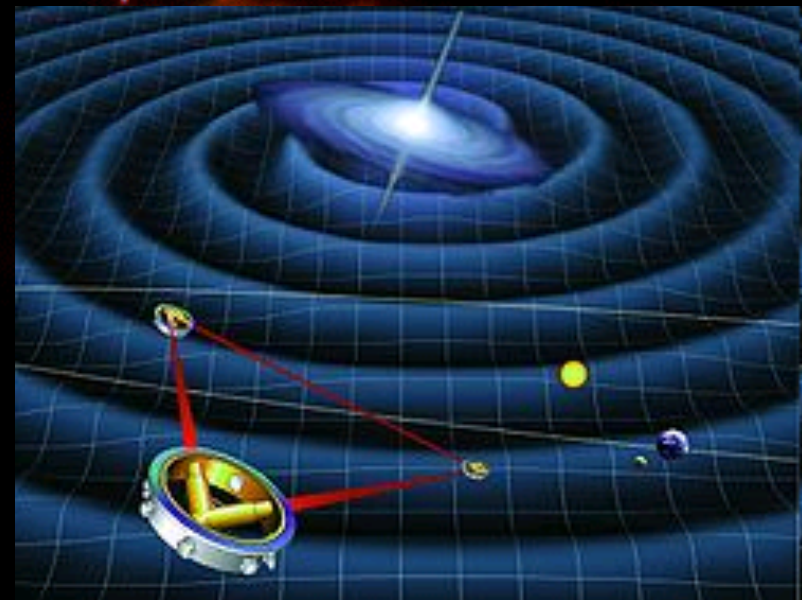


- $P = dE/dt = -32/5 G^4/c^5 (m_1 m_2)^2 (m_1 + m_2) / r^5$
- dla układu Ziemia Słońce = 200 W
- detekcja – obecnie interferometria



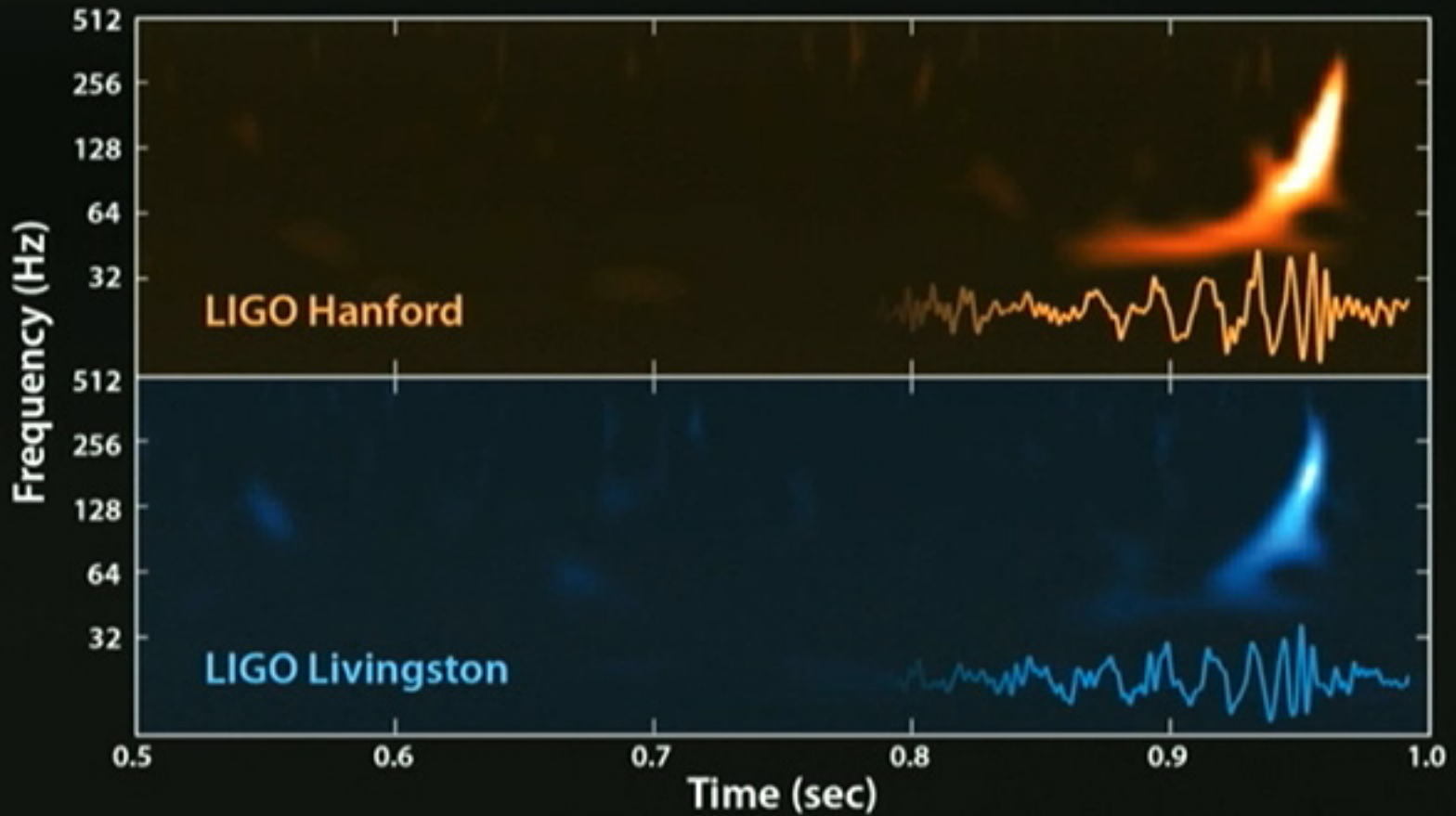
# Promieniowanie grawitacyjne

- LIGO - Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory
  - 4 km,  $10^{-18}$  m
  - brak detekcji GRB070201
  - 09/2015 – detekcja zderzenia czarnych dziur
- VIRGO – we Włoszech
- LISA -Laser Interferometer Space Antenna (ESA+NASA)





# LIGO Update on the Search for Gravitational Waves



# Promieniowanie ciała doskonale czarnego

- Prawo przesunięć

Wiena  $\lambda_{\max} = 2897/T$

- Rozkład

– Wiena

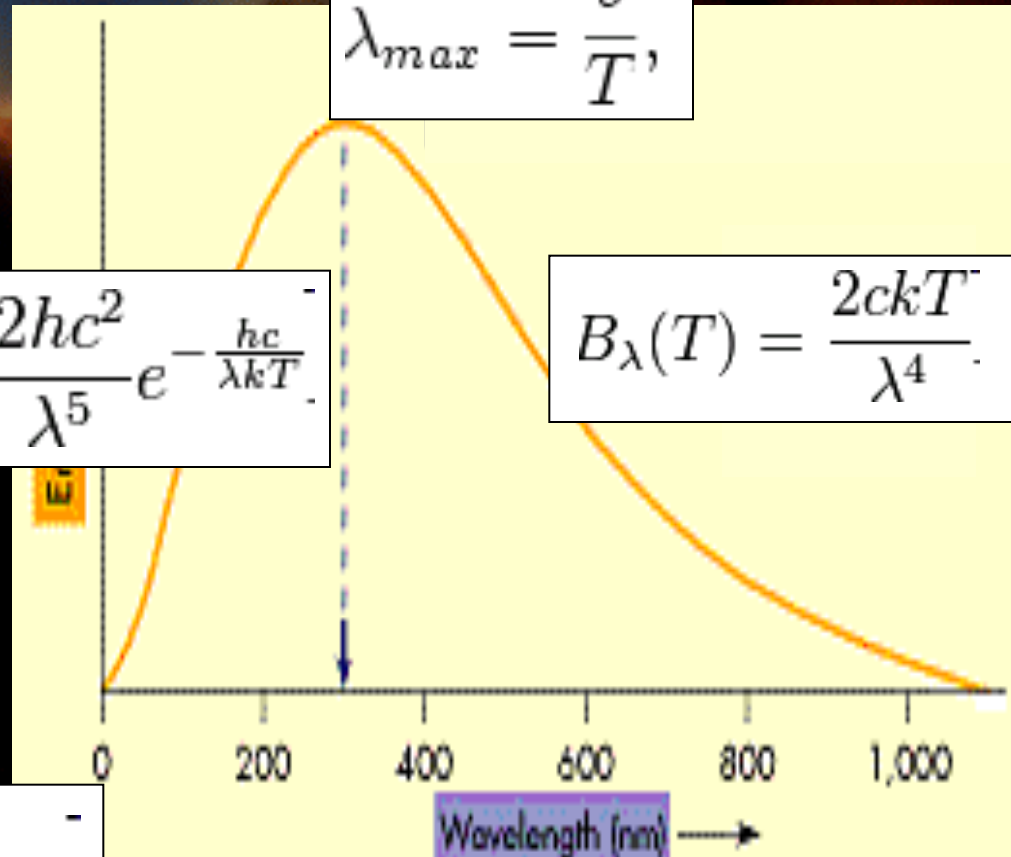
– Rayleigha-Jeansa

– Plancka

$$I(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} e^{-\frac{hc}{\lambda kT}}$$

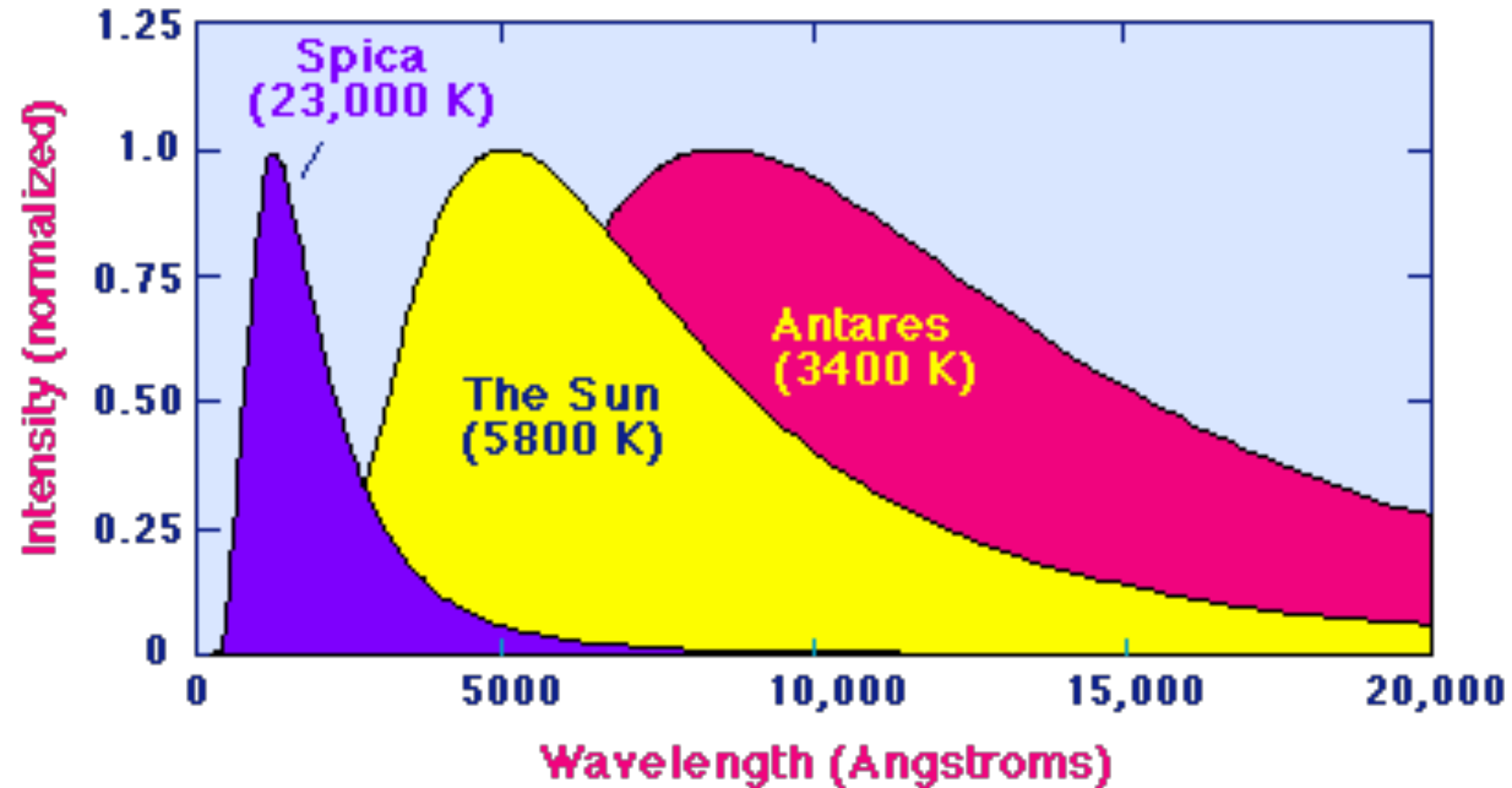
$$B_\lambda(T) = \frac{2ckT}{\lambda^4}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$



$$B_\lambda(T) = \frac{2c^2}{\lambda^5} \frac{h}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

# Temperatura barwna



gwiazda czerwona

gwiazda żółta

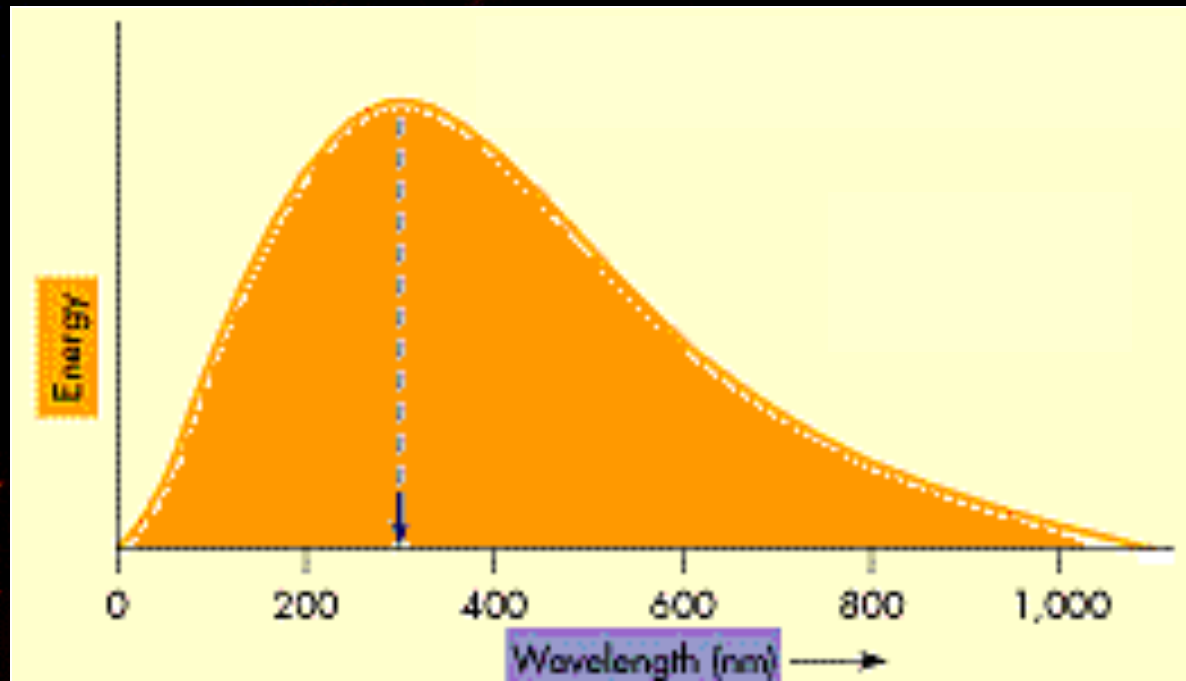
gwiazda niebieska

# Temperatura efektywna

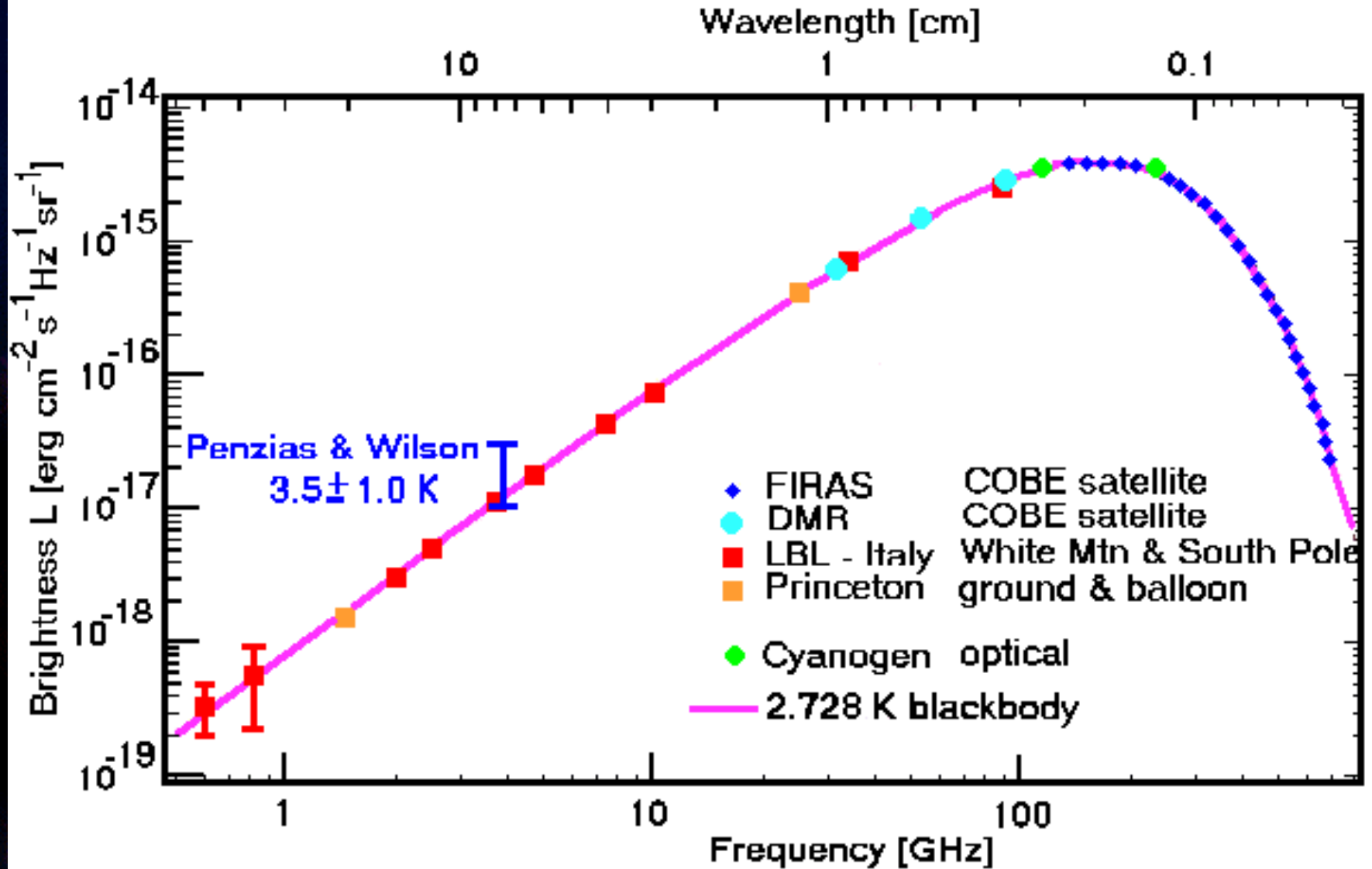
- *prawo Stefana-Boltzmana*

$$f = \sigma T_{\text{eff}}^4$$

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4$$

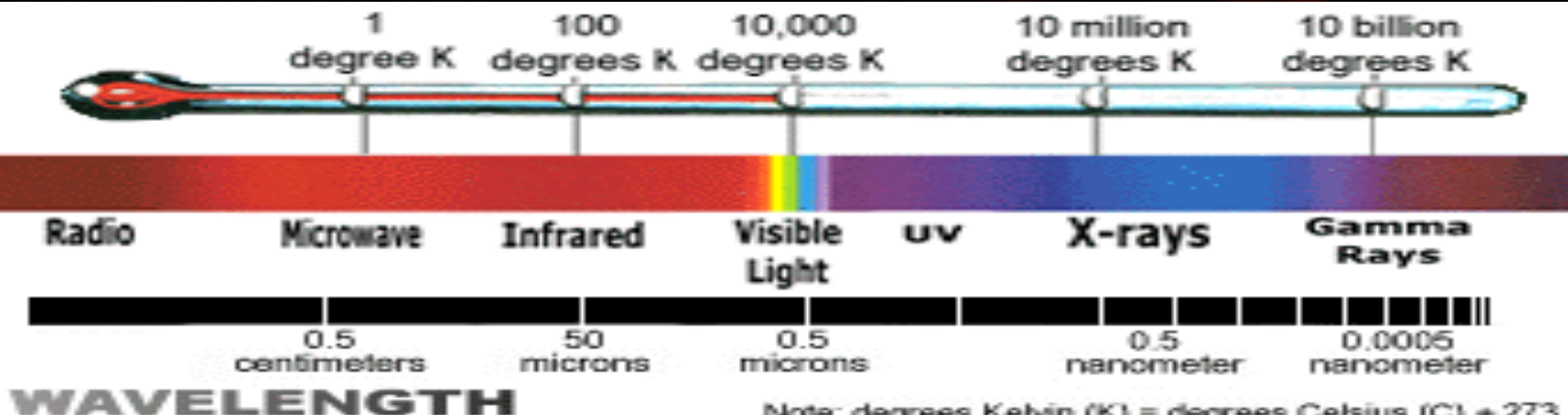


# Promieniowanie reliktowe



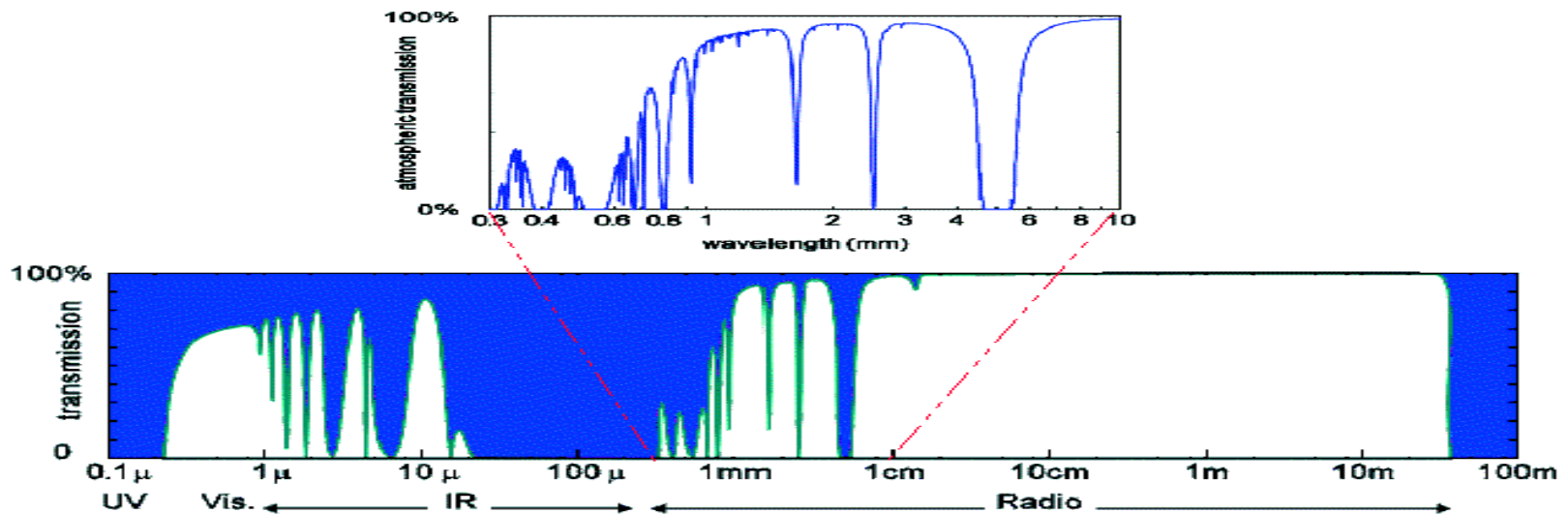
# Promieniowanie elektromagnetyczne

- Zakresy promieniowania:
  - radiowe
  - mikrofalowe
  - podczerwień (IR)
  - optyczne (vis, opt)
  - ultrafioletowe (UV)
  - rentgenowskie (X)
  - gamma ( $\gamma$ )



# Promieniowanie elektromagnetyczne

- Zakresy promieniowania: przepuszczalność atmosfery
  - radiowe
  - mikrofalowe
  - podczerwień (IR)
  - optyczne (vis, opt)
  - ultrafioletowe (UV)
  - rentgenowskie (X)
  - gamma ( $\gamma$ )



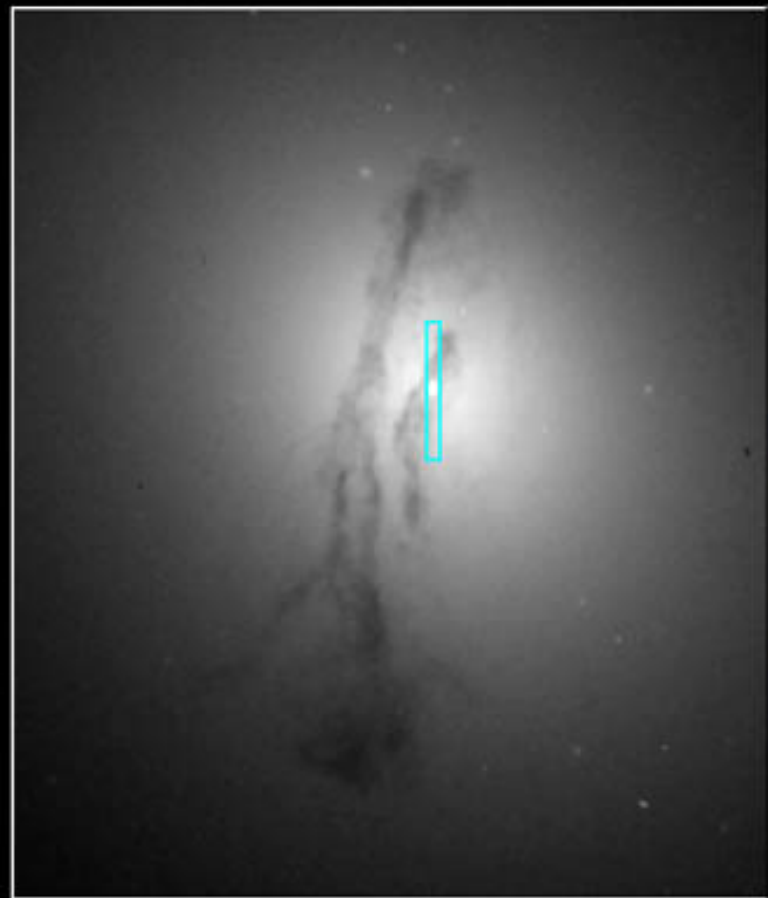


• Koniec 01/03/2021



# Promieniowanie elektromagnetyczne

Galaxy M84 Nucleus



WFPC2

Hubble Space Telescope



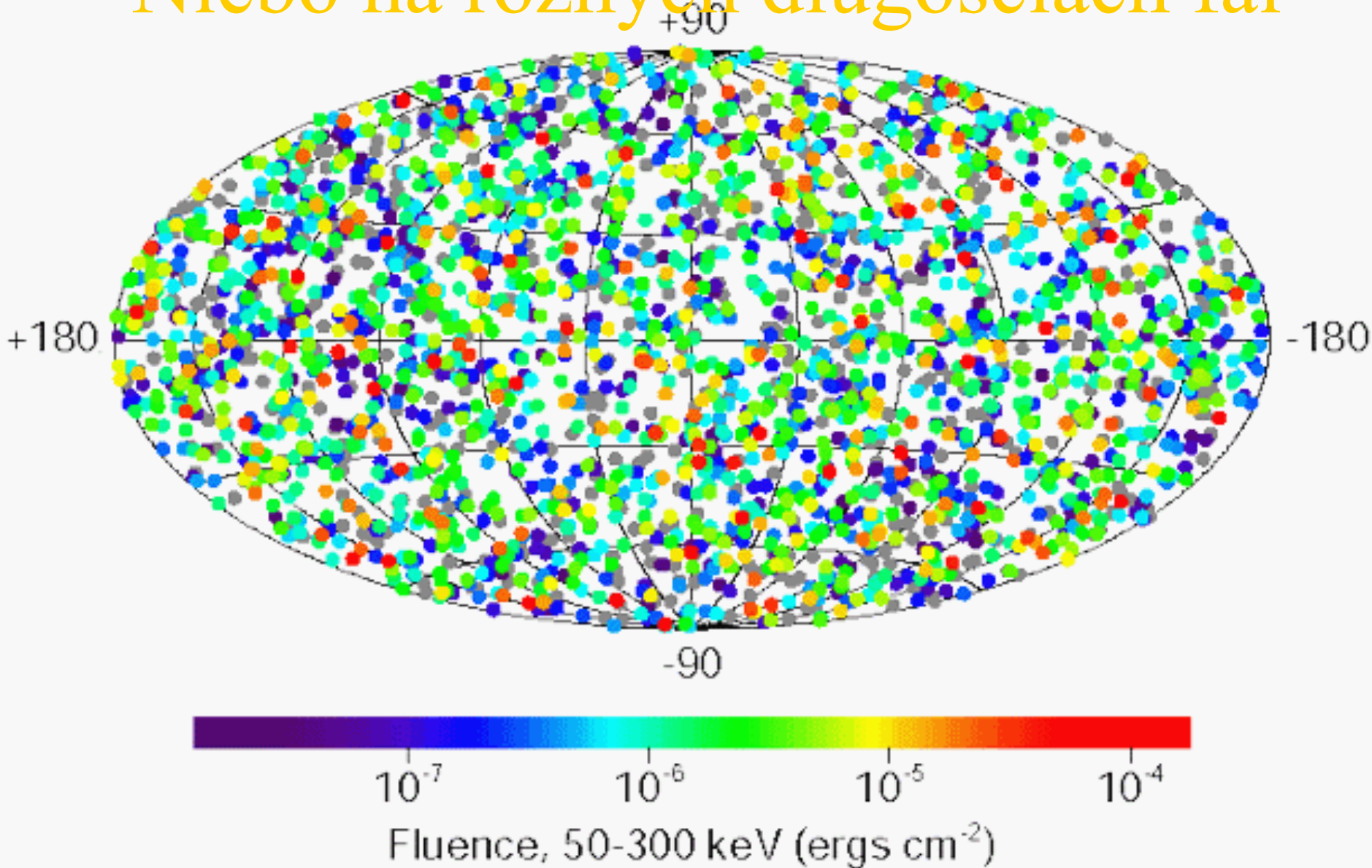
STIS

PRC97-12 • ST Sci OPO • May 12, 1997 • B. Woodgate (GSFC), G. Bower (NOAO) and NASA

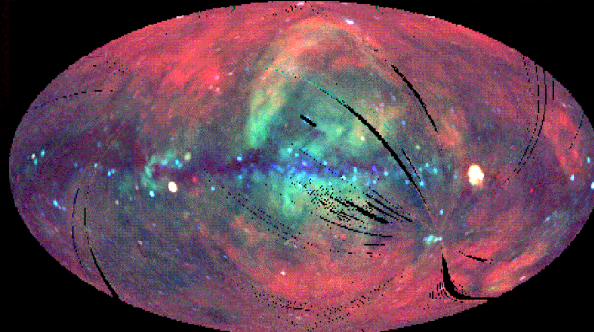
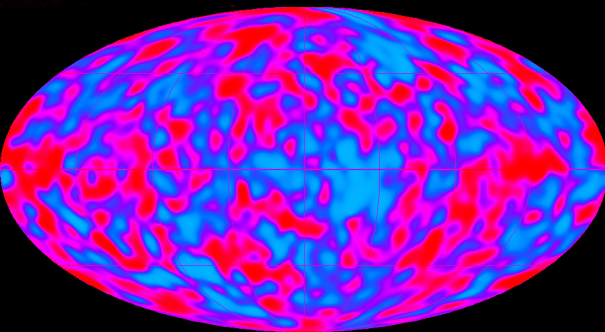
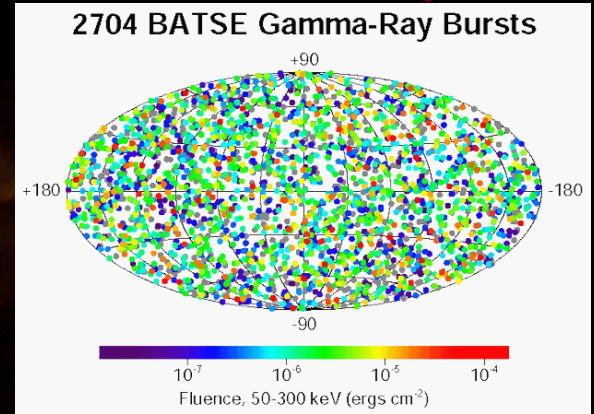
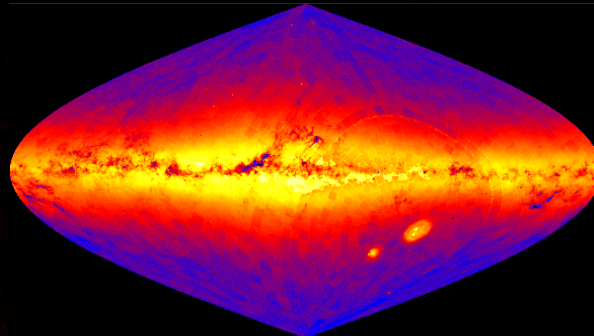
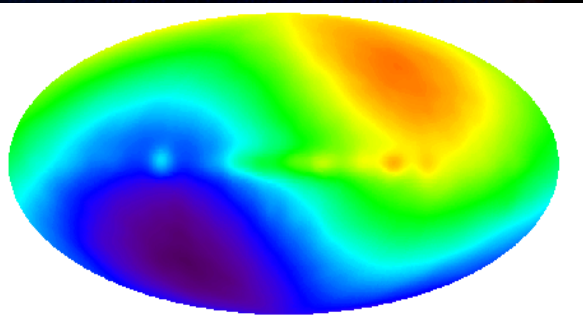
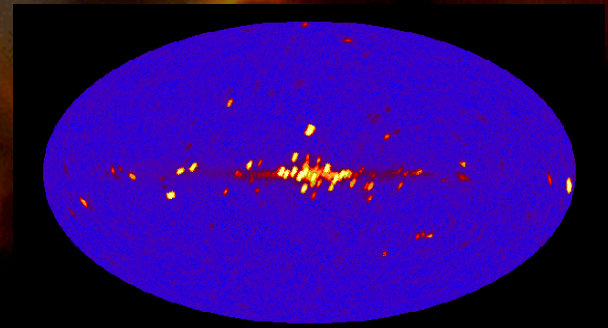
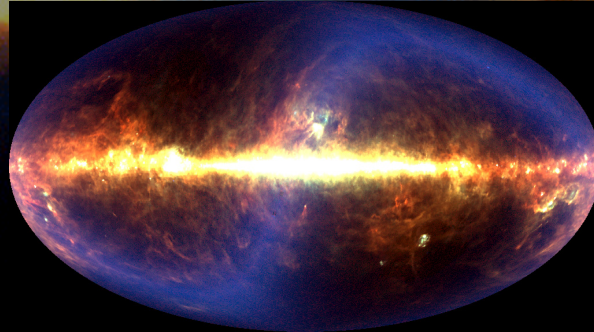
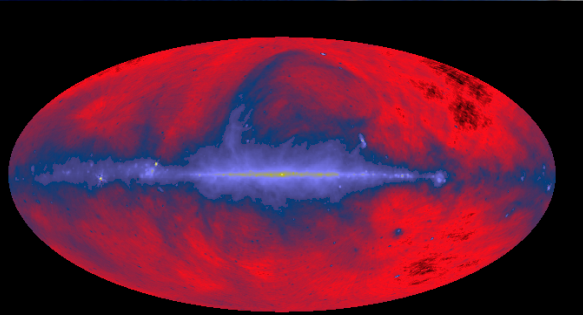


# 2704 BATSE Gamma-Ray Bursts

Niebo na różnych długościach fal



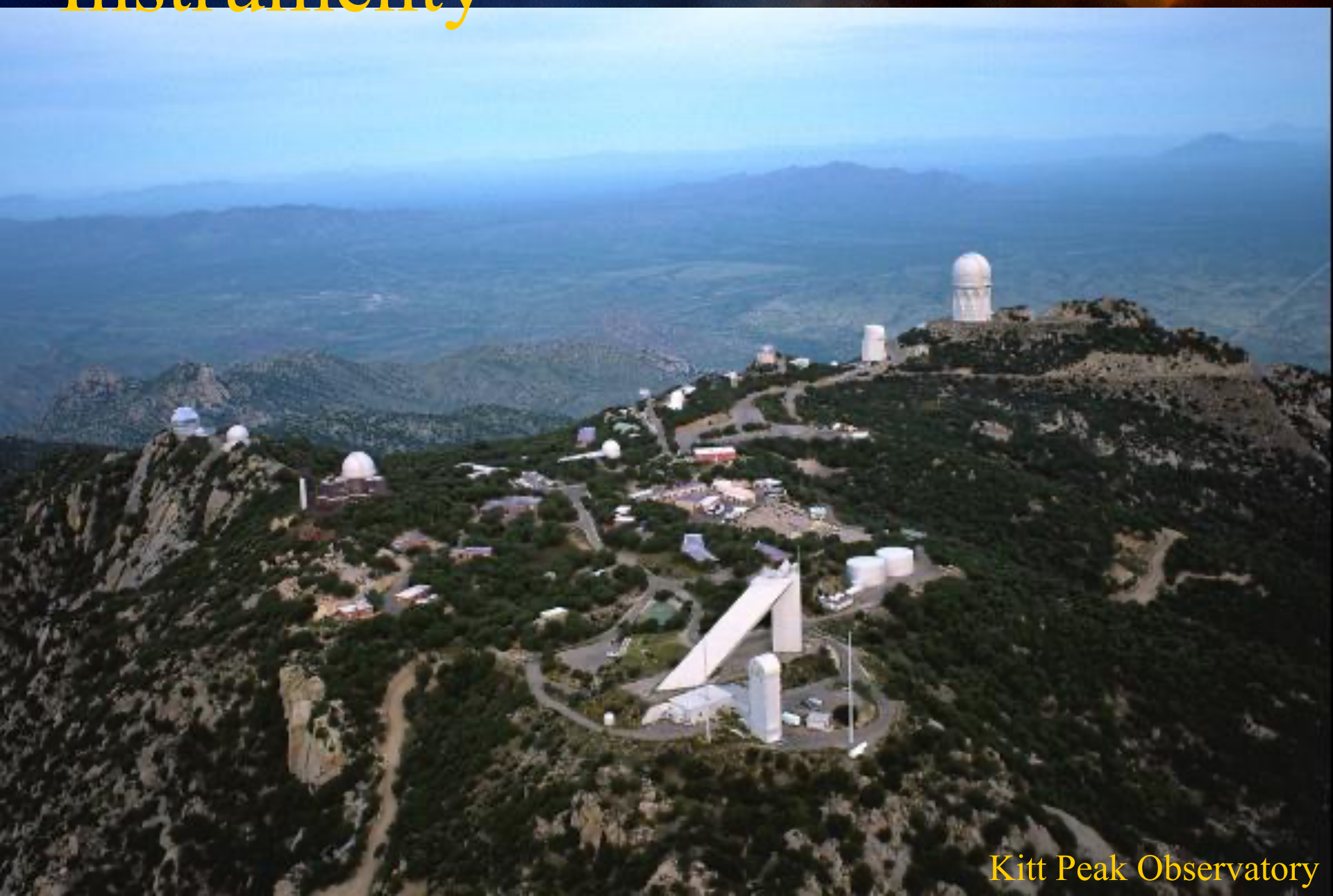
# Niebo na różnych długościach fal



# Przyrządy i detektory

- Teleskopy, radioteleskopy, kolimatory
- Detektory
  - Klisza fotograficzna
  - Matryce CCD i inne
  - Detektory rentgenowskie i gamma

# Instrumenty



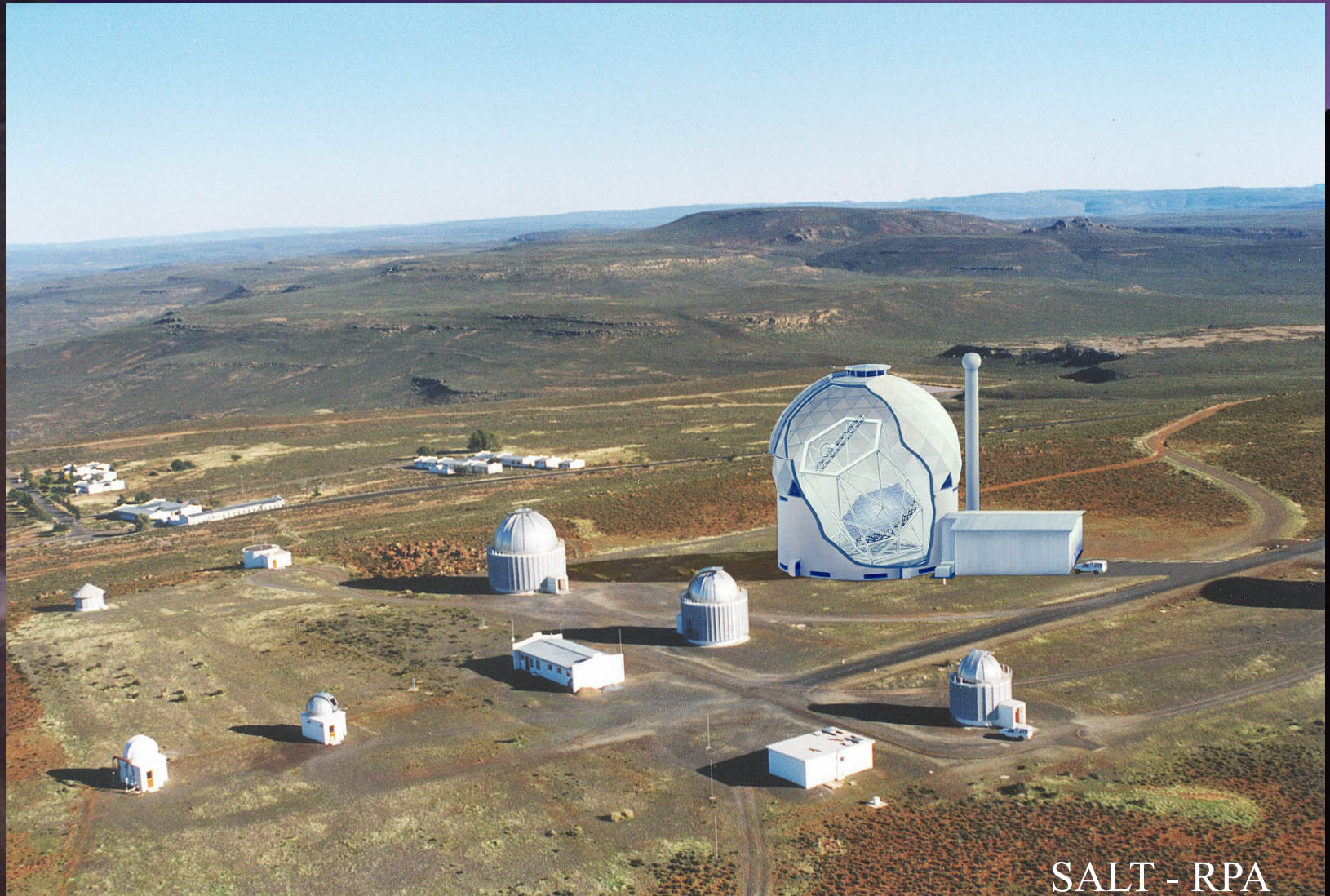
Kitt Peak Observatory

# Instrumenty



VLA

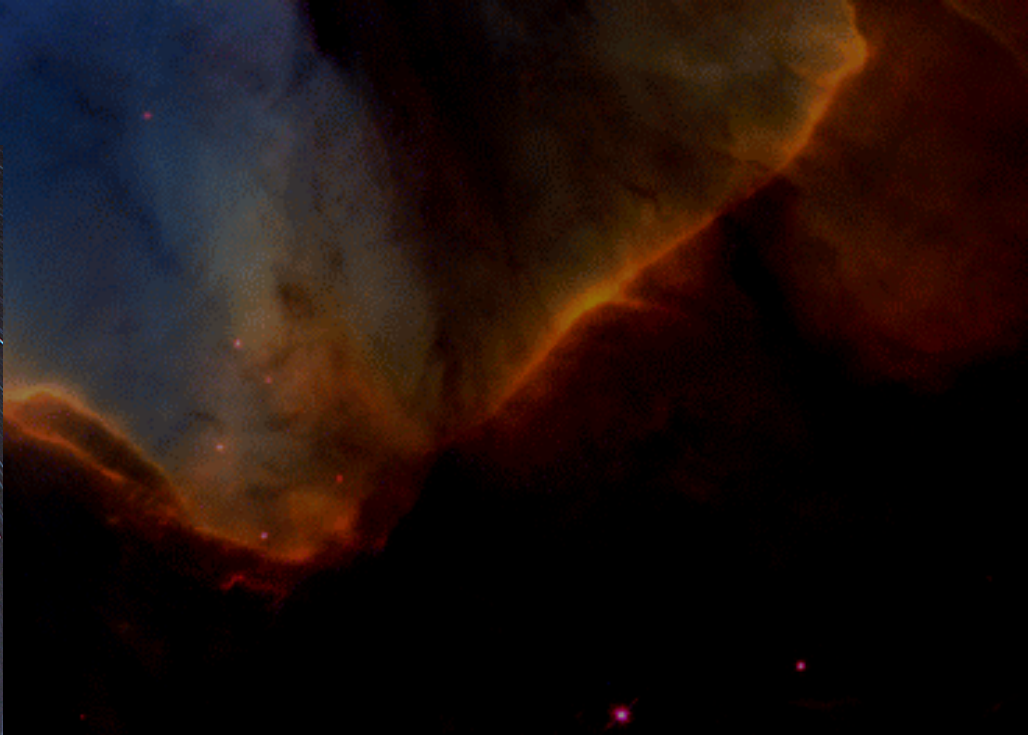
# Obserwatoria - optyczne



SALT - RPA

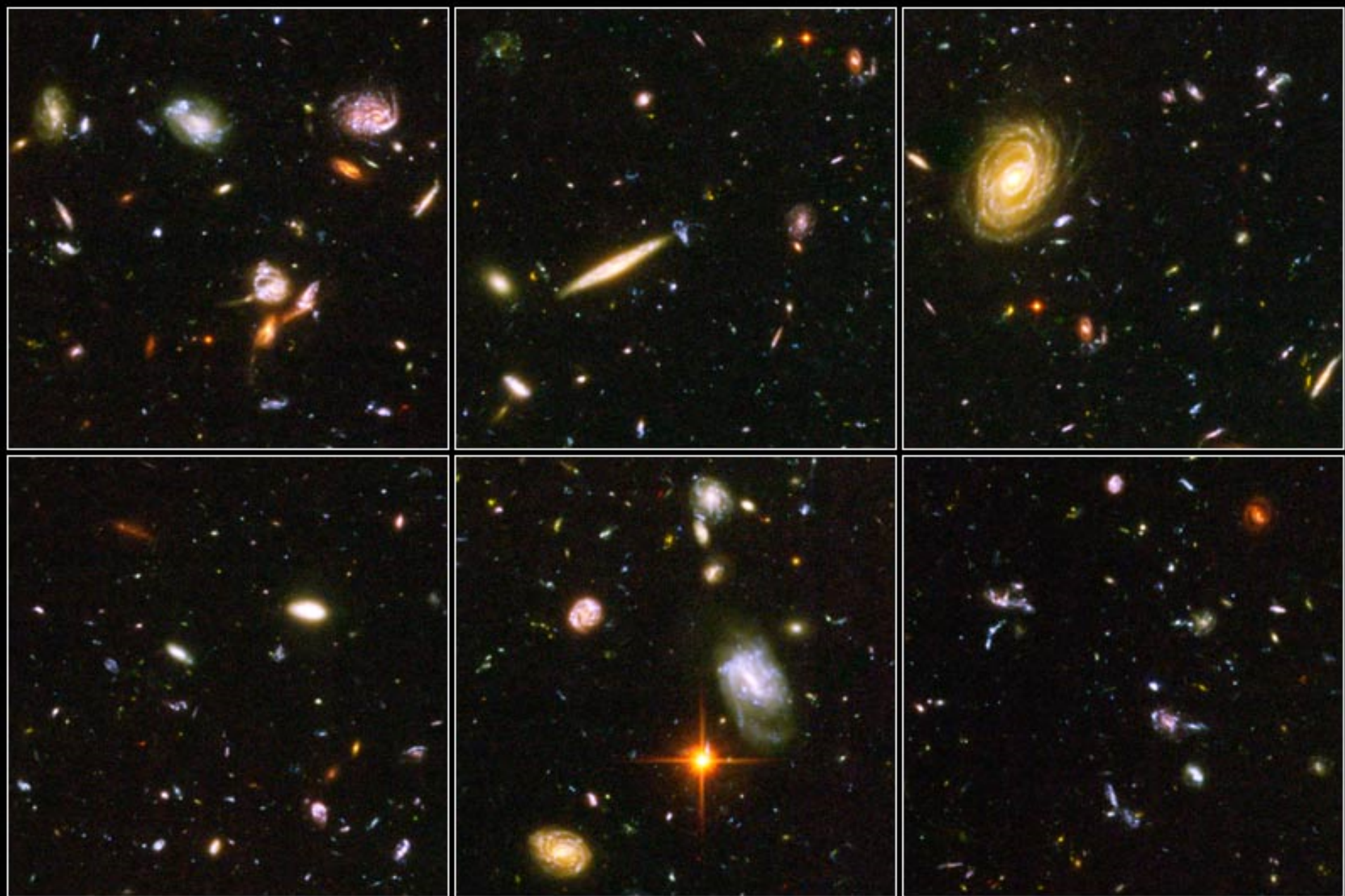


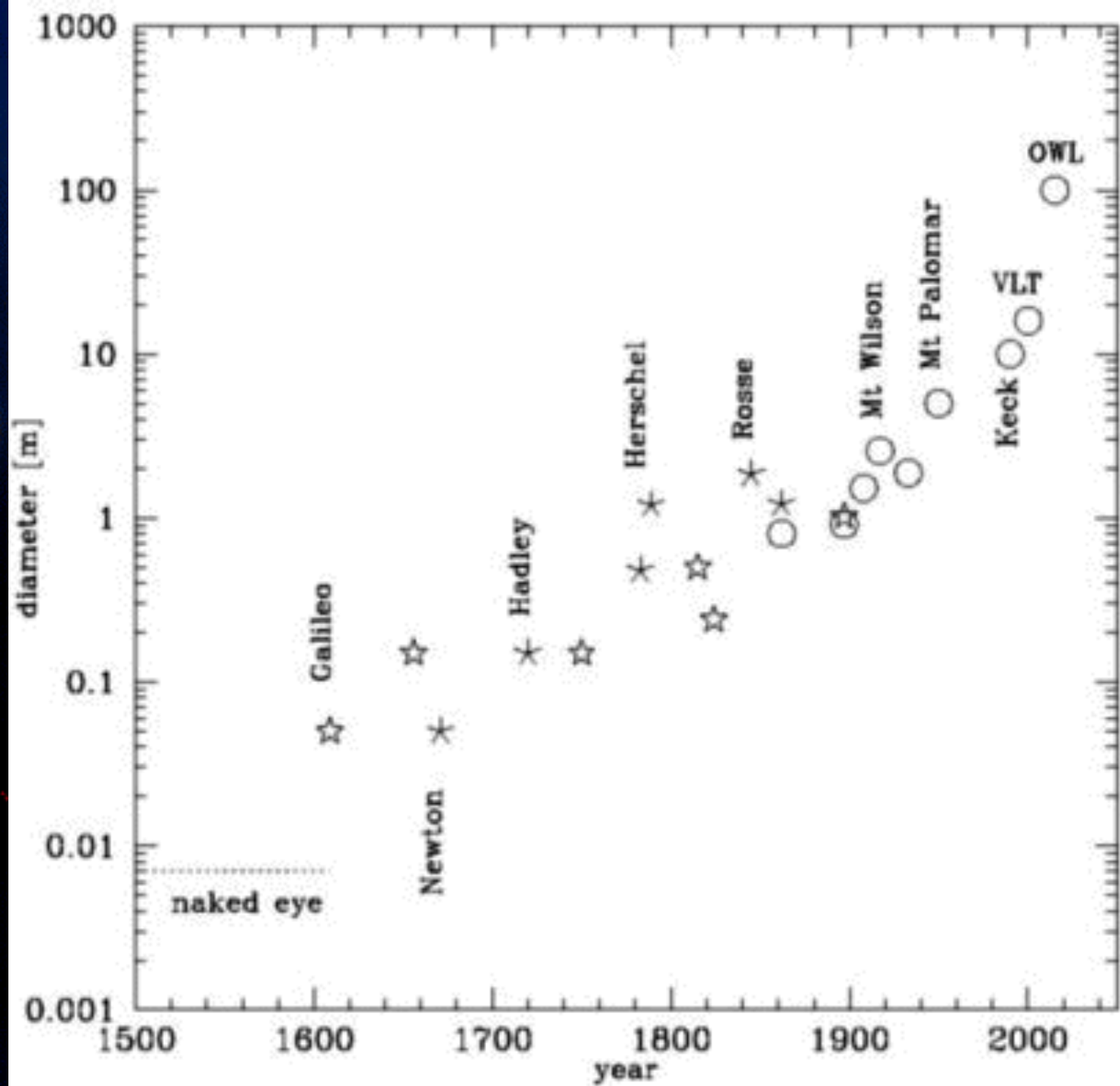




# Hubble Ultra Deep Field Details

HST ■ ACS





# SAO, Zelenchuskaya, BTA - 6m



# SAO, Zelenchuskaya BTA - 6m

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



# 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 i II	6.5	Las Campanas, Chile
MMT	6.5	Mt. Hopkins, Arizona

# Teleskopy nowej generacji

Teleskop	D[m]	Loakalizacja
Magellan – II (2002)	6.5	Las Campanas, Chile
Large Binocular T. (2003)	2x8.4	Mt. Graham, Arizona
Gran Telescopio Canarias (>2003)	10.4	Wyspy Kanaryjskie
Southern African Large Telescope (>2005)	~10	RPA

# Potrzeba

- Geometria Wszechświata
- Historia Wszechświata
- Ewolucja galaktyk
- Ciemna materia
- Powstawanie gwiazd i układów planetarnych



# 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\$

# Kosmiczne czy naziemne

## KOSMICZNE

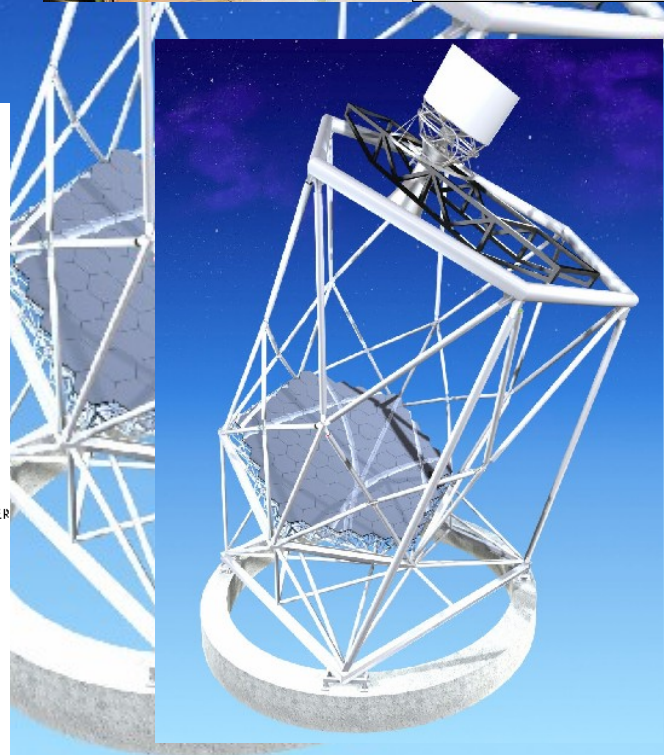
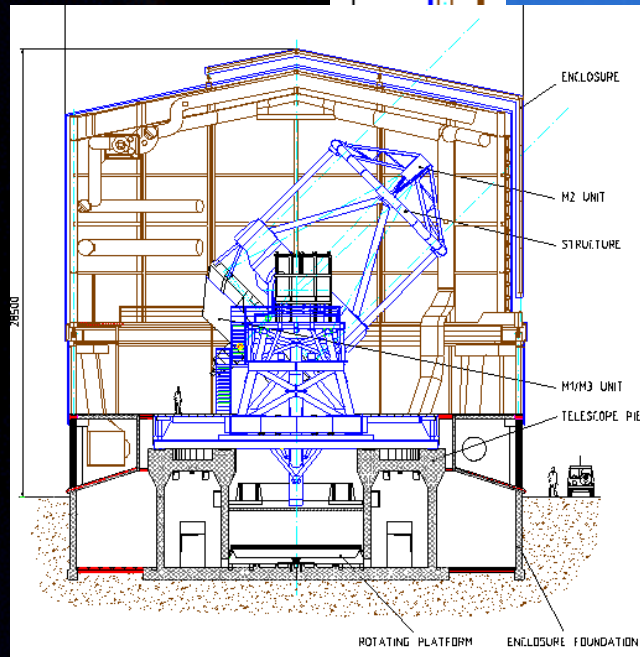
- Brak atmosfery
- Brak grawitacji
- Noc bez przerwy!

## NAZIEMNE

- Mniejszy koszt
- Większe rozmiary
- Dane na miejscu

# Montaż

- paralaktyczny
- azymutalny
- ograniczony



ENCLOSURE

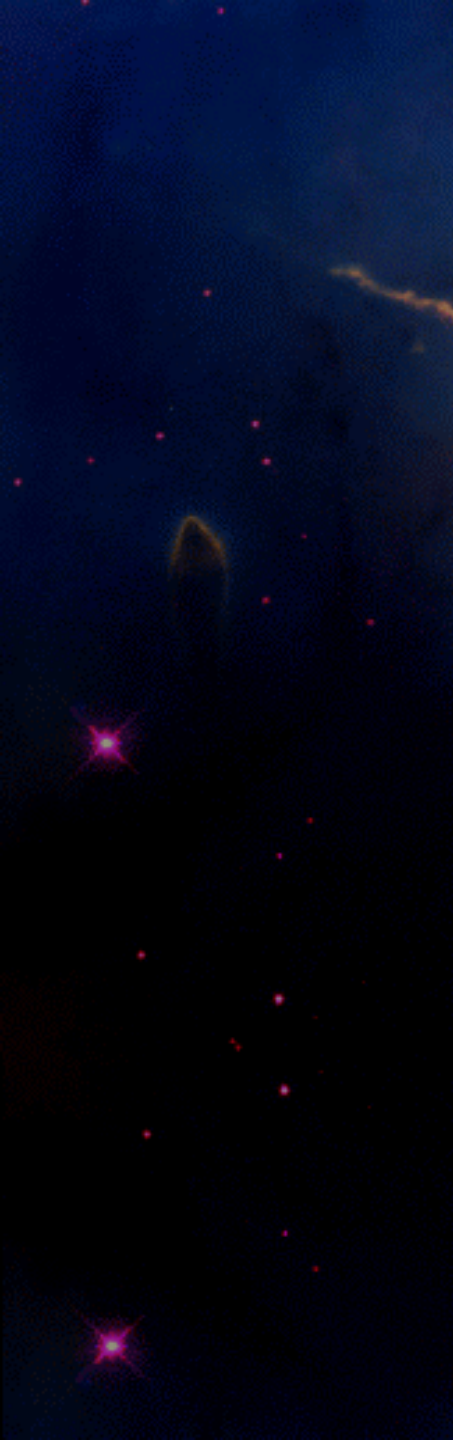
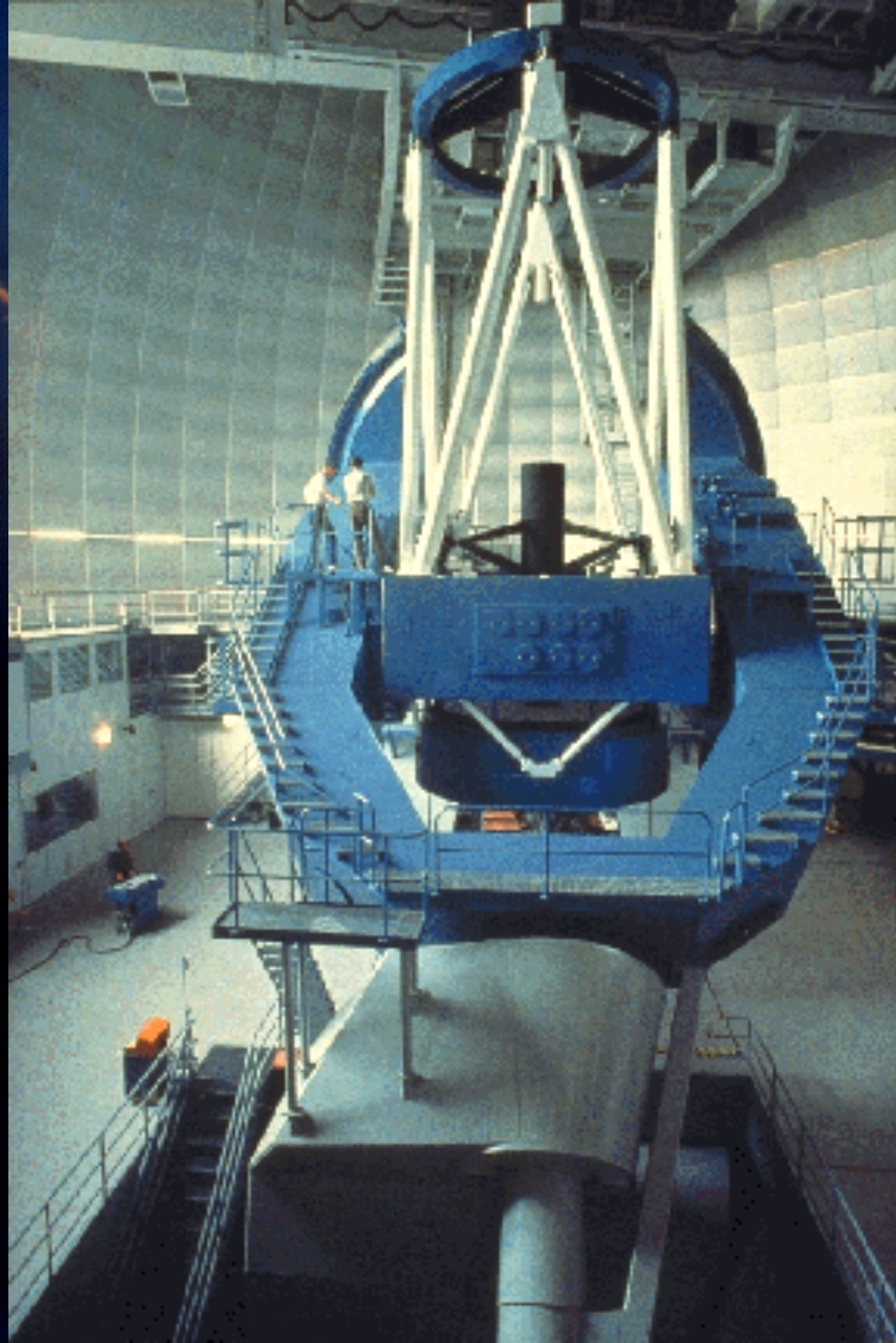
M2 UNIT

STRUCTURE

M1/M3 UNIT

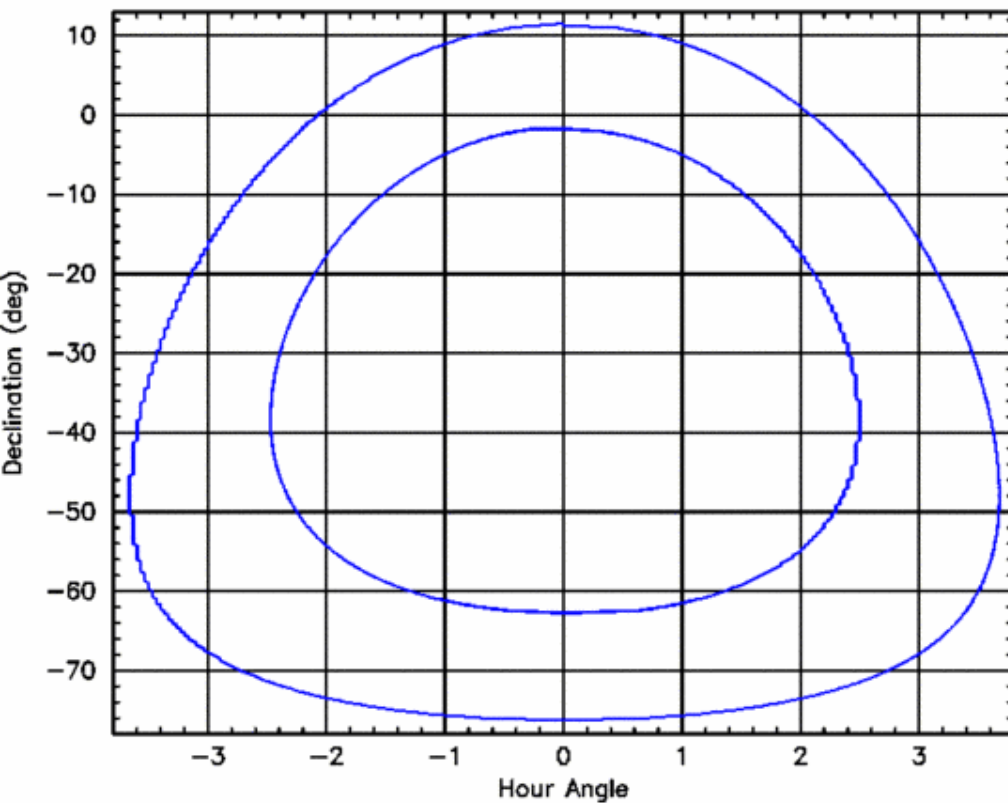
TELESCOPE PIER

ROTATING PLATFORM  
ENCLOSURE FOUNDATION

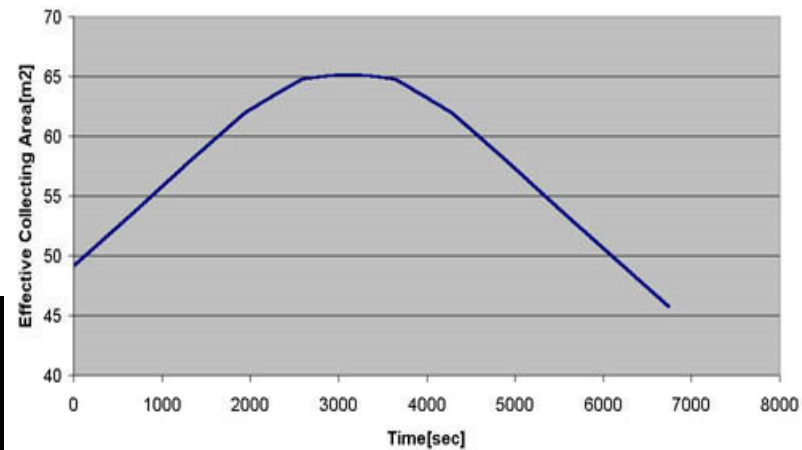


# Montaż ograniczony (SALT)

Pole widzenia

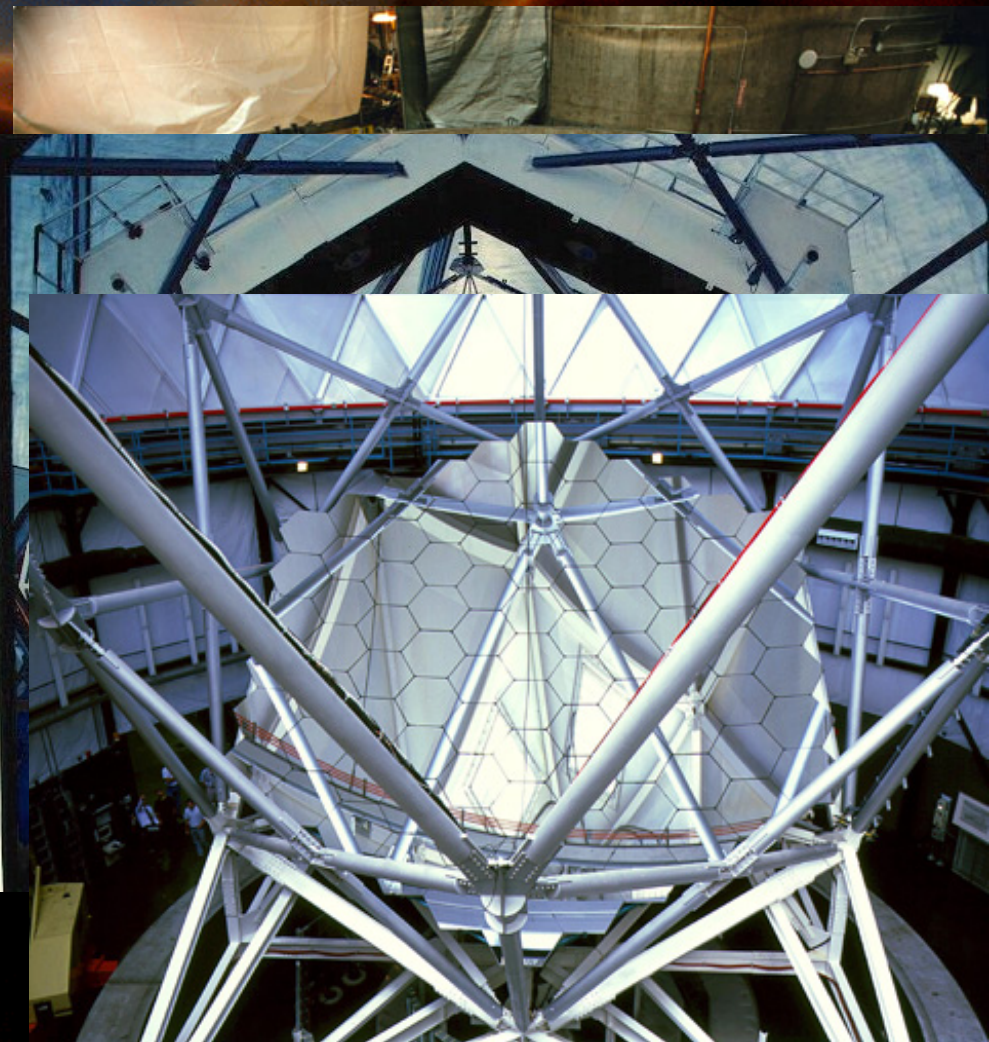


Eefektywna powierzchnia  
zwierciadła



# Zwierciadła

- pełne
  - Zelenchuskaya – 6 m
- typu plaster miodu
  - Palomar – 5 m
- meniskowe
  - VLT – 18 cm/ 8.2 m
- segmentowe
  - Keck – 10 m
- sferyczne
  - HET 9.2 m



# Piec obrotowy



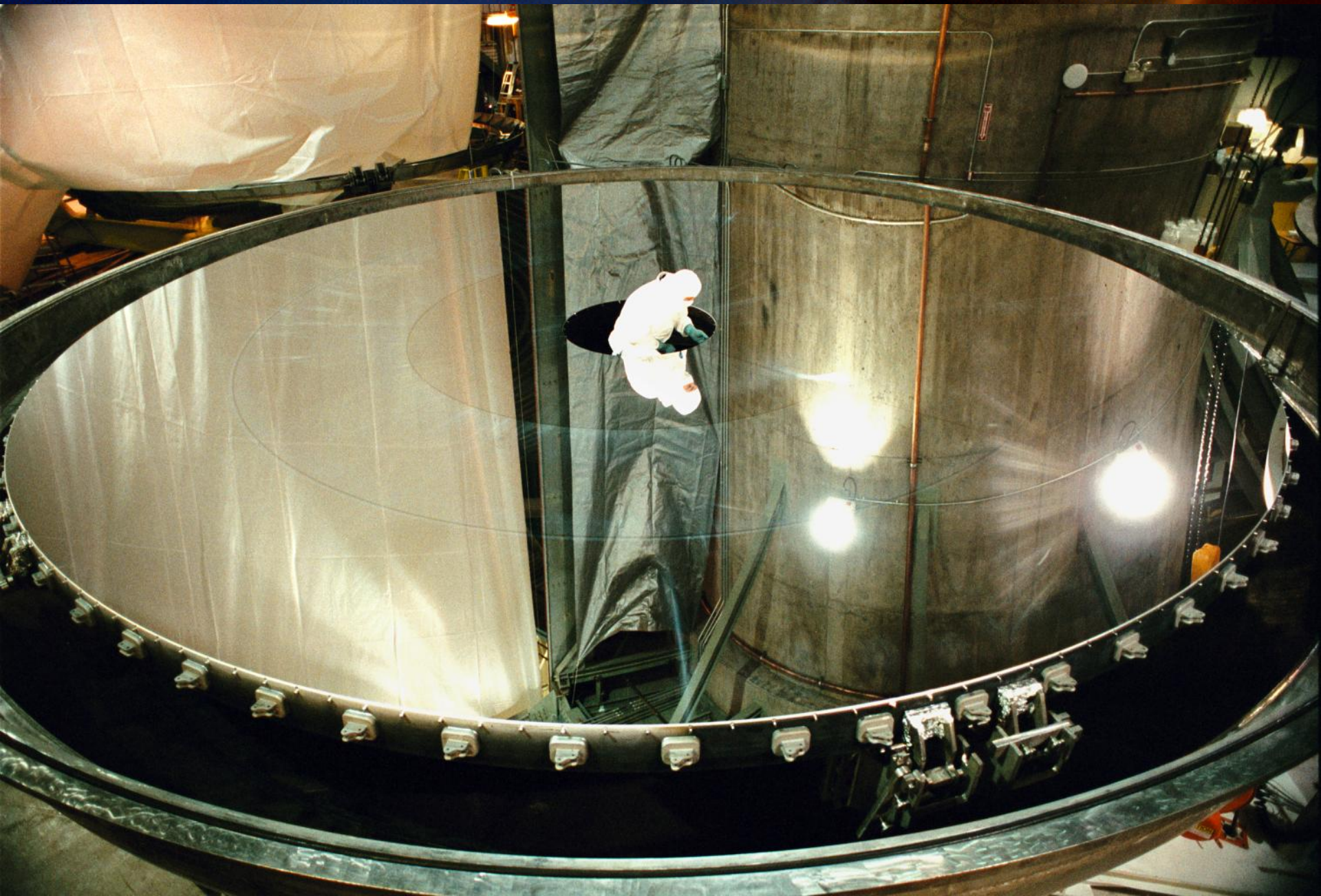
# Piec obrotowy – 1150 C



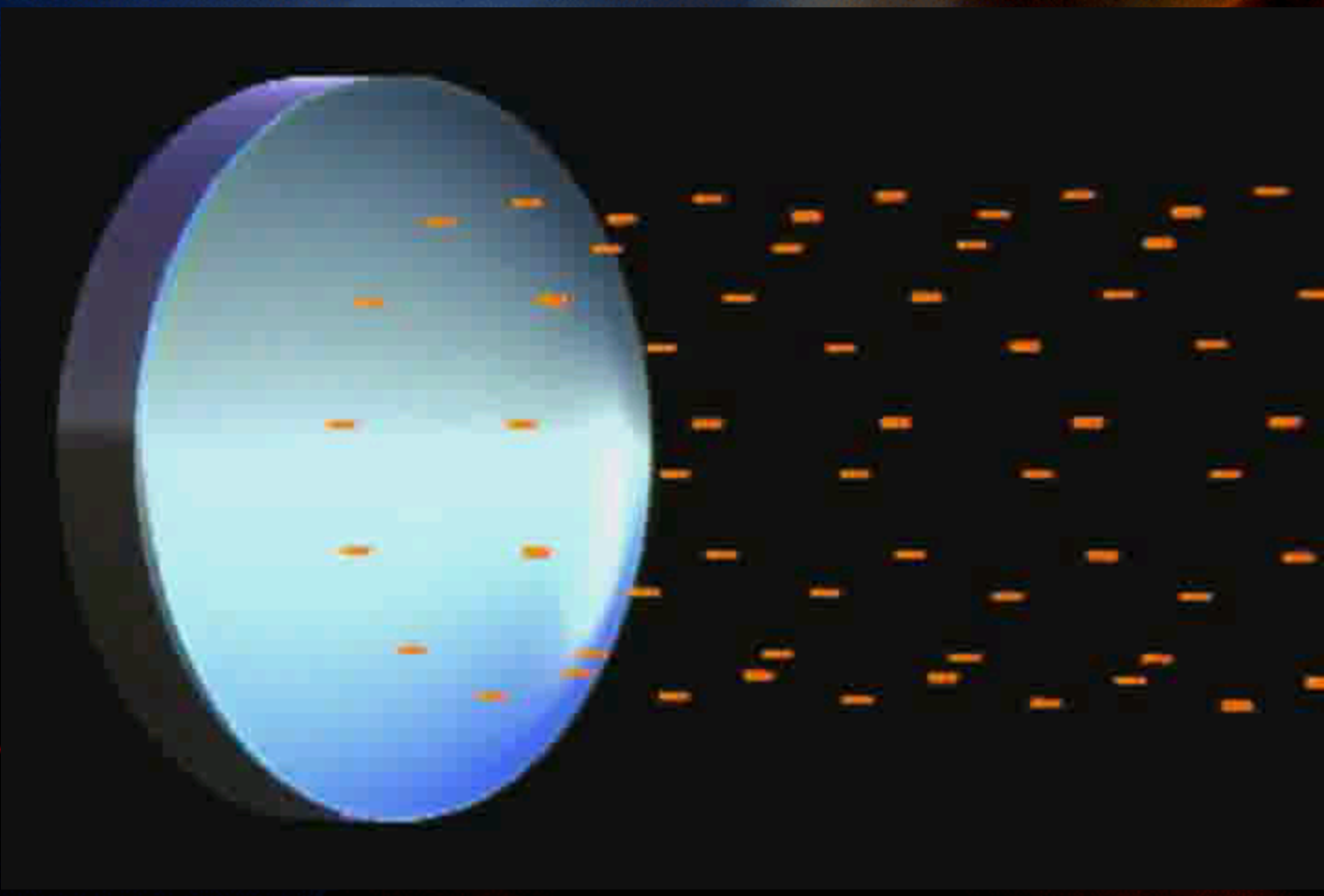


# Piec obrotowy – 1150 C

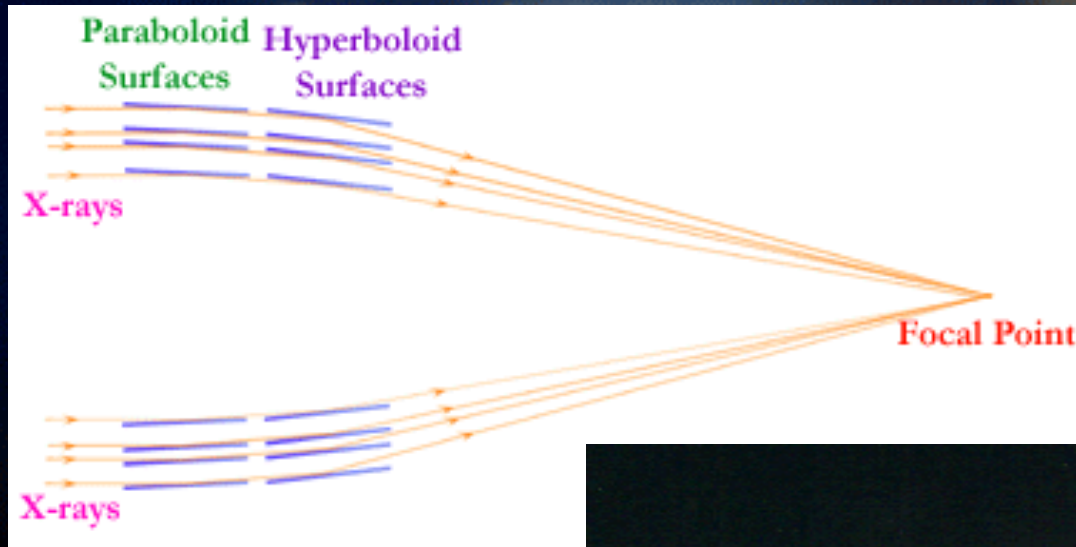




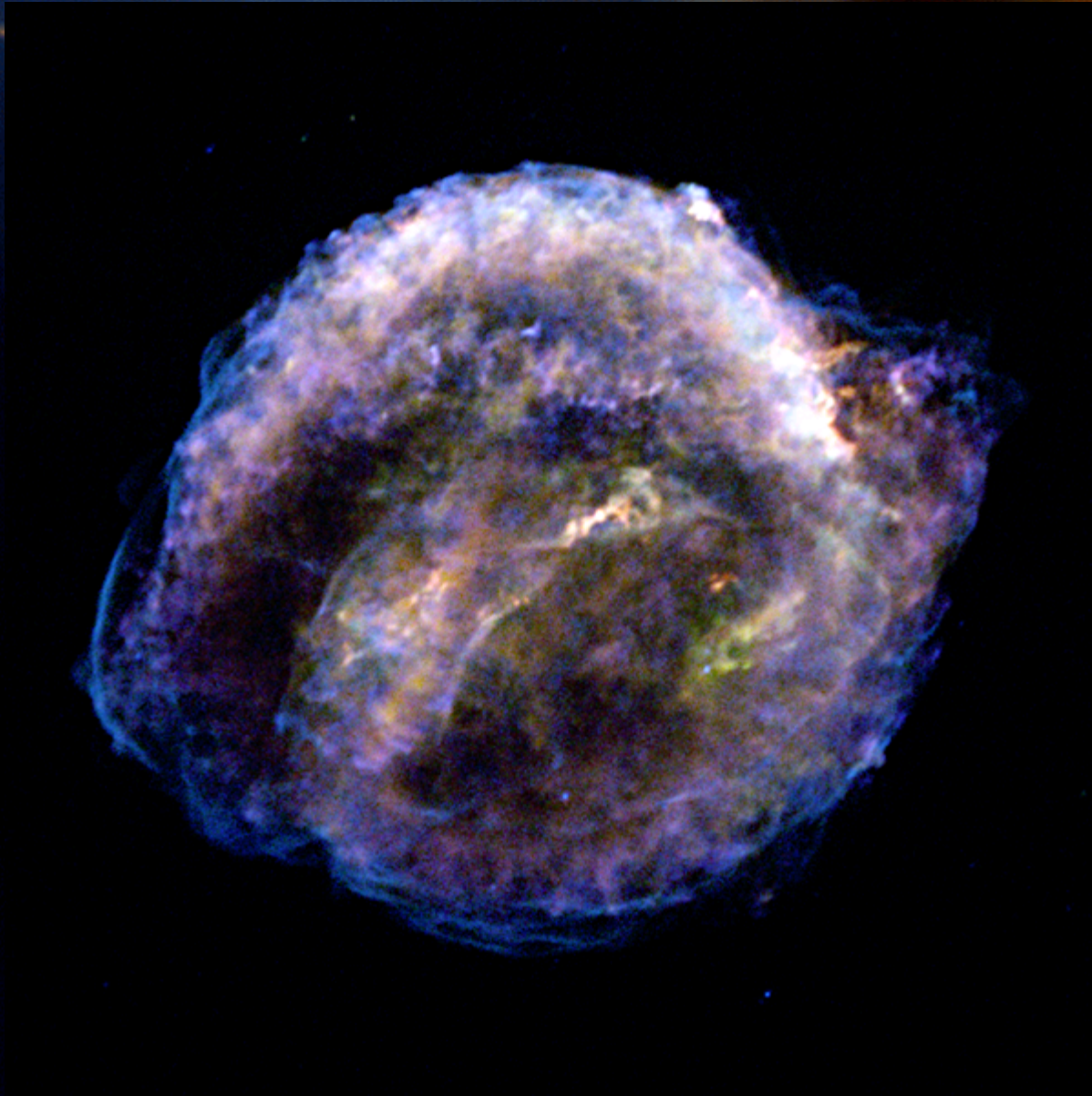
# teleskopy rentgenowskie



# teleskopy rentgenowskie

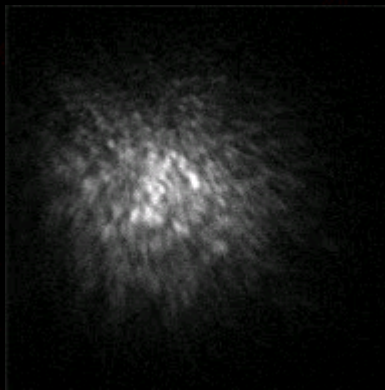


# teleskopy rentgenowskie



# Jakość obrazu – „Seeing”

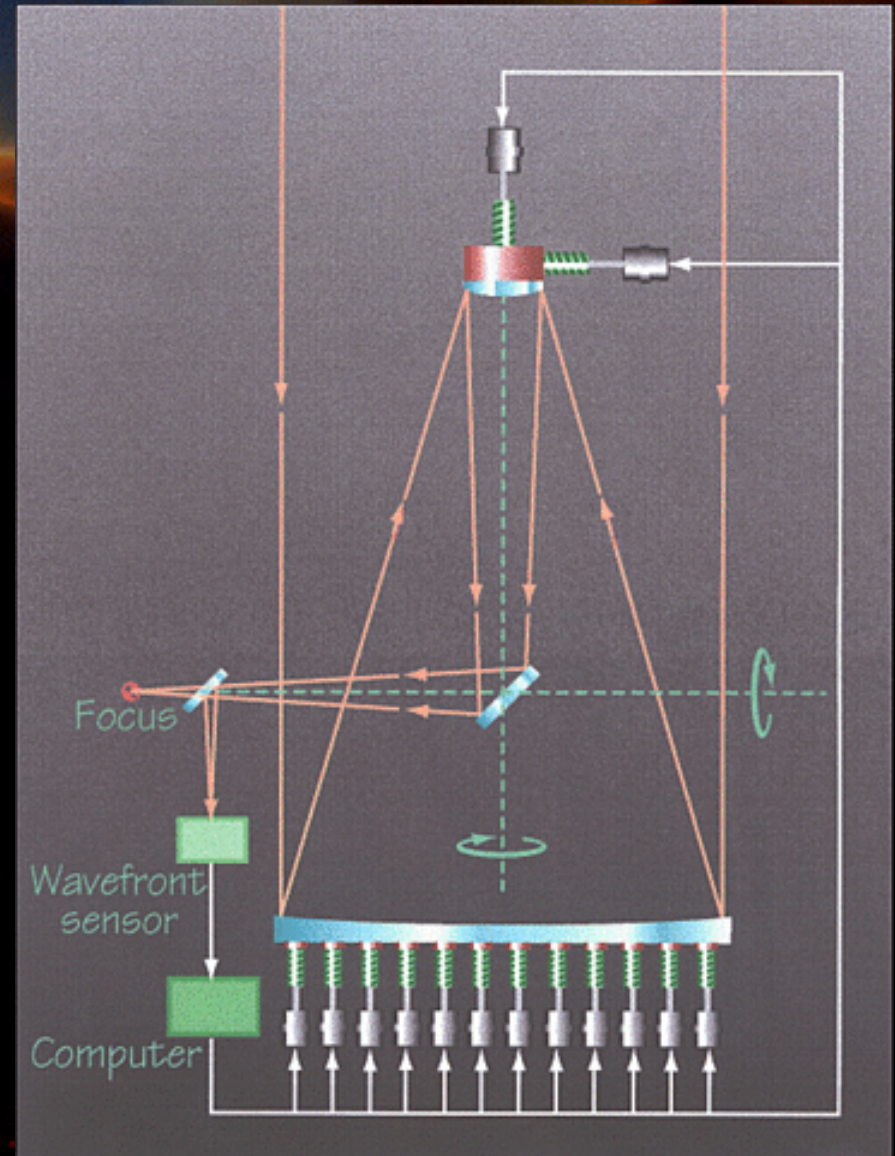
- Turbulencje powietrza
- Korekcja możliwa :
  - Optyka adaptacyjna



Teleskop  
4.2 m. na La Palma  
gw. podwójna  $\gamma$  Per  
 $d = 0.2$  arcsec  
 $t_{exp} = 25$  ms

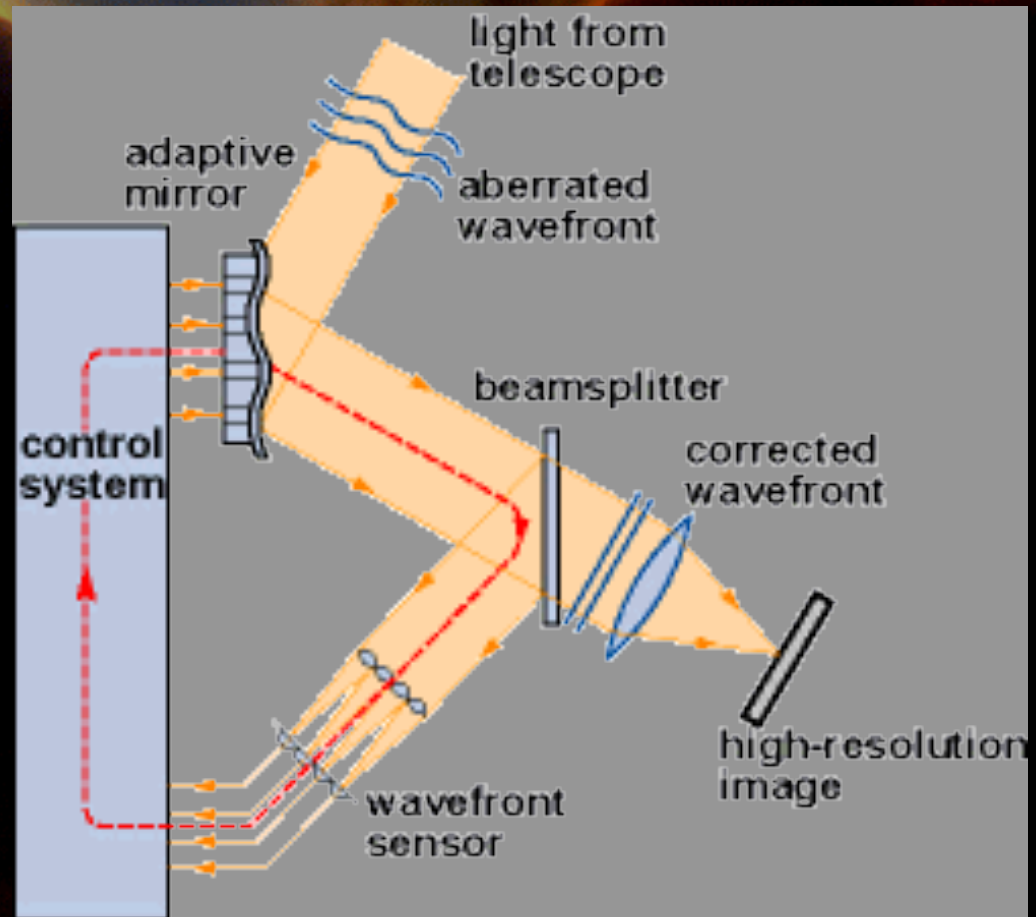
# Optyka aktywna

- Detektor frontu falowego
  - *Shack-Hartmann*
  - *CCD*
  - *odczyt co 1 ms*
- Komputer do rekonstrukcji frontu falowego.
- Element aktywny
  - *zwierciadło tip-tilt*
  - *zwierciadło deformowalne*



# Optyka adaptacyjna

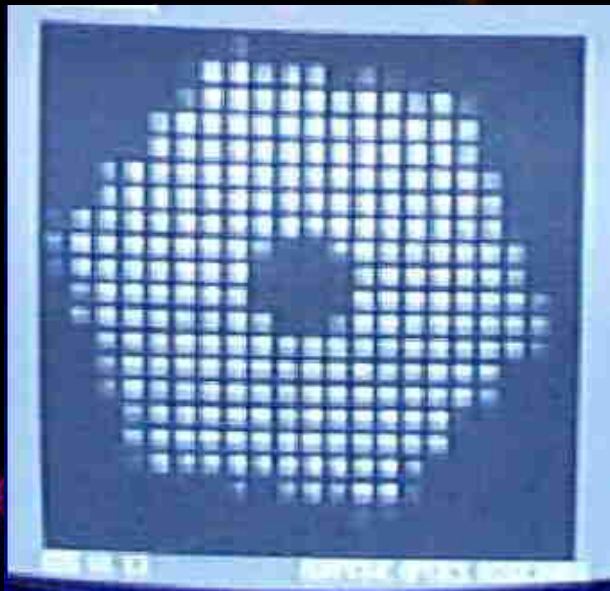
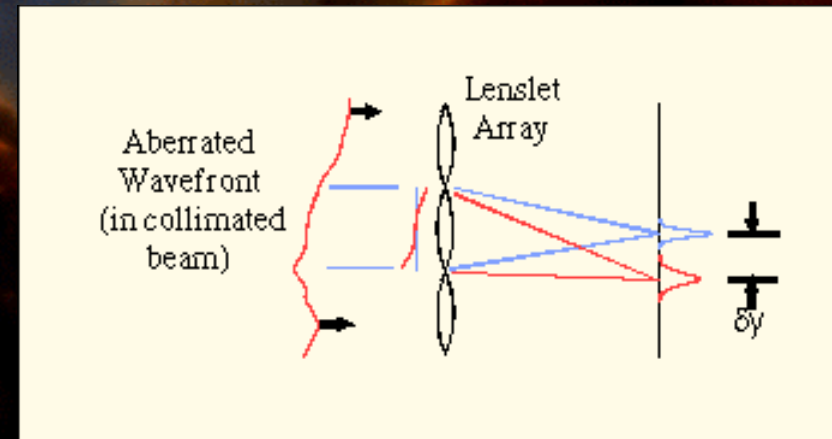
- Detektor frontu falowego
  - *Shack-Hartmann*
  - *CCD*
  - *odczyt co 1 ms*
- Komputer do rekonstrukcji frontu falowego.
- Element aktywny
  - *zwierciadło tip-tilt*
  - *zwierciadło deformowalne*





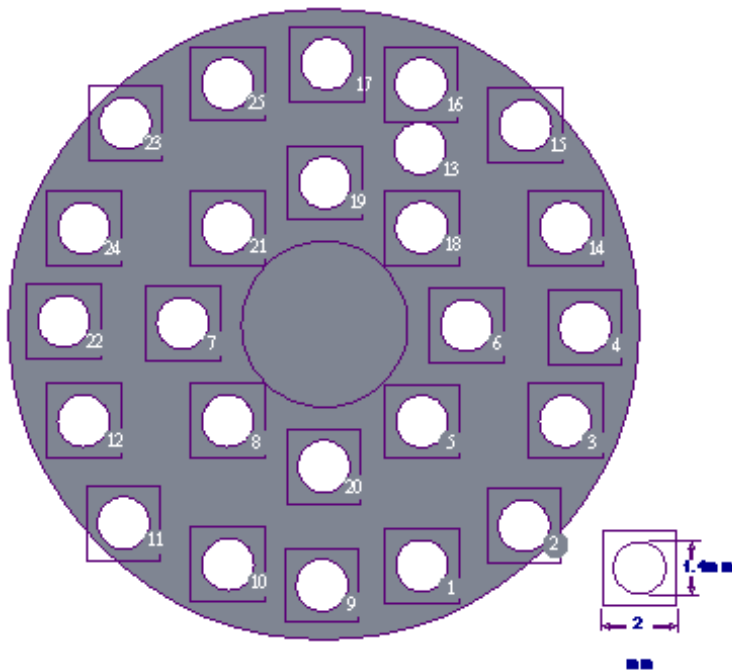
# Korektor frontu falowego (fazy)

- Detektor Shack-Hartmanna
- Zwierciadło deformowalne (349 siłowników)

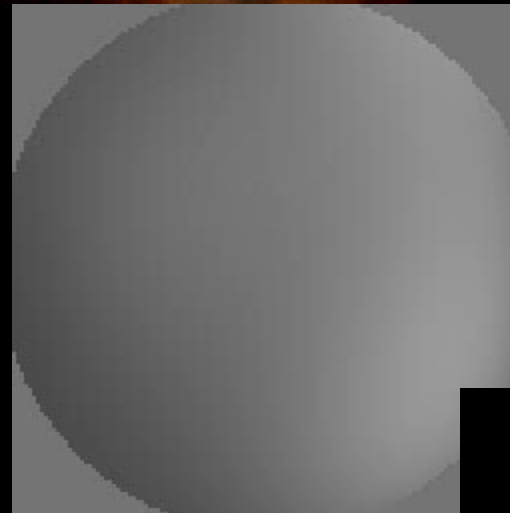
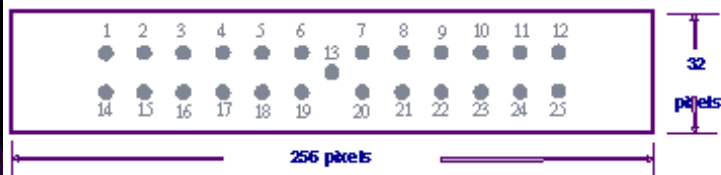


# Optyka adaptacyjna w działaniu

## PUPIL PLANE



## DETECTOR PLANE



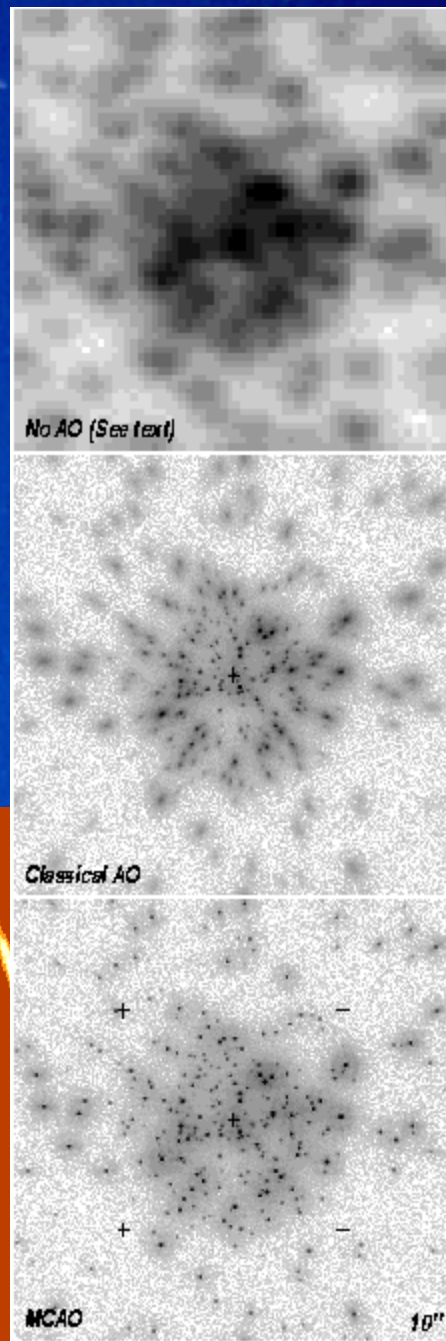
ALFA Performance:  
open loop

# Trudności

- Płaszczyzna izoplanatyczna
  - $< 5''$  dla  $0.6 \mu\text{m}$
  - $< 20''$  dla  $2 \mu\text{m}$
- Gwiazda prowadzenia
  - $m < 12^{\text{m}}$  (dla Kecka)
- Dostępna powierzchnia nieba
  - mała ( $< 1\%$ )
- Przede wszystkim podczerwień

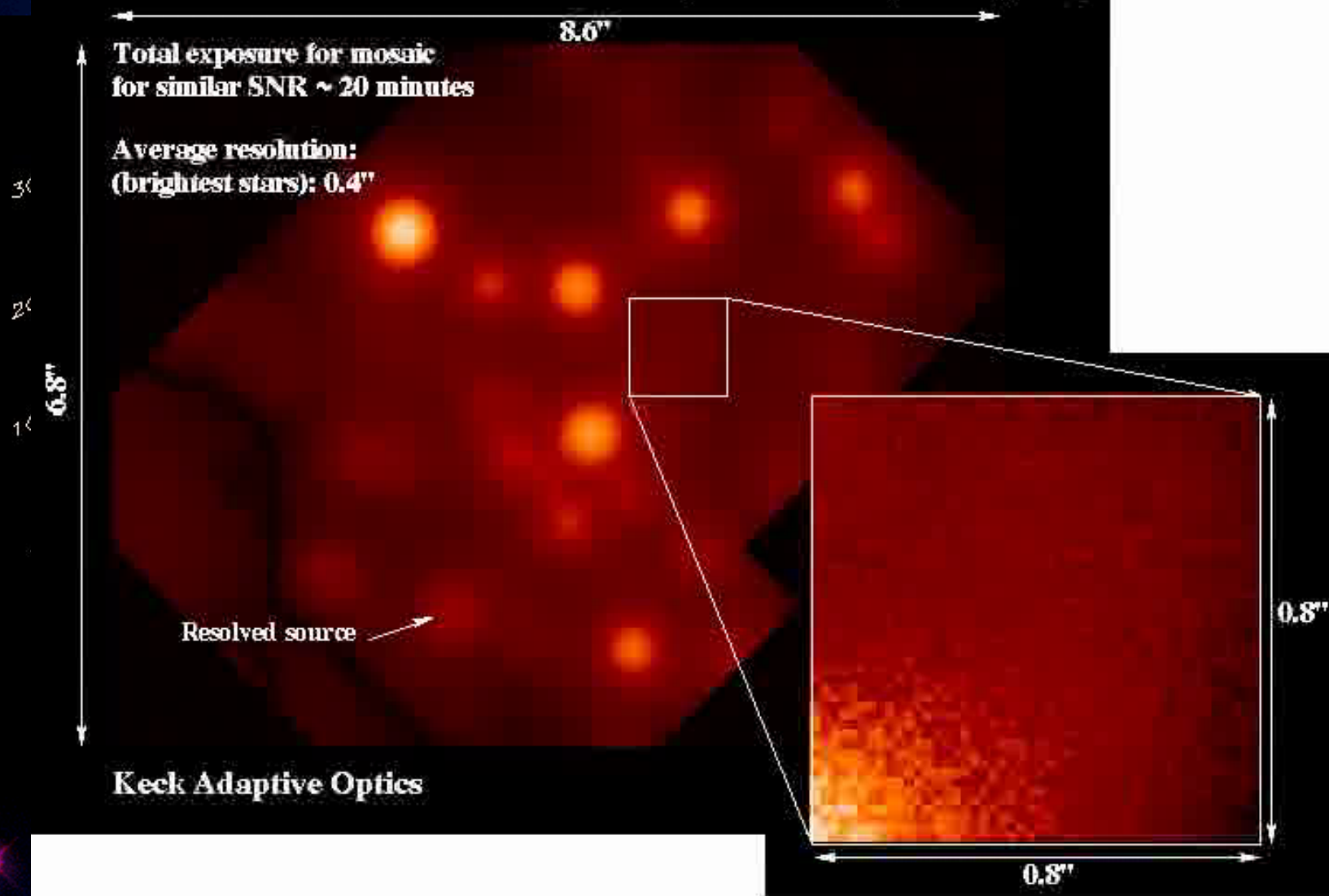
# Sztuczne gwiazdy

- *Laser Guide Star*
- Laser Ar-Ion, wzbudzający atomy sodu w mezosferze (80-100 km)



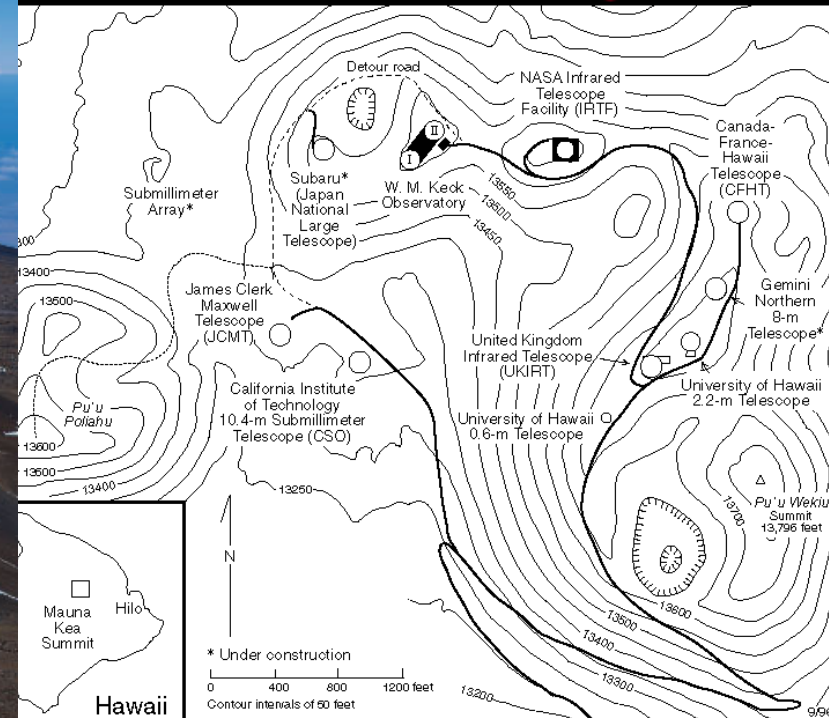
# Jądro Galaktyki

The Galactic Center at 2.2 microns (without adaptive optics)



# Observatoria Mauna Kea

- Mauna Kea, Hawaje, 4205 npm
- Seeing  $\sim 0.55$  arcsec (0.25 arcsec)

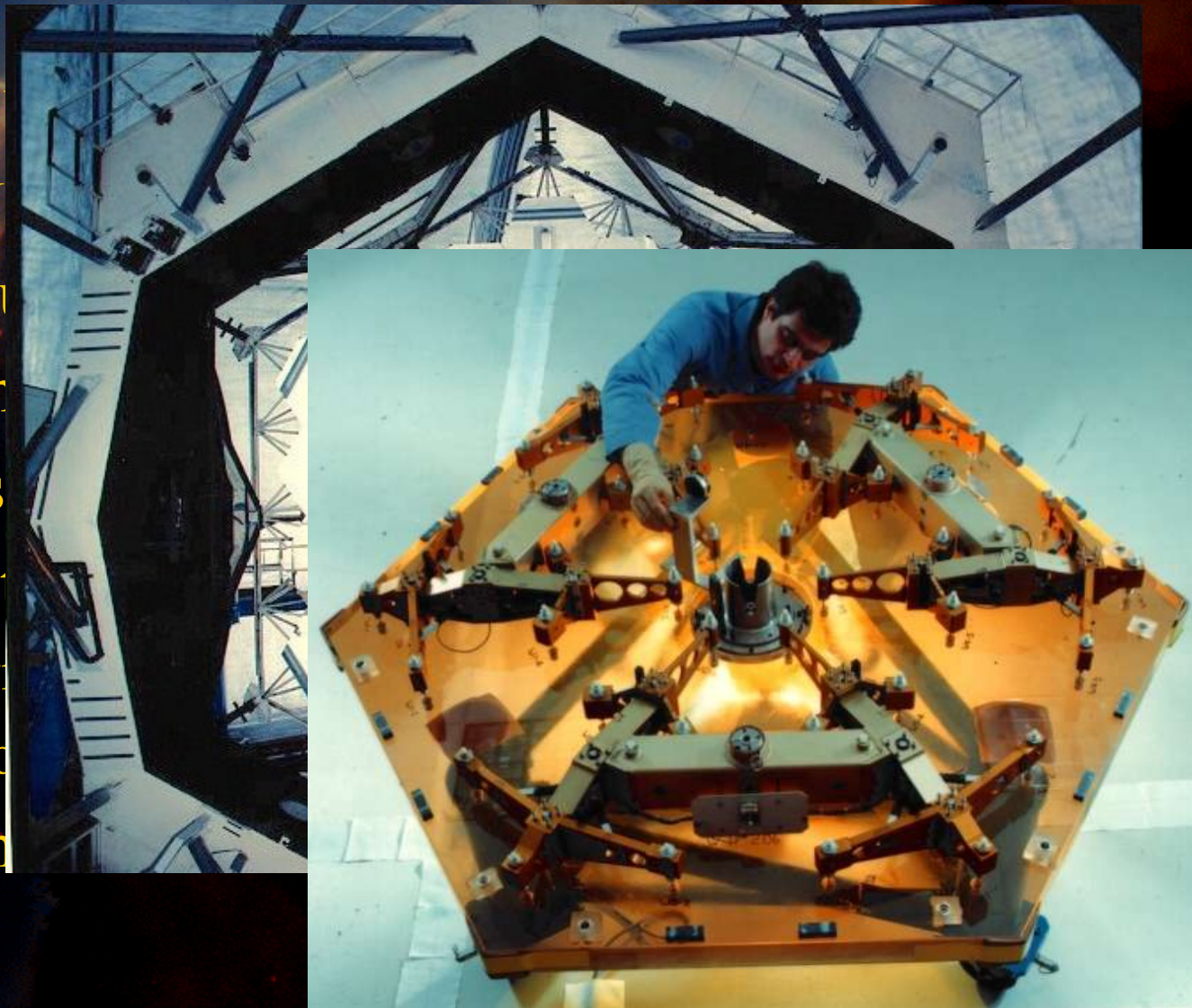


# Instrumenty - Mauna Kea



# Teleskop Kecka

- Caltech +  
+ NASA, J
- Średnica 10 m
- 36 segmen
- Średnica s
- Instrumenty
  - spektrog
  - układ ko
- Interferom





# VLT- Very Large Telescope

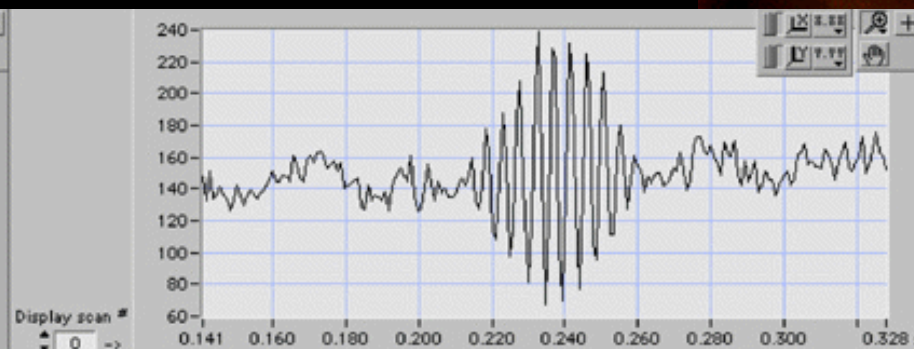
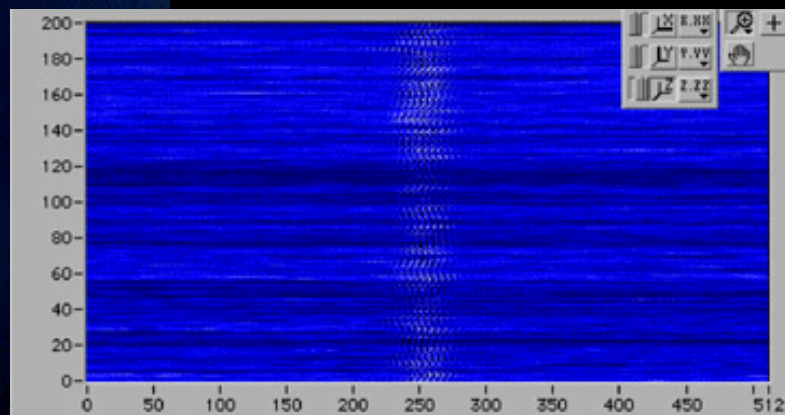
- ESO – European Southern Observatory
- 4 teleskopy 8.2 m każdy
- Zwierciadła meniskowe
- Wspólne ognisko interferometryczne





Paranal Observing Platform with AT1 and AT2

# VLT Interferometer



**SAVE** Scans to remove:  **DONT SAVE**

**Dump to ASCII files** **Remove scans**

Comments

Sirius-089

SNR

I1	I2
21.7	17.8
PA	PB
13.50	13.61

Plot statistics

Average: 0.7252  
Median: 0.7234  
Skew: 0.5 Bias: 0.4

Standard deviation

Absolute	Relative
0.0575	7.9 %

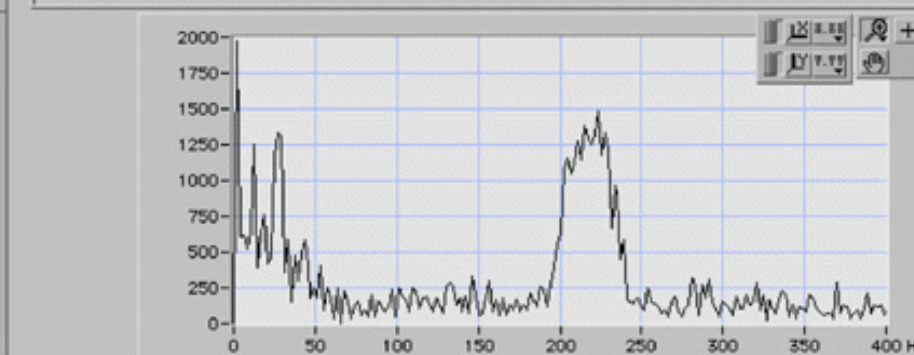
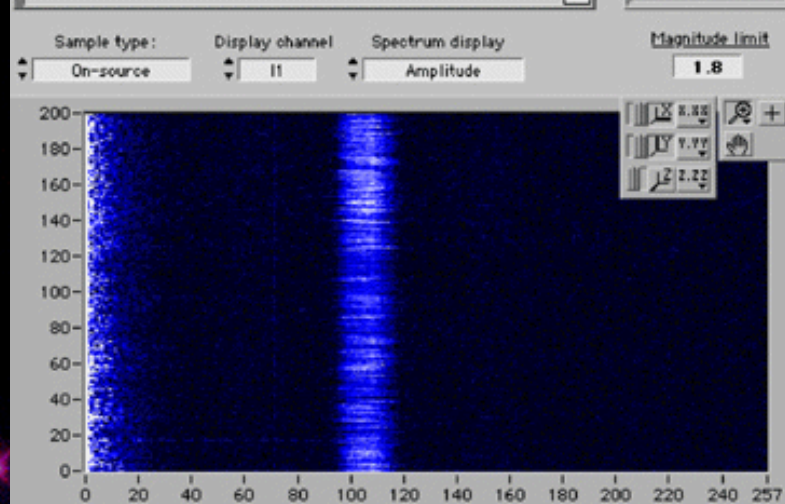
Standard error

Absolute	Relative
0.0041	0.6 %

Piston noise / total noise: 0.124

Correlated magnitude: -1.2

Plot vs. Relative time 200 points

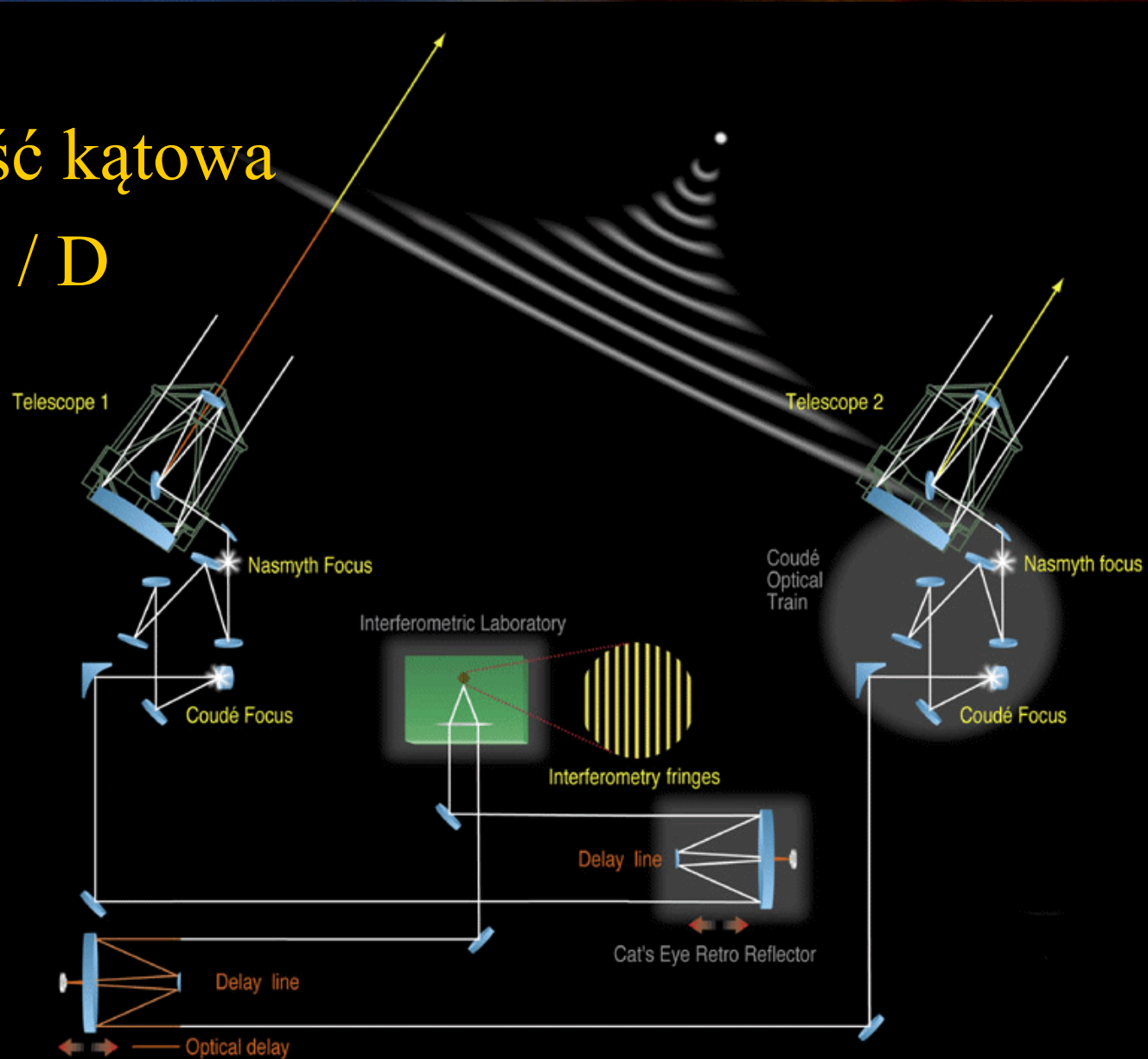


← → — Optical delay

# VLT Interferometr

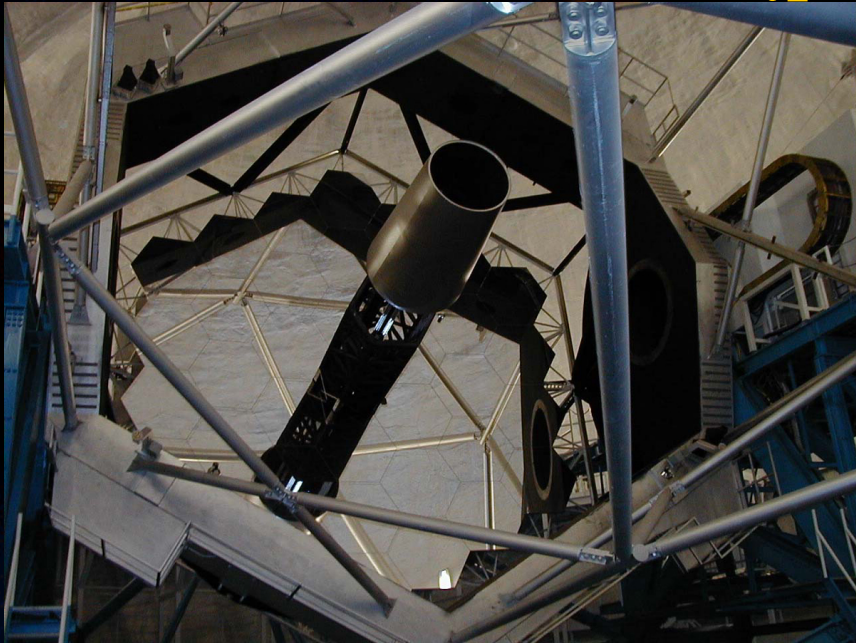
rozdzielczość kąтова

$$\Theta \sim 1.22 \lambda / D$$



# HET – Hobby-Eberly Telescope

- Segmentowe zwierciadło sferyczne 10 m
- Stałe nachylenie (55 deg) do horyzontu
- Obrót tylko wokół osi pionowej
- 72 % nieba dostępne dla obserwacji



# HET – Hobby-Eberly Telescope

- 10 m segmentowe zwierciadło sferyczne
- Stałe nachylenie (55 deg) do horyzontu
- Obrót tylko wokół osi pionowej
- 72 % nieba dostępne dla obserwacji
- Koszt – 13.5 mln \$
- SALT – instrument bliźniaczy



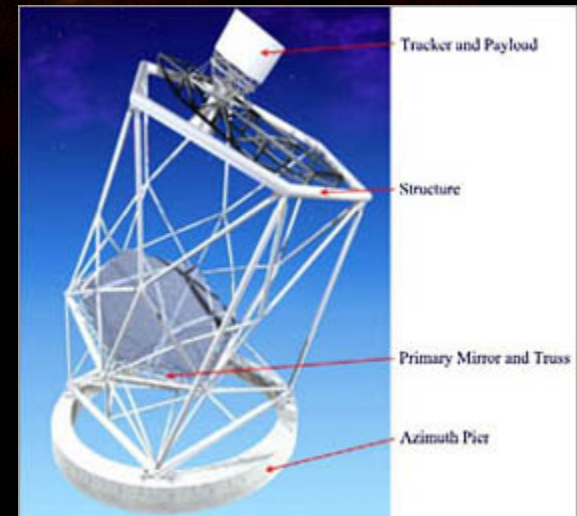
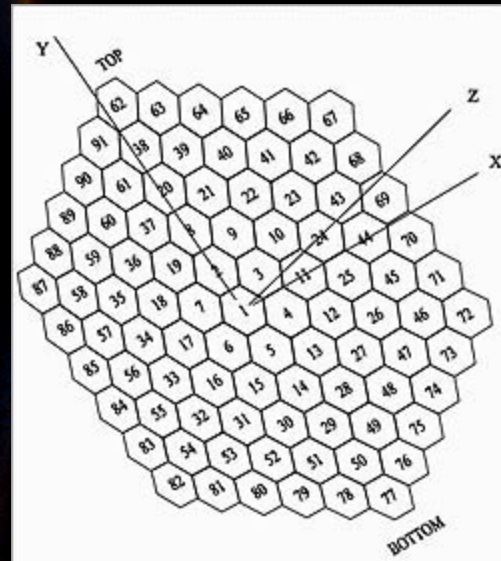
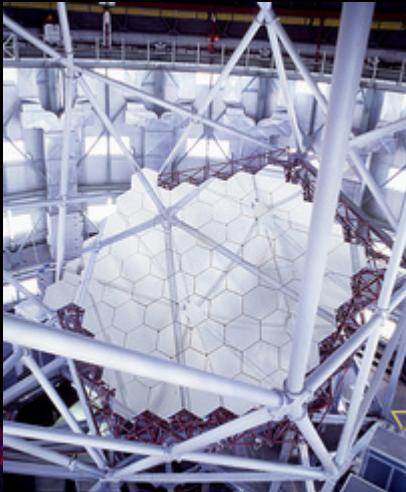
# SALT – Southern African Large Telescope

- Segmentowe zwierciadło sferyczne 11x10 m
- Stałe nachylenie (37 deg) do horyzontu



# Teleskop SALT

- 11.1 x 9.8
- R=26 m
- 91 segmentów
- instrumenty SALTICAM, PFIS, HRS

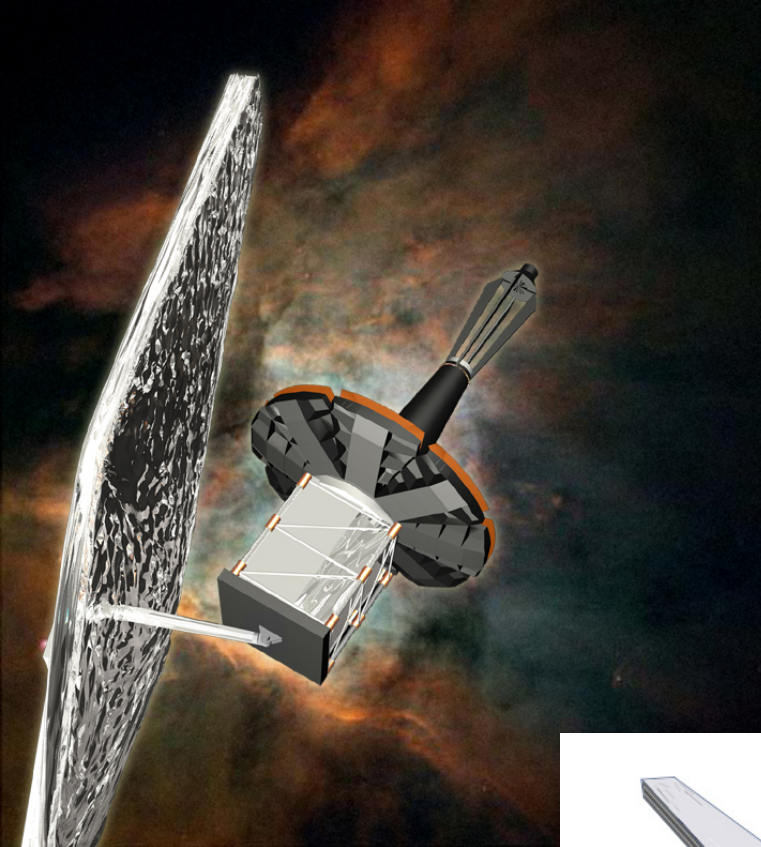




# SALT



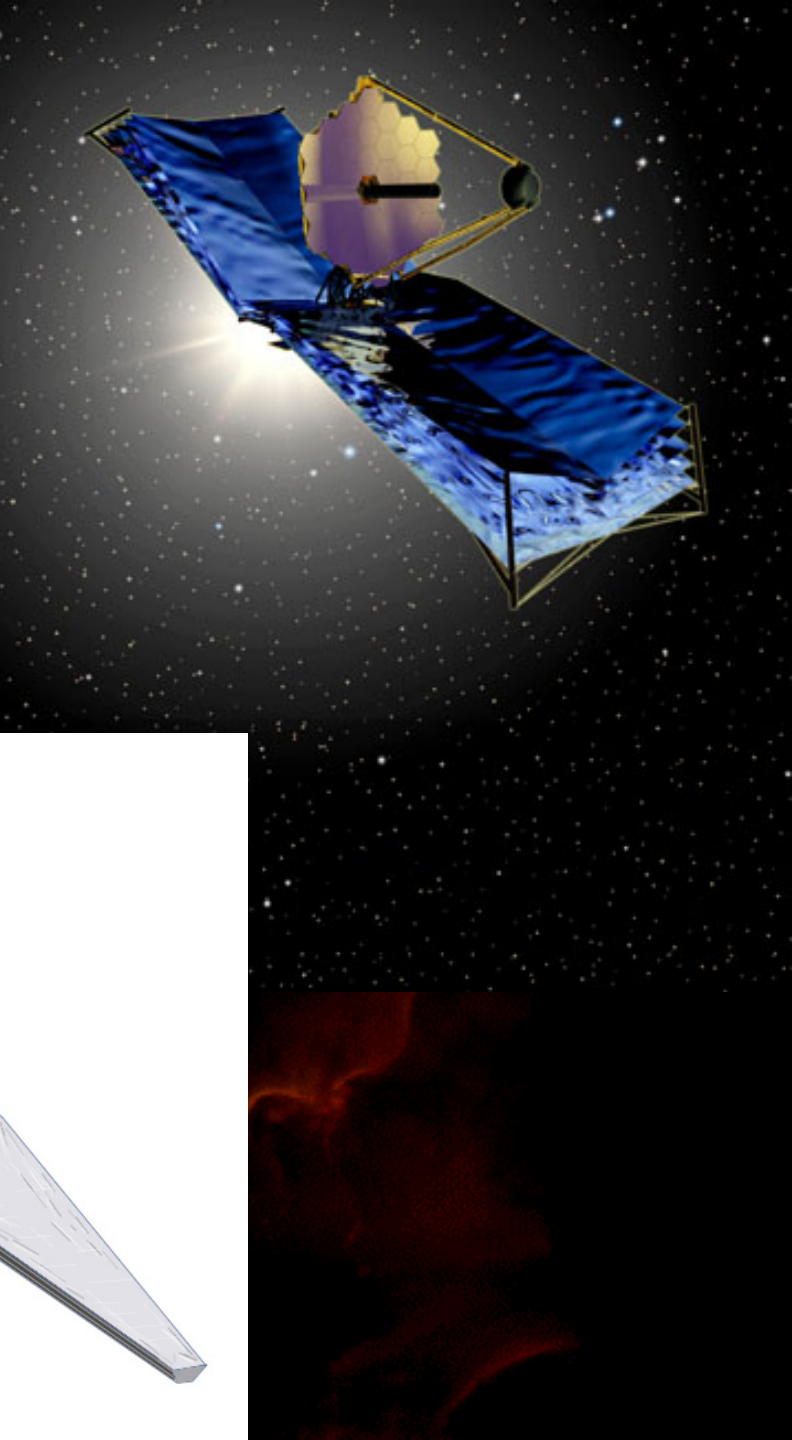




Generational

erzenie pro

kładane  $\geq$



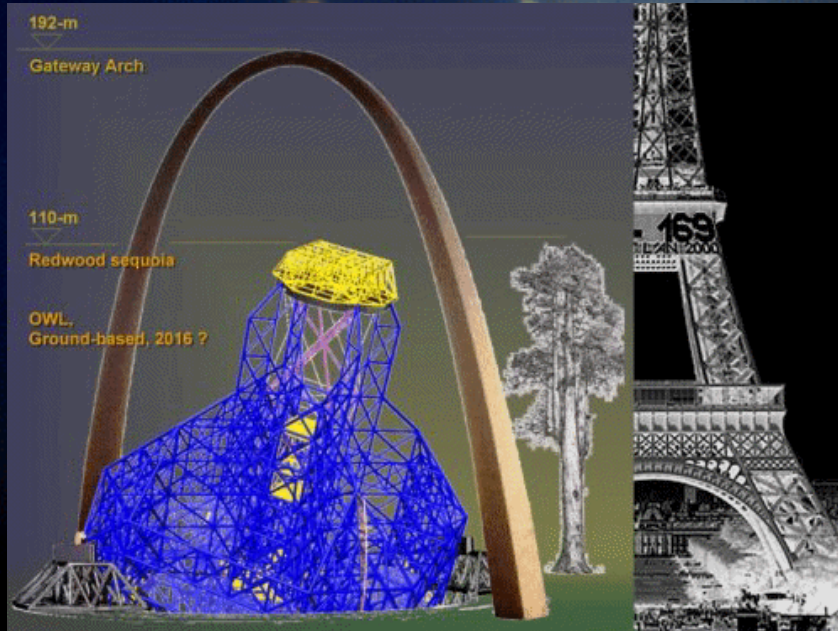
- 3 konsorcja
- Lockheed
- TRW/B
- GSFC



# OWL - OverWhelmingly Large



# OWL

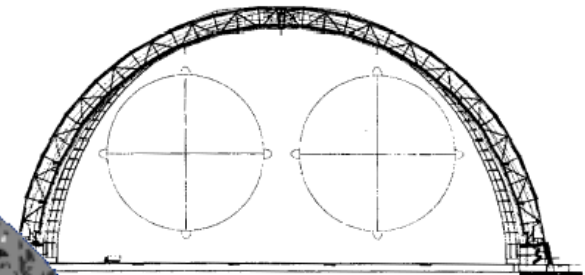
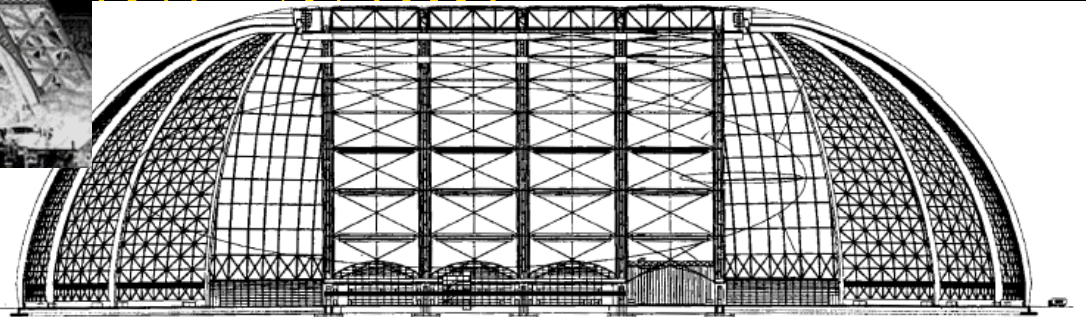


1.6

”

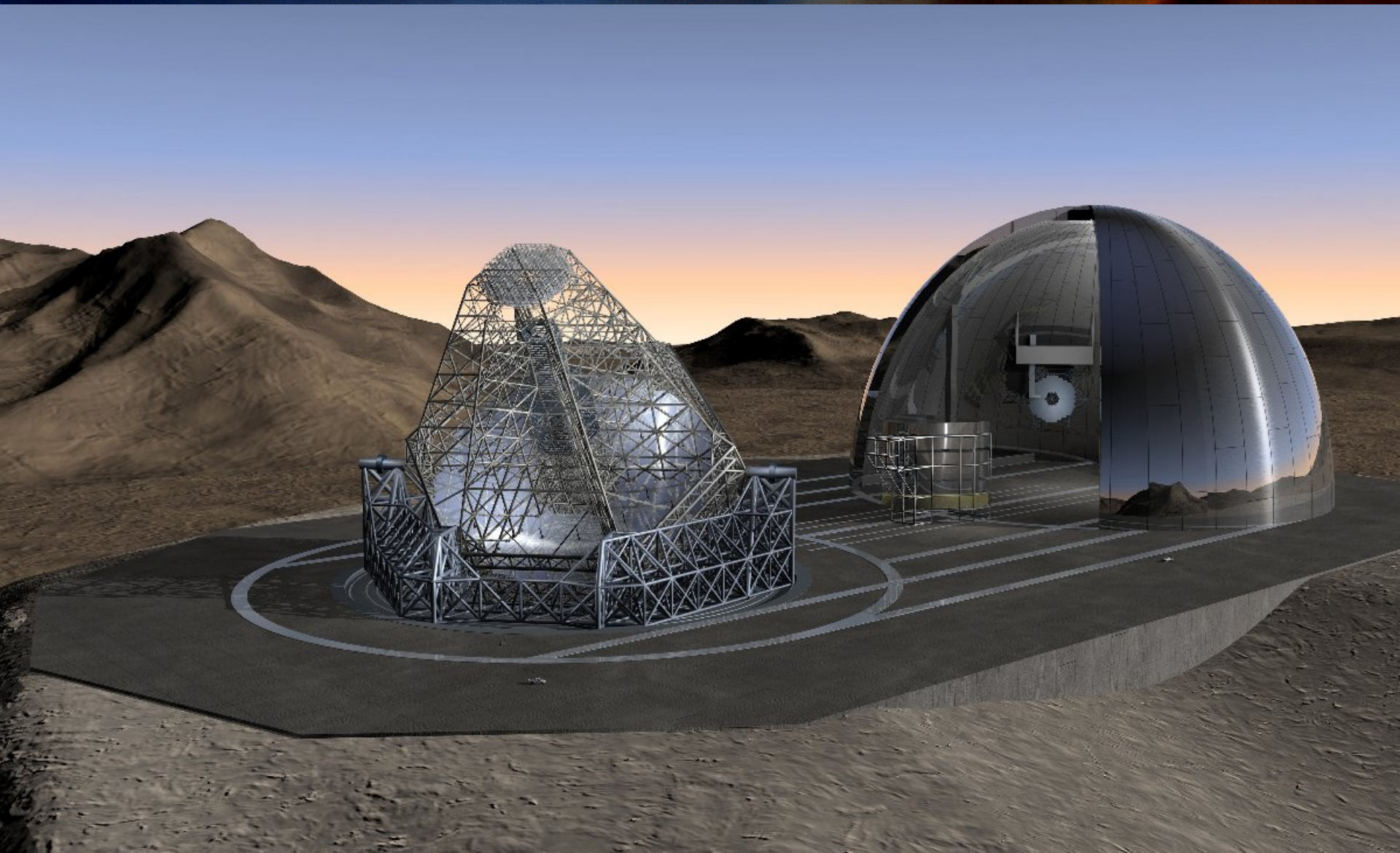


(X) (Y) (Z)



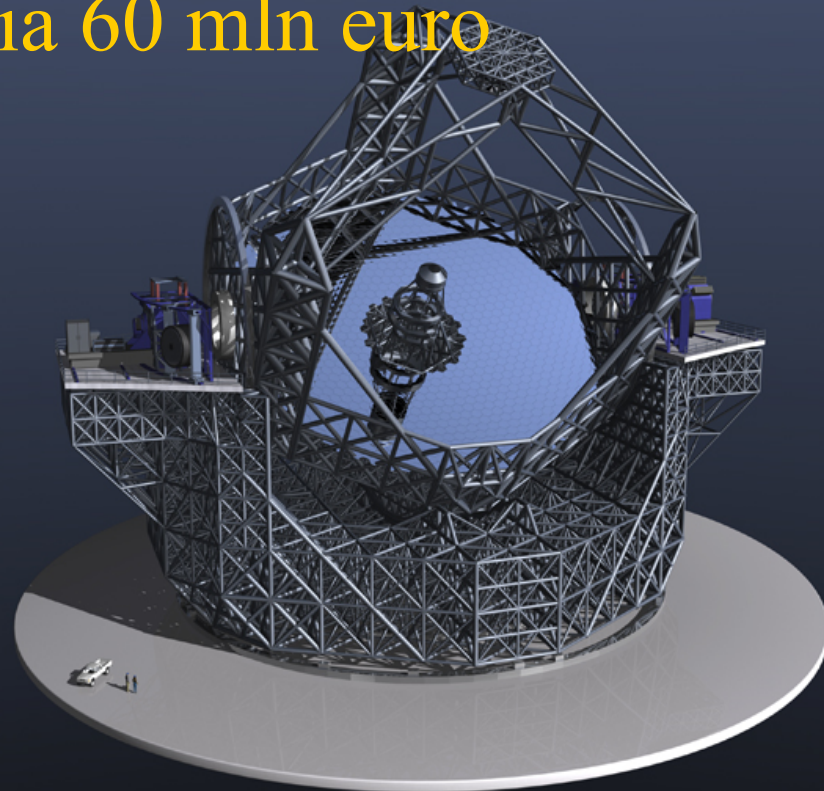
- segmentowa, sf
- optyka adaptyw
- Cana: 1000 M\$

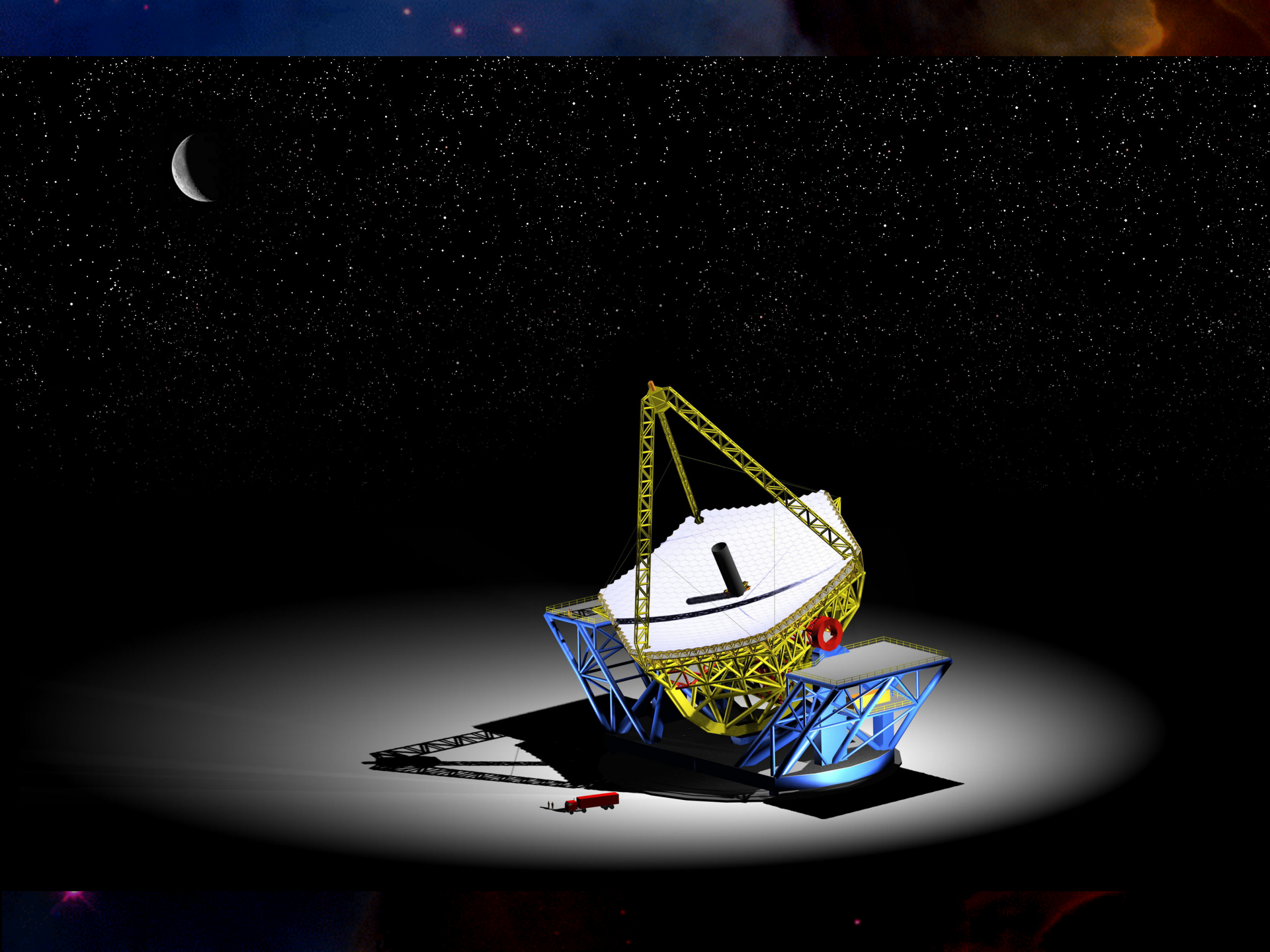
# EELT – European Extra Large T.



# European Extremely Large Telescope

- średnica 42 m
- 2020 (?)
- budżet na badania 60 mln euro







# Koszt

VLT	4 *8.2 m	500 M\$
Keck	2*10 m	150 M\$
Gemini	2*8.1 m	170 M\$
HET	9.2 m	13.5 M\$
SALT	10 m	16 M\$
SUBARU	8.3 m	
LBT	2*8.4 m	85 M\$
GTC	10.4 m	100 M\$
GMT	24 m	500 M\$
E-ELT	42 m	1100 M\$
OWL	100 m	1600 M\$

# Giant Magellan Telescope

Carnegie Institution of Washington

University of Michigan

Harvard University

Massachusetts Institute of Technology

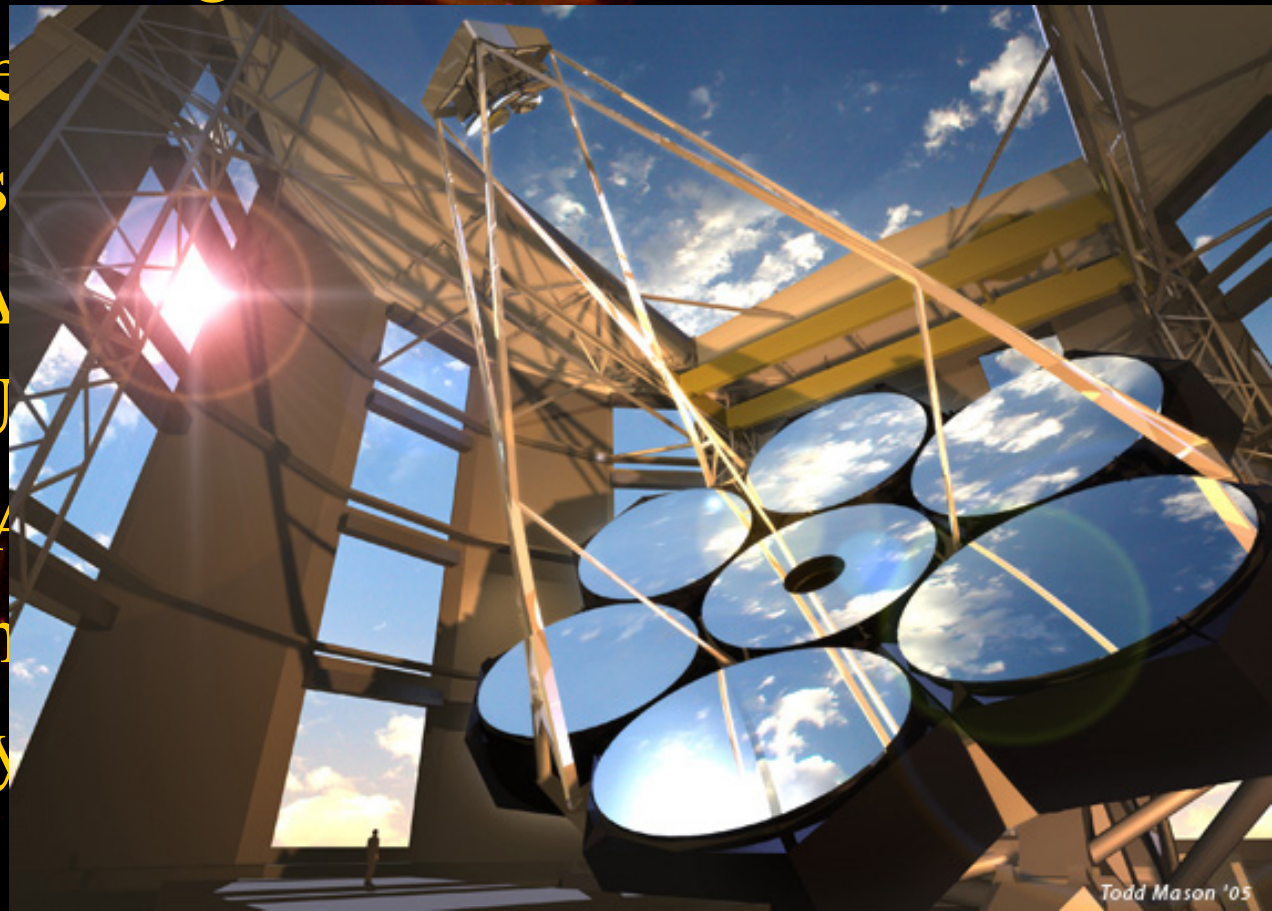
Smithsonian Astrophysical Observatory

Texas A&M University

University of Arizona

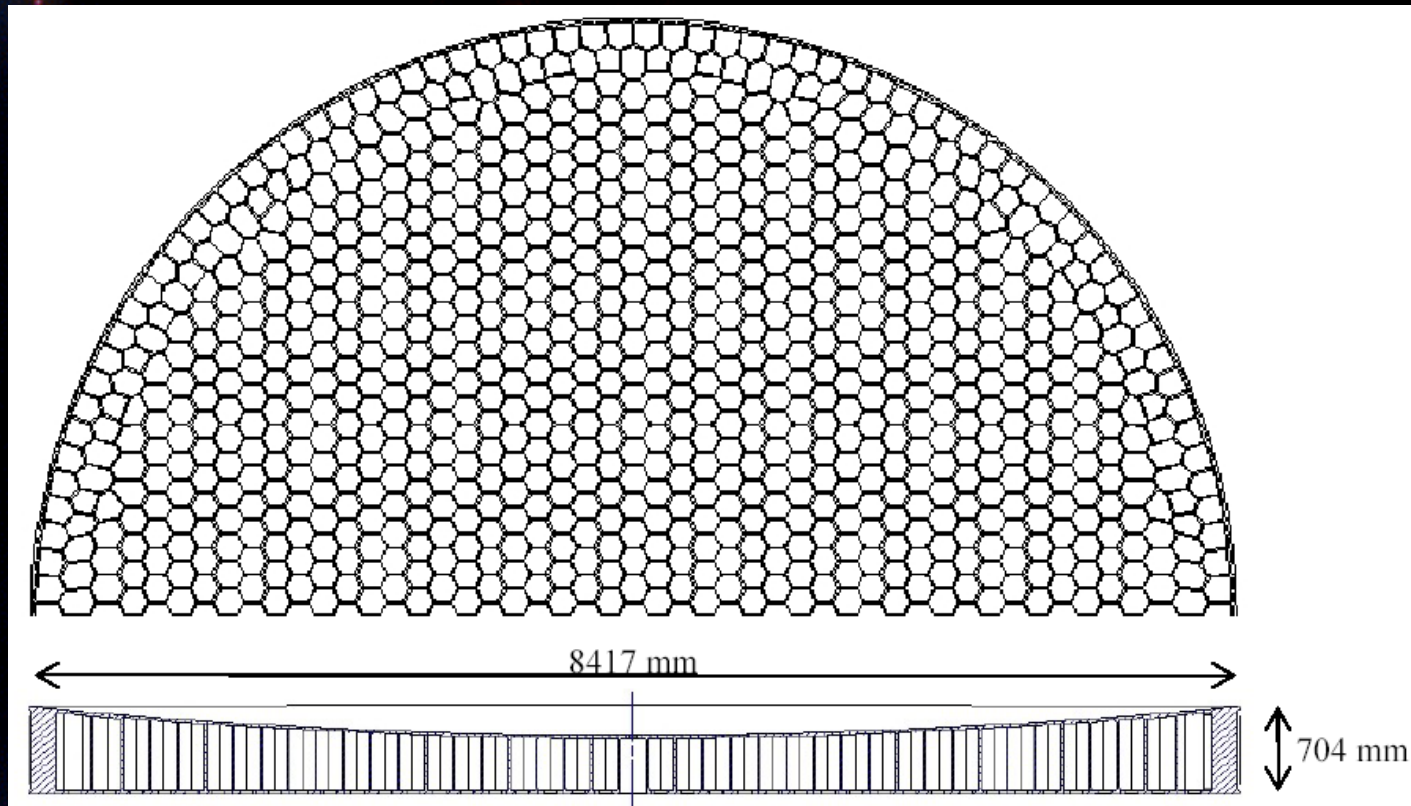
The Australian National University

The University of Chile



# Giant Magellan Telescope

- średnica 24.5 m
- 7 segmentów o 8.4 m, każdy 16.2 t



# Giant Magellan Telescope

- Las Campanas (?)
- 2016 r

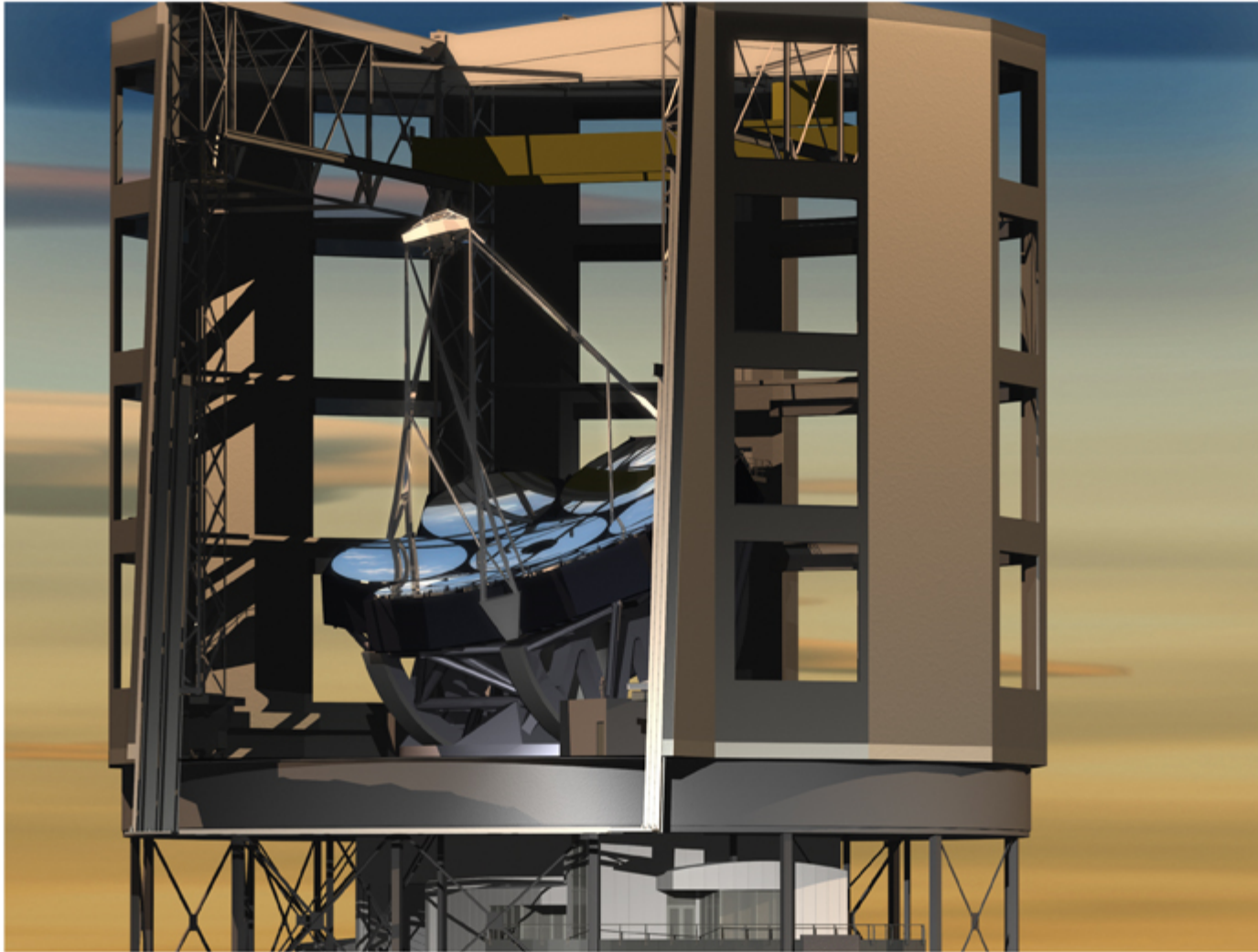


# Giant Magellan Telescope

- Las Campanas (?)
- 2016 r

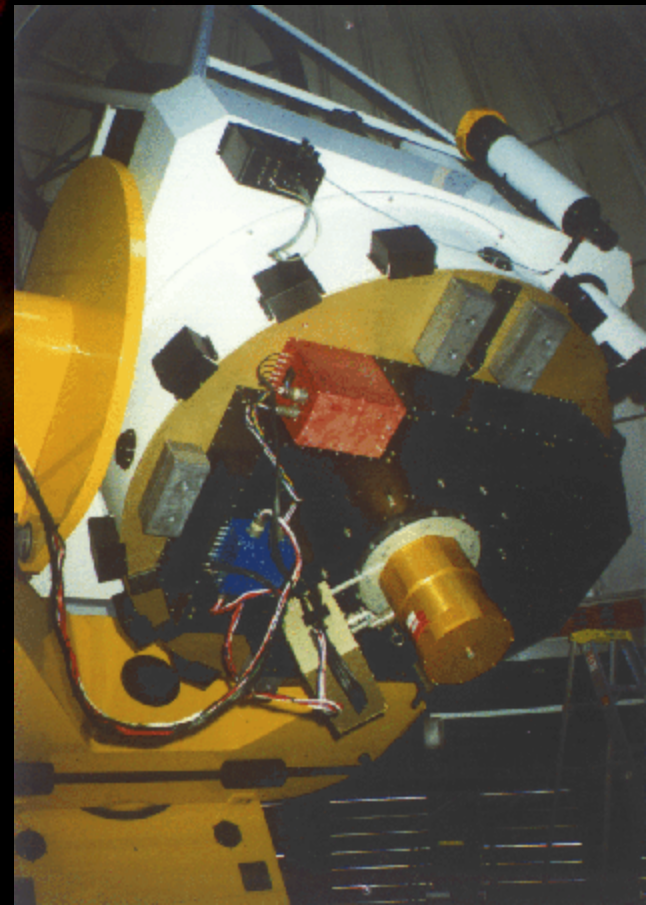
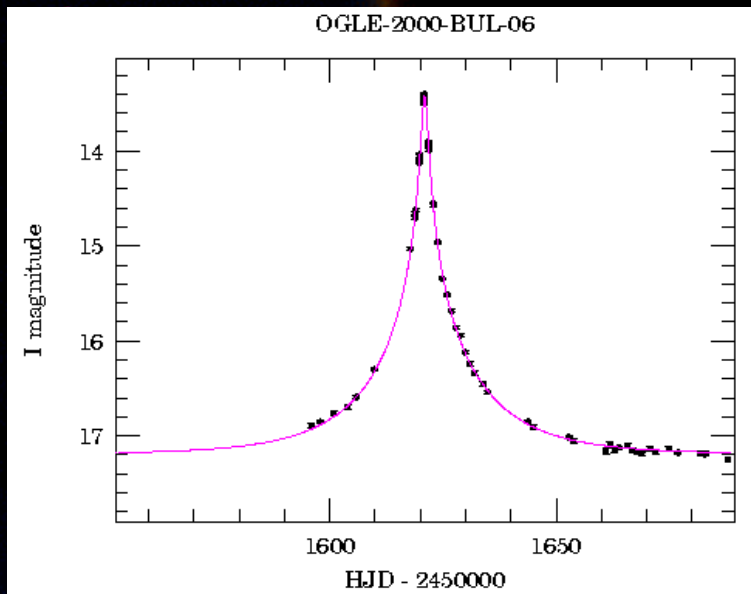


# Giant Magellan Telescope



# OGLE – Optical Gravitational Lensing Experiment

- Teleskop 1.3 m - Las Campanas
- mikrosoczewkowanie
- planety (tranzyty)
- gwiazdy zmienne ( $> 300.000$ )



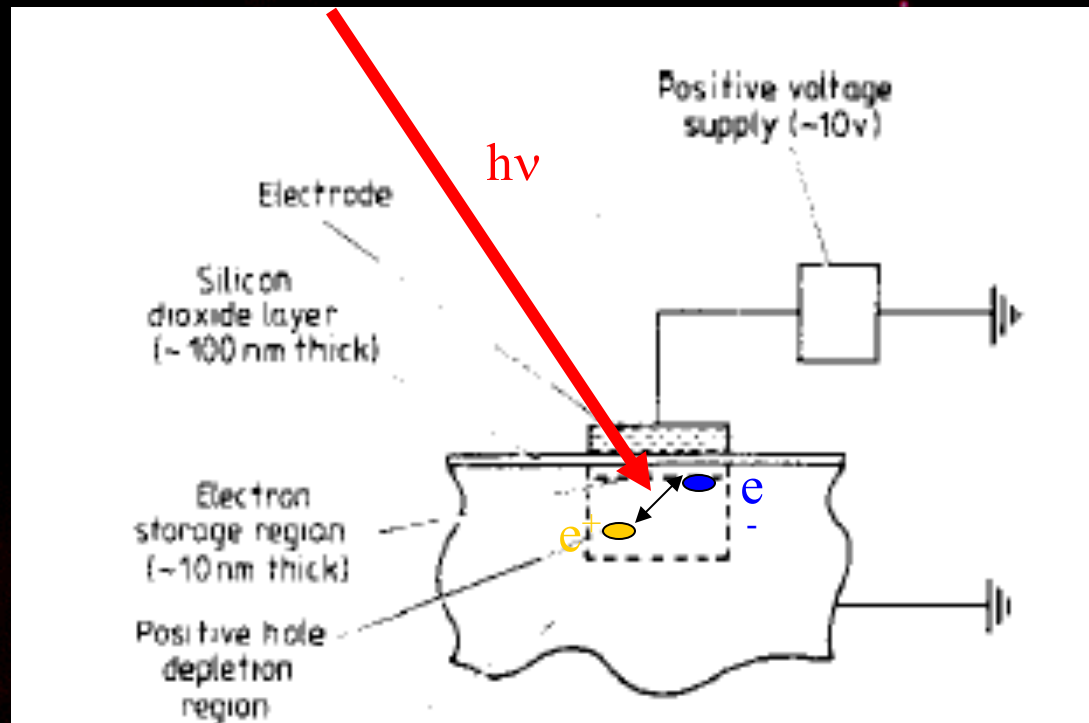
# Rejestracja promieniowania

- Promieniowanie widzialne + UV
  - Oko w ~ 3%
  - Klisza fotograficzna w ~ 1%
    - zalety: rozmiary, łatwe przechowywanie
  - Fotopowielacz
  - CCD w ~ 40-90%
    - typowy: 2000 x 2000 ; 32 mm
    - do 2000x4000 pikseli
    - mozaiki 10 000 x 10 000 pikseli



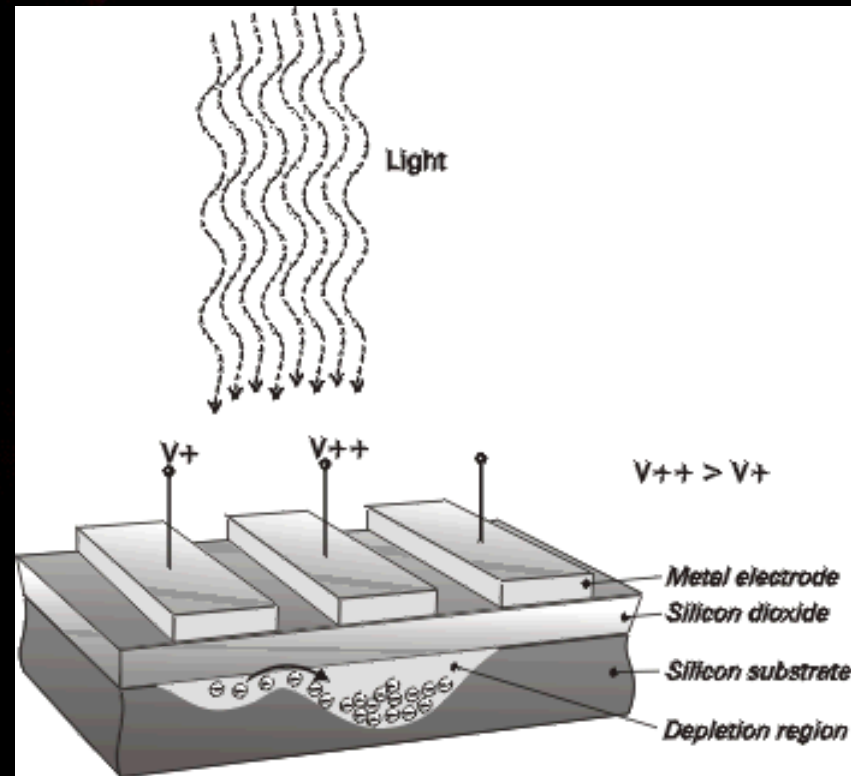
# CCD

- Charge Coupled Device
- Piksel - komórka półprzewodnikowa otoczona warstwą izolatora z elektrodą



# CCD

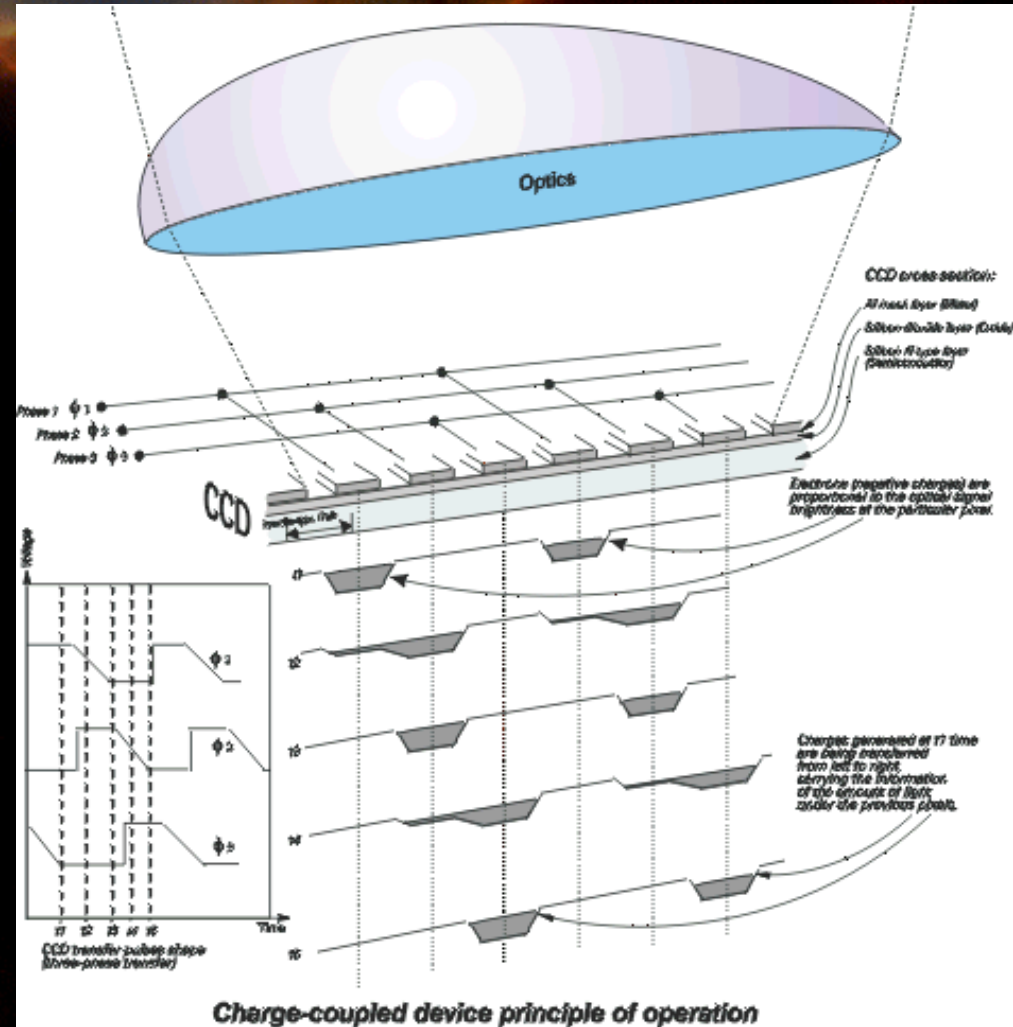
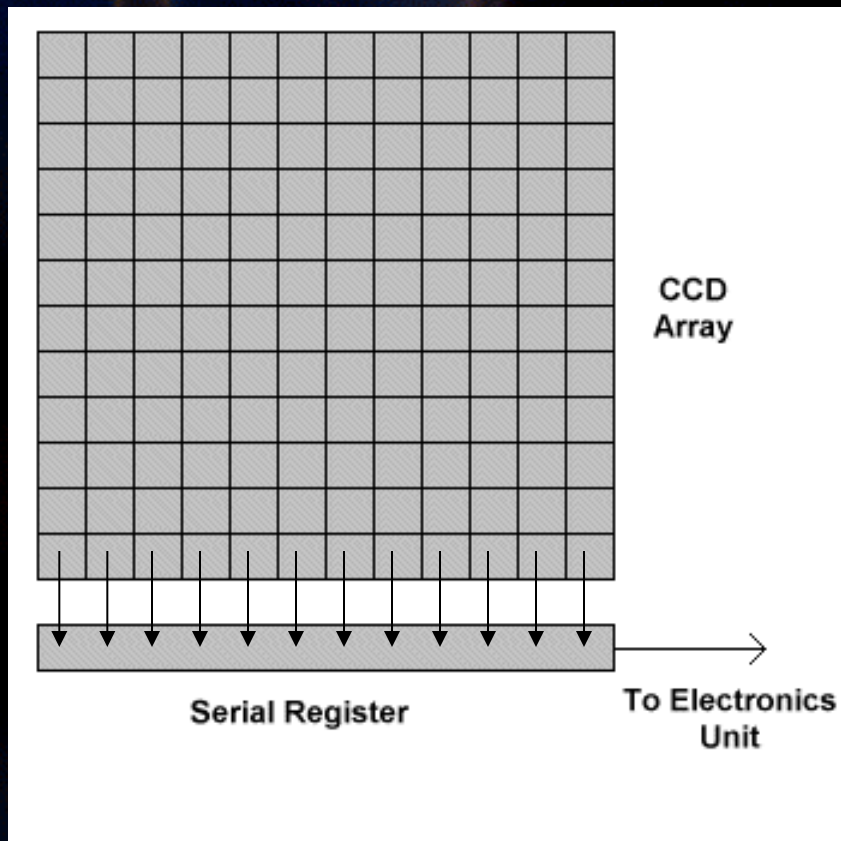
- Studnia potencjału – utworzona przez dodatnio spolaryzowaną elektrodę



A CCD picture element

# Odczyt CCD

- Transfer ładunku





- Koniec 08/03/2021

# Rejestracja promieniowania

- Podczerwień
  - bolometry (np. termopary)
  - detektory półprzewodnikowe
  - matryce IR (arrays) 1024 x 1024 pikseli
  - zakres 1 – 100  $\mu\text{m}$

# Rejestracja promieniowania

- Zakres rentgenowski
  - liczniki proporcjonalne
  - przetworniki obrazu + CCD
    - płyty mikrokanałowe
- Zakres gamma
  - typowe detektory laboratoryjne
  - fotopowielacze do detekcji błysków Czerenkowa

# Rejestracja promieniowania

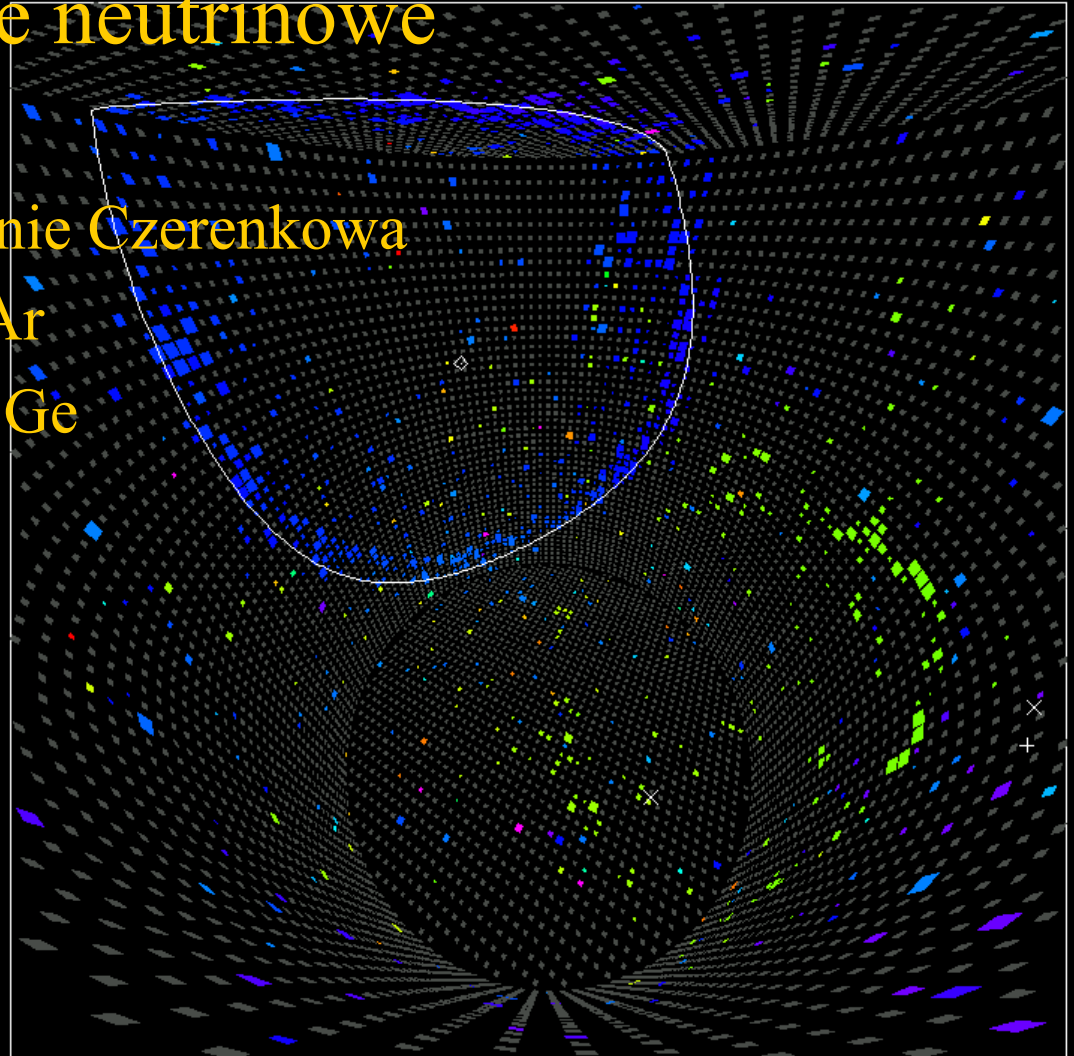
- Promieniowanie neutrinowe

- detektory:

- promieniowanie Czerenkowa

- $^{37}\text{Cl} + \nu \rightarrow ^{37}\text{Ar}$

- $^{71}\text{Ga} + \nu \rightarrow ^{71}\text{Ge}$



# Obserwacje astronomiczne

- Astrometria, astronomia pozycyjna
  - określanie dokładnego położenia gwiazd
  - pomiary paralaksy – odległości do gwiazd
  - pomiary ruchów własnych
    - dynamika układów gwiazdowych – galaktyki, gromad
    - „szerokie” układy podwójne – określanie orbit



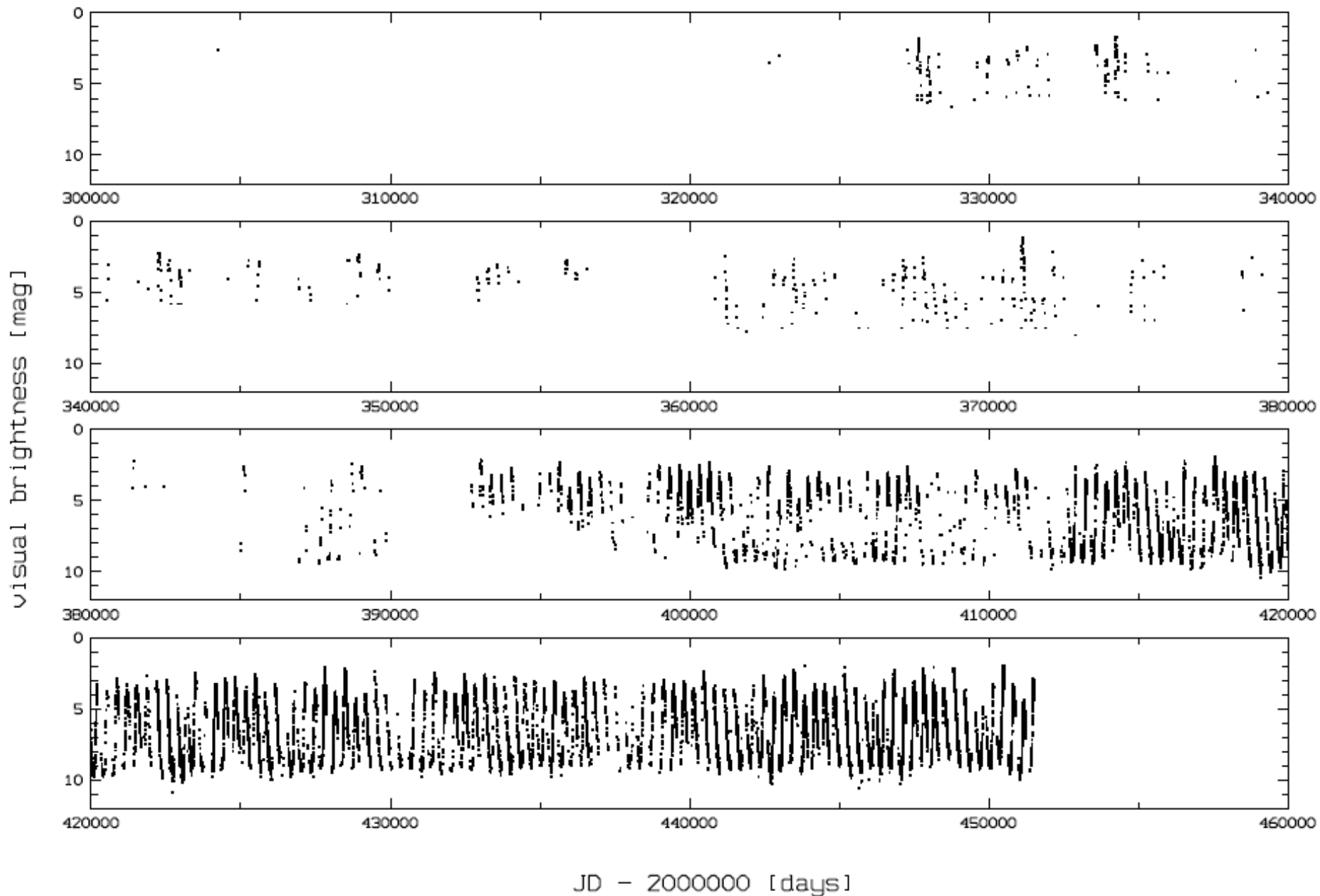
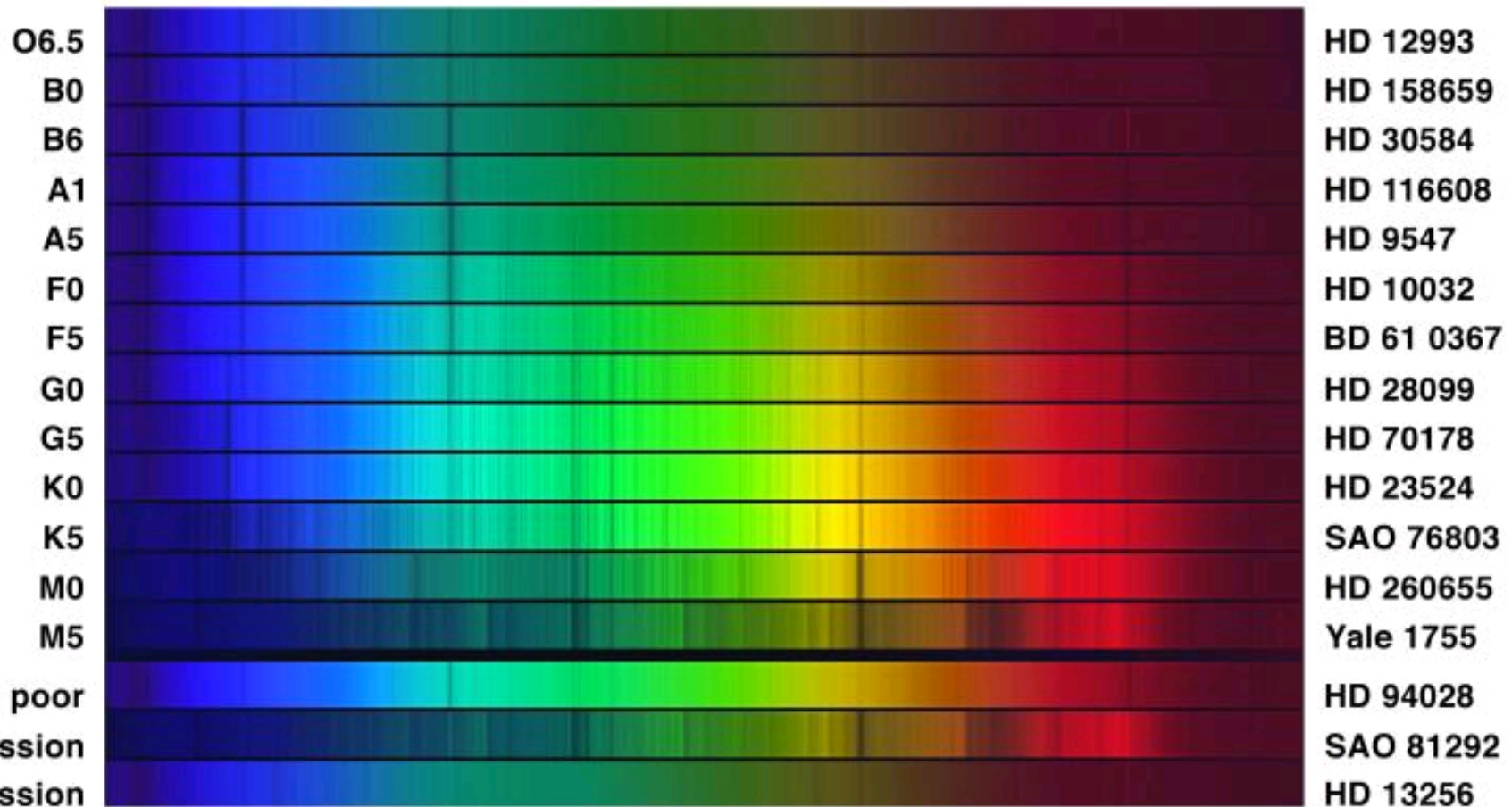


Figure 1: The complete light curve of Mira between 1596 and 2000.

# Obserwacje astronomiczne

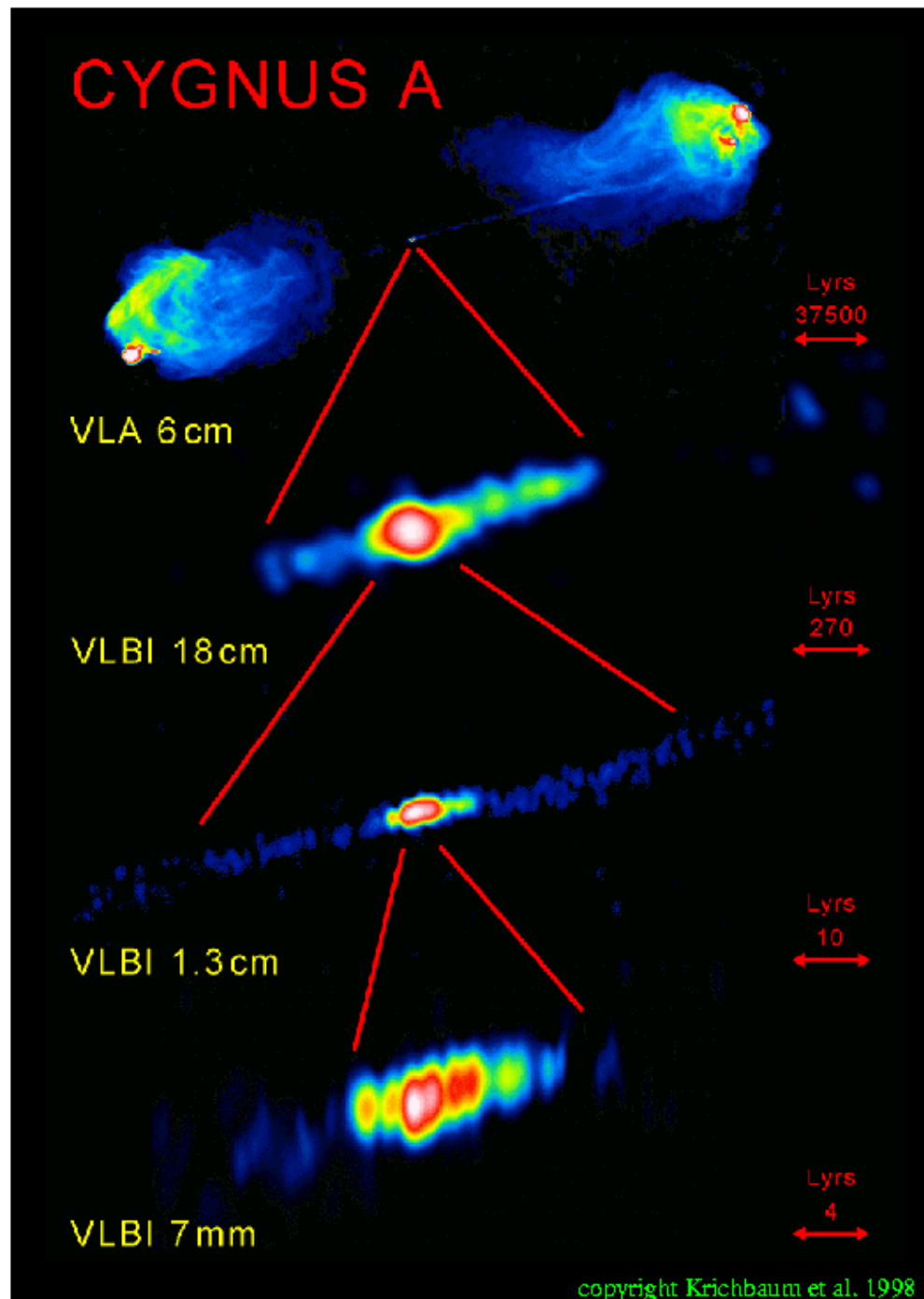
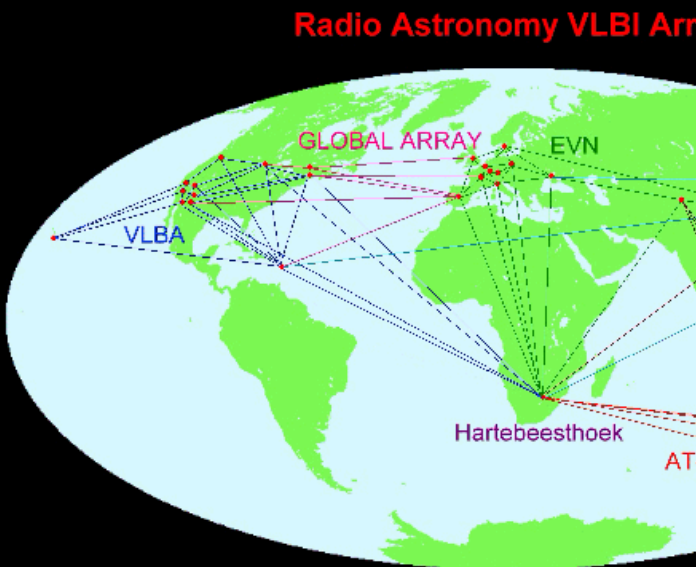
- Spektroskopia

natężenie promieniowania w funkcji długości



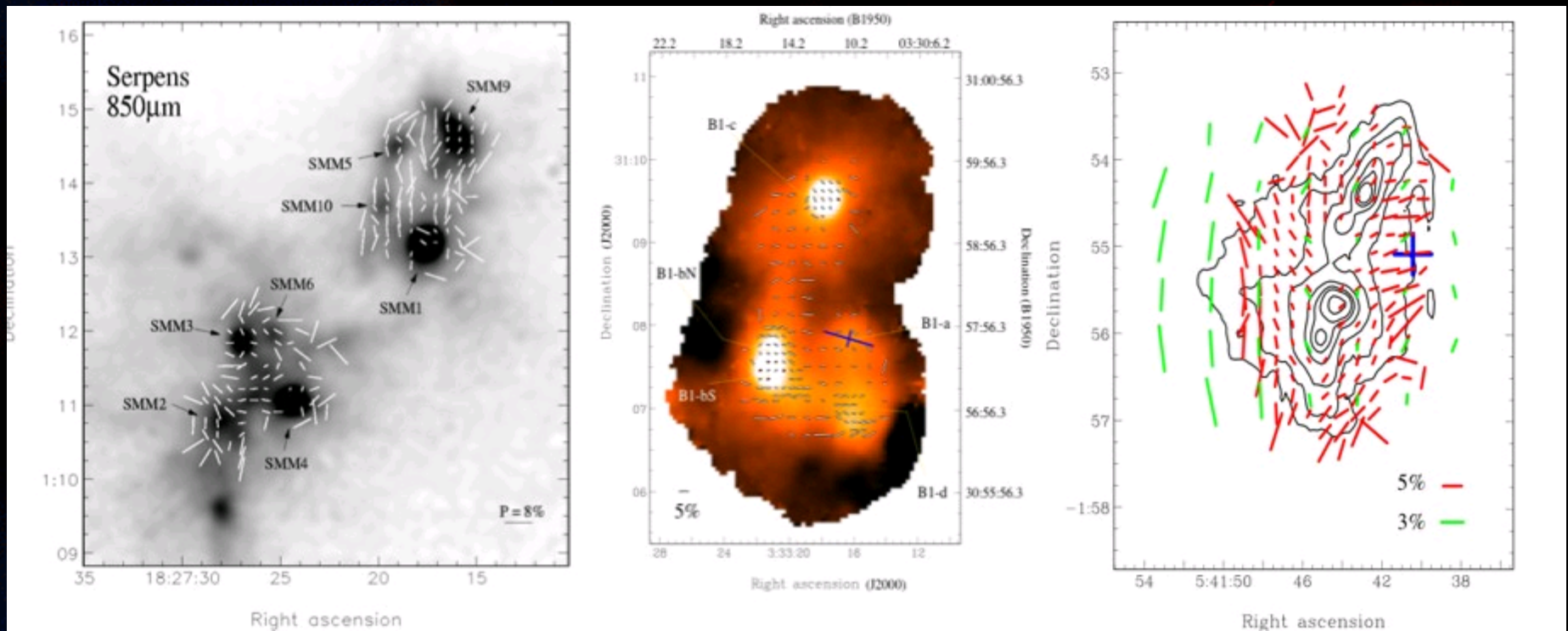
# Obserwacje

- Interferometria
  - duża rozdzielczość
  - szczegóły budowy
  - tarcze gwiazd, plan



# Obserwacje astronomiczne

- Polarymetria
  - pola magnetyczne w ośrodku międzygwiazdowym



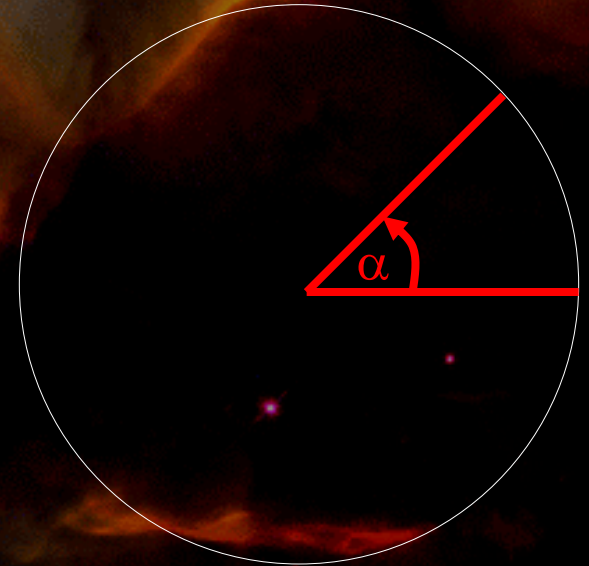
# Astronomia sferyczna

## 1. Sfera niebieska

- miara kątowna
- 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

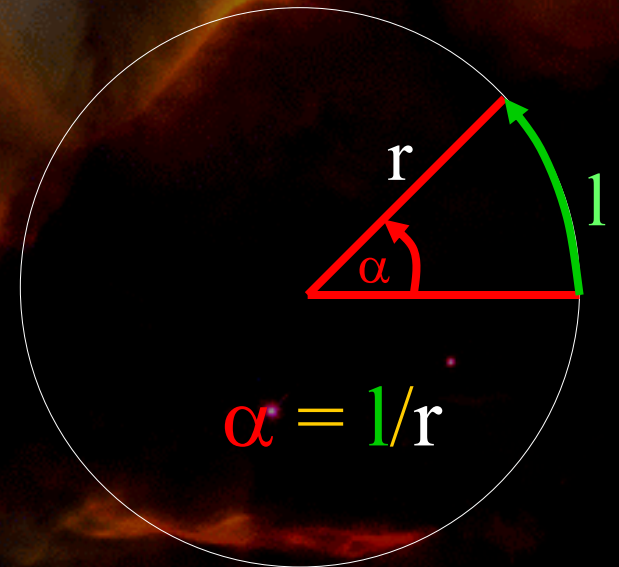
# Kąt płaski

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



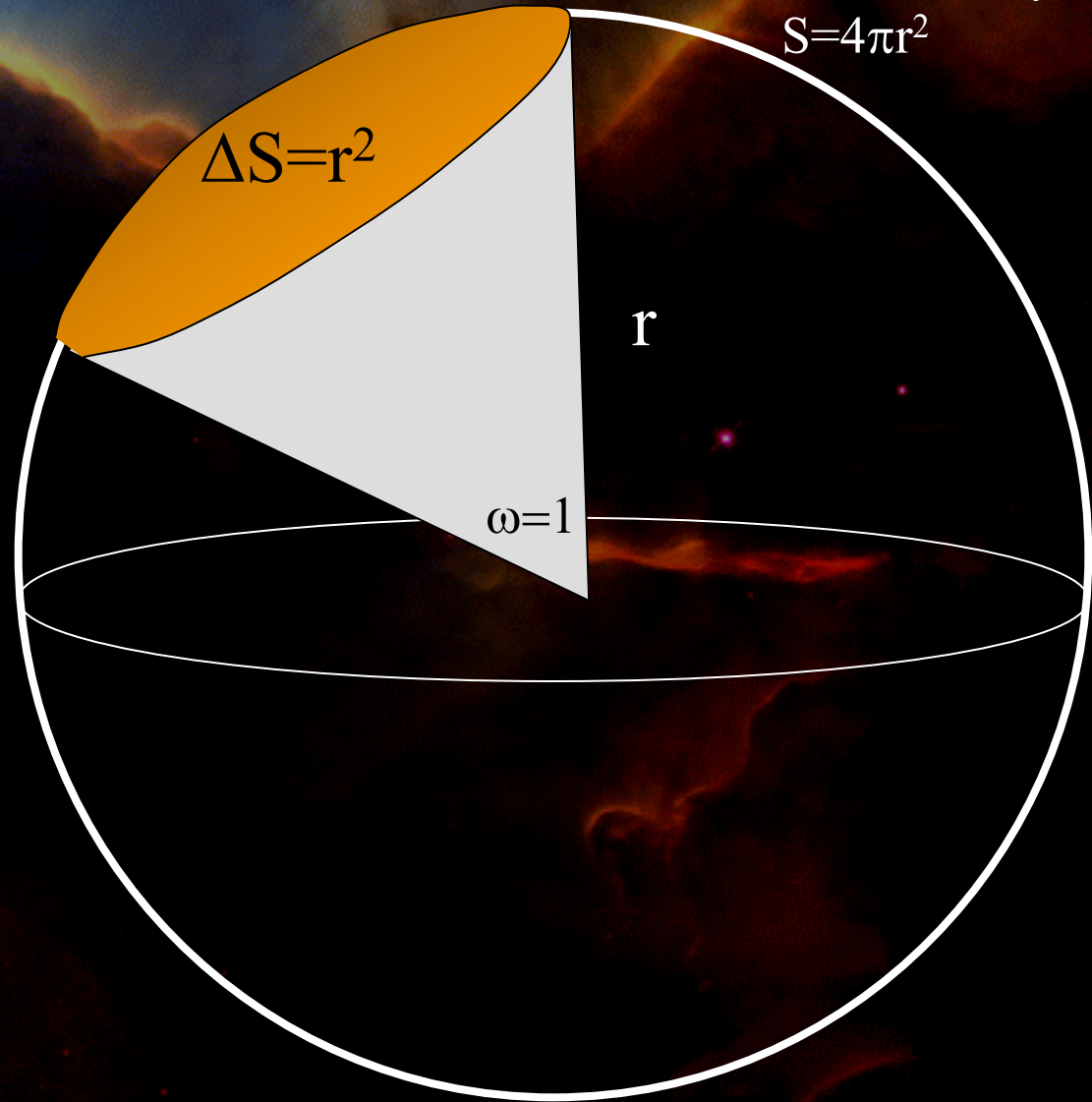
# Kąt płaski

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



# Kąt bryłowy

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



- Kąt bryłowy:

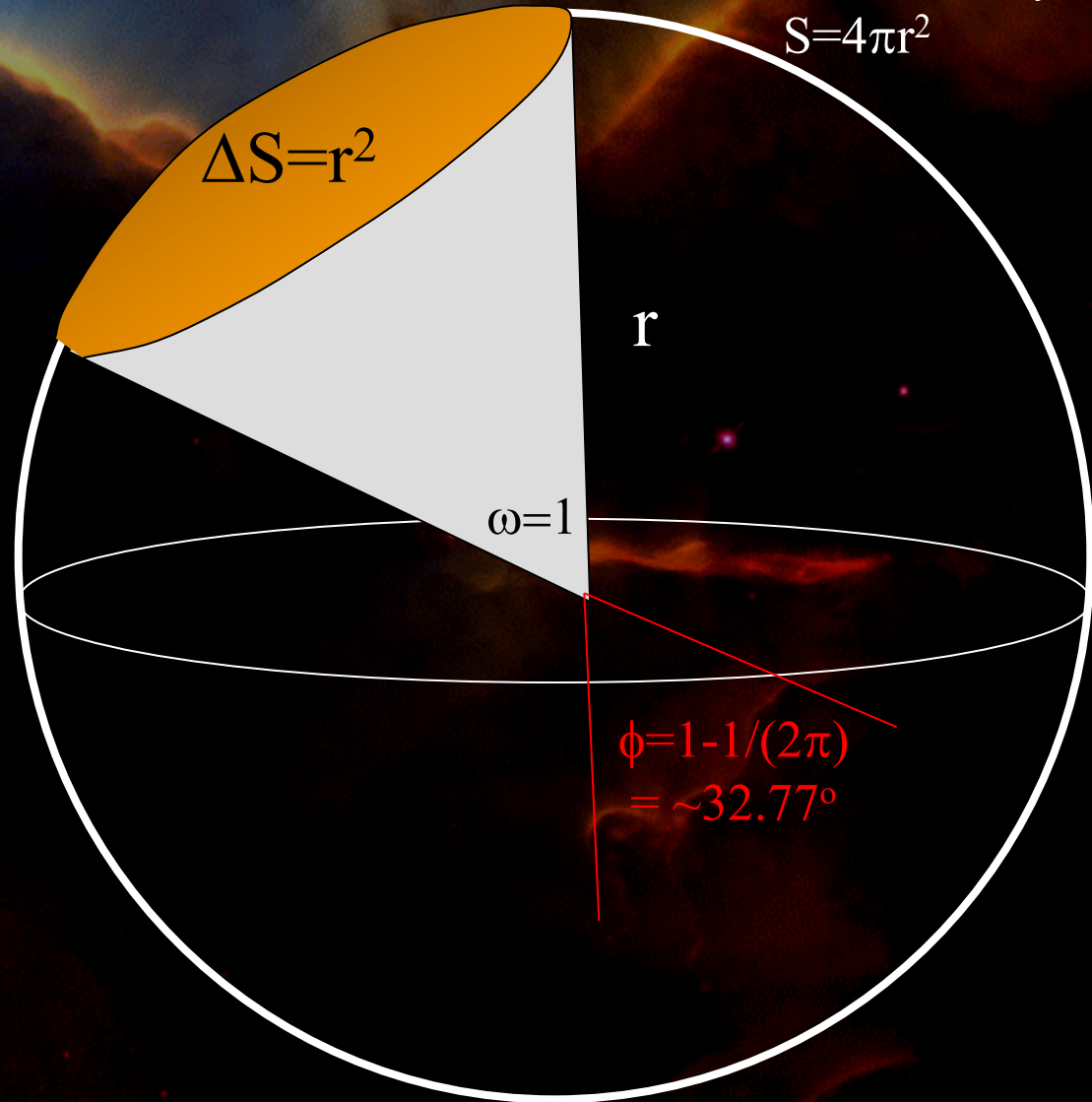
$$\omega = \Delta S / r^2$$

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



# Kąt bryłowy

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



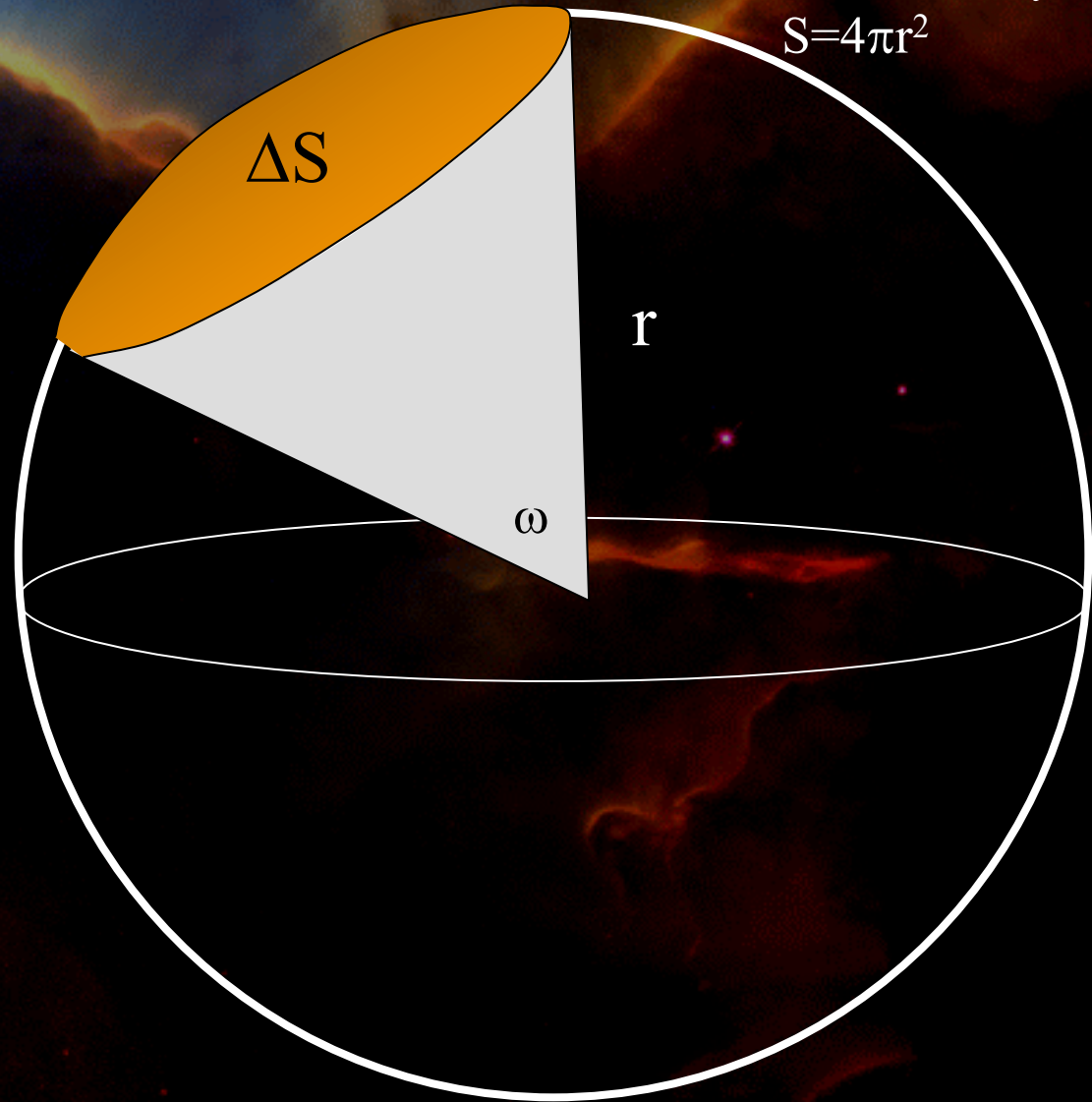
- Kąt bryłowy:

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

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

# Kąt bryłowy

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

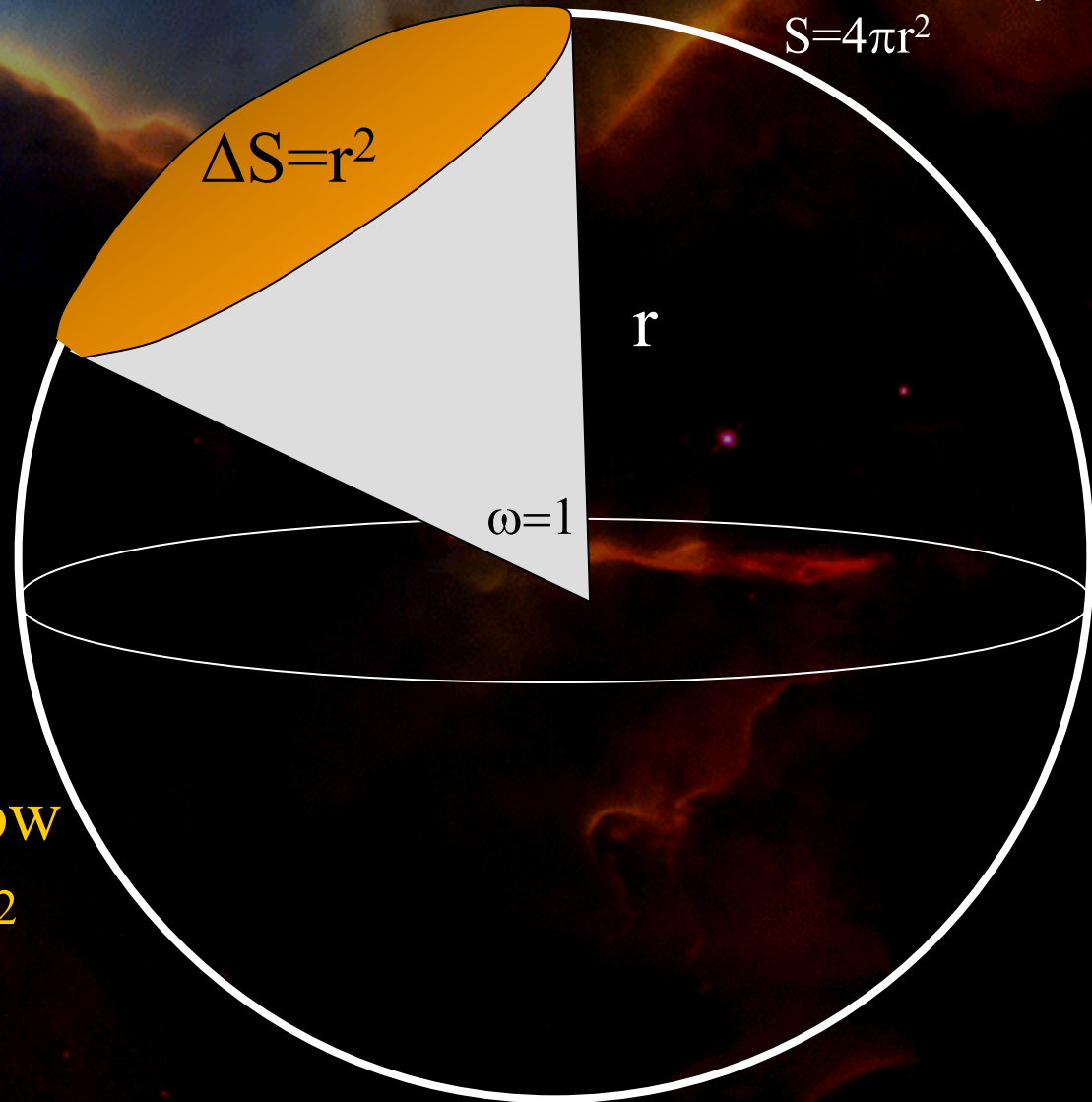


- Kąt bryłowy:

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

# Kąt bryłowy

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



- Kąt bryłowy:

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

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

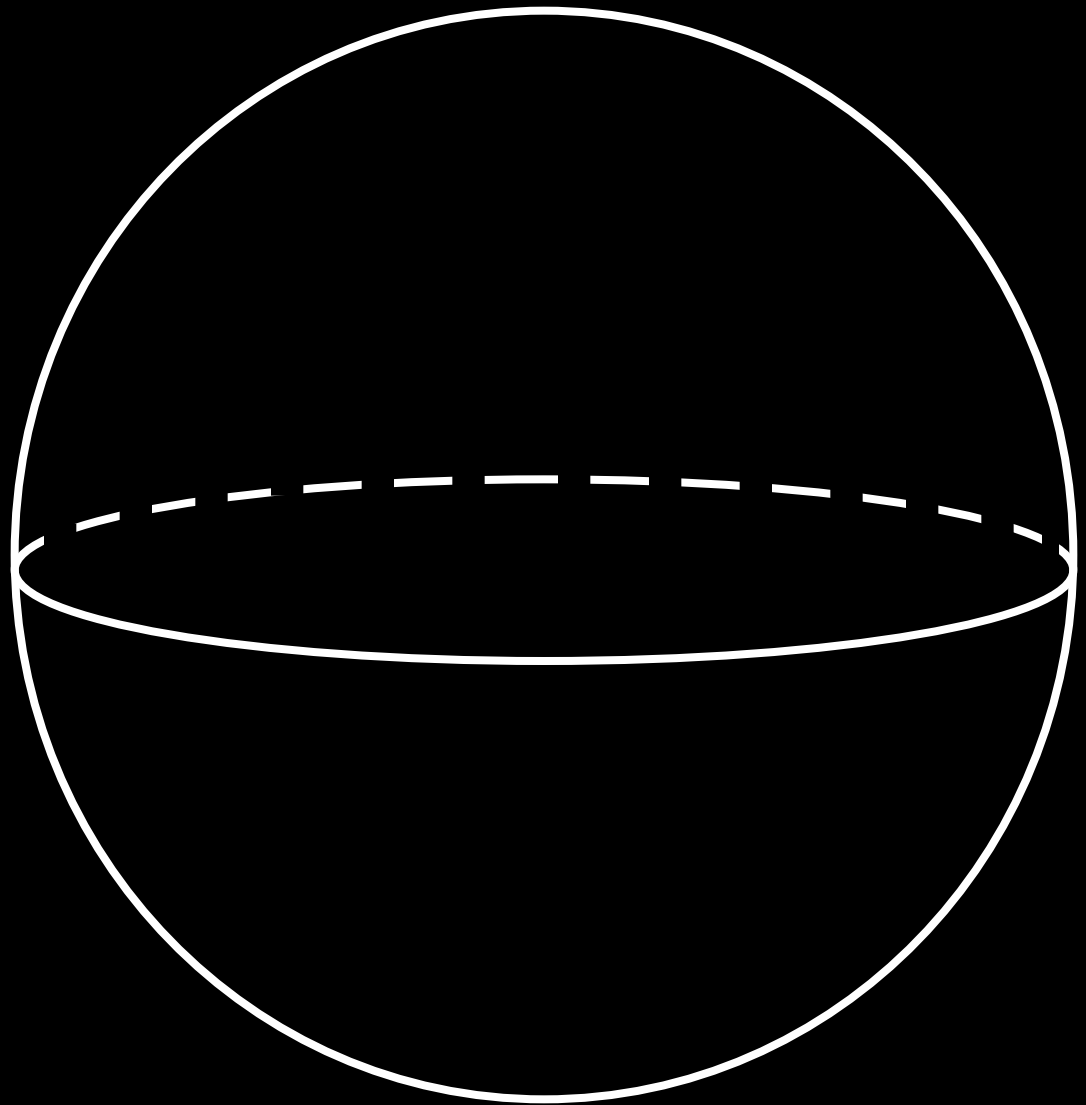
- Cała sfera

$$S = 4\pi \text{ steradianów}$$

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

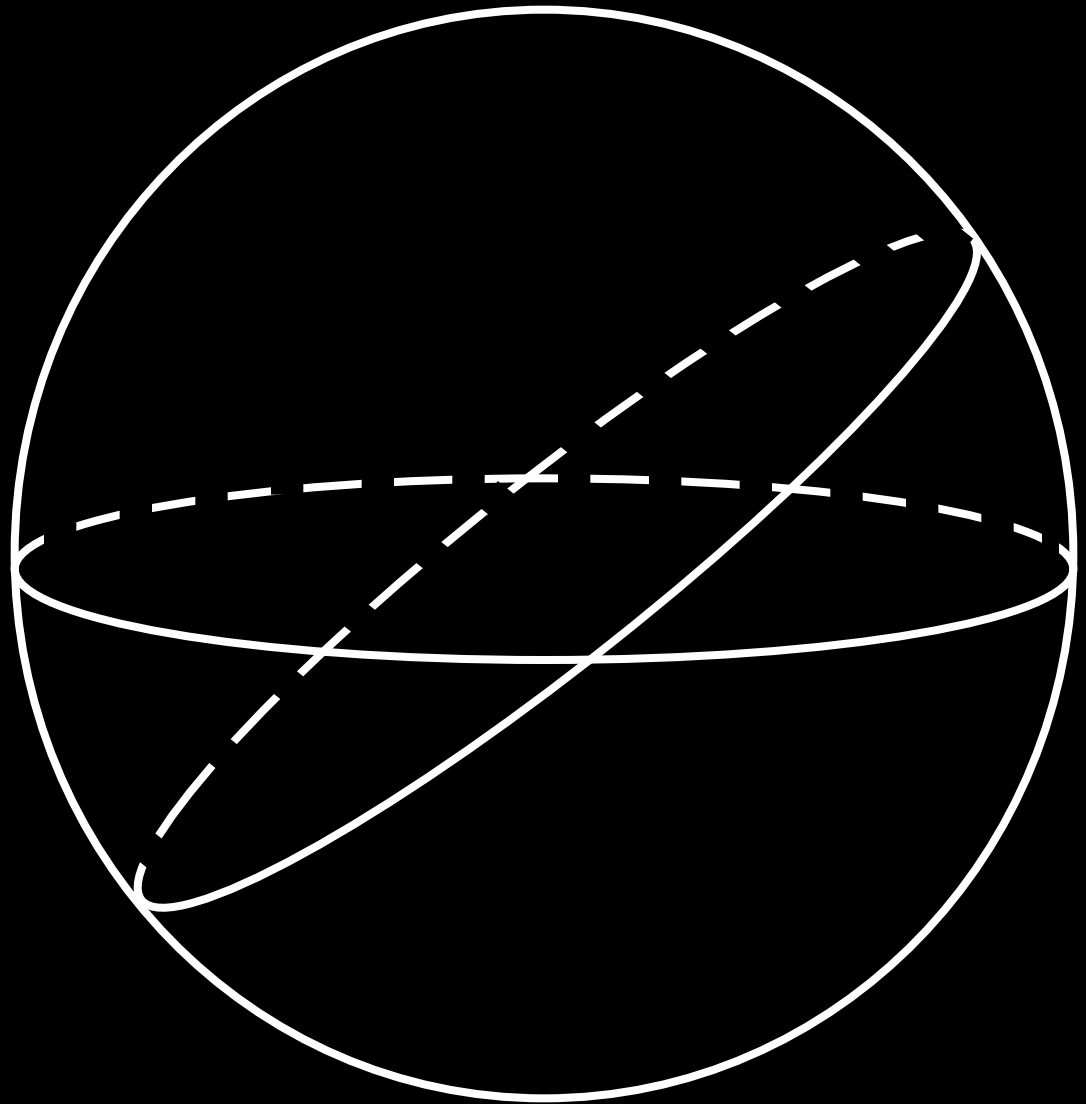
# Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie



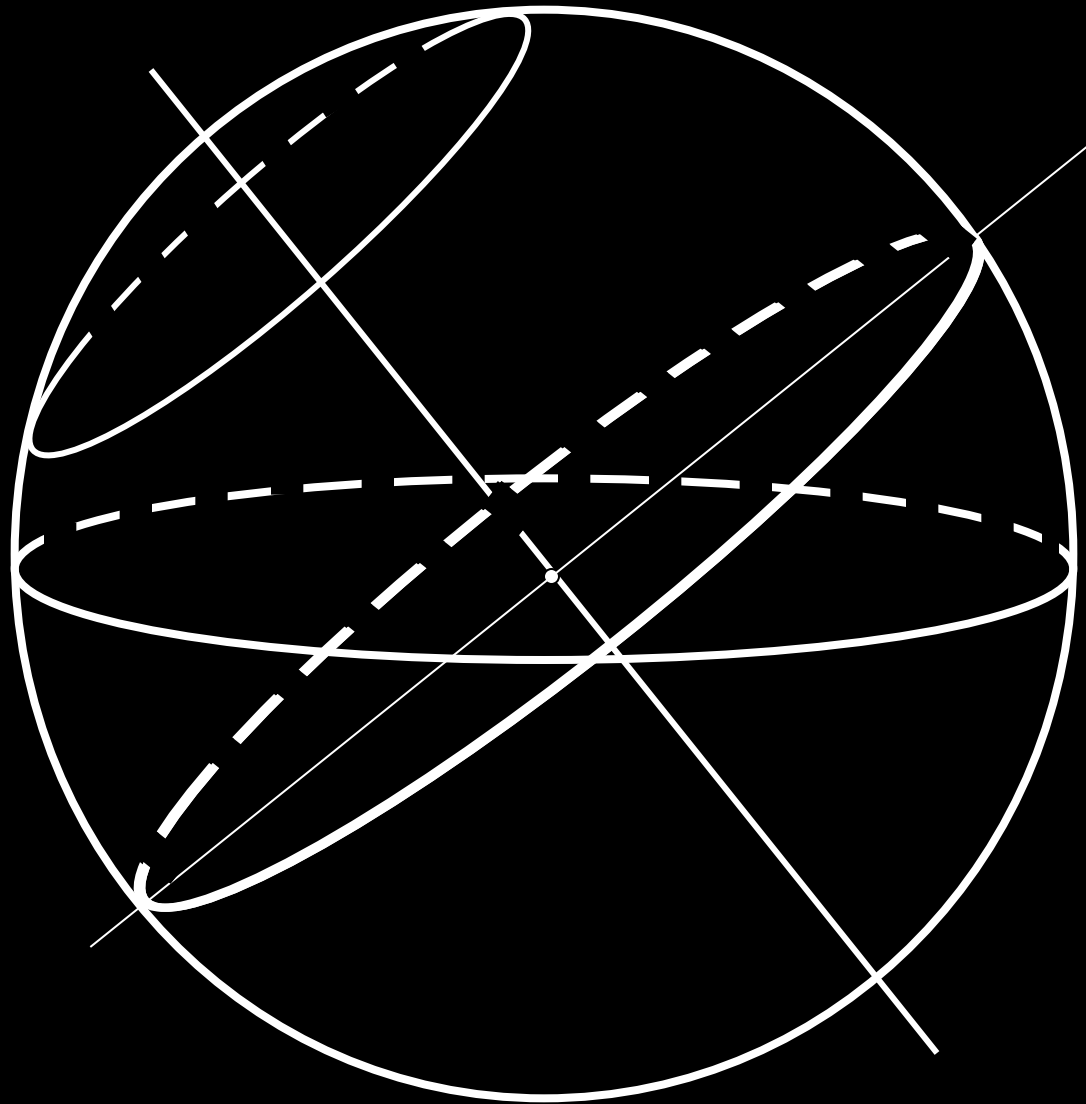
# Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie



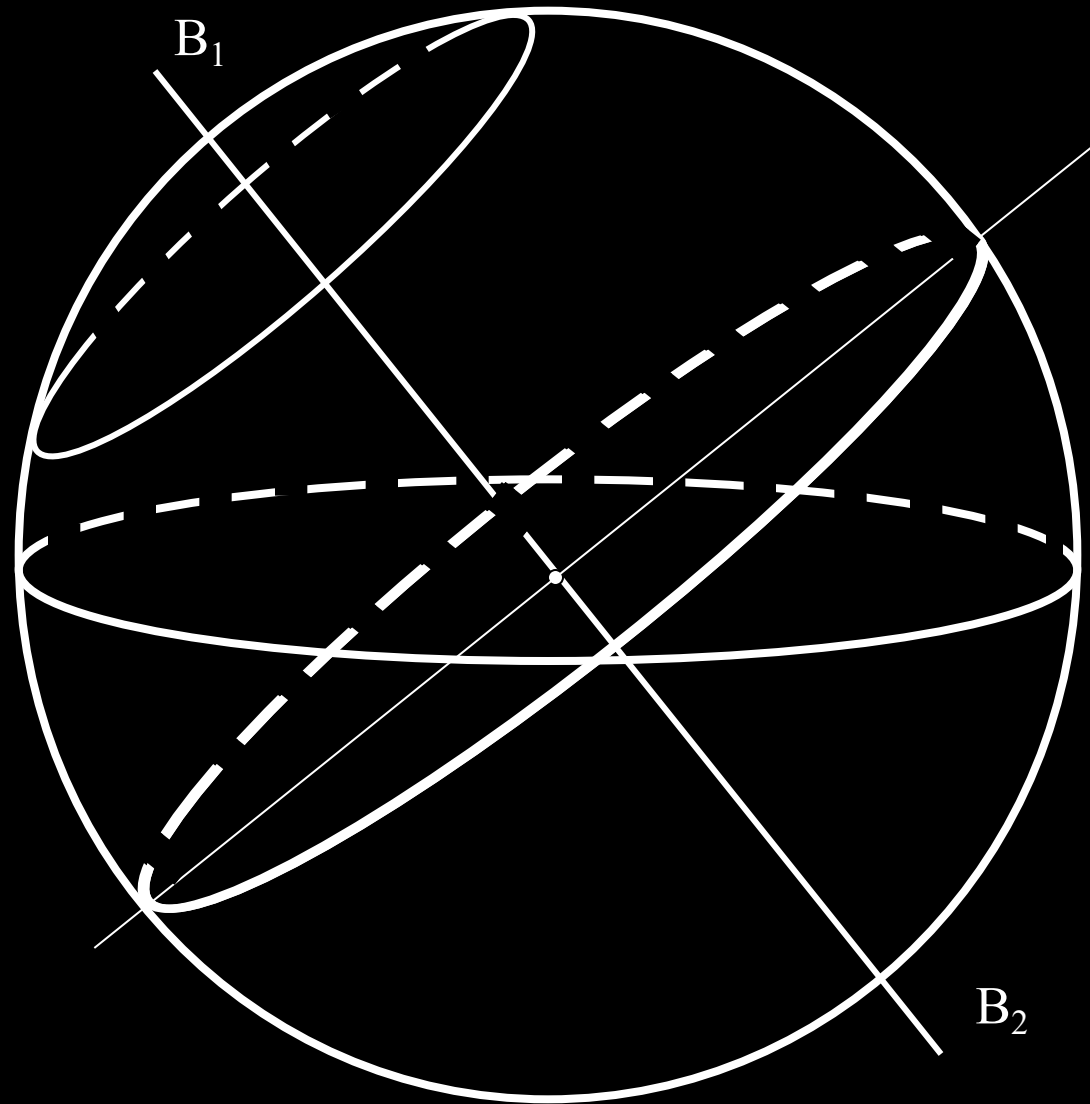
# Sfera Niebieska

- sfera
- koło wielkie
- koło małe
- oś



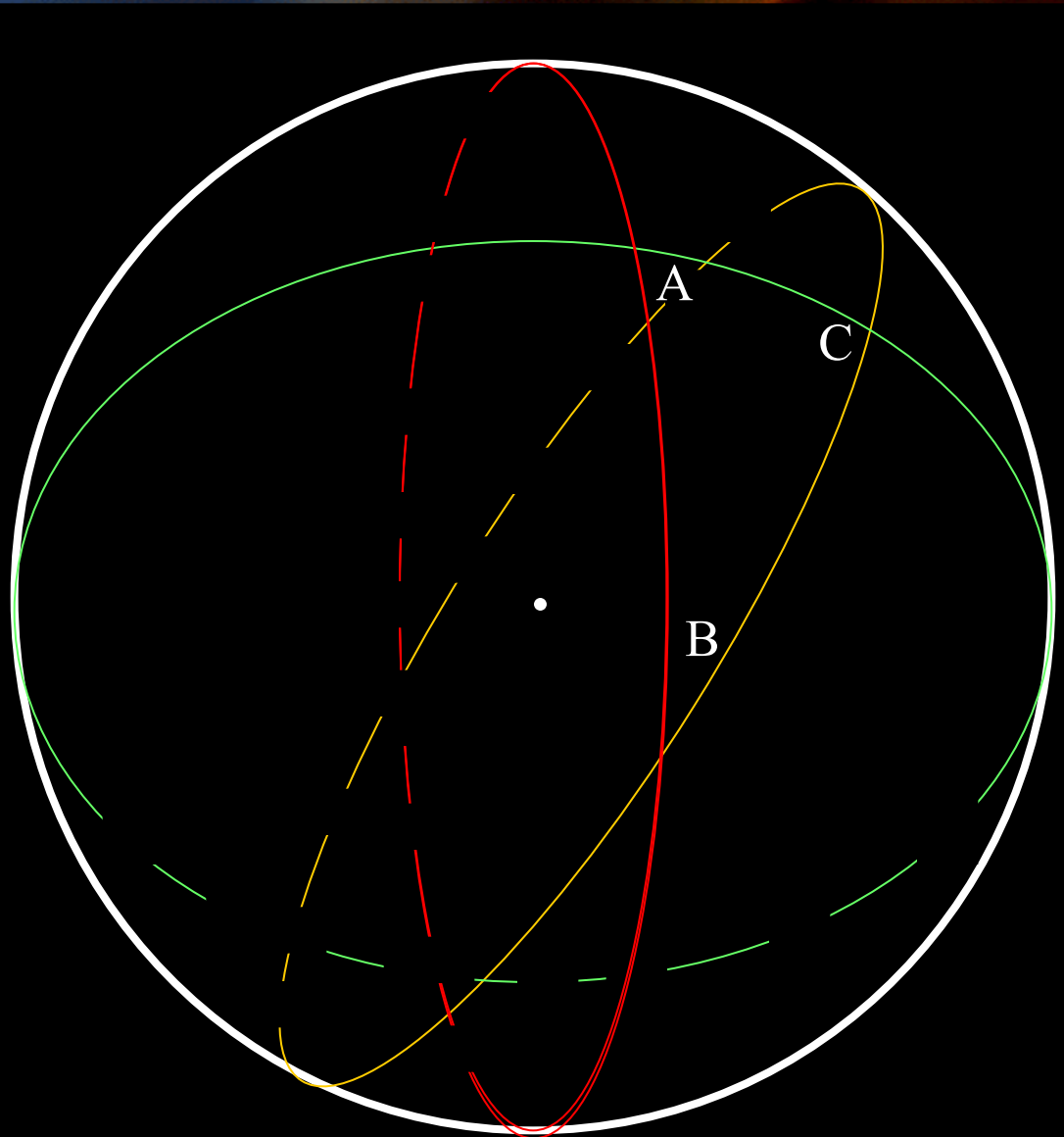
# Sfera Niebieska

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



# Sfera Niebieska

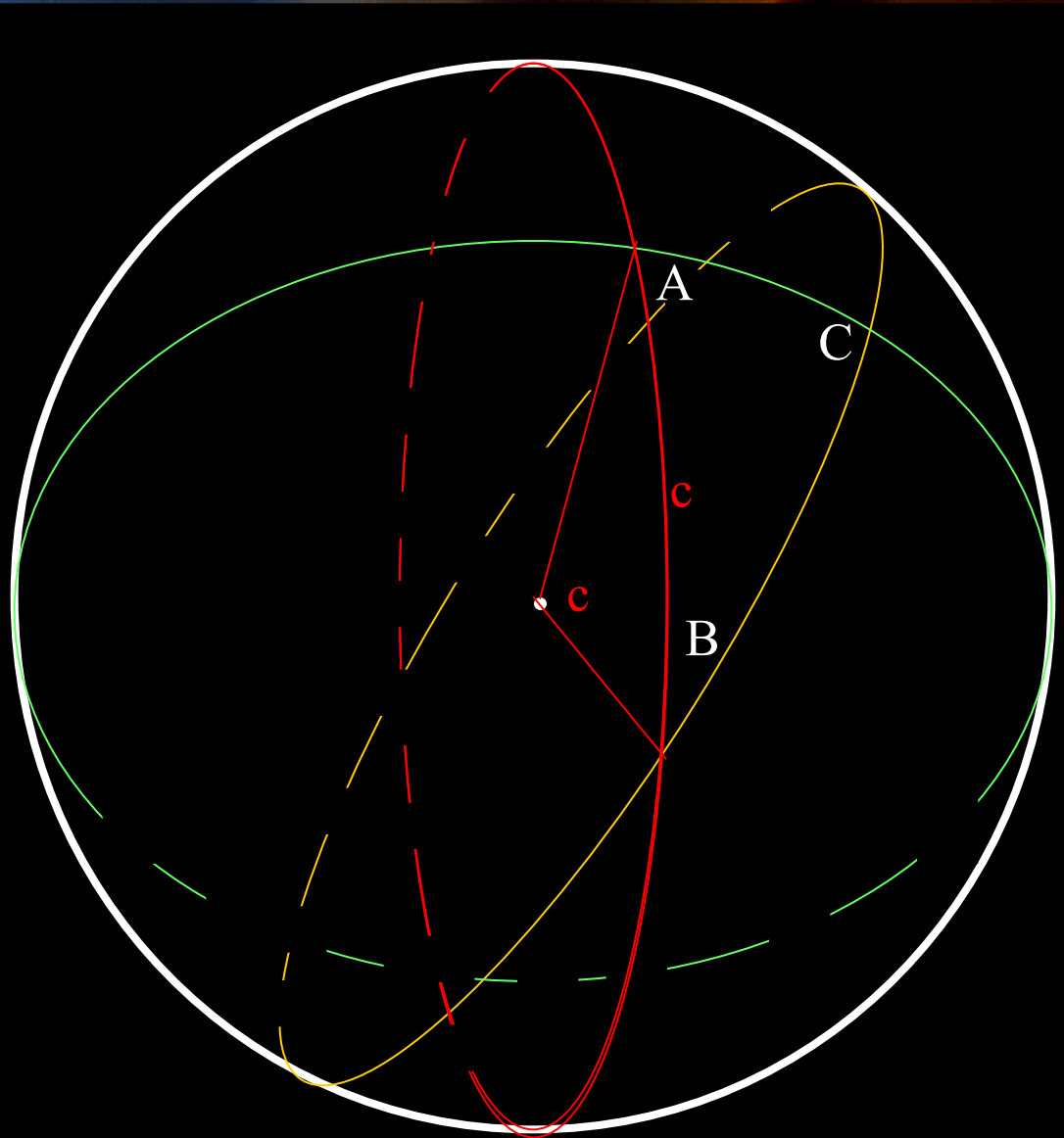
- sfera
- koło wielkie
- koło małe
- oś
- bieguny
- trójkąt sferyczny





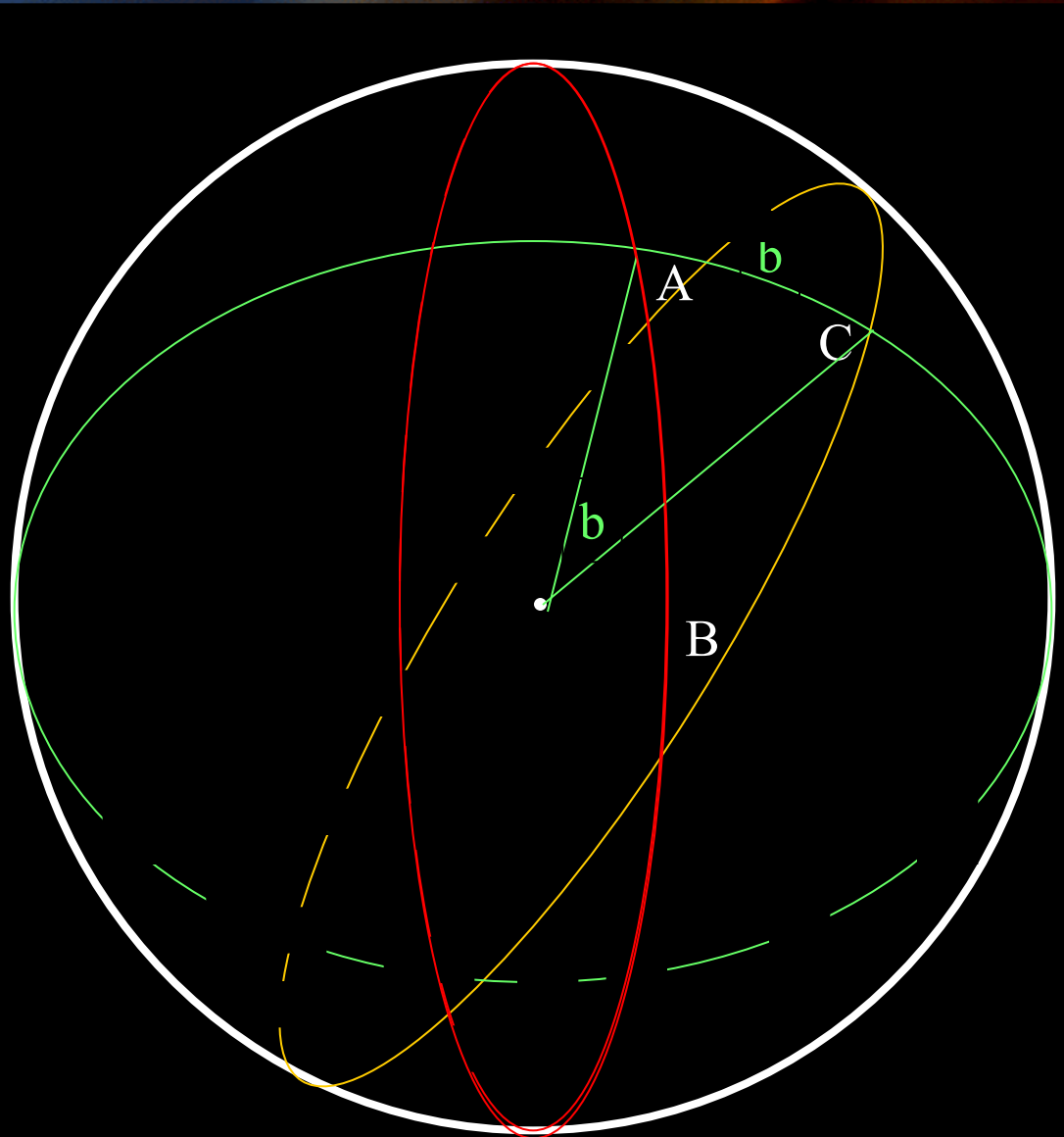
# Sfera Niebieska

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



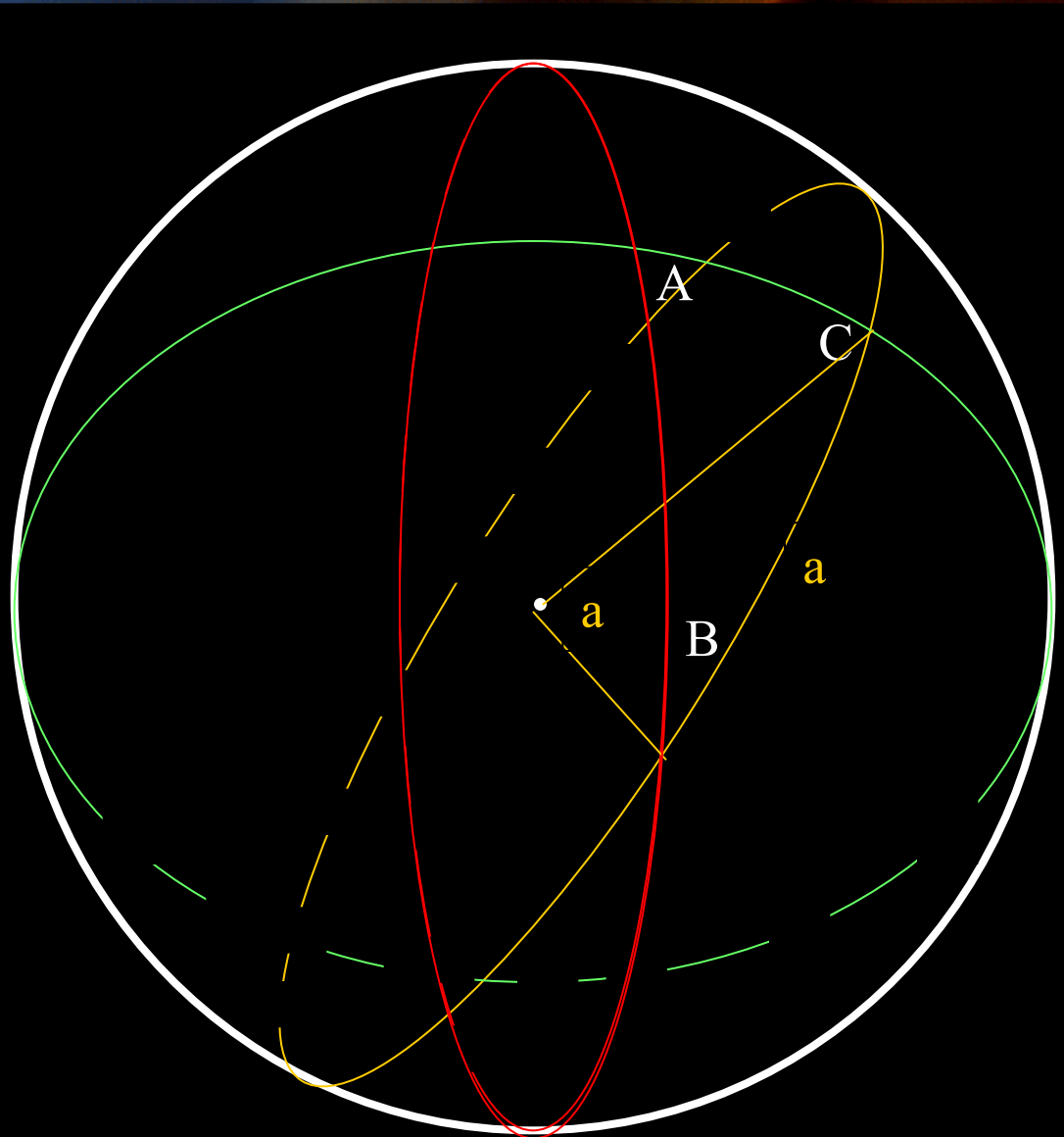
# Sfera Niebieska

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

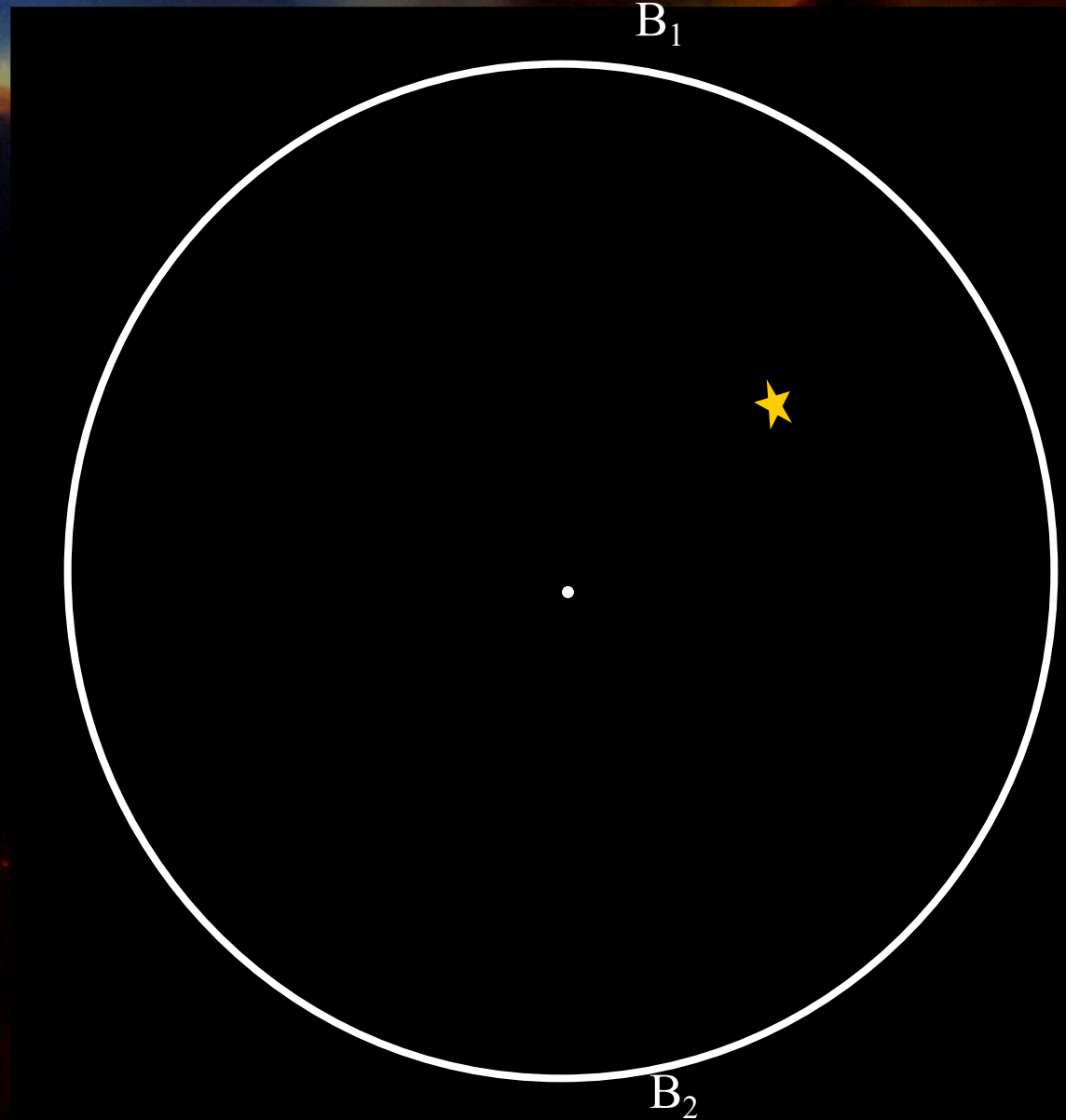


# Sfera Niebieska

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

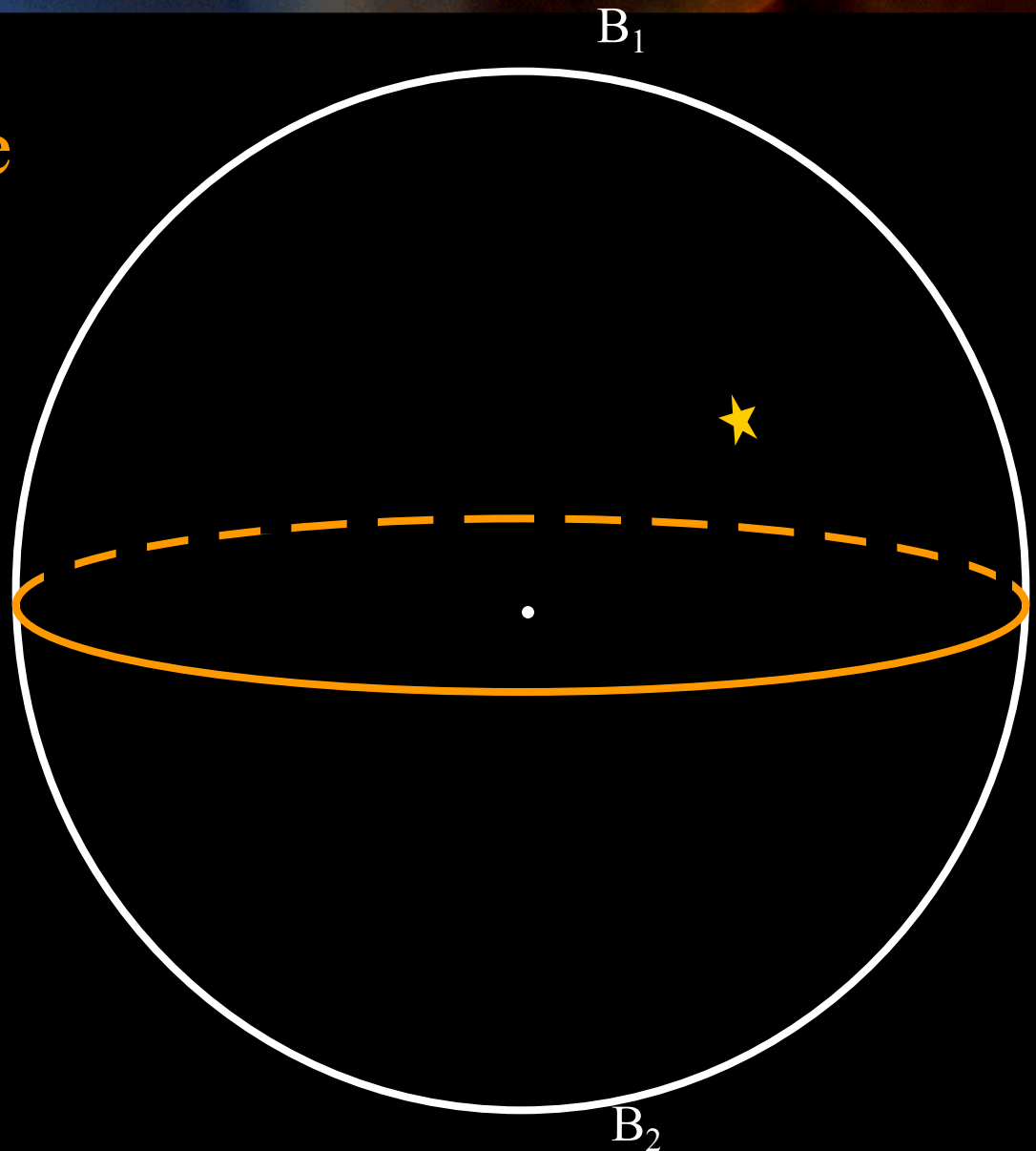


# Współrzędne na sferze



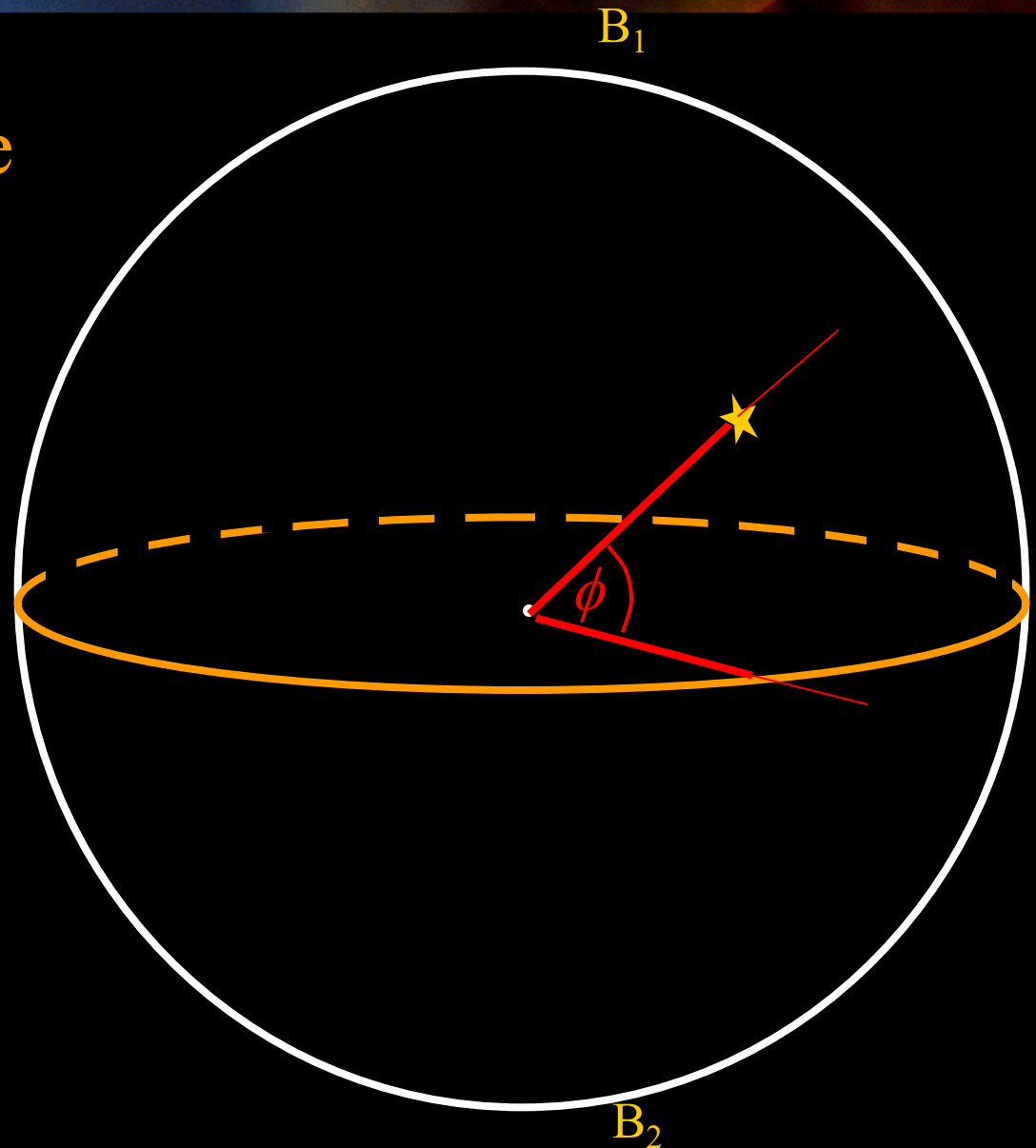
# Współrzędne na sferze

- koło podstawowe



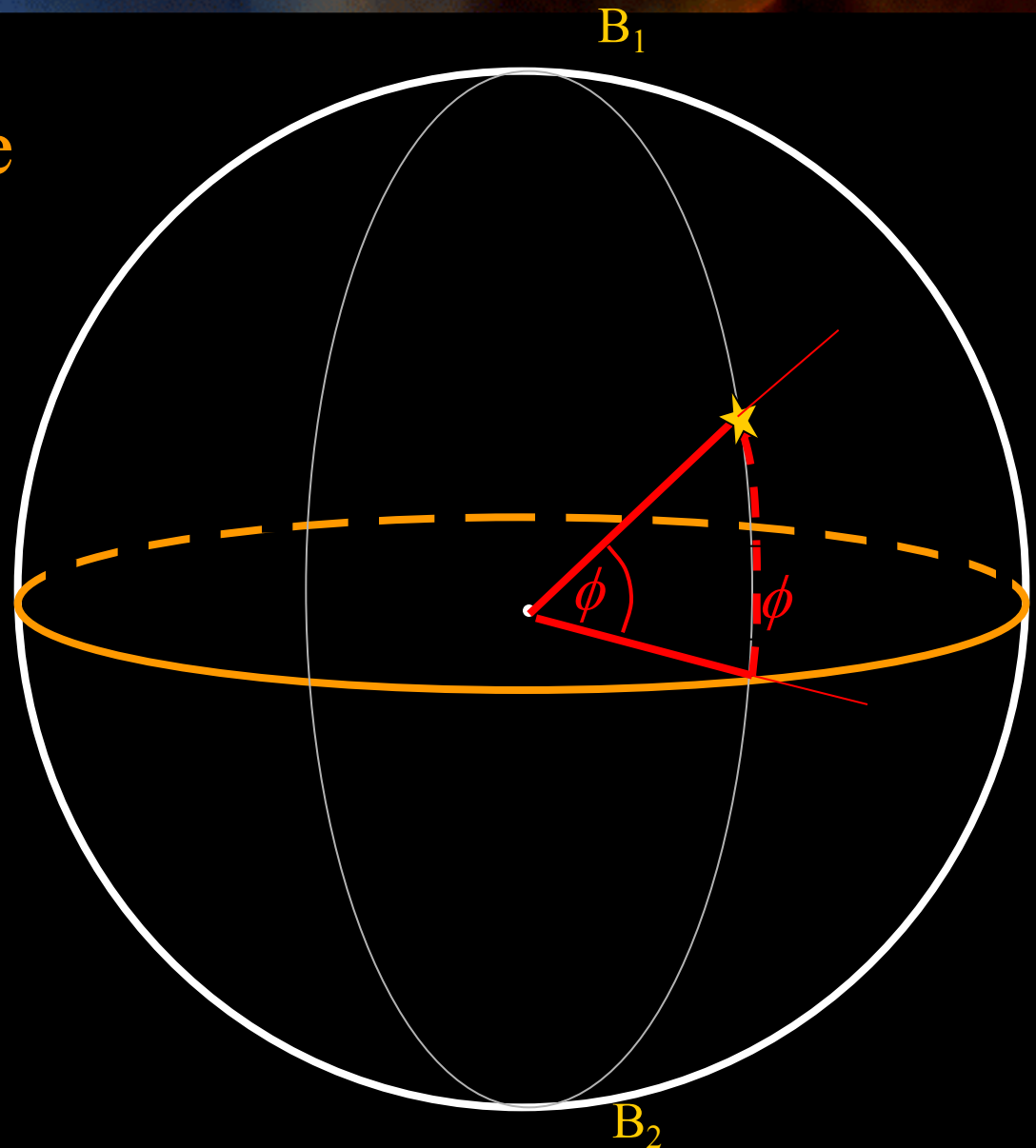
# Współrzędne na sferze

- koło podstawowe  
– szerokość  $\phi$



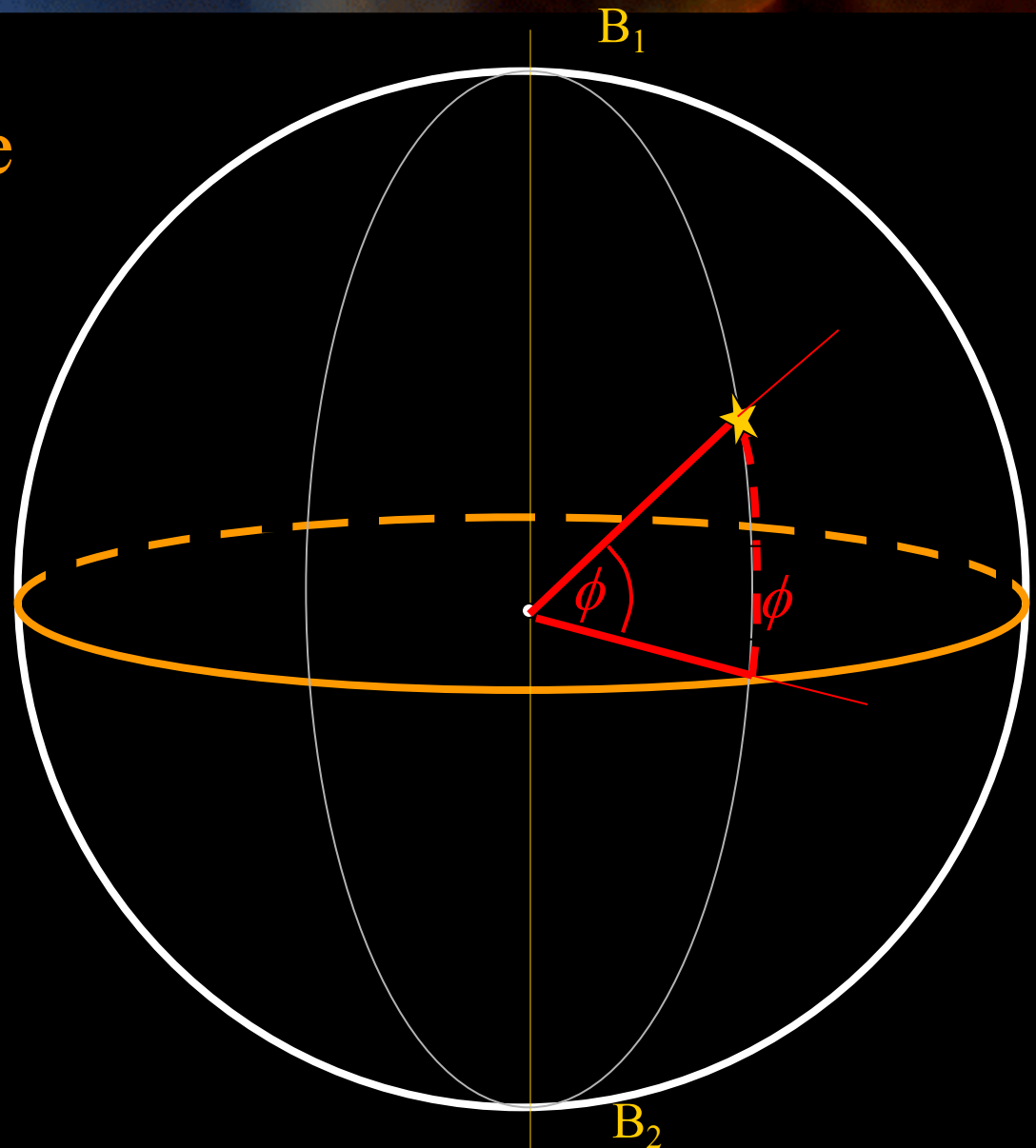
# Współrzędne na sferze

- koło podstawowe  
– szerokość  $\phi$



# Współrzędne na sferze

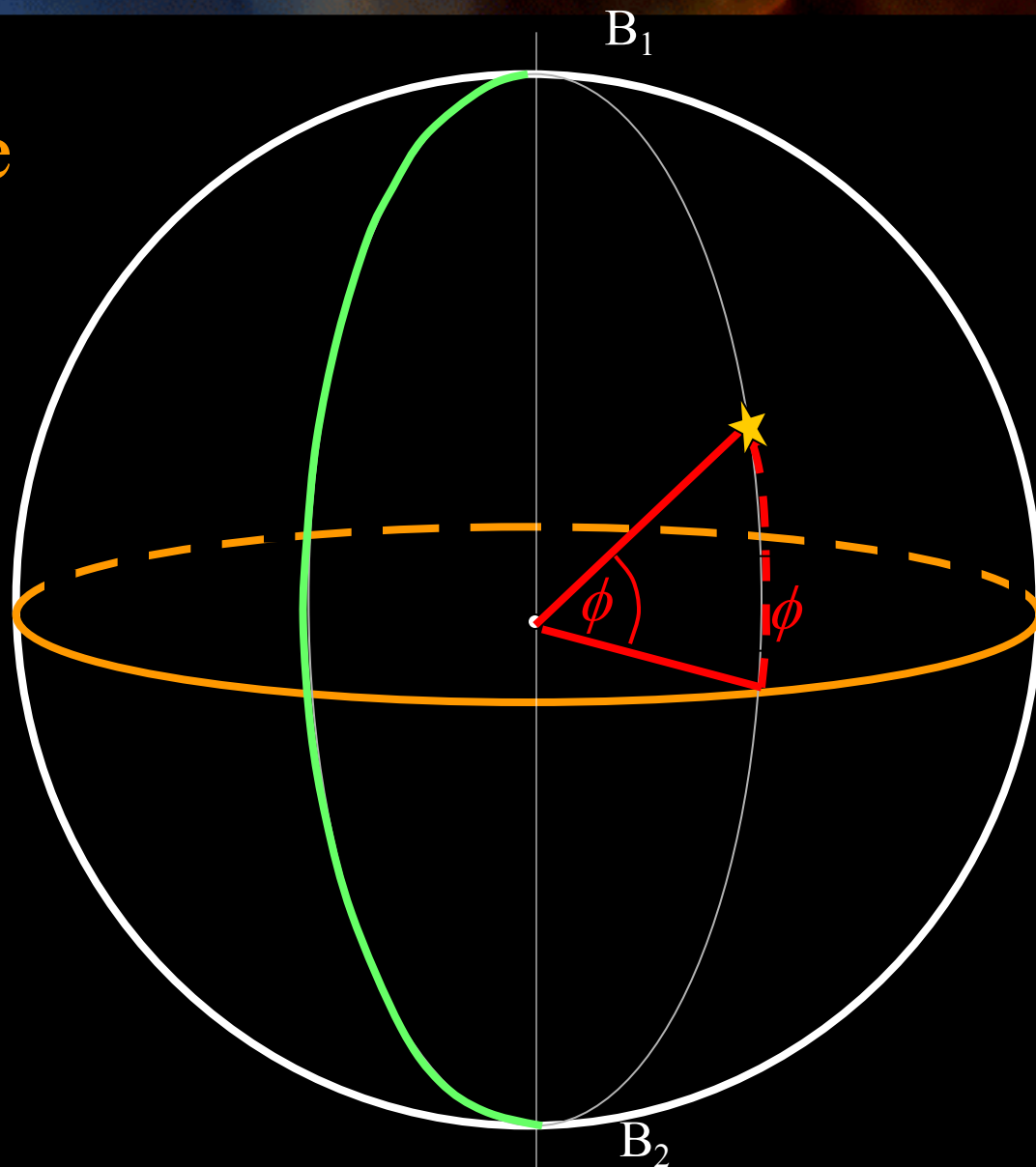
- koło podstawowe  
– szerokość  $\phi$
- oś, bieguny





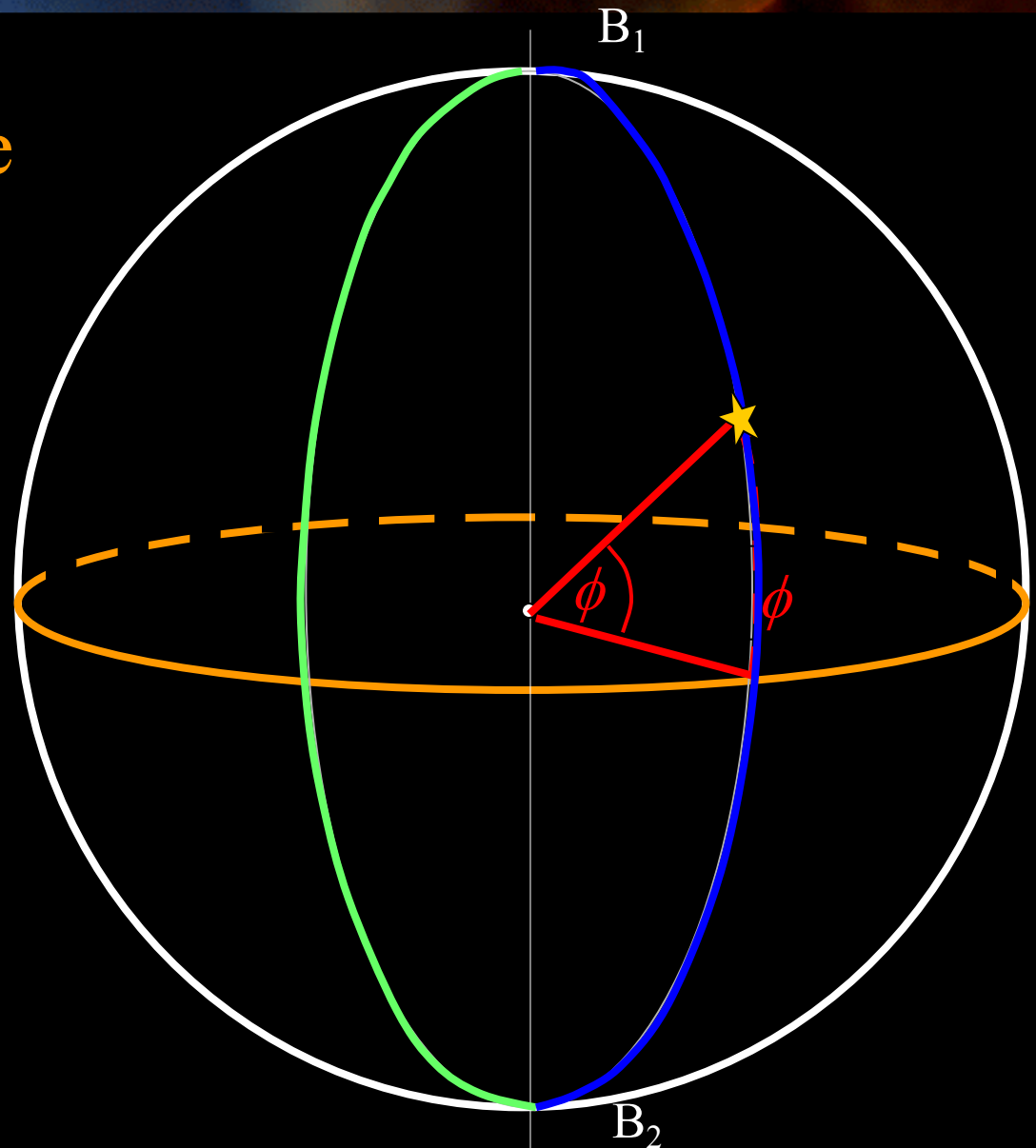
# Współrzędne na sferze

- koło podstawowe  
– szerokość  $\phi$
- oś, bieguny
- półkole  
początkowe



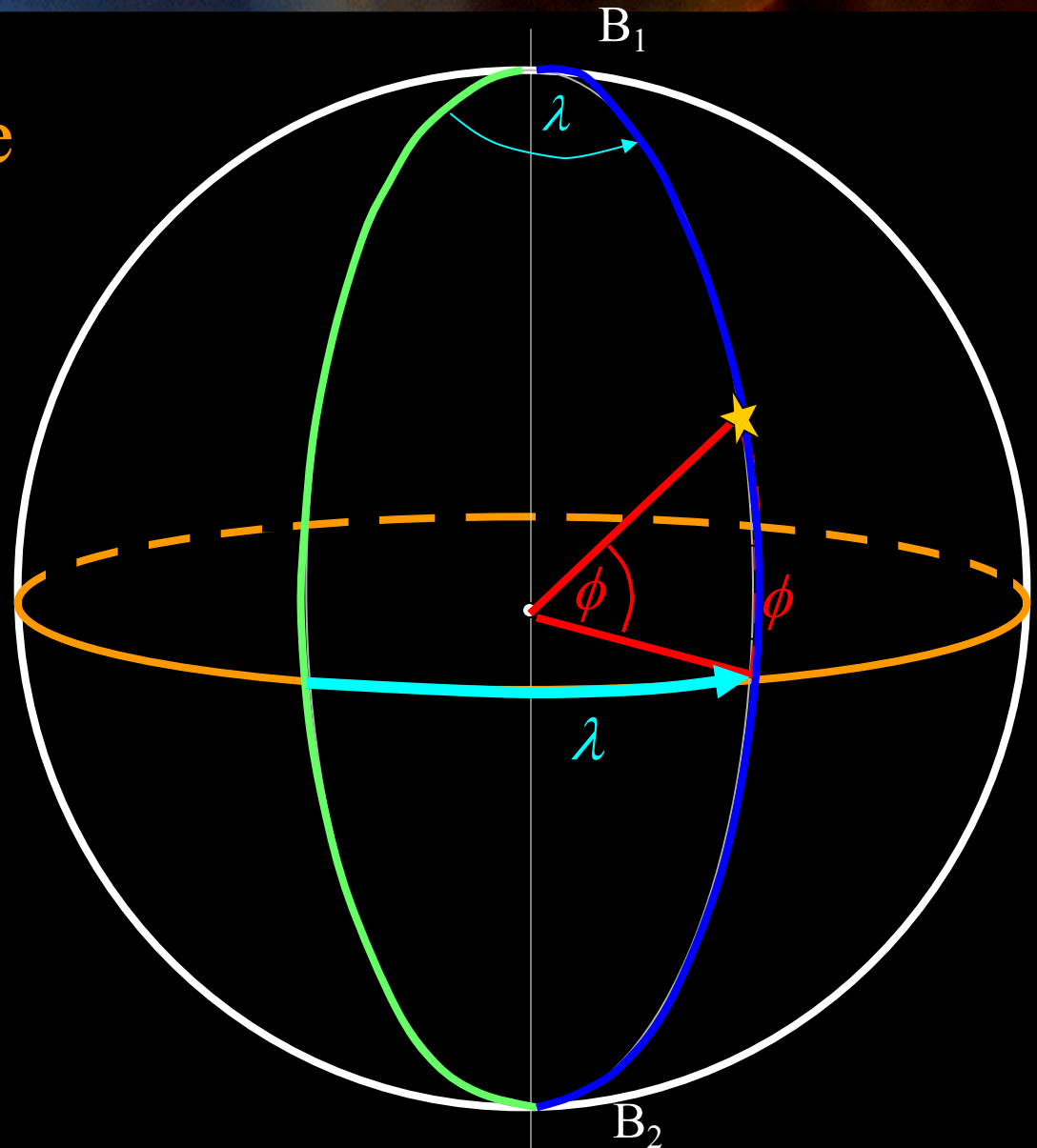
# Współrzędne na sferze

- koło podstawowe  
– szerokość  $\phi$
- oś, bieguny
- półkole  
początkowe
- półkole  
przechodzące  
przez punkt



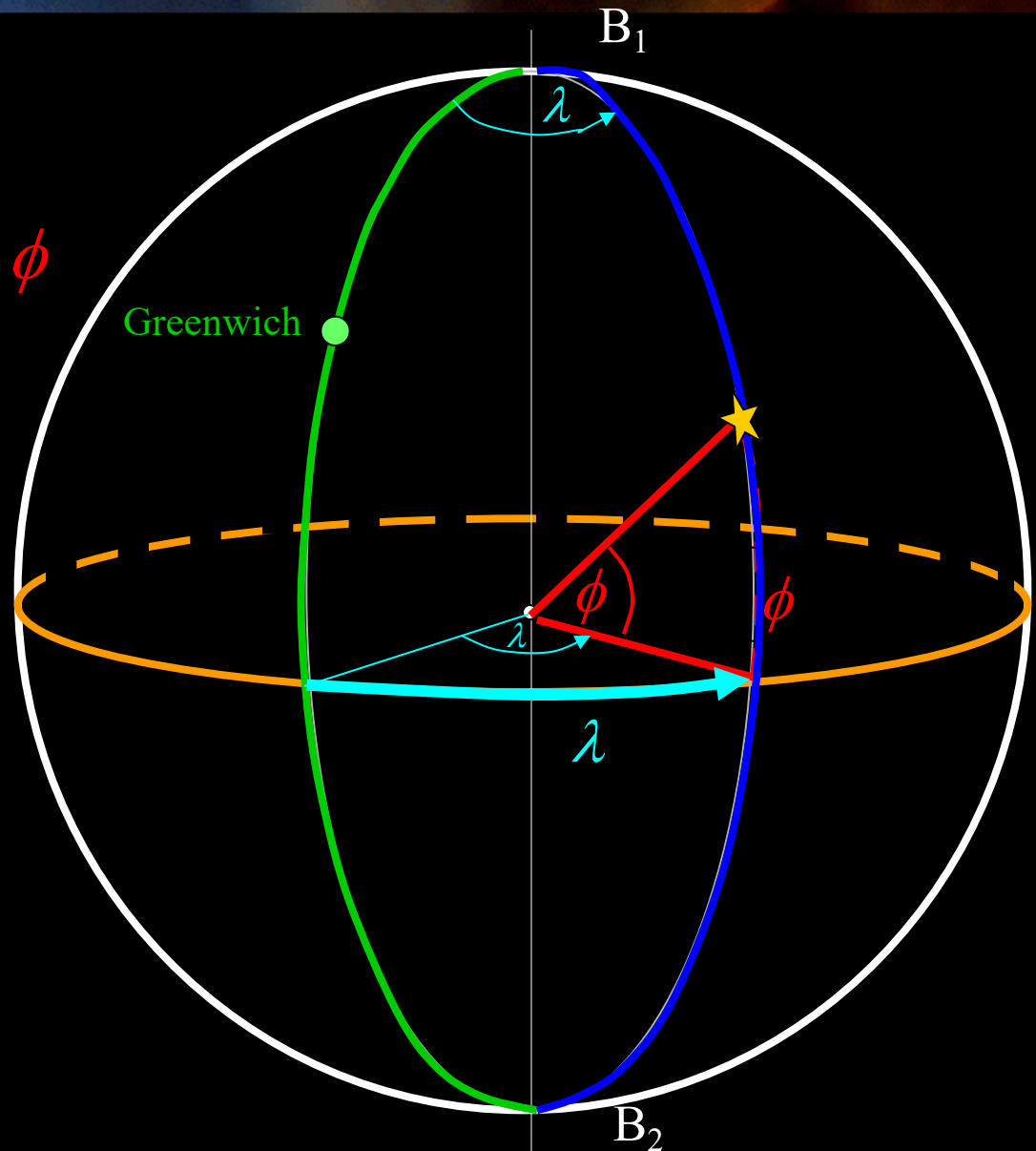
# Współrzędne na sferze

- koło podstawowe
  - „szerokość”  $\phi$
- oś, bieguny
- półkole początkowe
- półkole przechodzące przez punkt
  - „długość”  $\lambda$



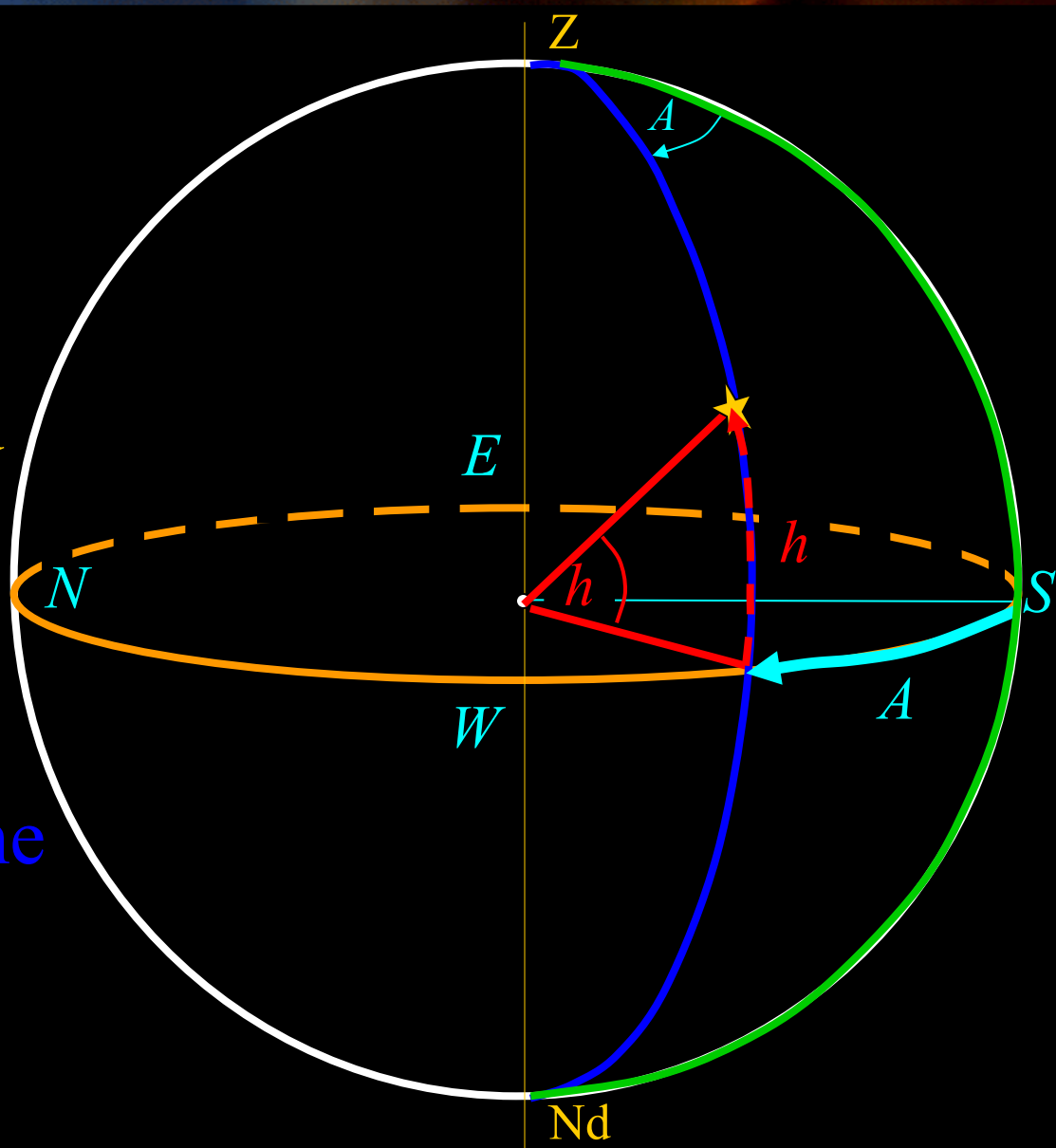
# Współrzędne geograficzne

- równik Ziemi
  - szerokość geogr.  $\phi$
- oś, bieguny
- południk zerowy
  - Greenwich
- południk lokalny
  - długość geogr.  $\lambda$



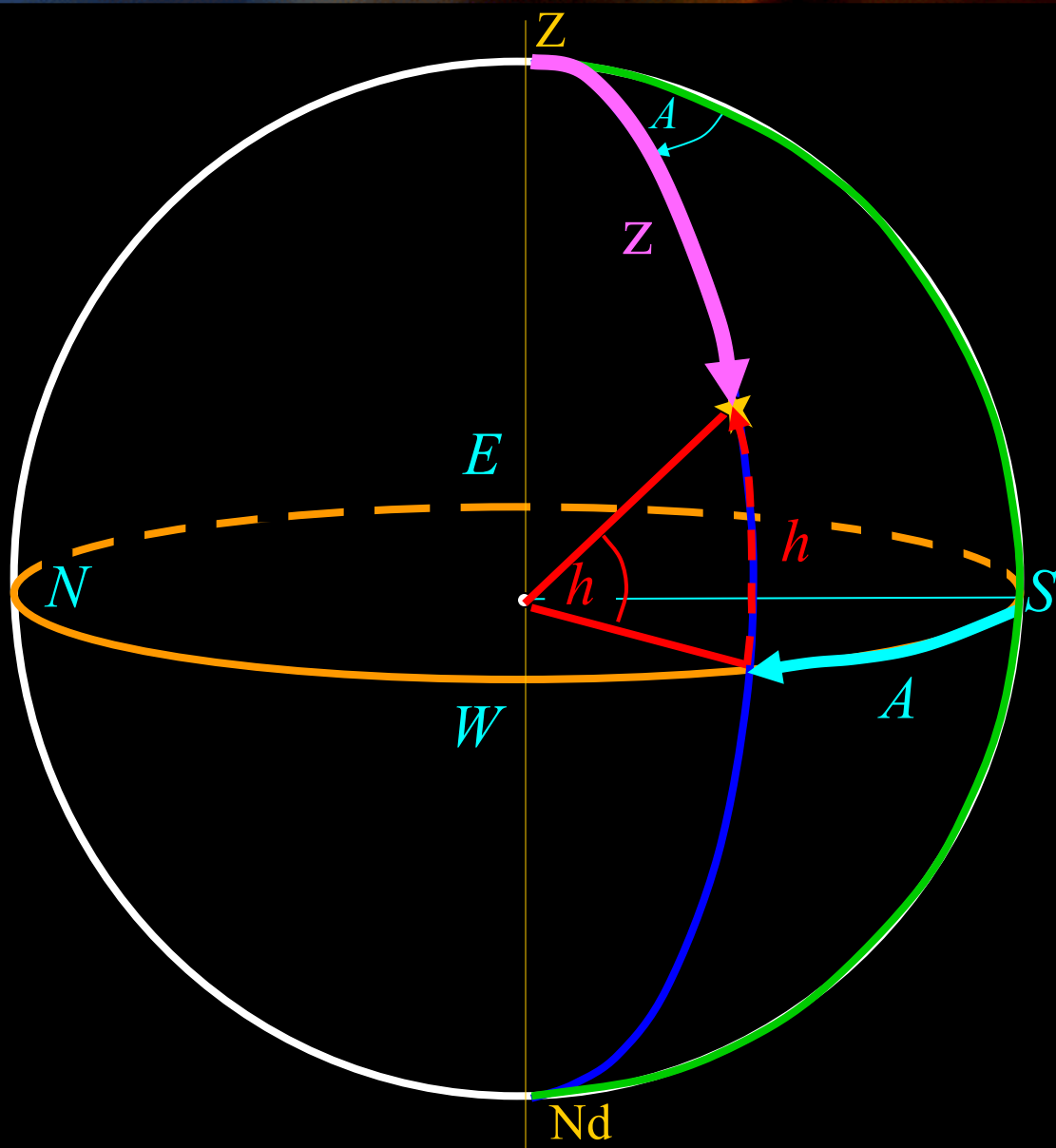
# Współrzędne horyzontalne

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



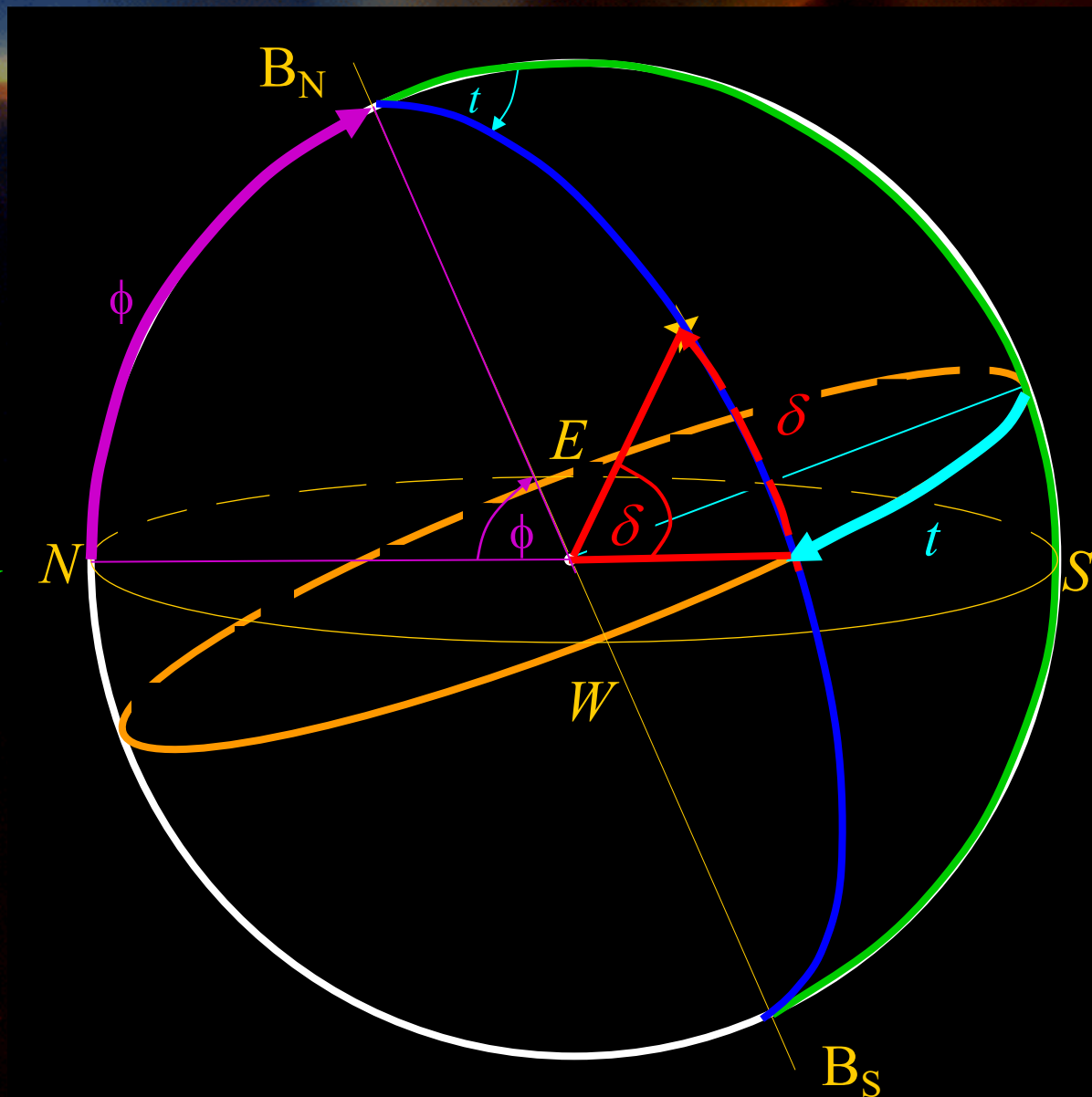
# Współrzędne horyzontalne

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



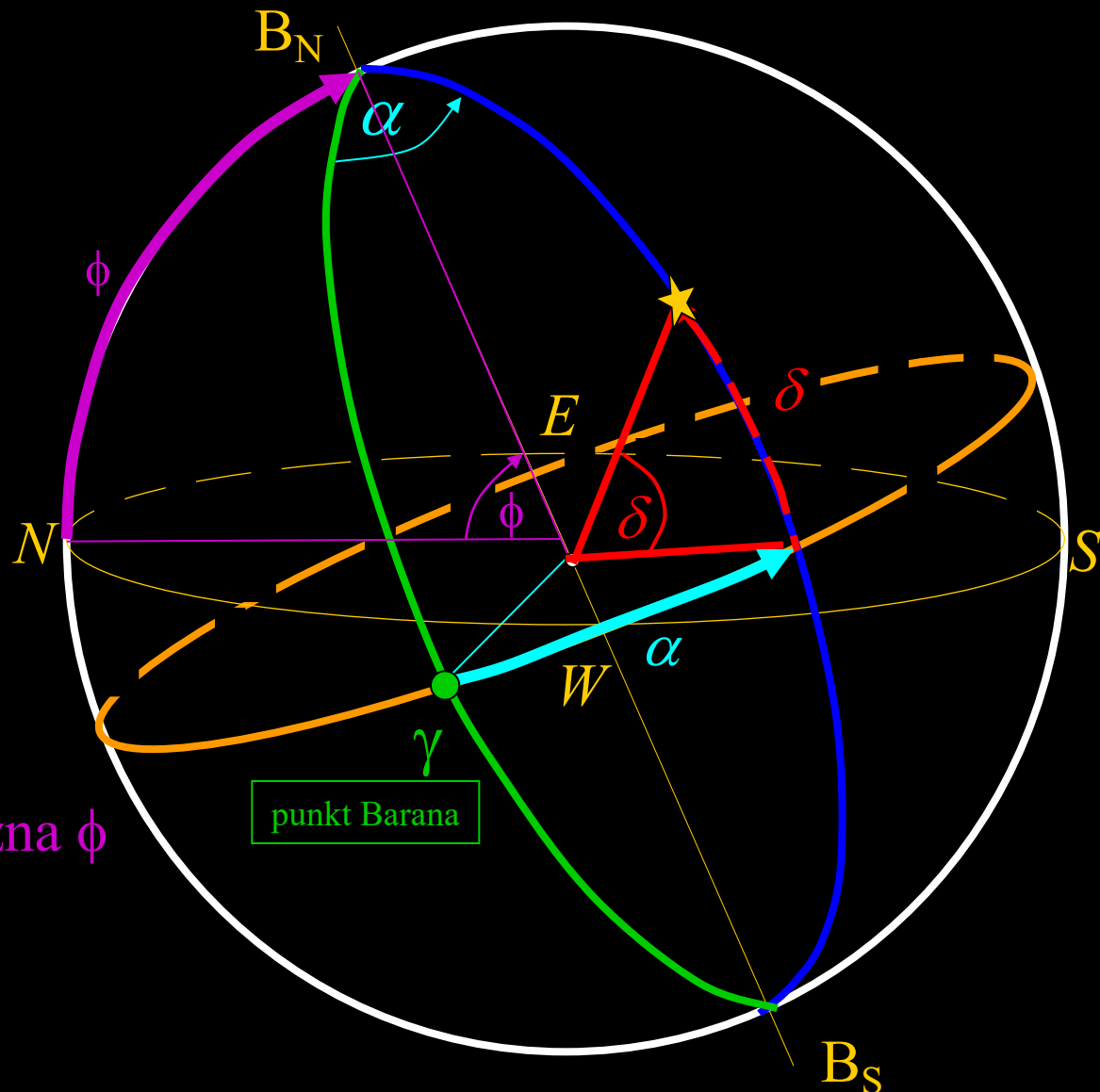
# Współrzędne równikowe I

- horyzont
- równik
  - deklinacja  $\delta$
- oś świata
  - bieguny niebieskie:
    - północny -  $B_N$
    - południowy -  $B_S$
- południk lokalny
- koło godzinne
  - kąt godzinny  $t$
- szerokość geograficzna  $\phi$

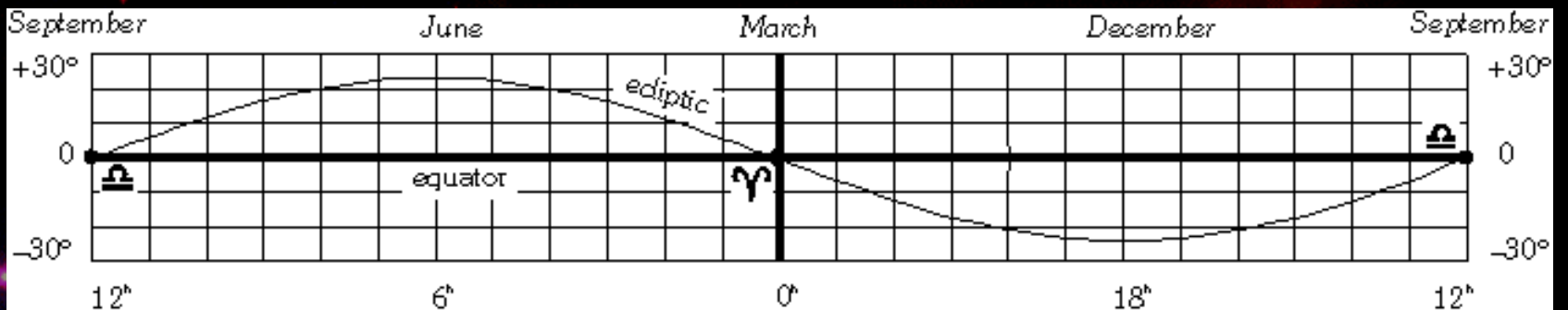
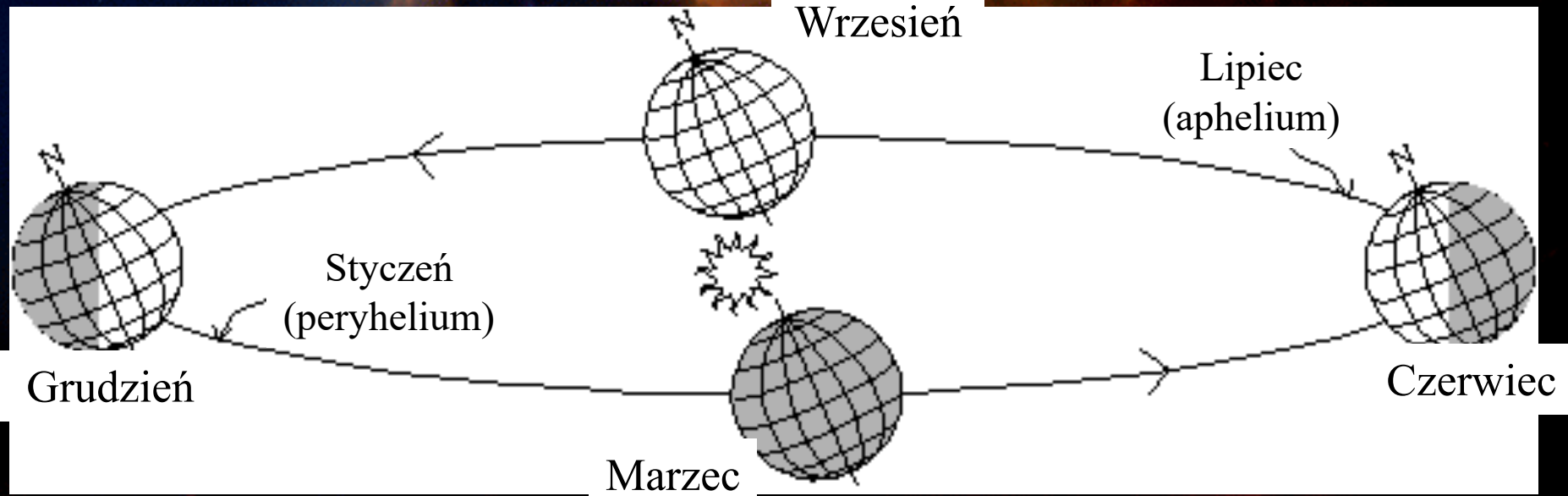
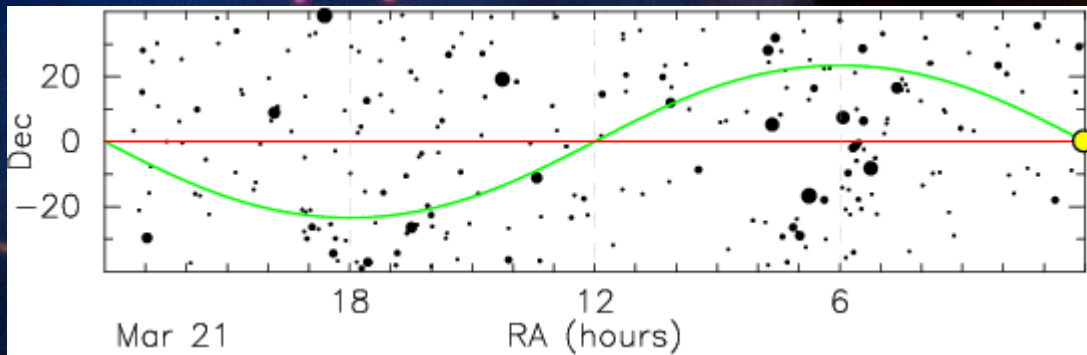


# Współrzędne równikowe II (równonocne)

- horyzont
- równik
  - deklinacja  $\delta$
- oś świata
  - bieguny niebieskie:
    - północny -  $B_N$
    - południowy -  $B_S$
- koło godzinne
  - punkt Barana  $\gamma$
- koło godzinne
  - rektascensja  $\alpha$
- szerokość geograficzna  $\phi$



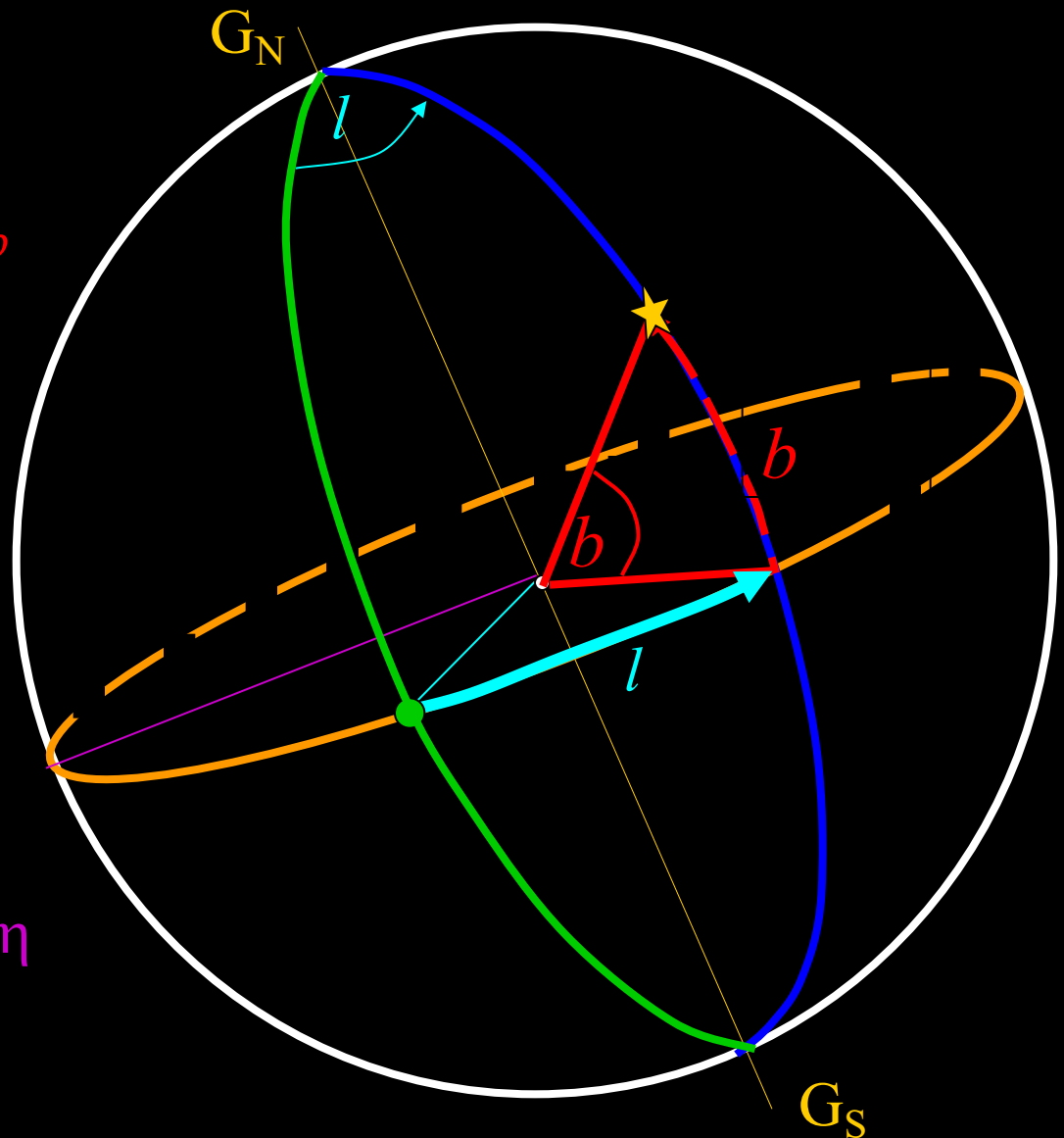






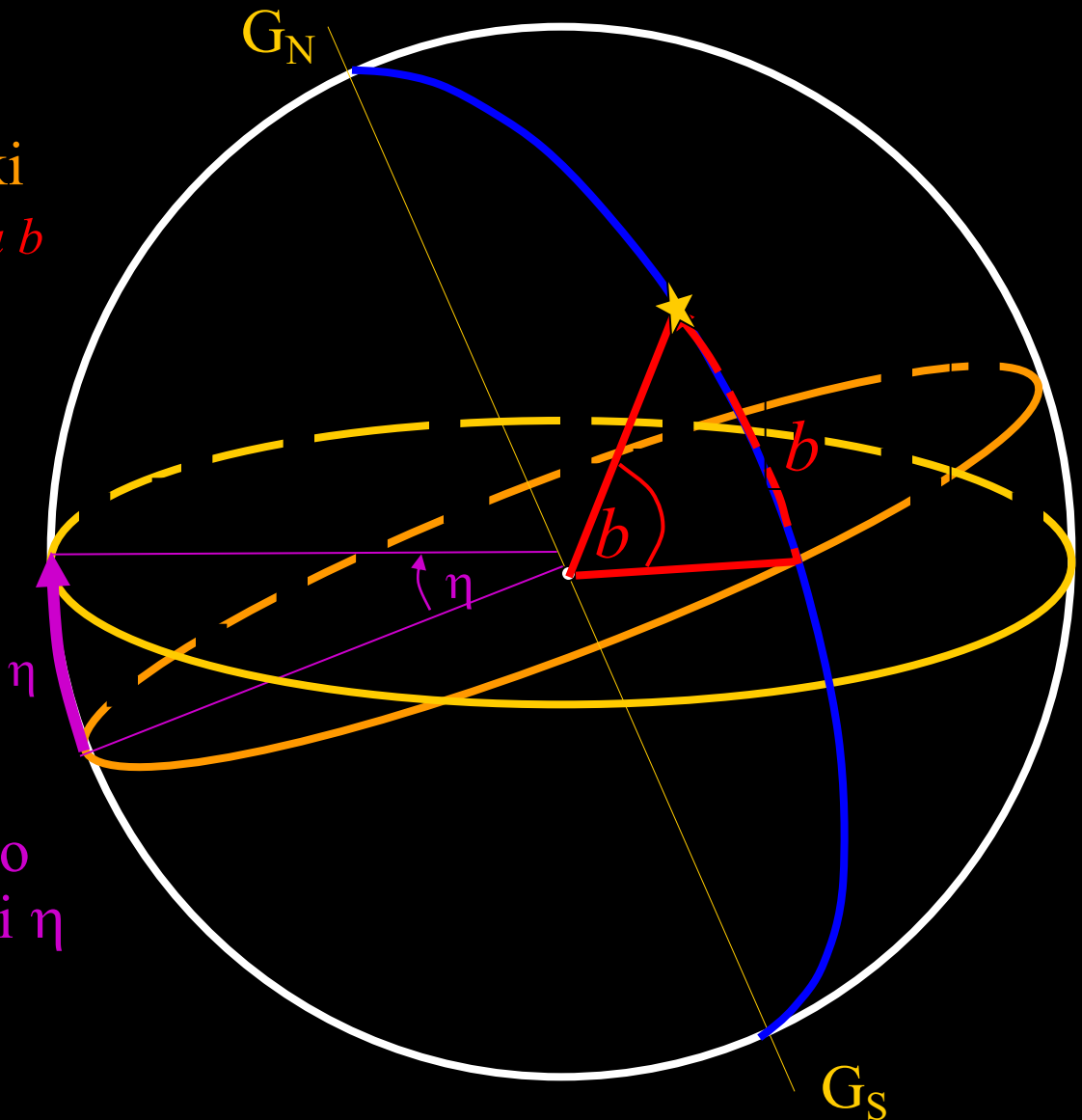
# Współrzędne galaktyczne

- 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  $\eta$  ( $=62^\circ.6$ )



# 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  $\eta$  ( $=62^\circ.6$ )





• koniec 27/03/2016

# Trygonometria sferyczna

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

Współrzędne punktu  $C$ :

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

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

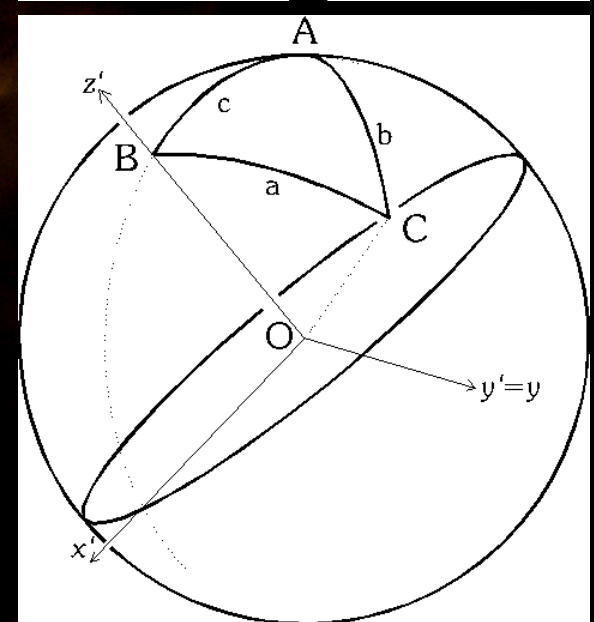
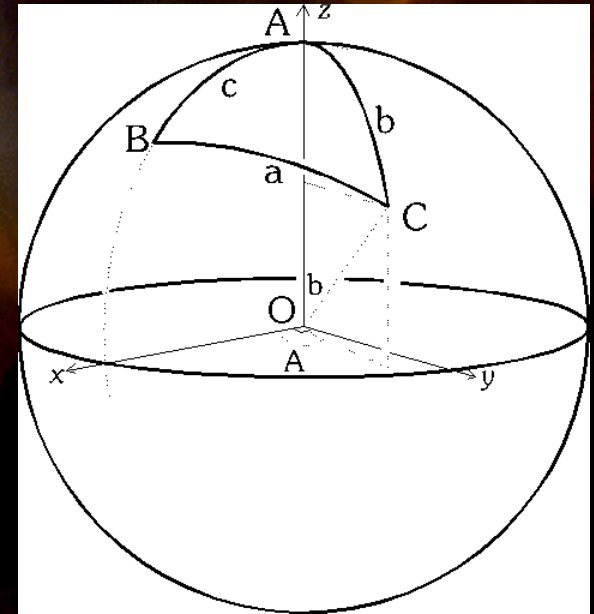
$$z = \cos(b)$$

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  $c$ :

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

$$y' = y$$

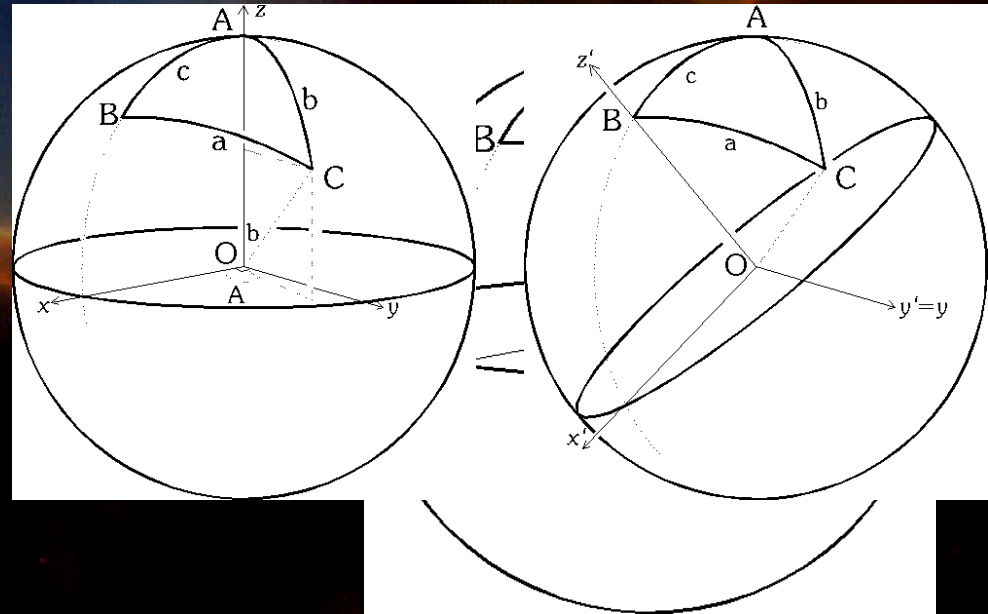
$$z' = x \sin(c) + z \cos(c)$$

po podstawieniu:

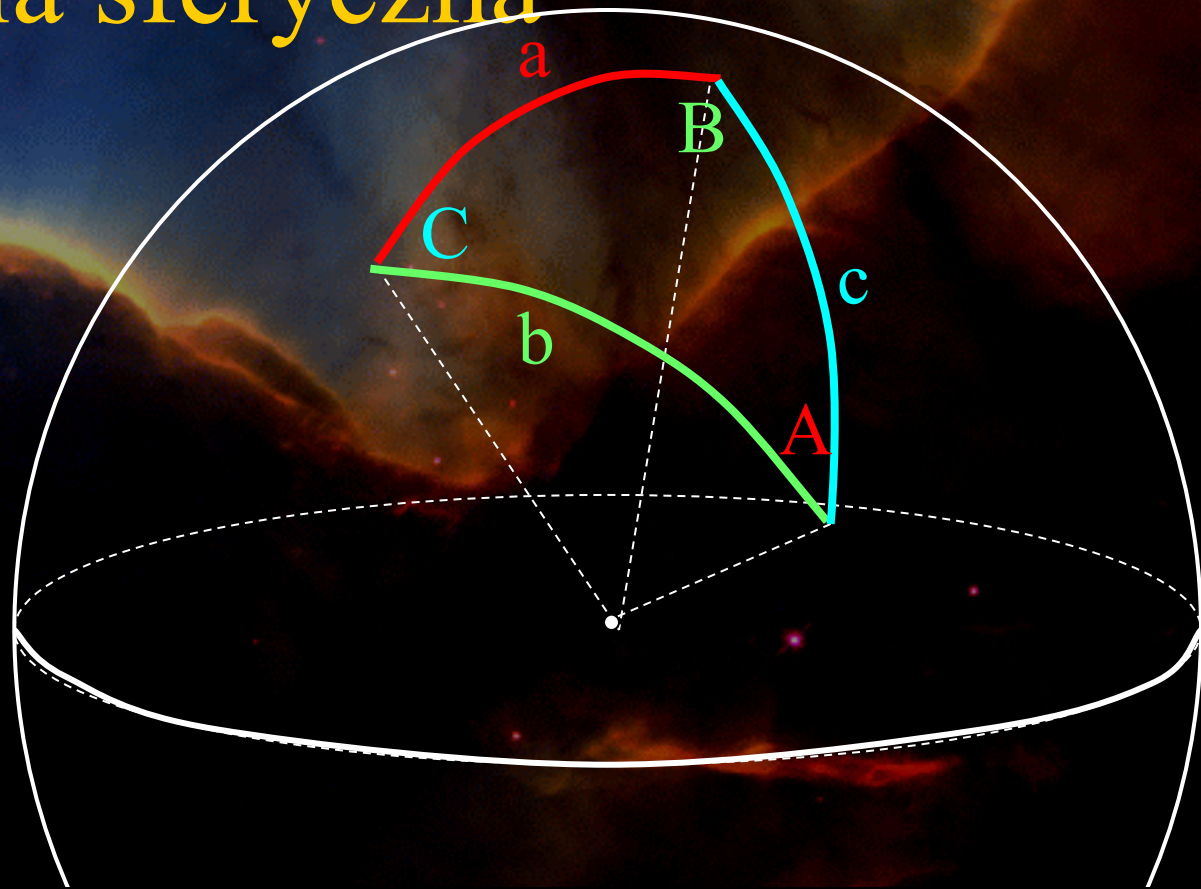
$$-\sin(a) \cos(B) = \sin(b) \cos(A) \cos(c) - \cos(b) \sin(c)$$

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

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



# 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 :

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

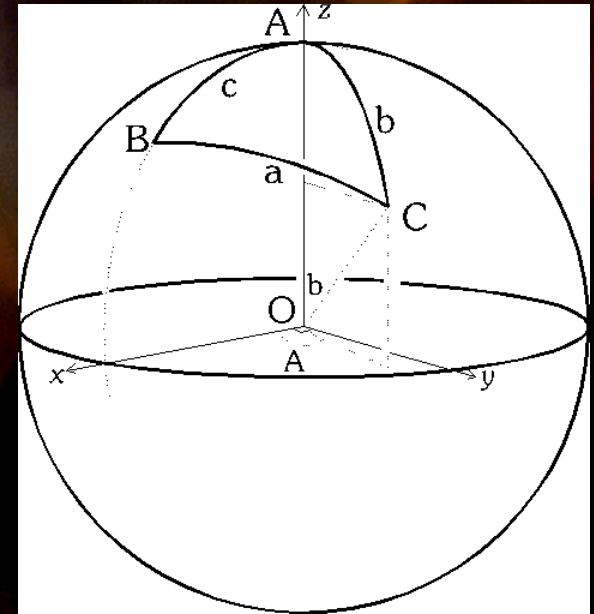
$$b = 180 - B \quad B = 180 - b$$

$$c = 180 - C \quad C = 180 - c, \text{ np:}$$

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

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

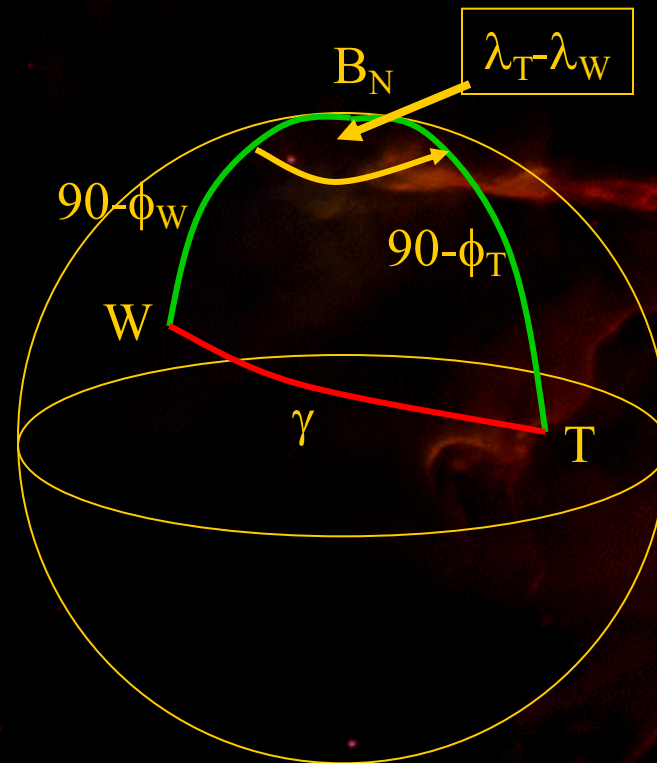
$$-\cos A = \cos B \cos C - \sin B \sin C \cos a$$



# Zadanie

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

Przyjąć promień Ziemi  
równy 6371 km.

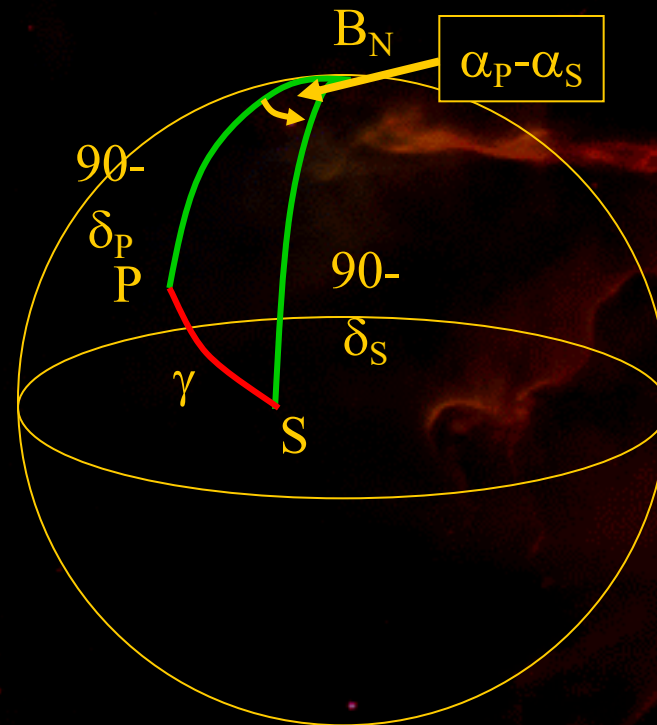
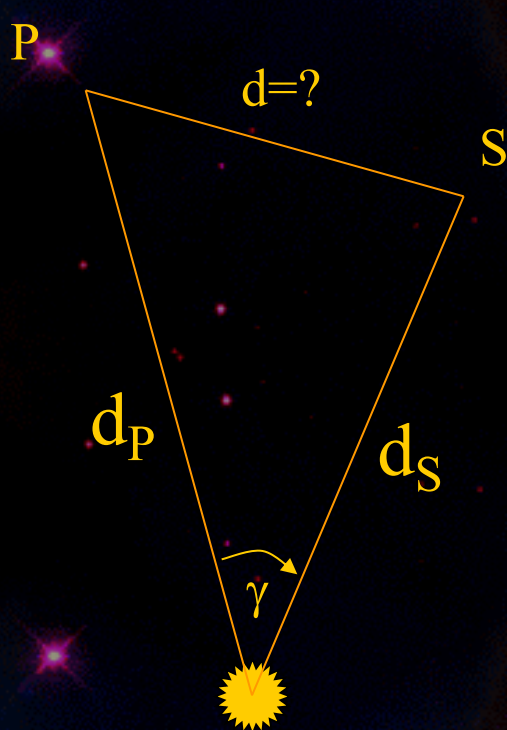


# Zadanie

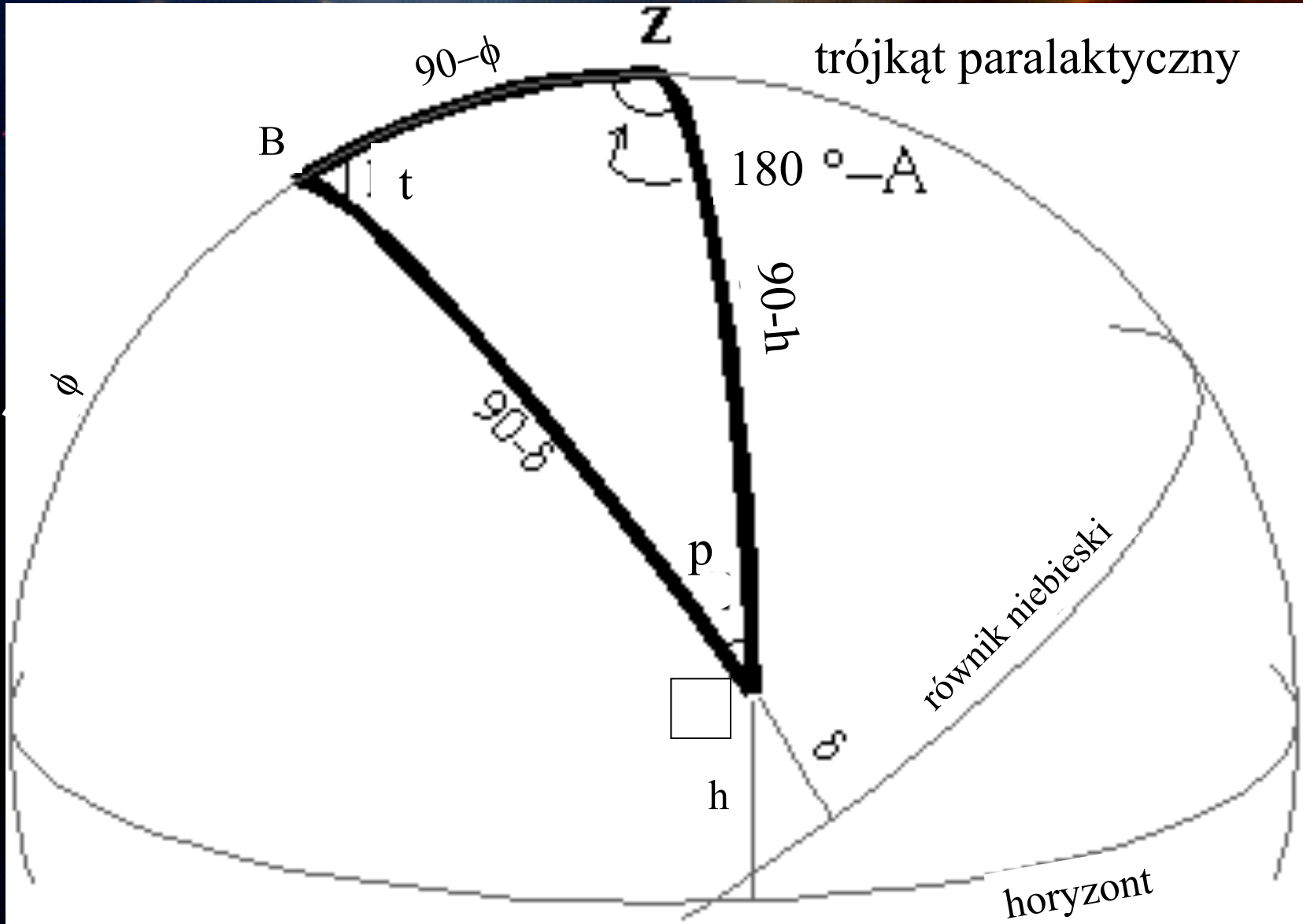
Jaka jest odległość pomiędzy

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

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

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

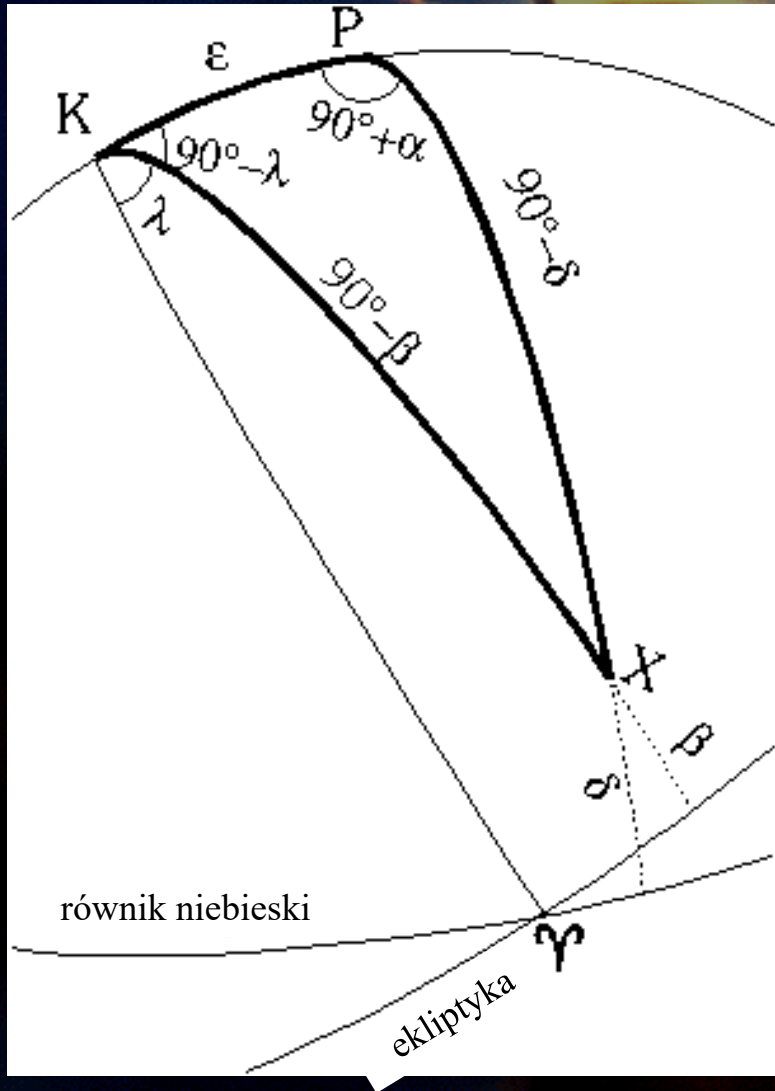
$$\sin h = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos t$$

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

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

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

# 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:

$$\sin(i_1) = (v_0/v_1) \sin(r_1)$$

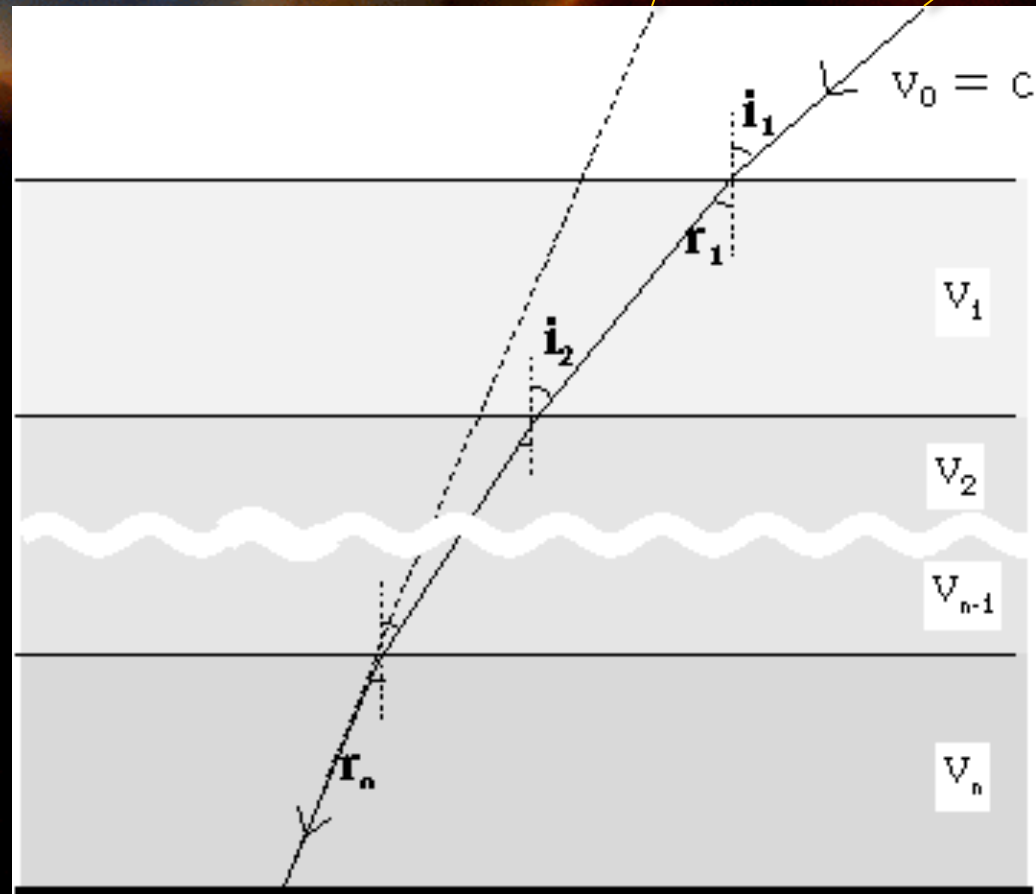
$$= (v_0/v_1) \sin(i_2)$$

$$= (v_0/v_1) (v_1/v_2) \sin(r_2)$$

$$= (v_0/v_2) \sin(r_2)$$

$$= \dots\dots\dots$$

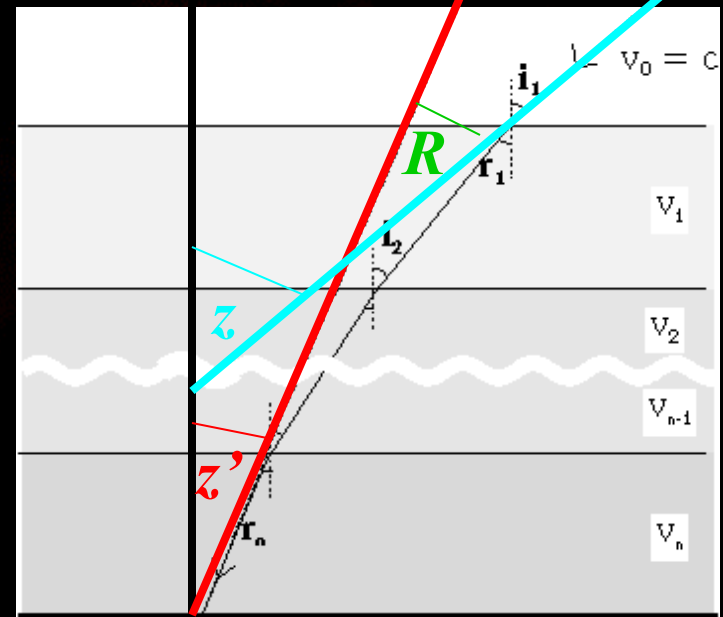
$$= (v_0/v_n) \sin(r_n)$$





# 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 i horyzontie
  - $z = 90$
  - $\text{tg}(z) = \text{in}$



... ..

Bill Arnet

- "green flas

# Paralaksa

- Geocentryczna (dzienna)

- kąt paralaksy:  $p = z' - z$ .

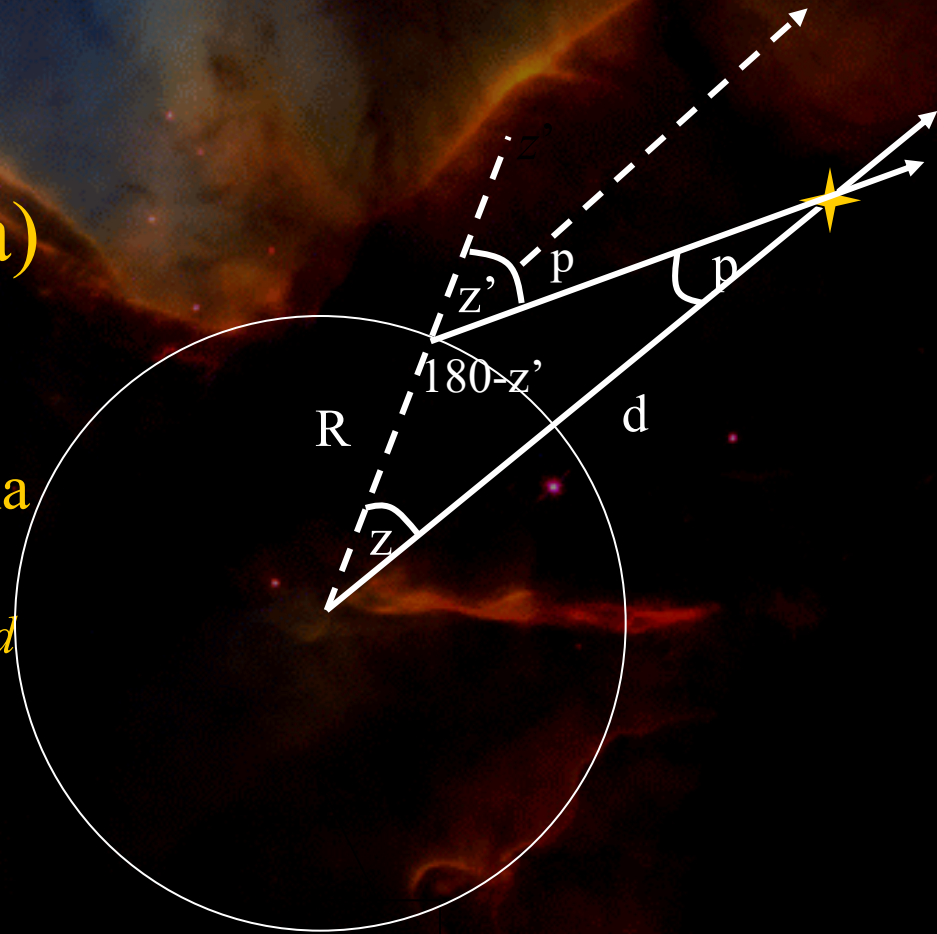
- $R$  promień Ziemi
- $d$  odległość geocentryczna
- 

$$\sin(p) / R = \sin(180^\circ - z') / d = \sin(z') / d$$

$$\sin(p) = R / d \sin(z')$$

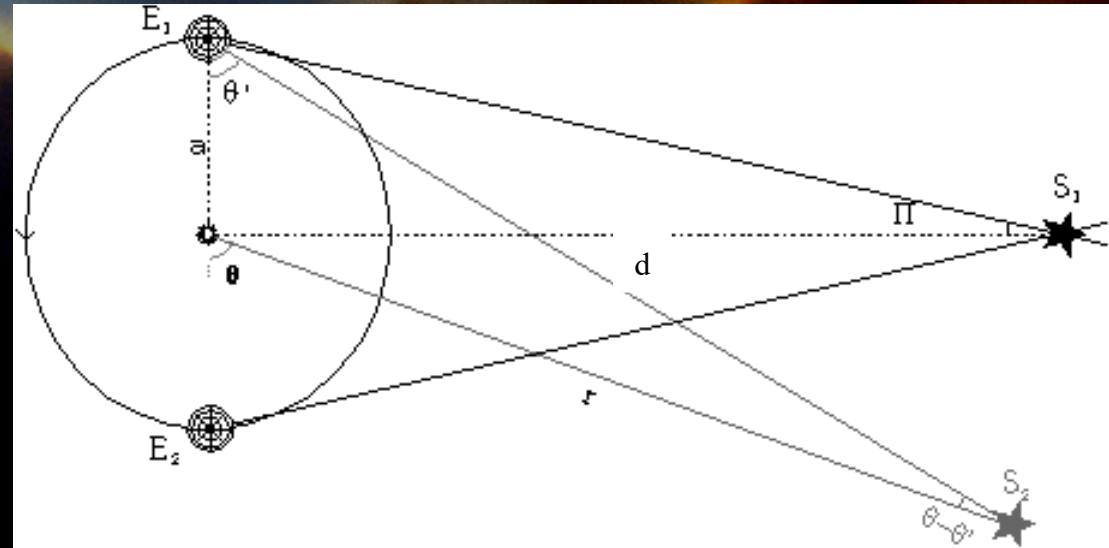
- paralaksa horyzontalna:

- $p = 90^\circ - z$ , gdzie
- $\sin(p) = R/d$ .



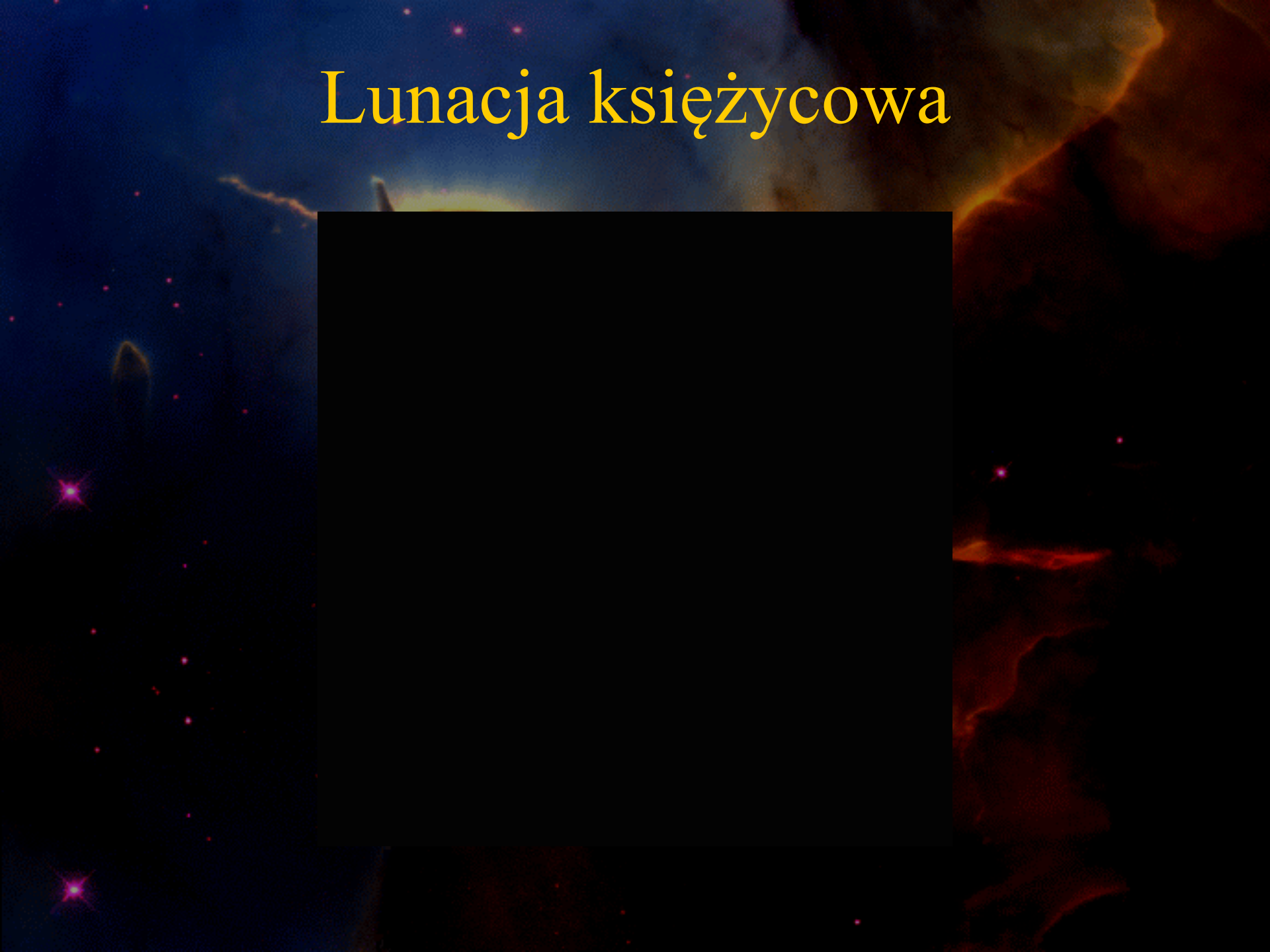
# Paralaksa

- Heliocentryczna (roczna)



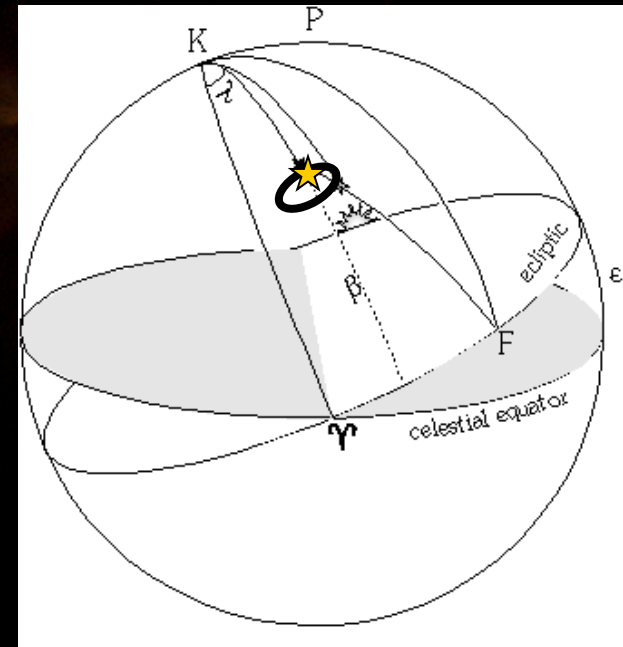
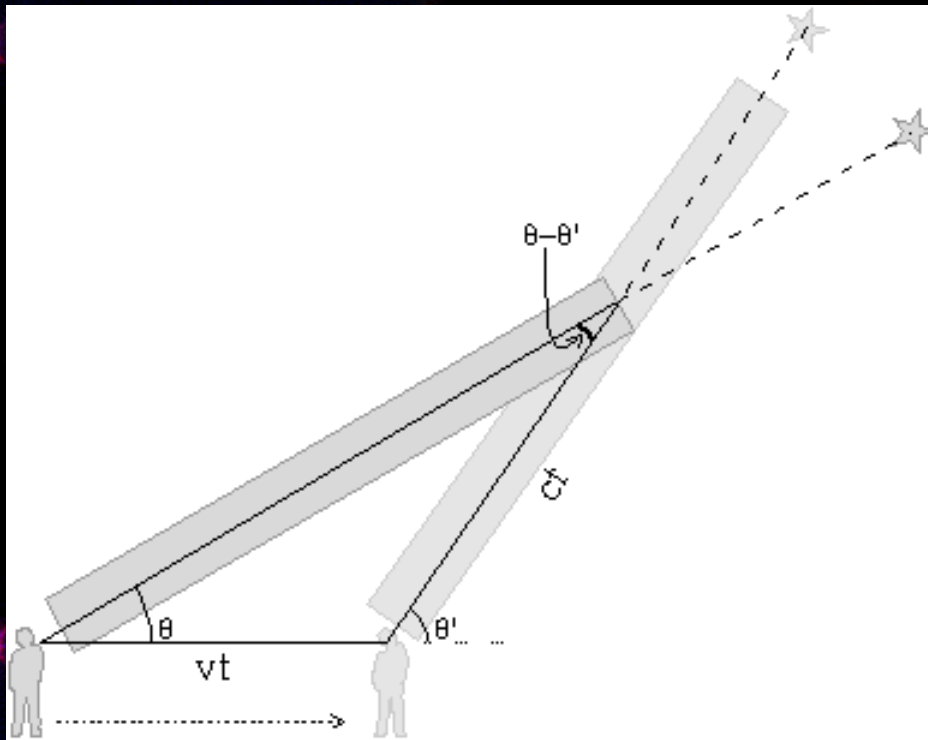
- kąt paralaksy  $\pi$
- $a$  promień orbity Ziemi (1 j.a.)
- $d$  odległość do gwiazdy.
- $\sin(\pi) = a / d$ .
- $d = 1 / \pi$  ( $\pi$  w arcsec,  $d$  w parsekach (ps))

# Lunacja księżycowa

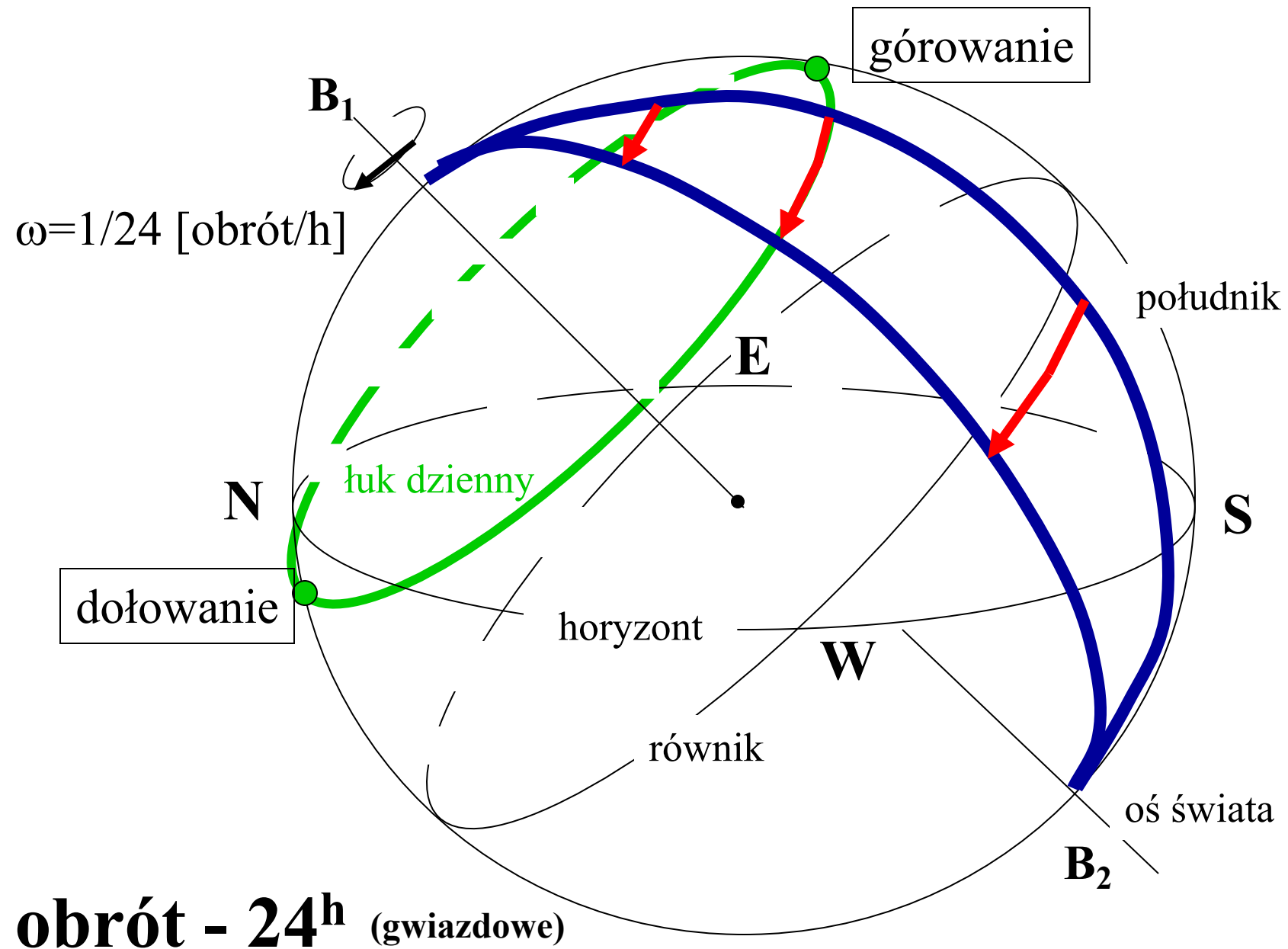


# Aberracja światła

- $\sin(\Theta - \Theta') / \sin(\Theta) = vt/ct$
- $\Theta - \Theta' = \sin(\Theta) v/c = k \sin(\Theta)$
- $k$  – stała aberracji,  $k = 20.5''$



# Ruch dzienny sfery niebieskiej





kiej

$\omega=1/24$  [obrót]

południk

N

S

dołowanie

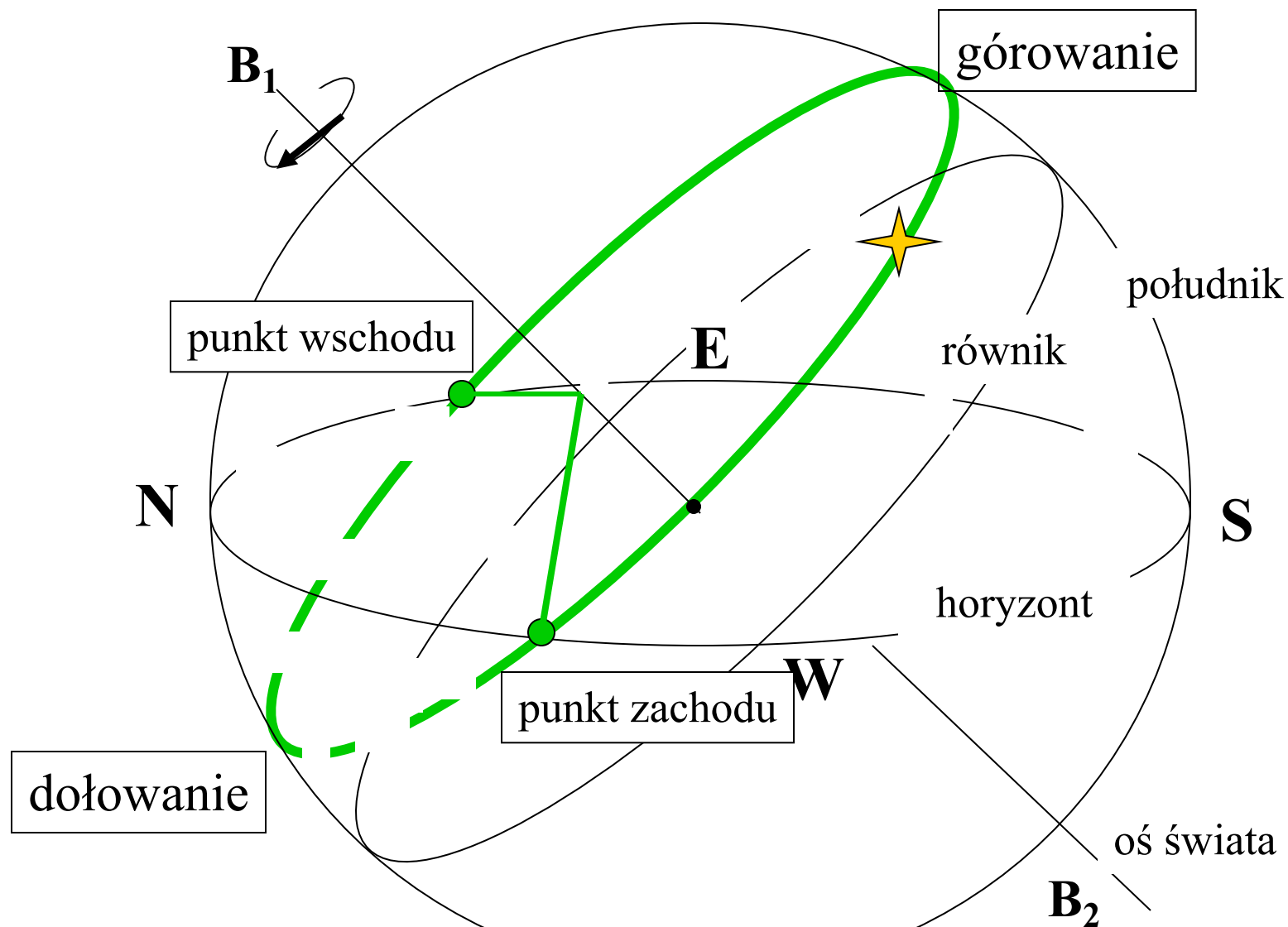
oś świata

$B_2$

**obrót - 24<sup>h</sup>** (gwiazdowe)

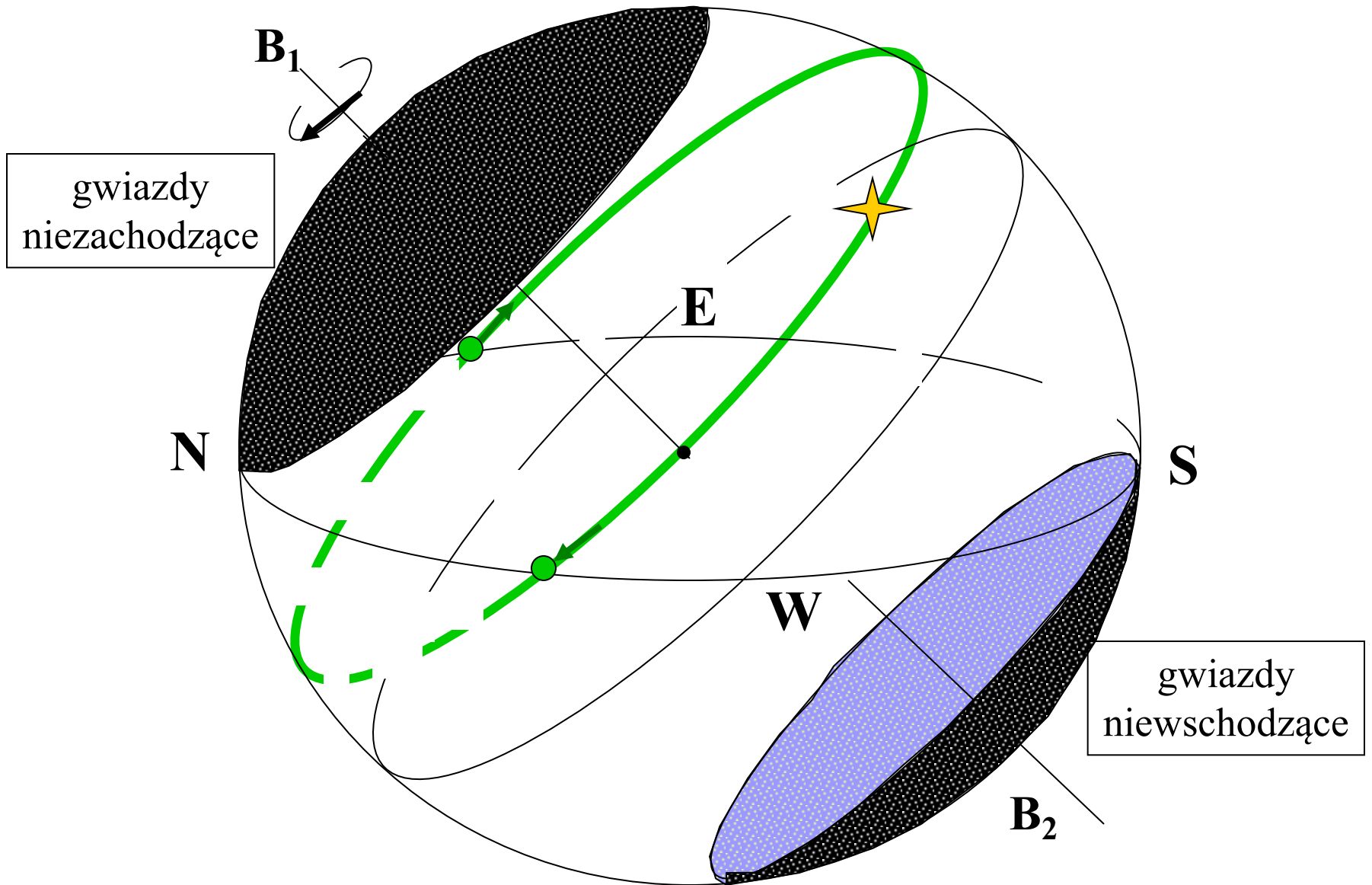


# Wschody i zachody

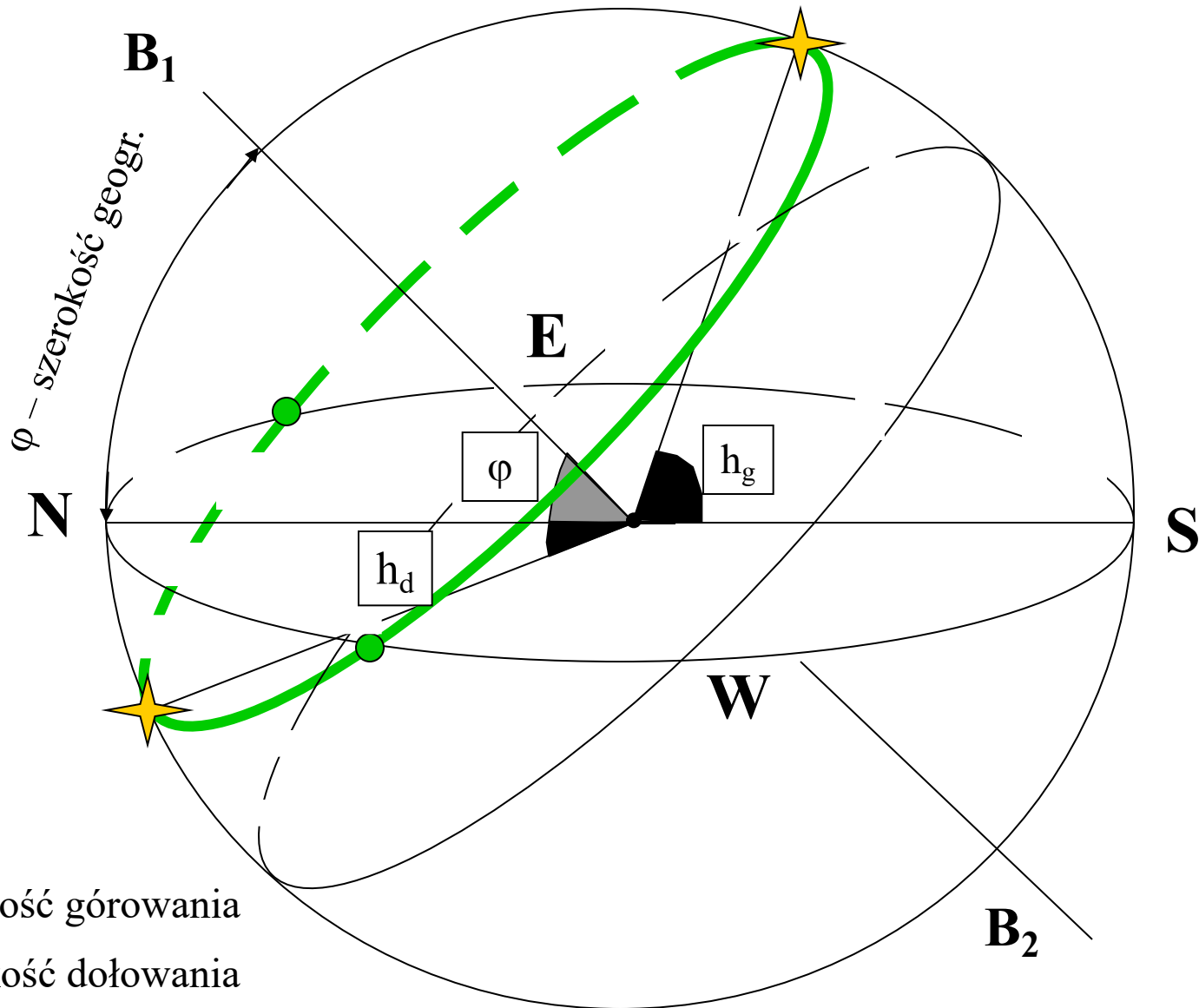


**obrót - 24<sup>h</sup>** (gwiazdowe)

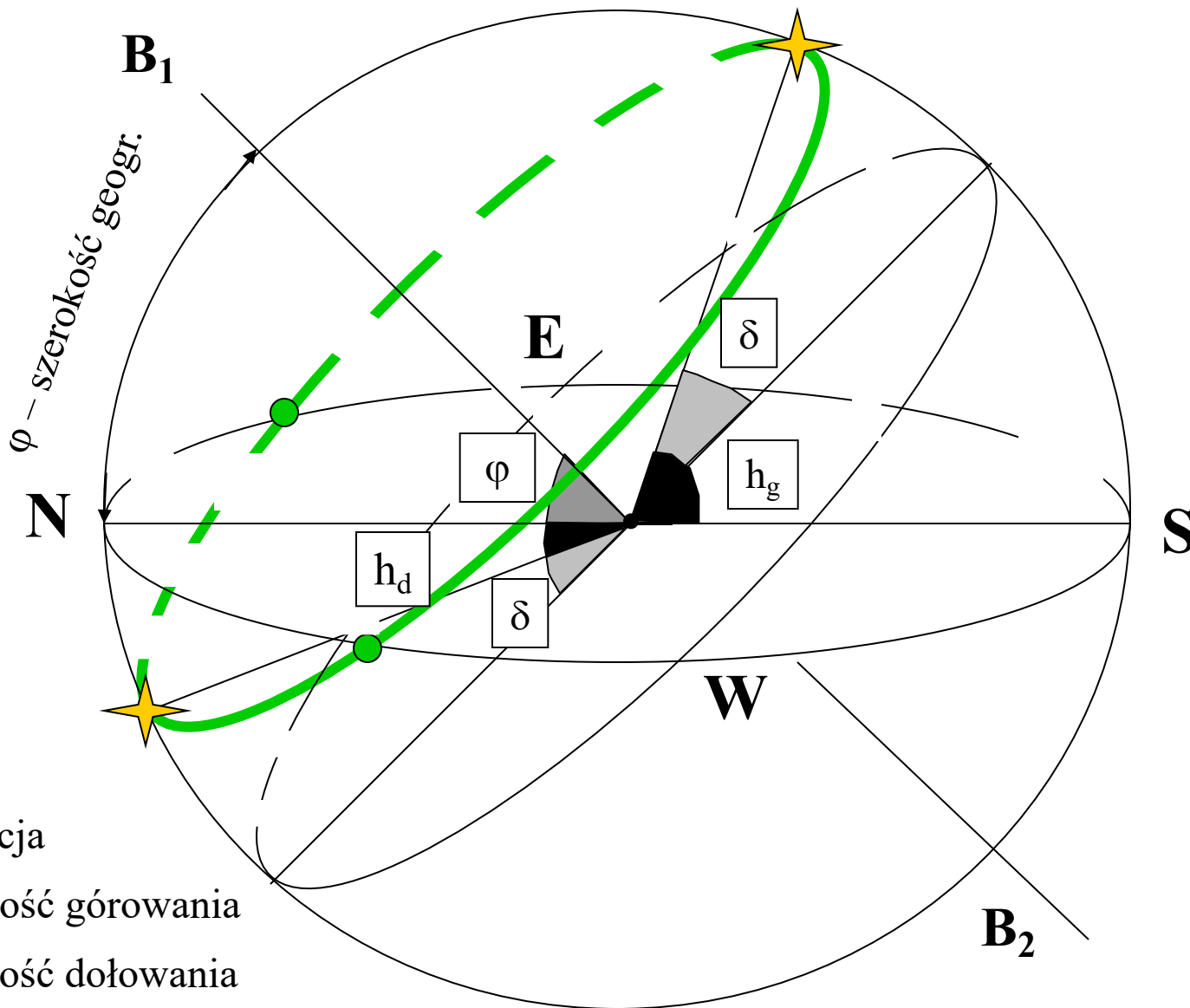
# Widoczność gwiazd



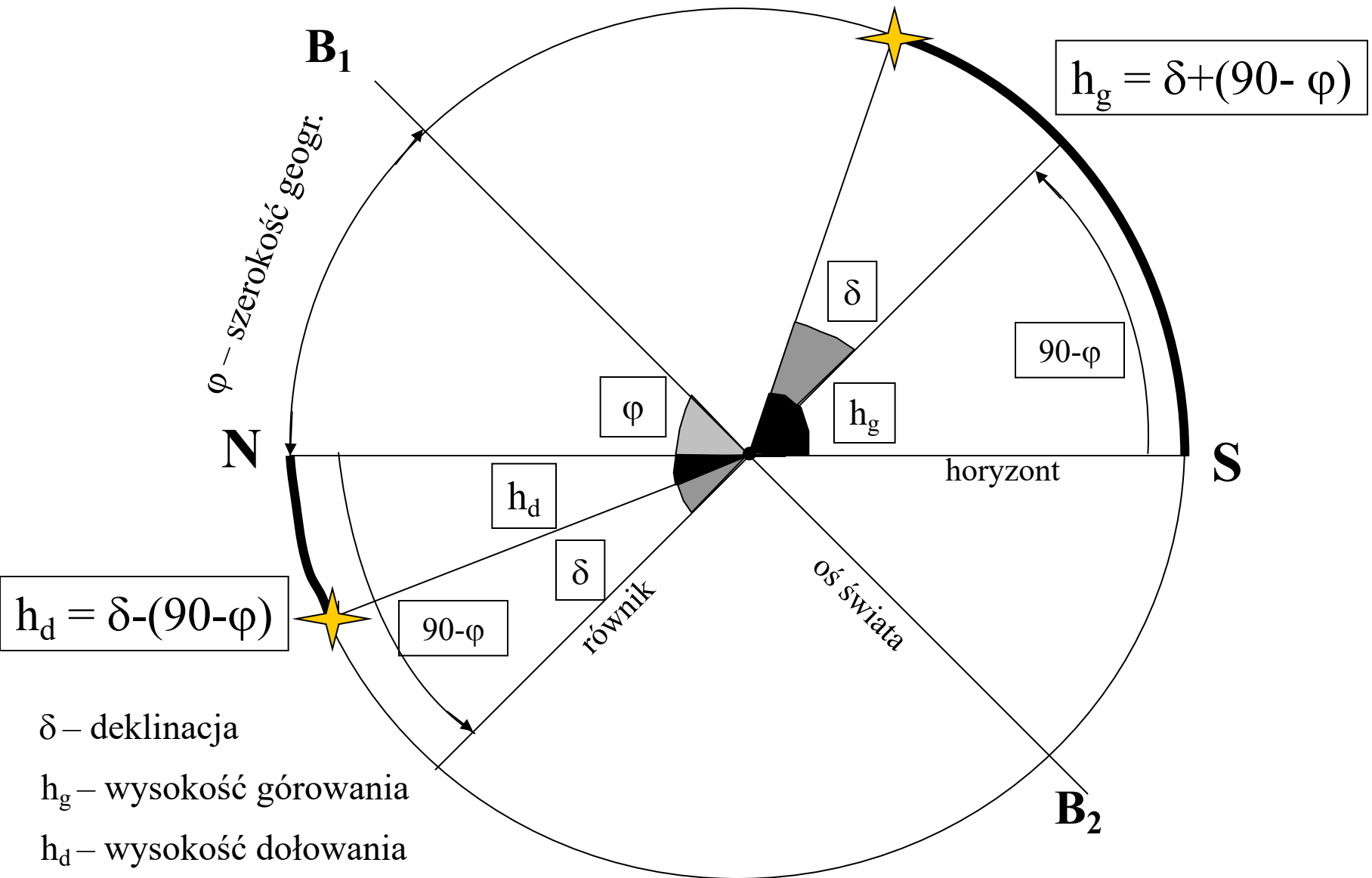
# Wysokość górowania i dołowania



# Wysokość górowania i dołowania

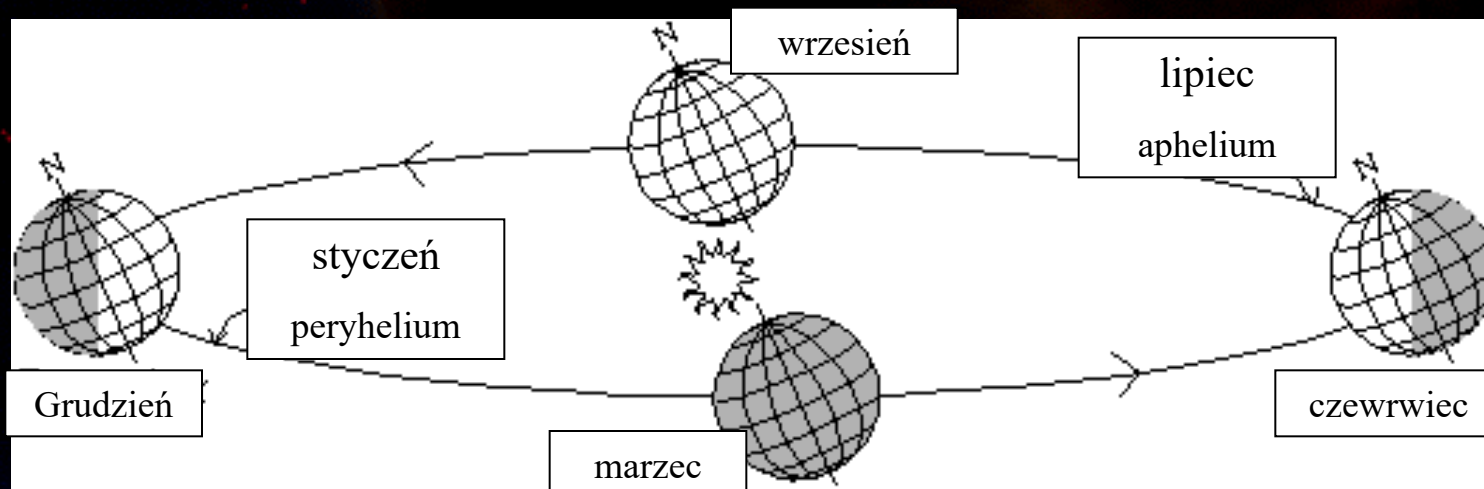


# Wysokość górowania i dołowania

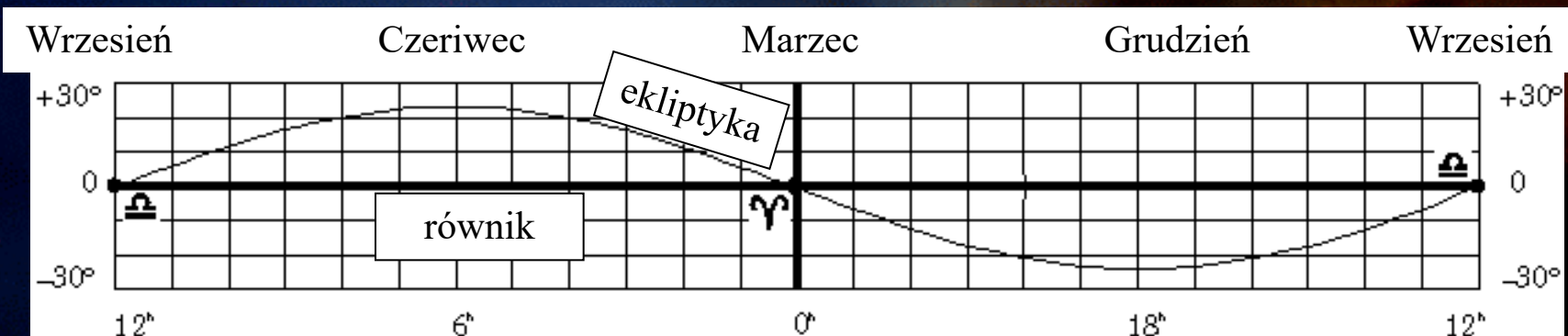


# Roczny ruch Słońca

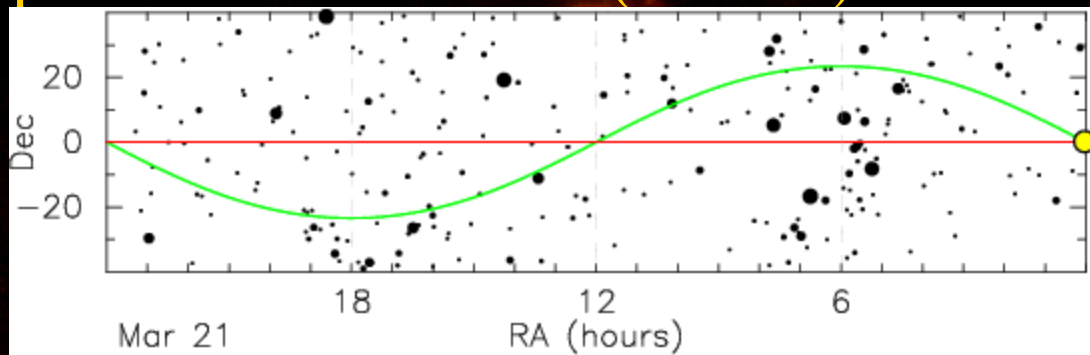
- Nachylenie osi Ziemi do płaszczyzny orbity
  - $66^{\circ} 33'$
- Nachylenie równika do ekliptyki
  - $23^{\circ} 27'$
- Precesja (26000 lat,  $50''/\text{rok}$ )
- Orbita eliptyczna ( $e=0.017$ ), peryhelium w styczniu



# 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)



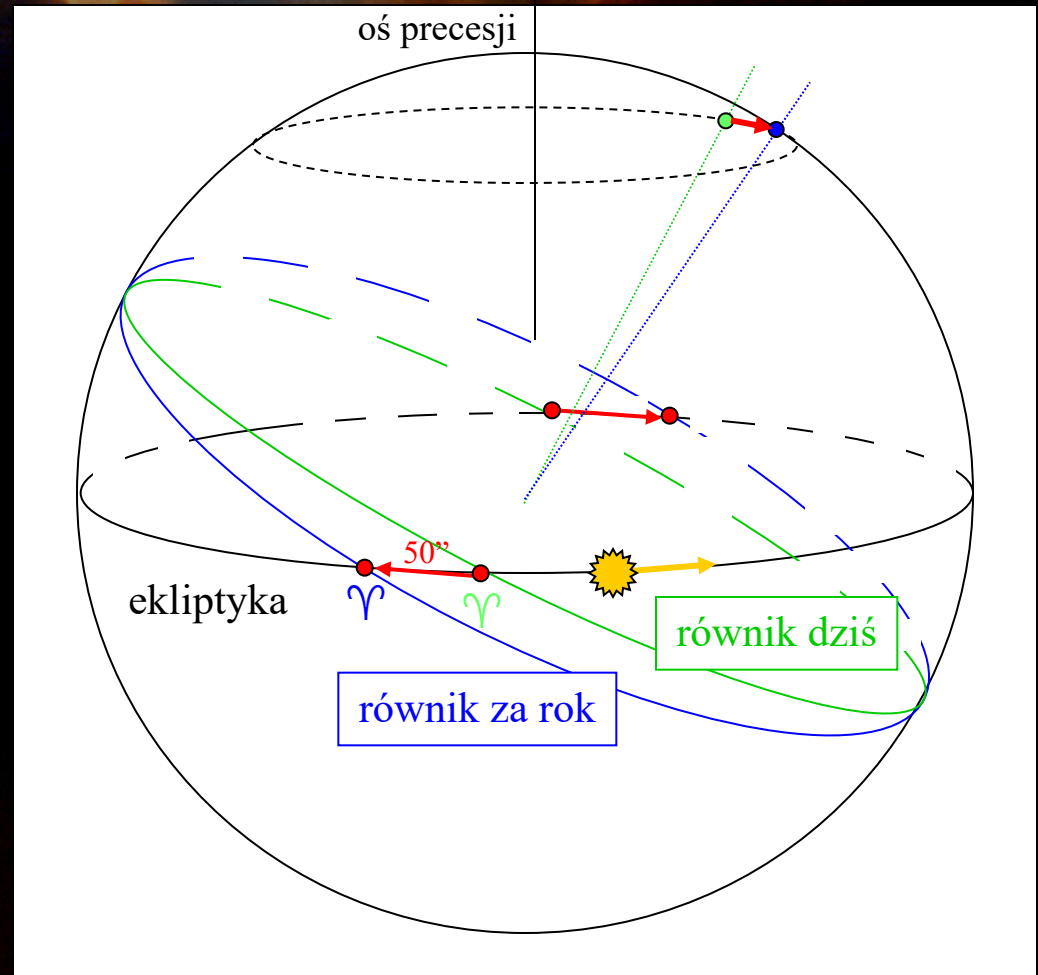
# Znaki Zodiaku

$\lambda$	polska	łacińska	$\lambda$	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



# Roczny ruch Słońca - precesja

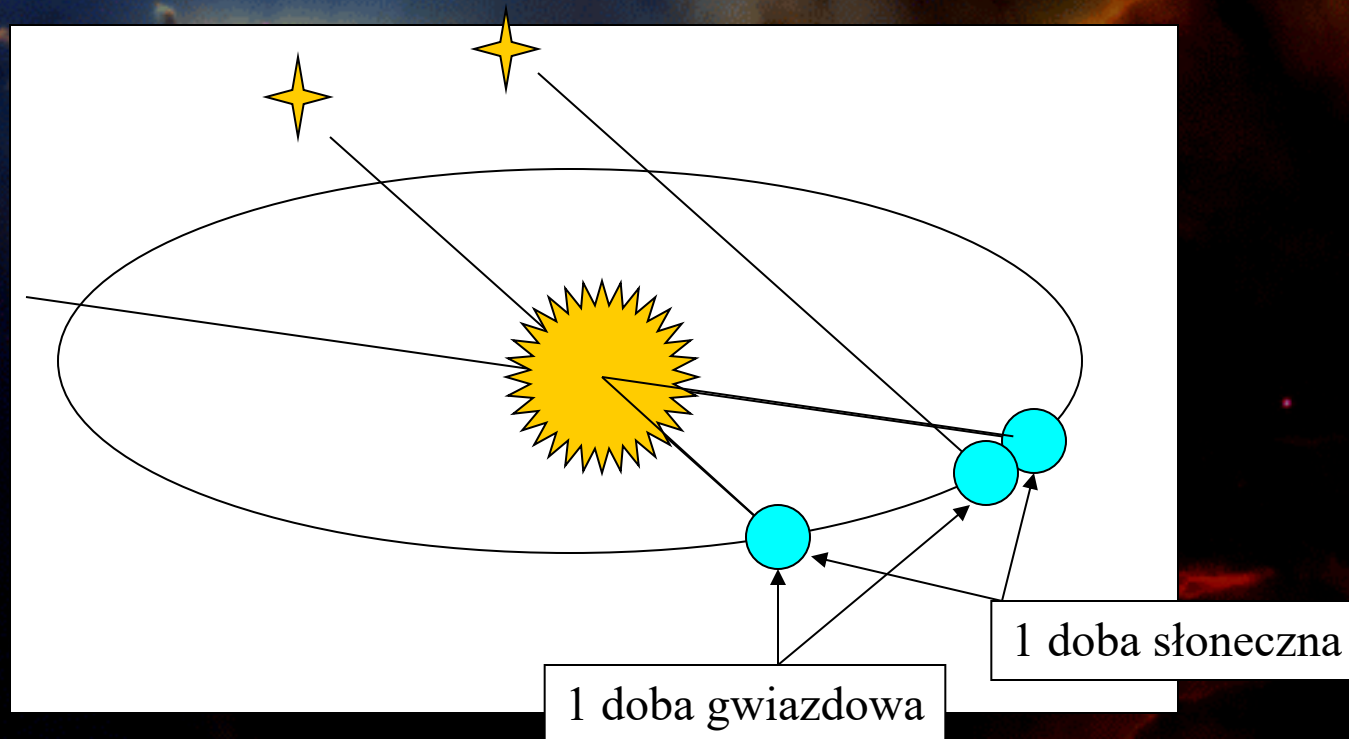
- Rok gwiazdowy  
365.2564 dni
  - względem gwiazd
  - od  $\gamma$  do  $\gamma$
- Rok zwrotnikowy  
365.2422 dni
  - od p. Barana do p. Barana
  - od  $\gamma$  do  $\gamma$



# Doba

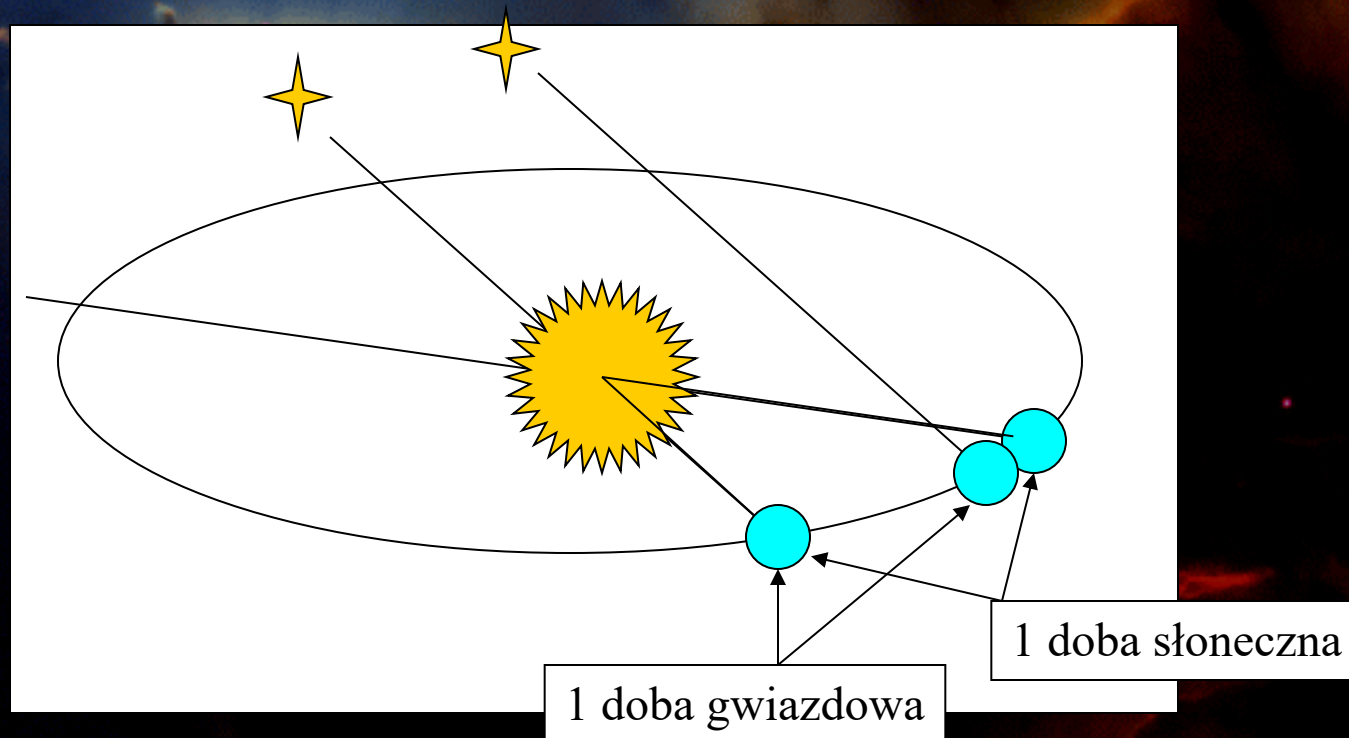
- Okres czasu upływający pomiędzy górowaniami wybranego obiektu
- doba słoneczna
  - pomiędzy górowaniami Słońca
- doba gwiazdowa
  - pomiędzy górowaniami punktu Barana

# 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

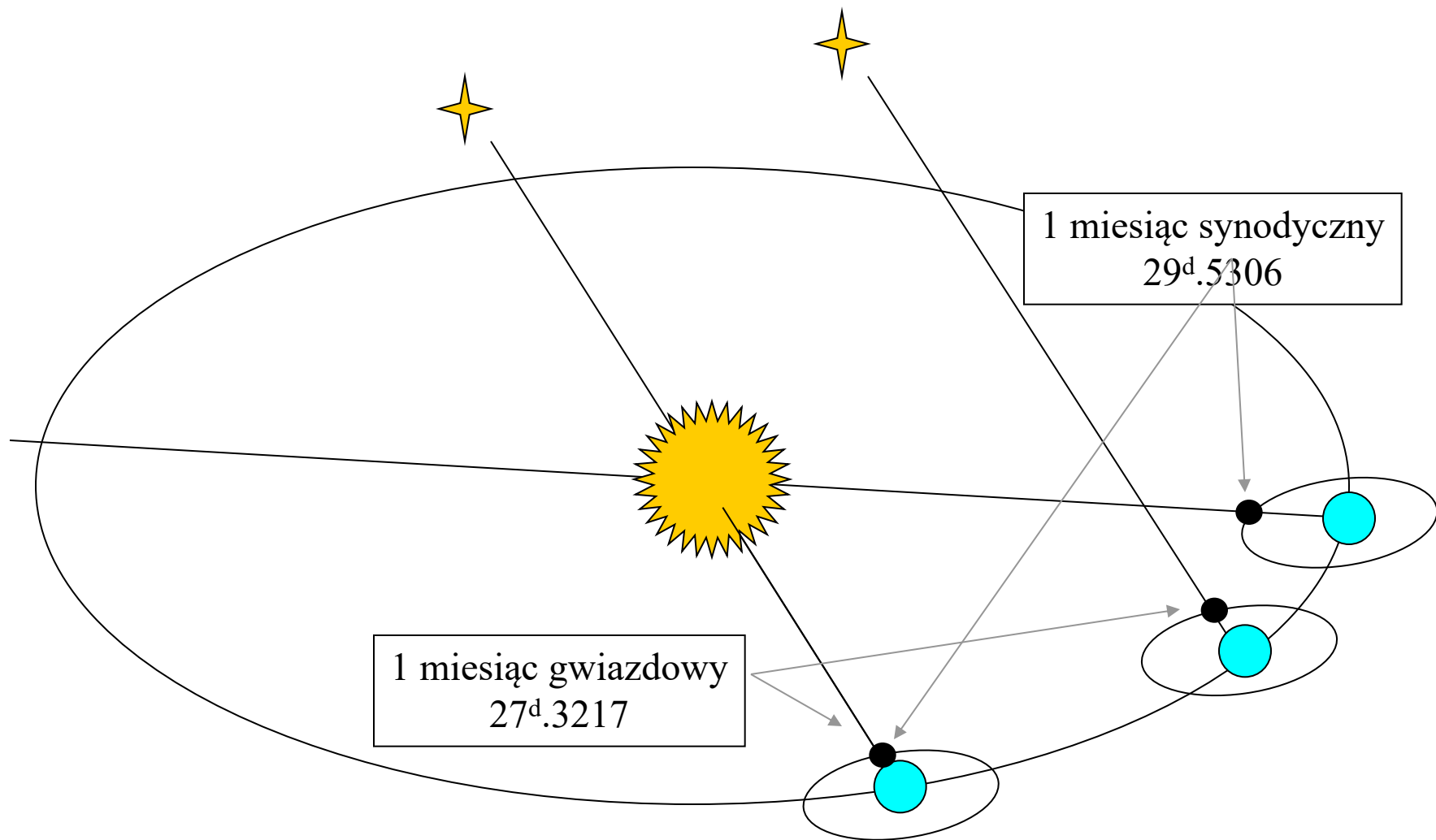
# Miesiąc

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

# Miesiąc

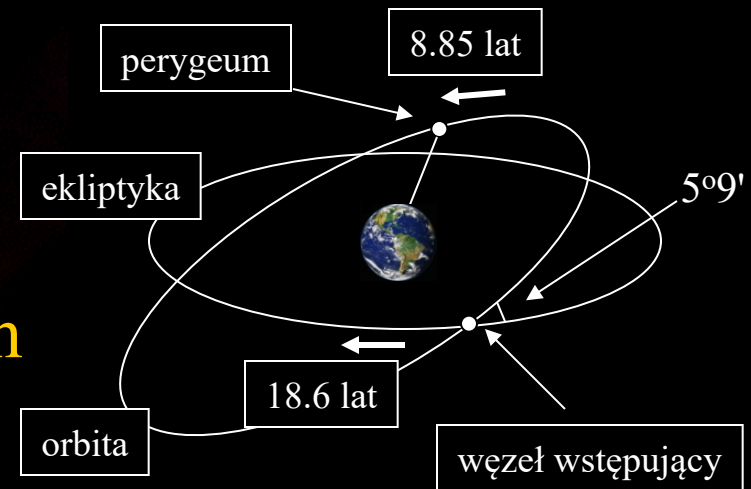
- syderyczny (gwiazdowy)  $27^{\text{d}}.3217$ 
  - względem gwiazd
- synodyczny  $29^{\text{d}}.5306$ 
  - od nowiu do nowiu Księżyca

# 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 juliański
  - Romulus, 723 p.n.e.
  - Rok zaczynał się w dniu nowiu najbliższego wiosennej równonocy
  - Miesiąc – księżycowy (zaczyna się nowiem)
  - Rok trwał 10 miesięcy
    - Martius, Aprilis, Maius, Junius, Quinctilis, Sextilis, Septembris, Octobris, Novembris, Decembris.
  - 60 dni wolnych, bo były „ciemne i zimne”

# Kalendarz

- Numa Pompiliusz dodał styczeń i luty
  - miesiące po 29 lub 30 dni – rok miał 355 dni
- Co dwa lata dodatkowy miesiąc (22 lub 23 dni), żeby zgadzało się z porami roku.
- W 153 p.n.e. przesunięto początek roku na styczeń.

# Kalendarz

- Juliusz Cezar (100-44 p.n.e.) – reforma kalendarza
  - Regulacja:
    - 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
    - wskutek pomyłki najpierw co 3
  - średni rok – 365.25 dnia

# Kalendarz

- Kalendarz gregoriański
  - Papież Grzegorz XIII – kłopoty z Wielkanocą
    - pierwsza niedziela po pierwszej wiosennej pełni
    - Do 4 października 1582 r. różnica wzrosła do 10 dni
  - 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

# Kalendarz

- Dni tygodnia

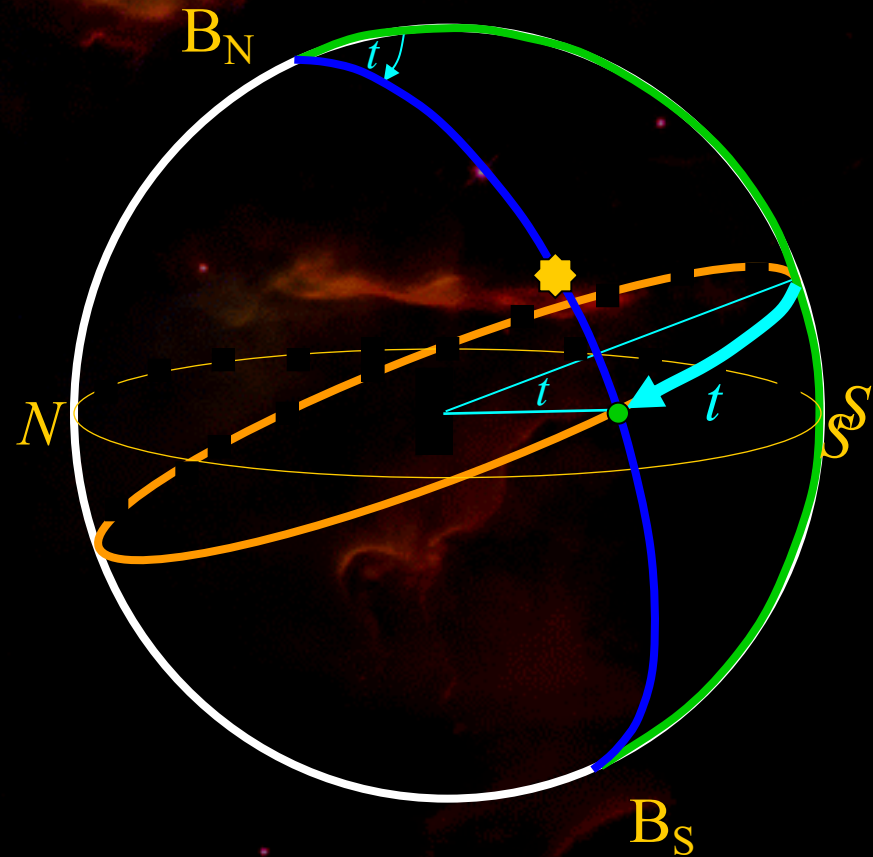
Sun	Sunday	Dimanche	Domingo
Moon	Monday	Lundi	Lunes
Mars	Tuesday	Mardi	Martes
Mercury	Wednesday	Mecredi	Miercoles
Jupiter	Thursday	Jeudi	Jueves
Venus	Friday	Vendredi	Viernes
Saturn	Saturday	Samedi	Sabado

# Czas gwiazdowy

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

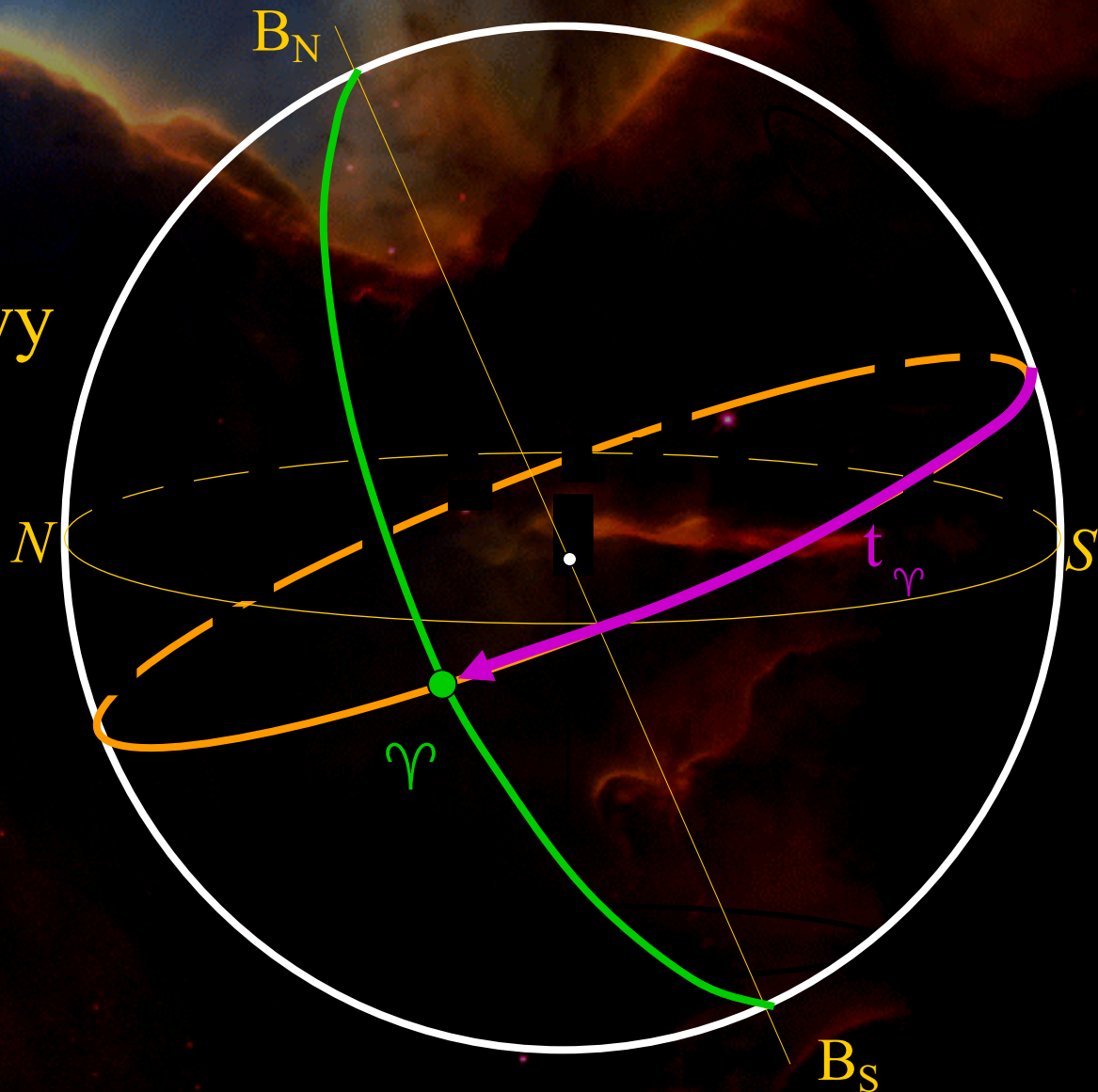
# Rachuba czasu

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



# Czas gwiazdowy

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





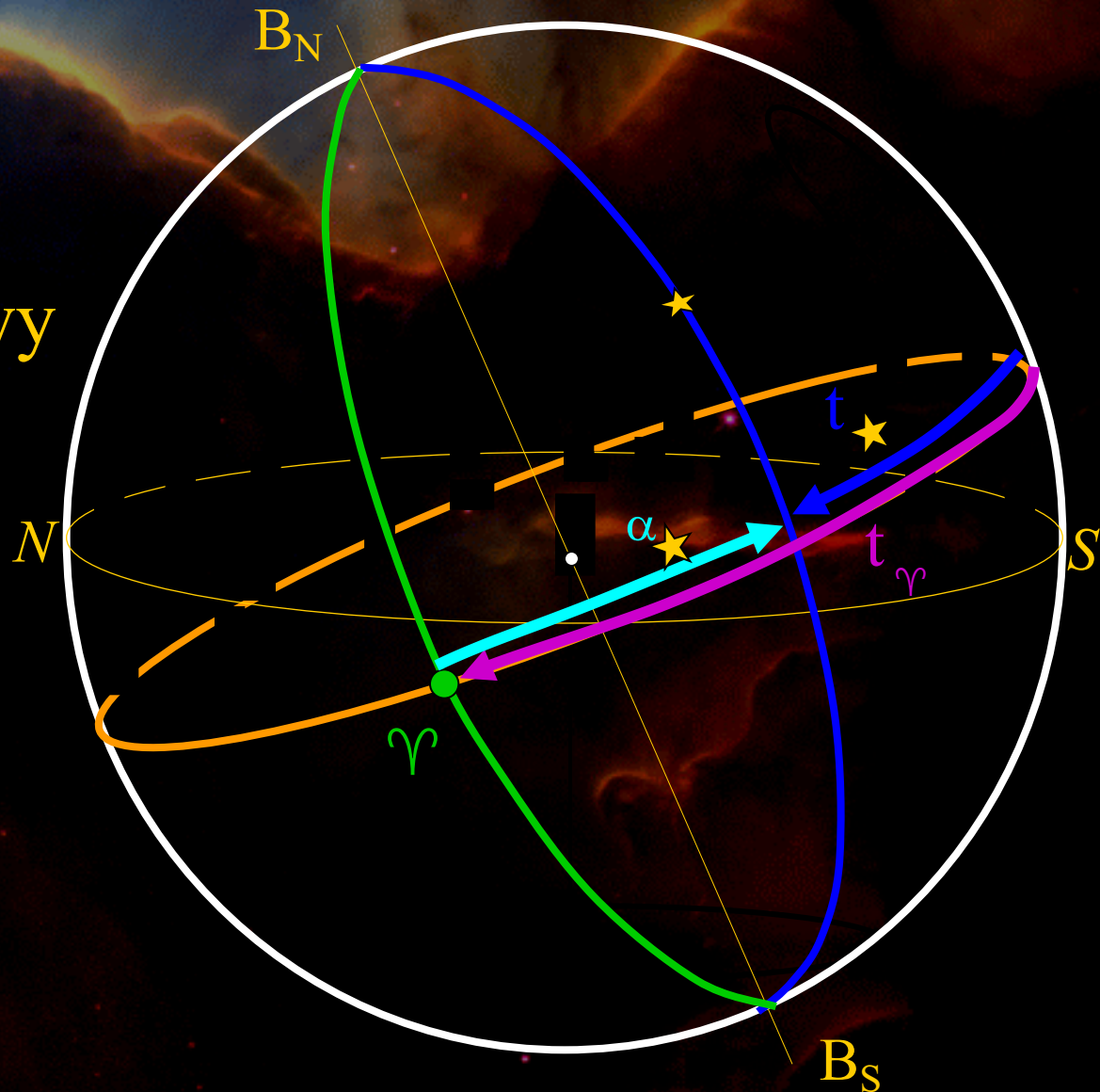
# Czas gwiazdowy

- kąt godzinny punktu Barana
- czas gwiazdowy

$$S = t_{\gamma}$$

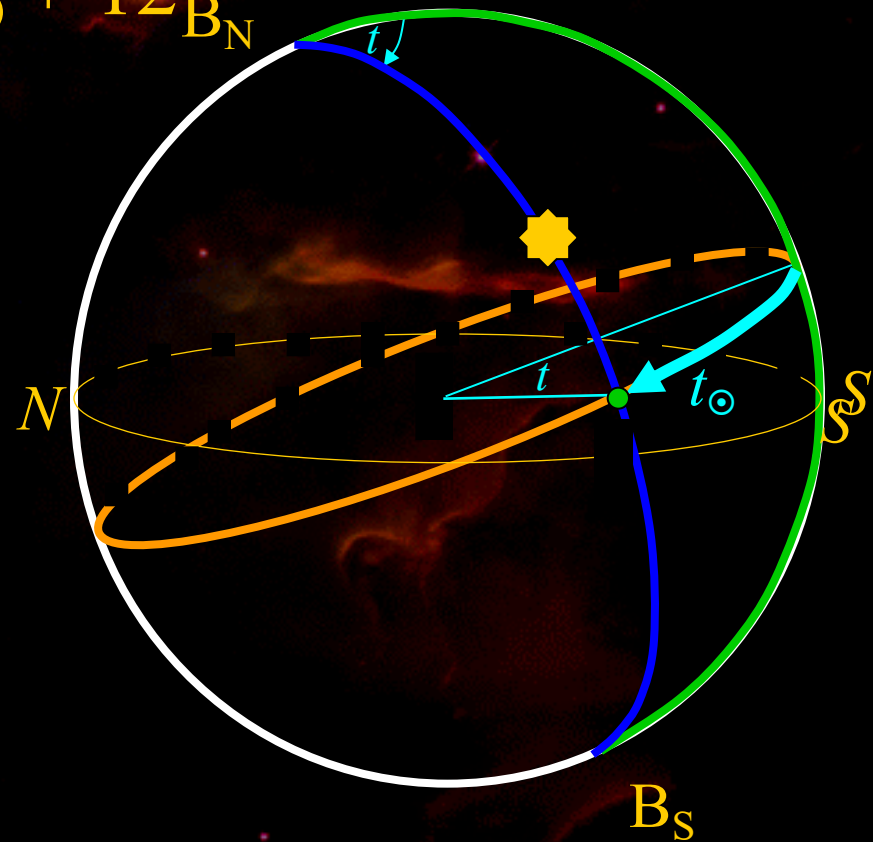
$$t_{\gamma} = t_{\star} + \alpha_{\star}$$

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



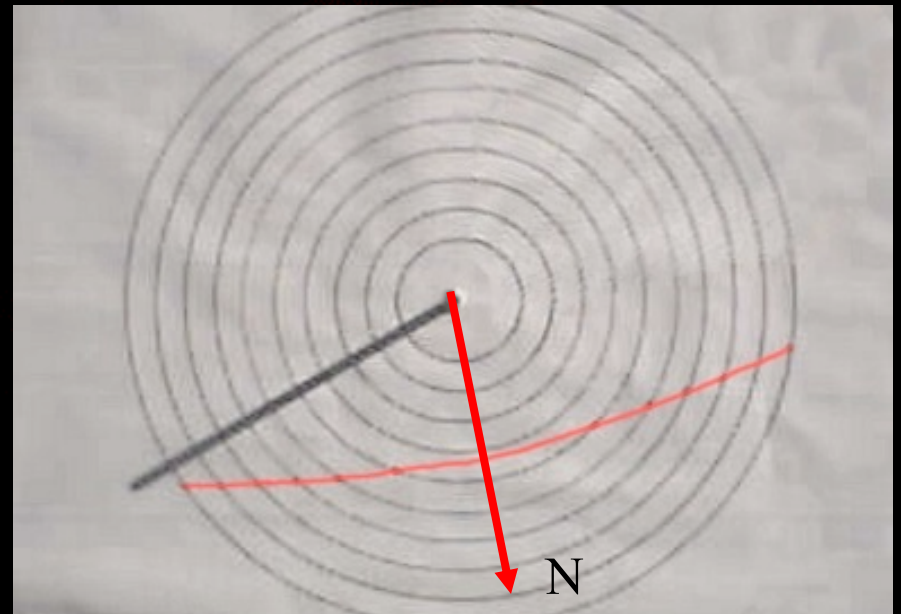
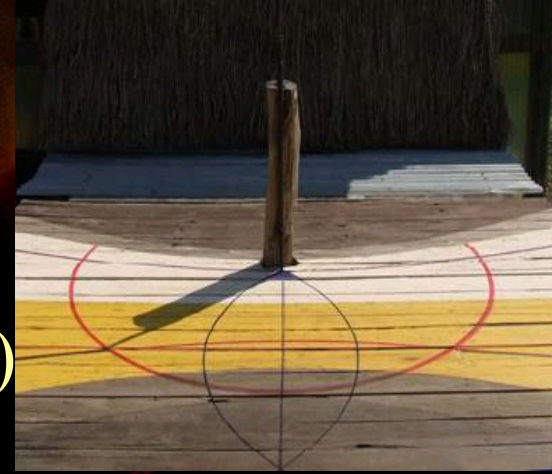
# Czas słoneczny prawdziwy

- kąt godzinny Słońca
- czas słoneczny  $T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h_{B_N}$



# 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  $T_{\odot}$ :

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

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



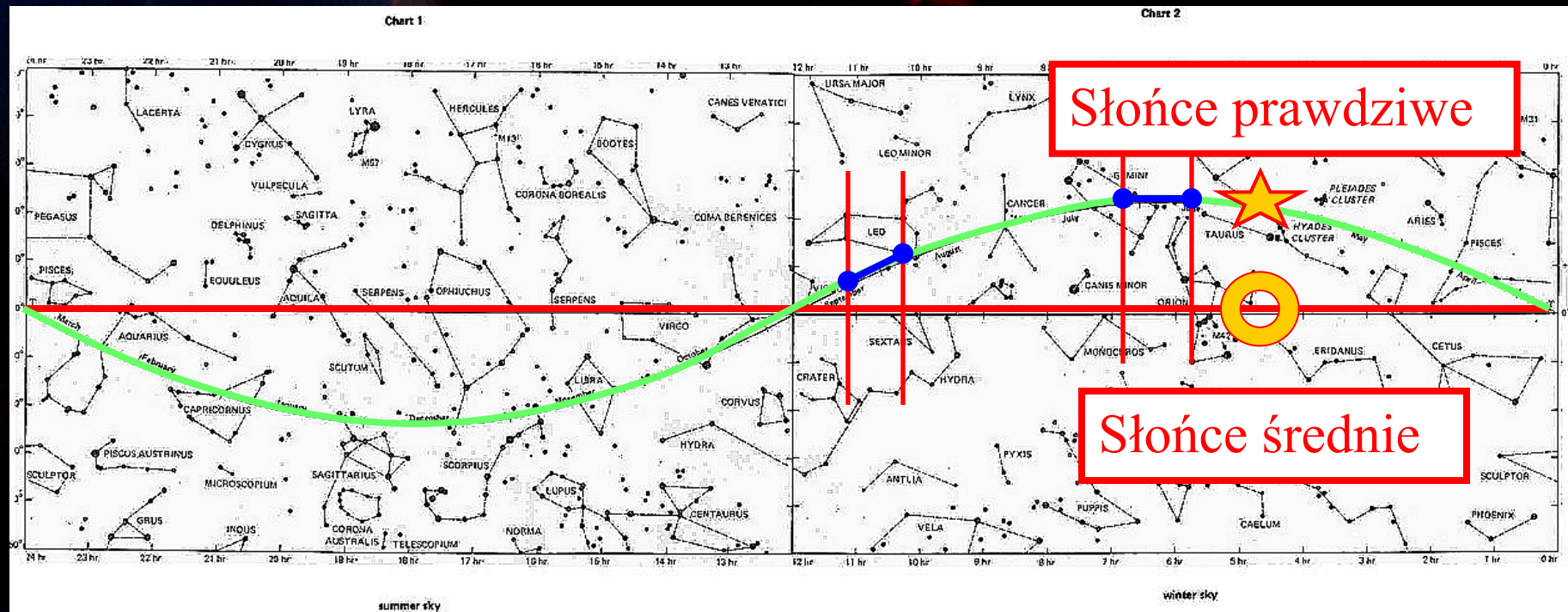
# Czas słoneczny prawdziwy

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



# Roczny ruch Słońca po ekliptyce

- Rzut dobowej drogi Słońca na 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
- Czas średni słoneczny  $T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h$

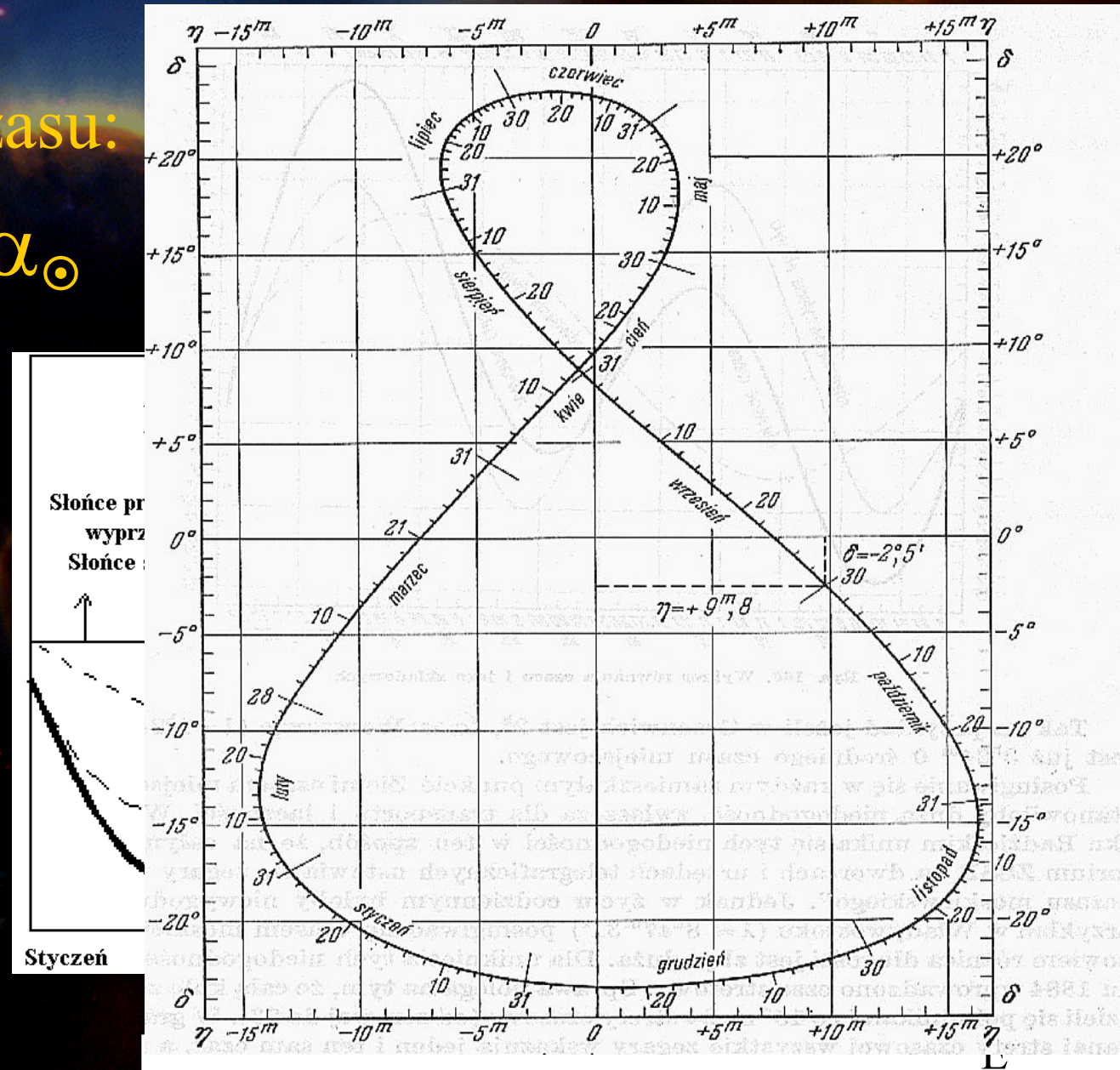
# Równanie czasu

- Równanie czasu:

$$E = \alpha_{\odot} - \alpha_{\odot}$$

$$= t_{\odot} - t_{\odot}$$

$$= T_{\odot} - T_{\odot}$$

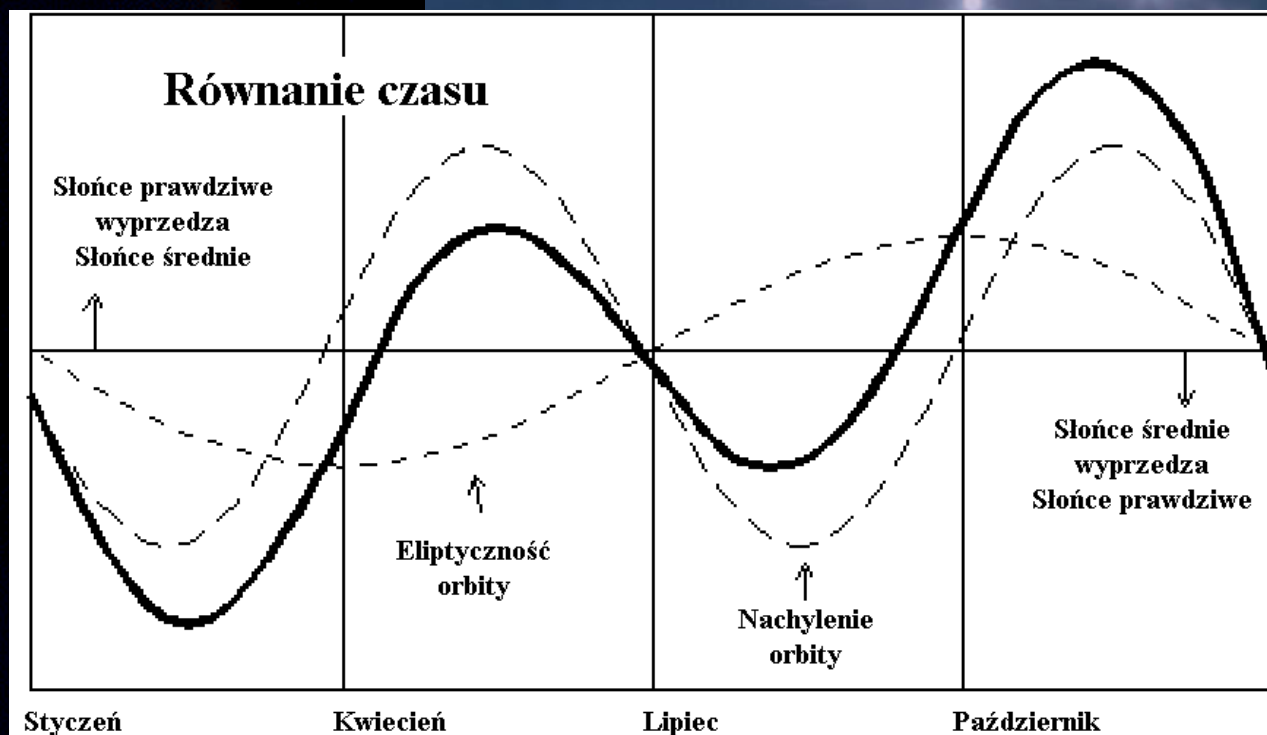




# Czas średni słoneczny

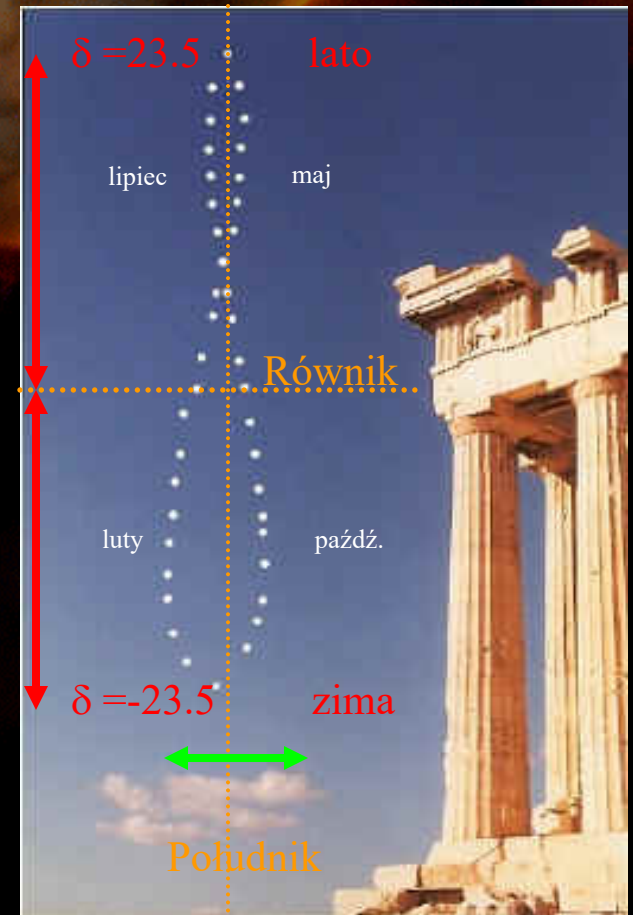
Równanie czasu:

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



# Czas słoneczny prawdziwy

- Analemma – rejestracja pozycji Słońca dokładnie o tej samej godzinie w ciągu roku (np. o 12)
- Słońce sezonowo 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



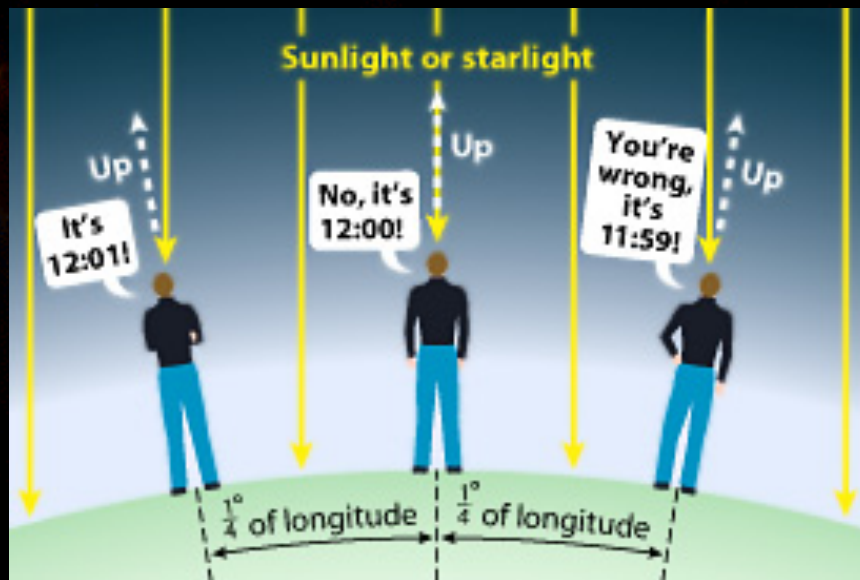
Zegar dla półkuli południowej

# Czas lokalny(miejscowy) i uniwersalny

południk lokalny

– długość geograficzna  $\lambda$

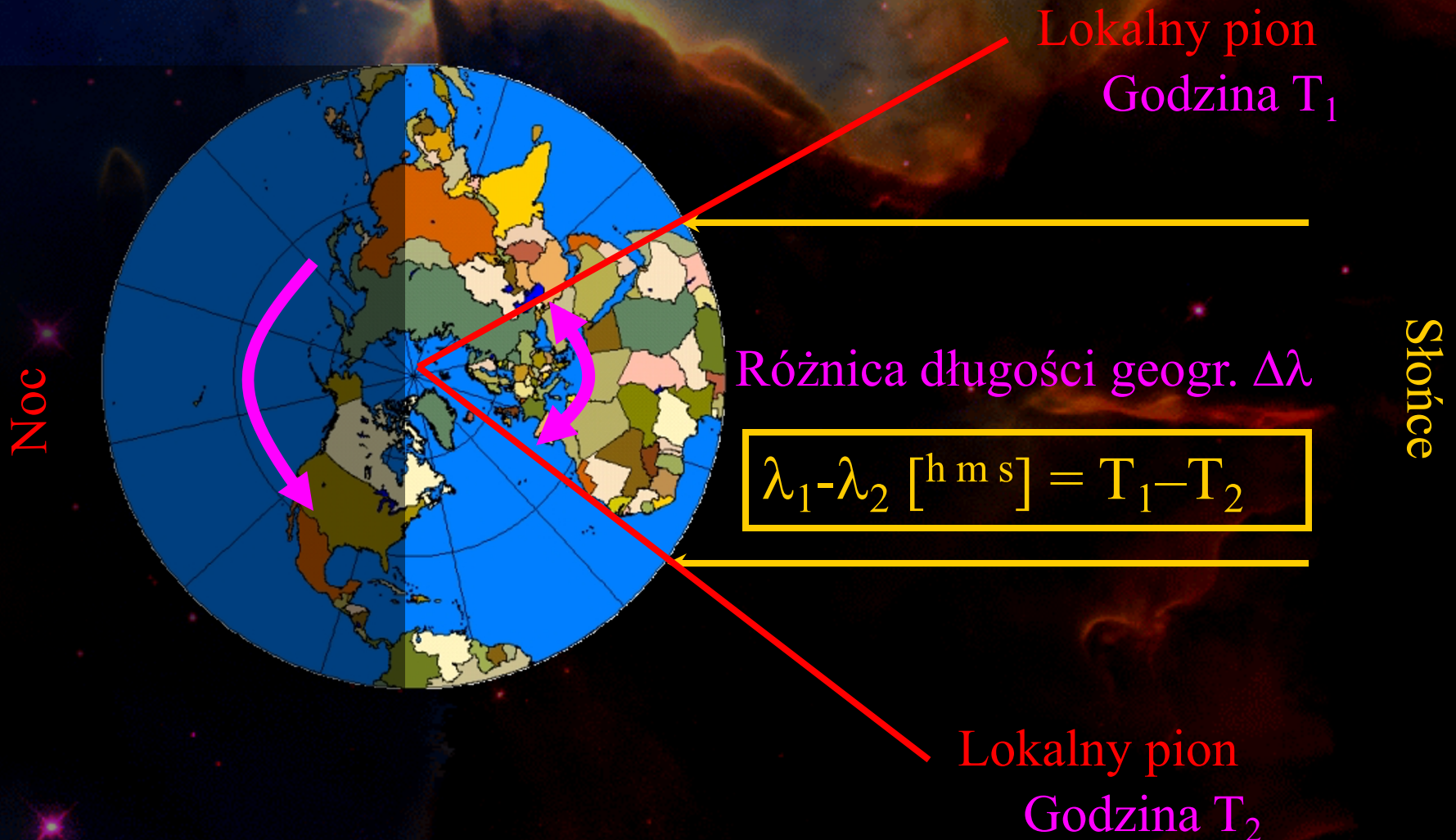
- kąt godzinny  $t_\lambda$



# Czas lokalny a długość geograficzna

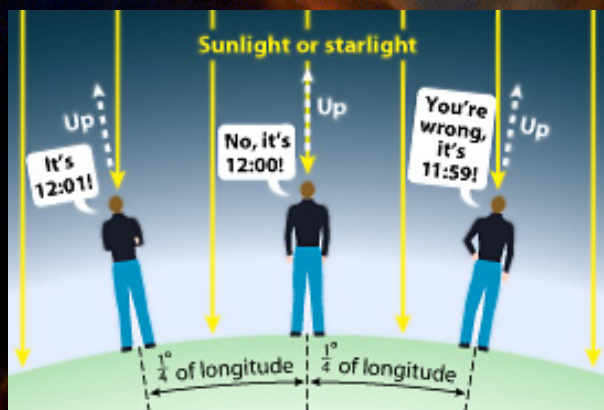


# Czas lokalny a długość geograficzna



# 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

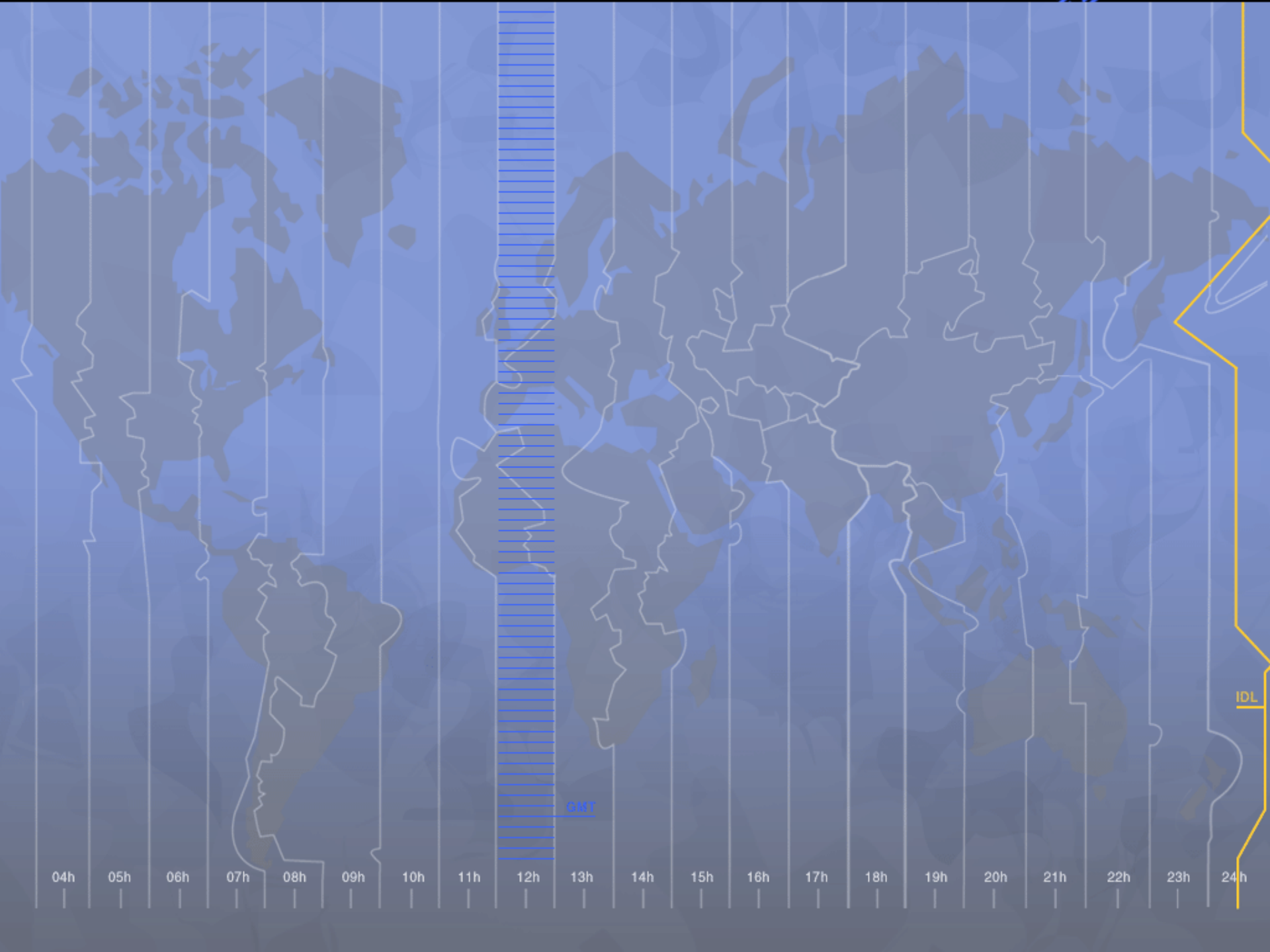


# Czas standardowy (USA)

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

# 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

GMT

13h

14h

15h

16h

17h

18h

19h

20h

21h

22h

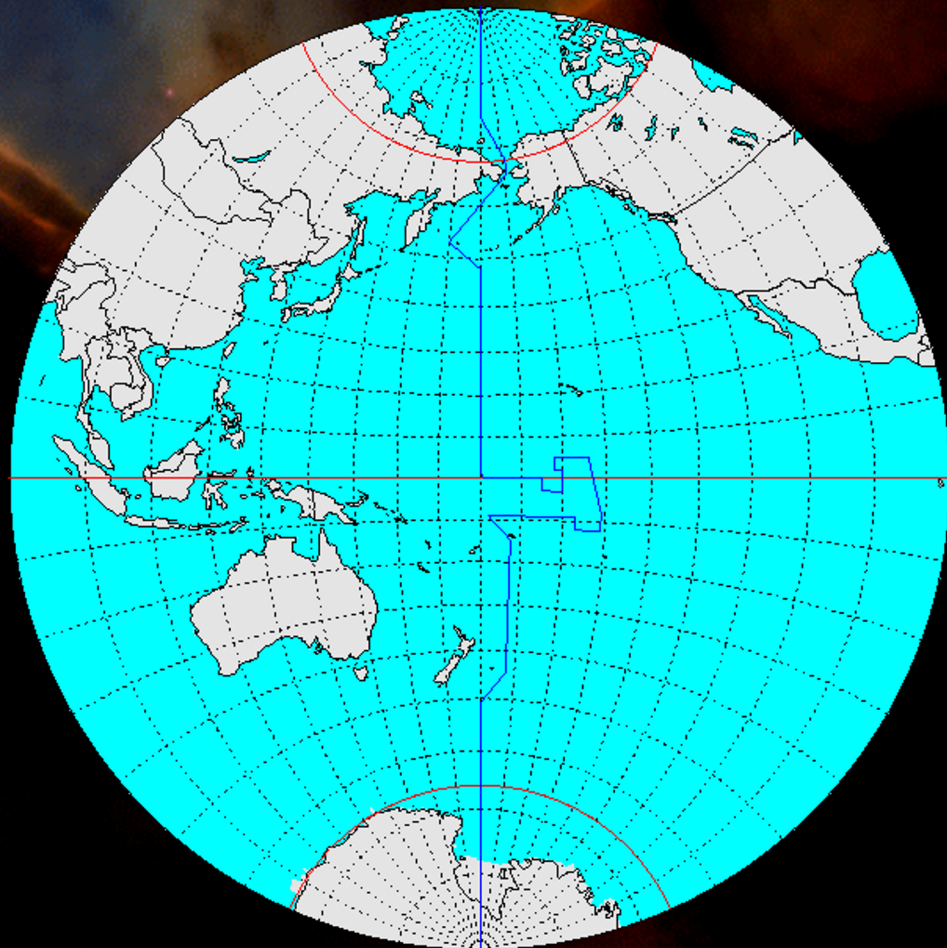
23h

24h

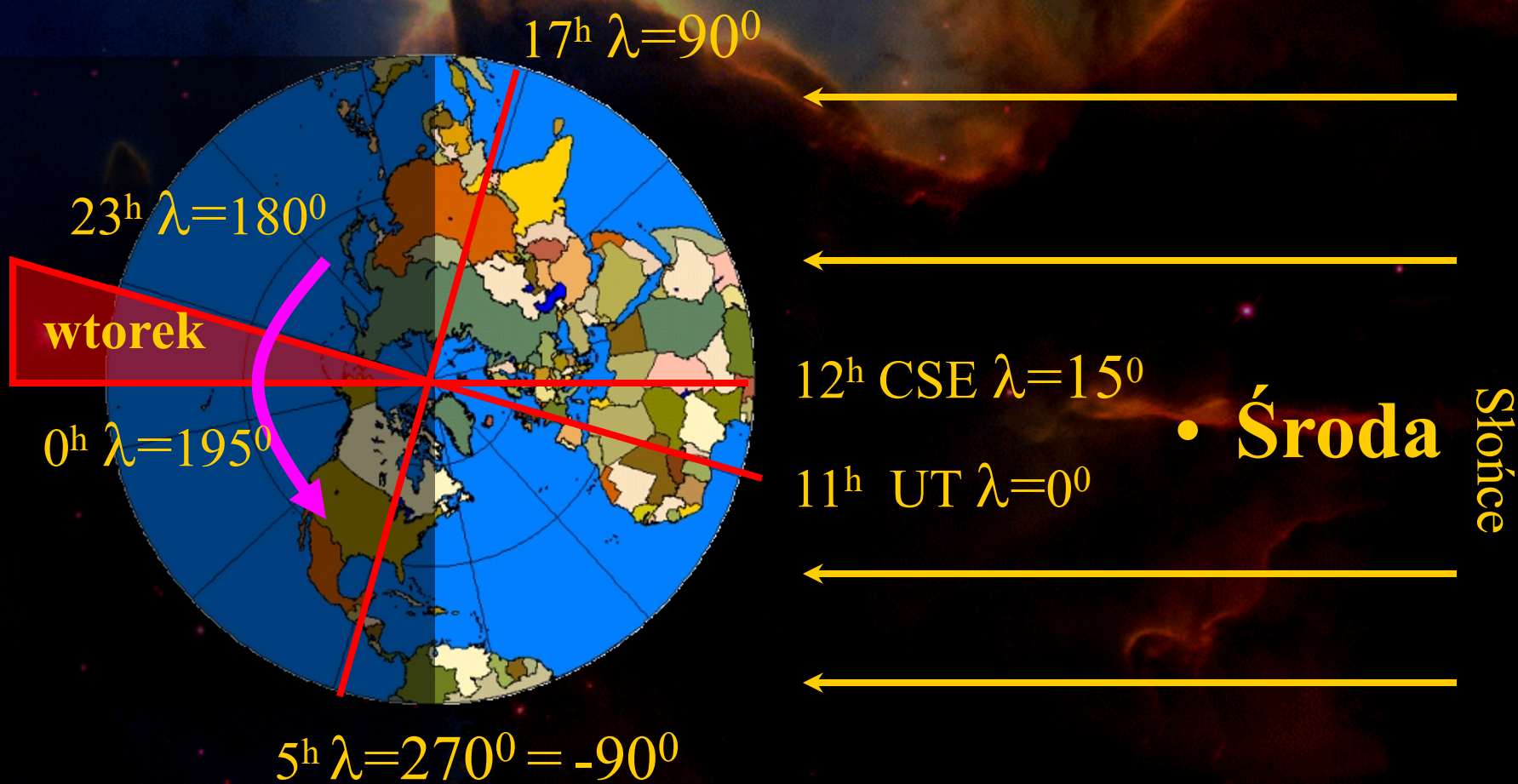
IDL

# Linia zmiany daty

- Konsekwencją stref czasowych jest Międzynarodowa Linia Zmiany Daty
- Przebiega wzdłuż południka  $180^{\circ}$  omijając lądy
- Ostatnia poprawka wprowadzona w 1995 roku przez rząd Kiribati

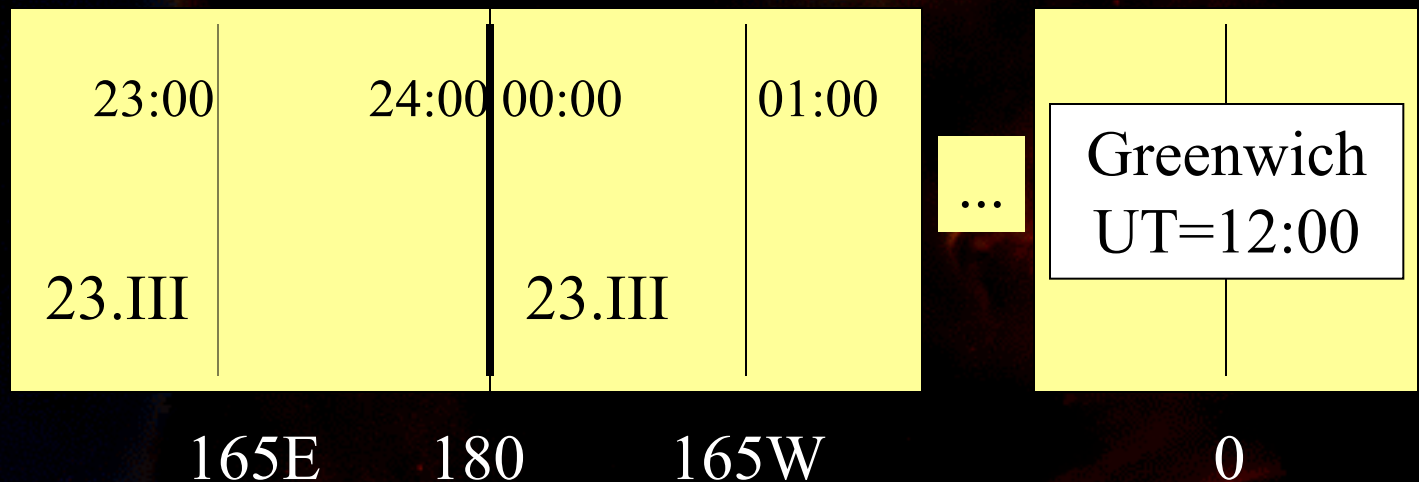


# Czas i data w danej chwili na Ziemi



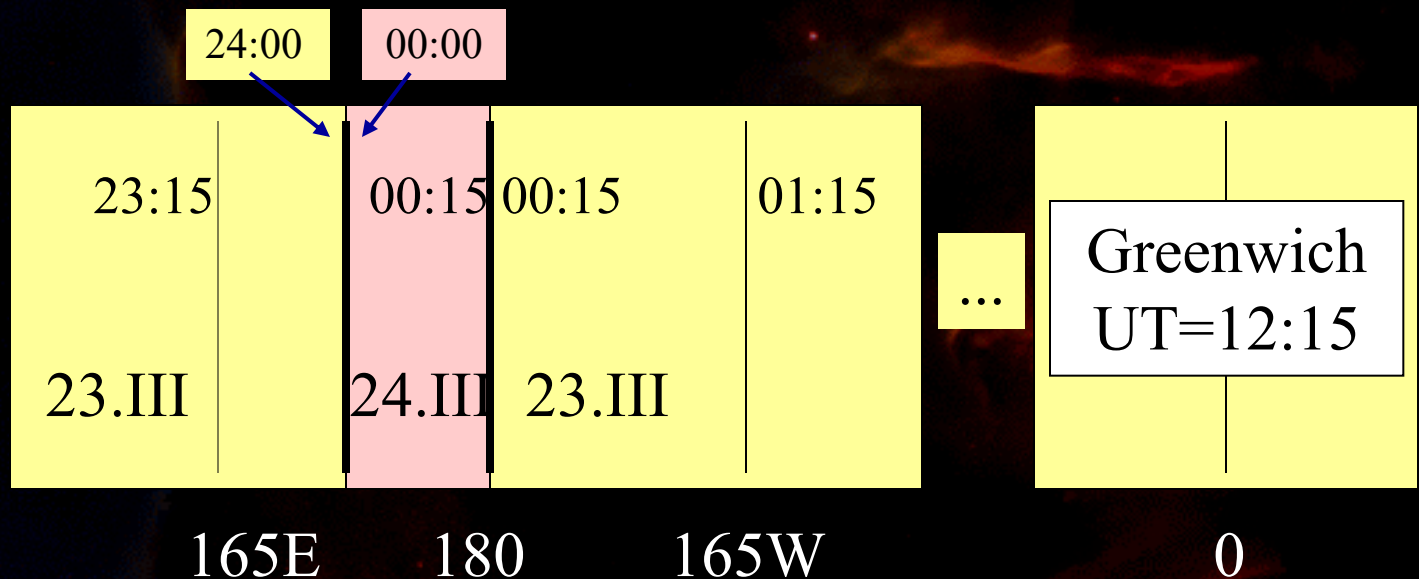
# Data

- Międzynarodowa linia zmiany daty
  - południk  $180^\circ$
  - podróż na wschód – zyskujemy jeden dzień
  - podróż na zachód – tracimy jeden dzień



# Data

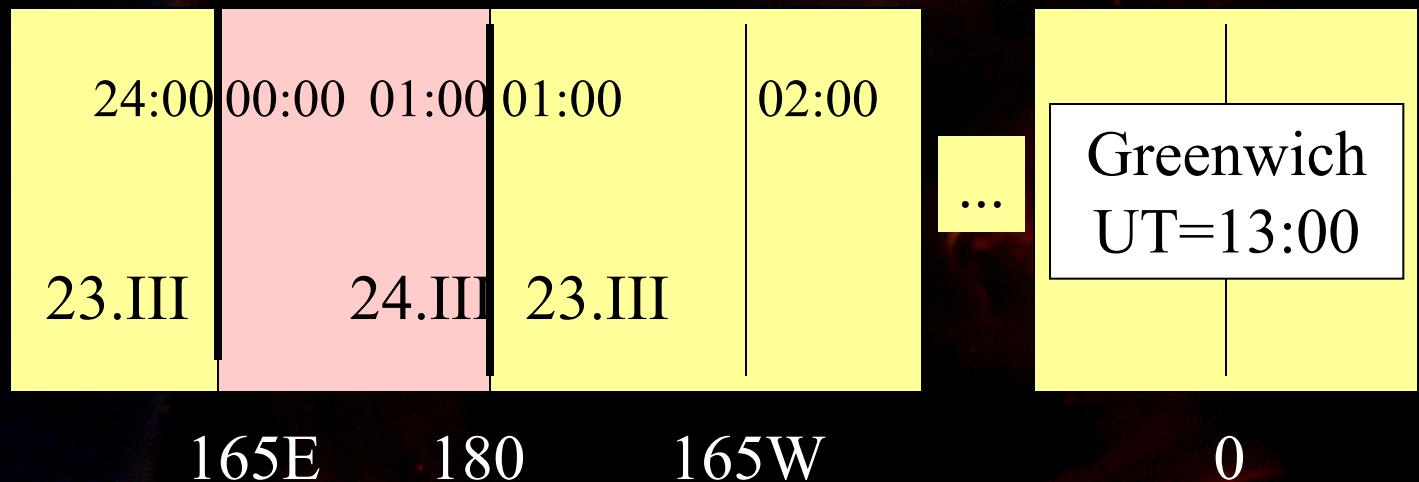
- Międzynarodowa linia zmiany daty
  - południk  $180^\circ$
  - podróż na wschód – zyskujemy jeden dzień
  - podróż na zachód – tracimy jeden dzień





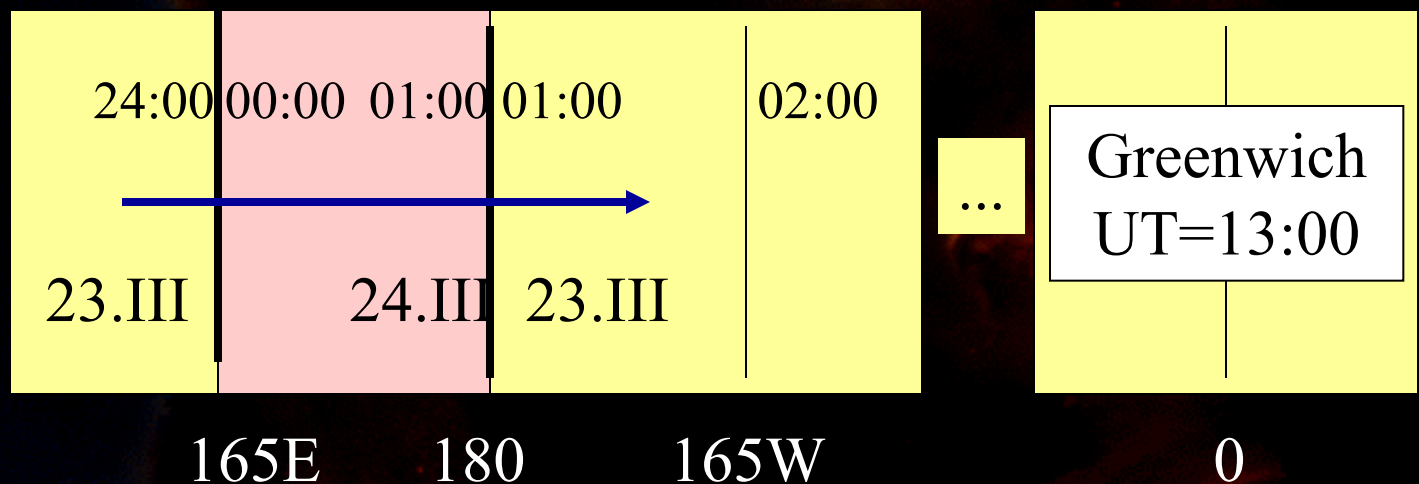
# Data

- Międzynarodowa linia zmiany daty
  - południk  $180^\circ$
  - podróż na wschód – zyskujemy jeden dzień
  - podróż na zachód – tracimy jeden dzień

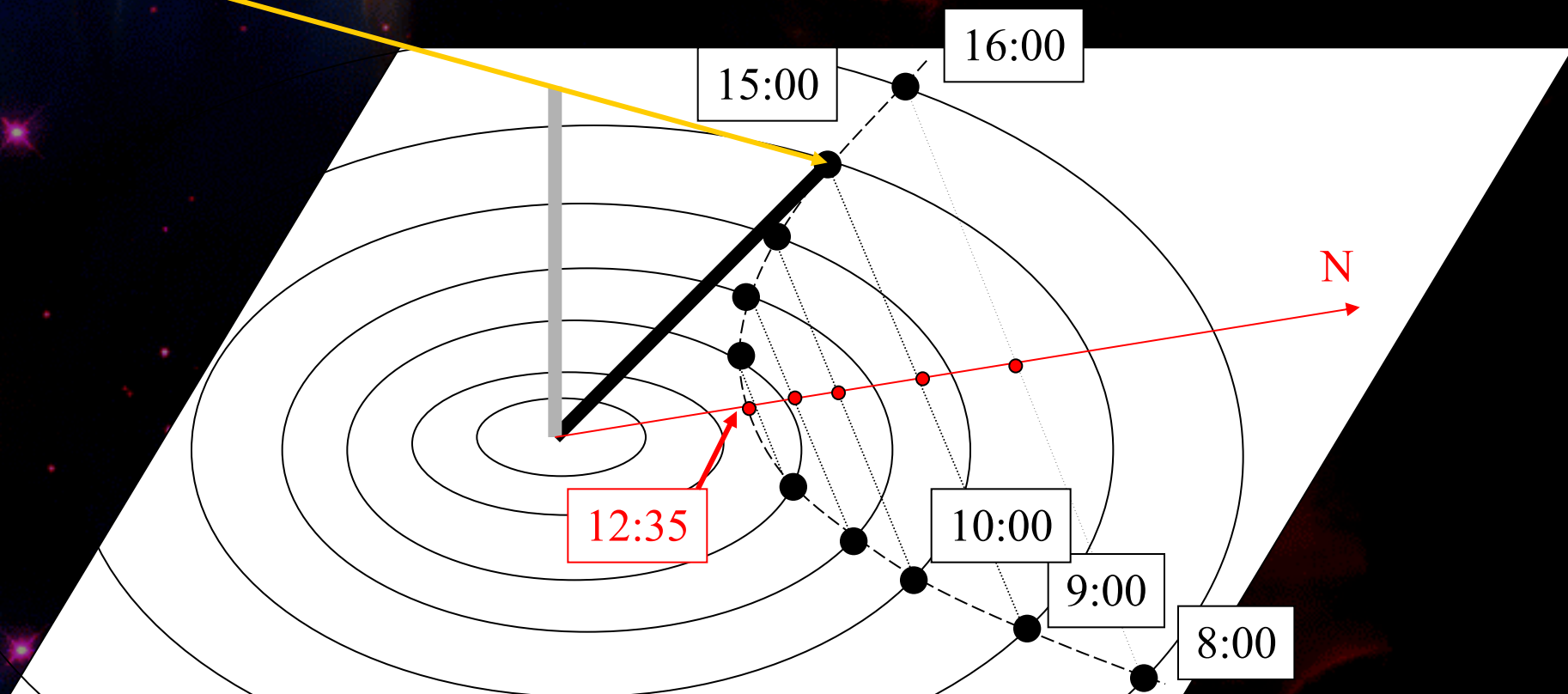


# Data

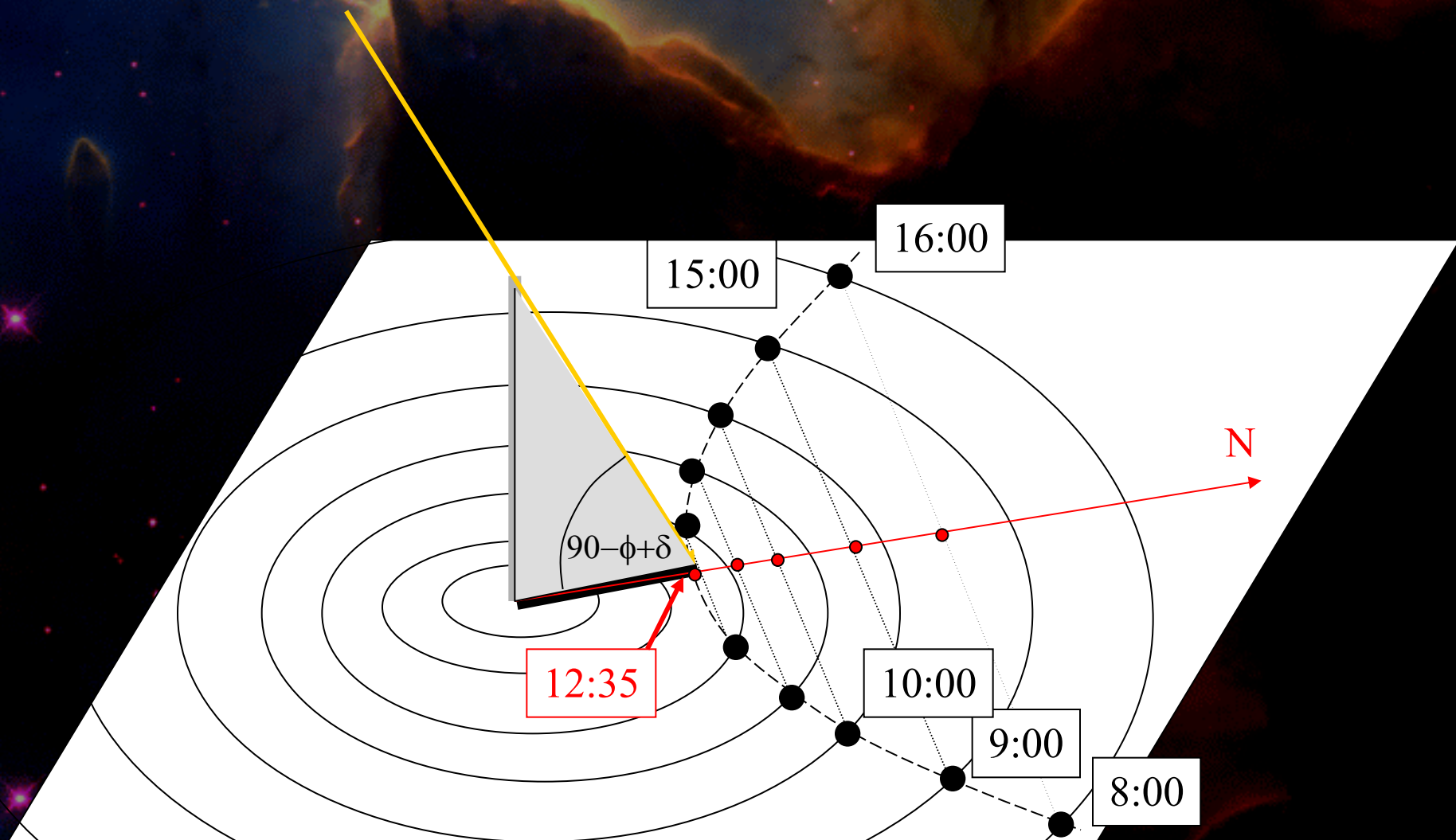
- Międzynarodowa linia zmiany daty
  - południk 180°
  - podróż na wschód – zyskujemy jeden dzień
  - podróż na zachód – tracimy jeden dzień



# Wyznaczanie południa i południka



# Wyznaczanie szerokości geograficznej



# Wyznaczanie długości geograficznej

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

określanie długości geograficznej

=

wyznaczanie czasu miejscowego z obserwacji

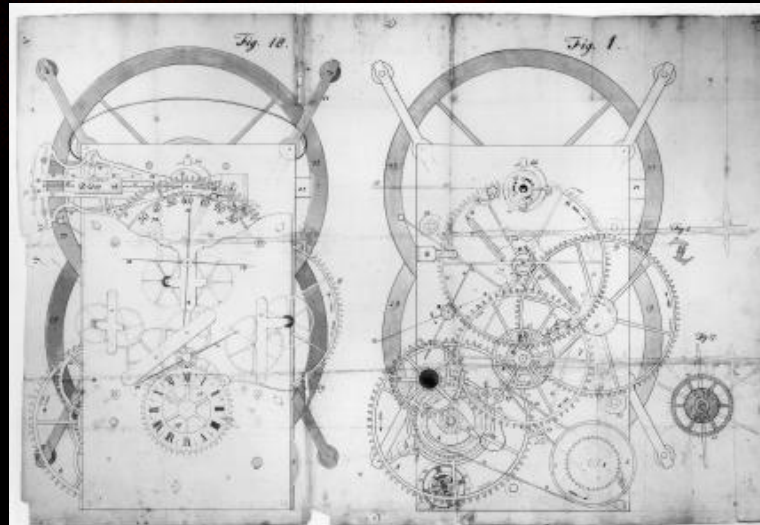
+

znajomość czasu miejscowego na południku  
zerowym

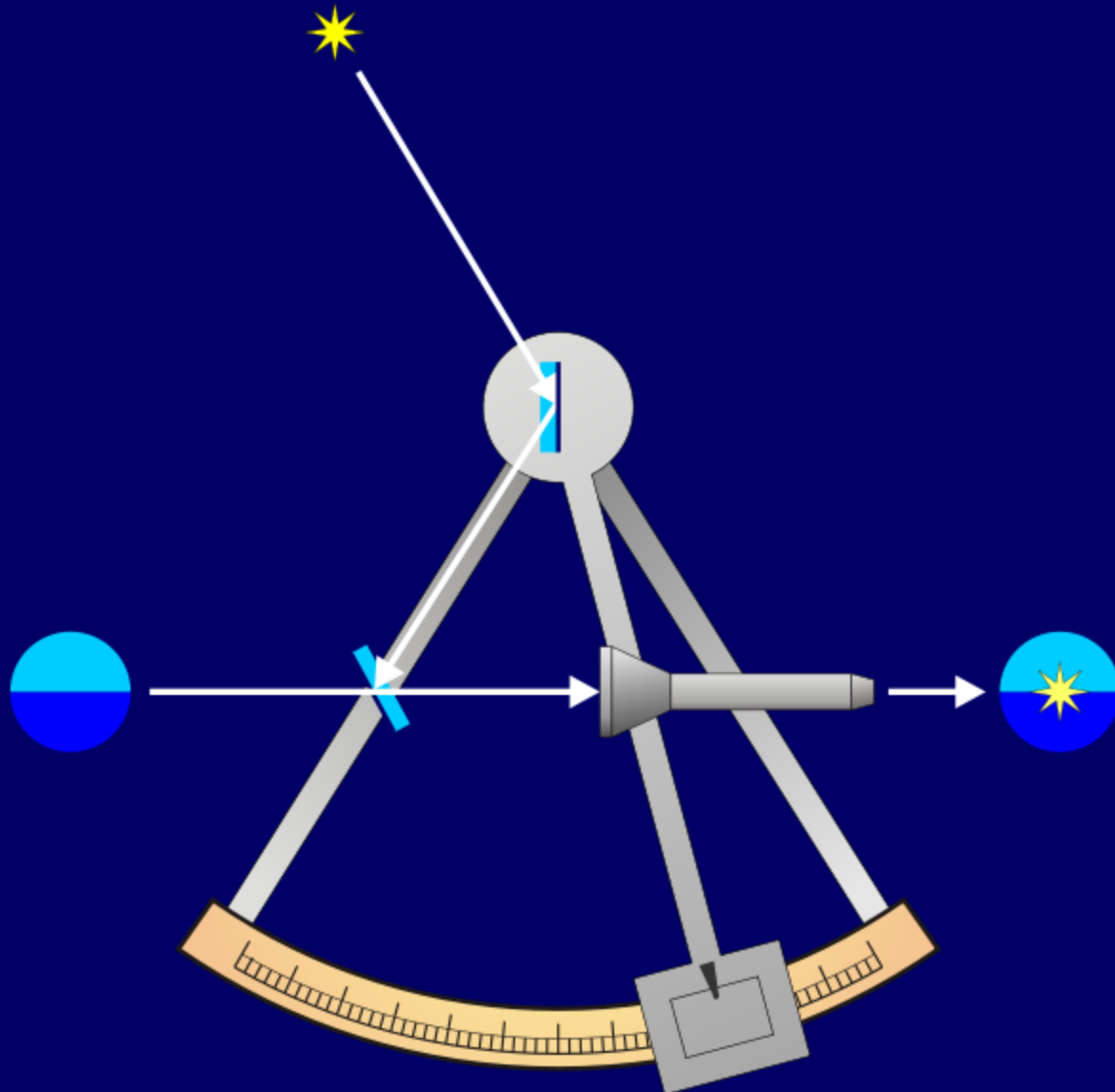
- np:
  - czasu prawdziwego słonecznego + UT
  - czasu gwiazdowego +  $ST_G$

# Wyznaczanie długości geograficznej

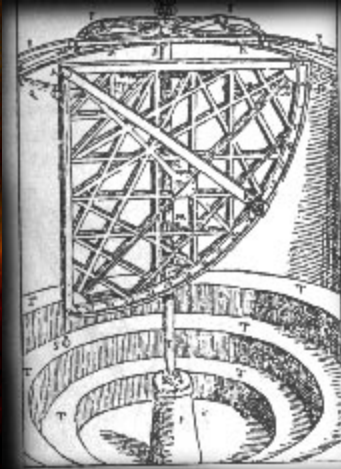
- Trudności ze znajomością czasu na południku zerowym:
  - przewidywalne zjawiska astronomiczne:
    - zaćmienia Księżyca
    - odległości katowe Księżyca od jasnych gwiazd
    - zaćmienia i zakrycia księżyców Jowisza
  - chronometry okrętowe
    - James Cook (1772)
  - obecnie – sygnały radiowe



# Nawigacja - sekstant



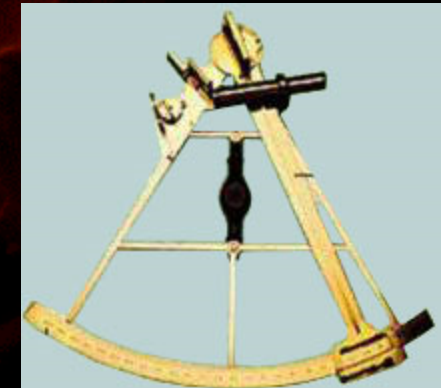
kwadrant



oktant



sekstant



# Nawigacja

## Obniżenie horyzontu

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

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

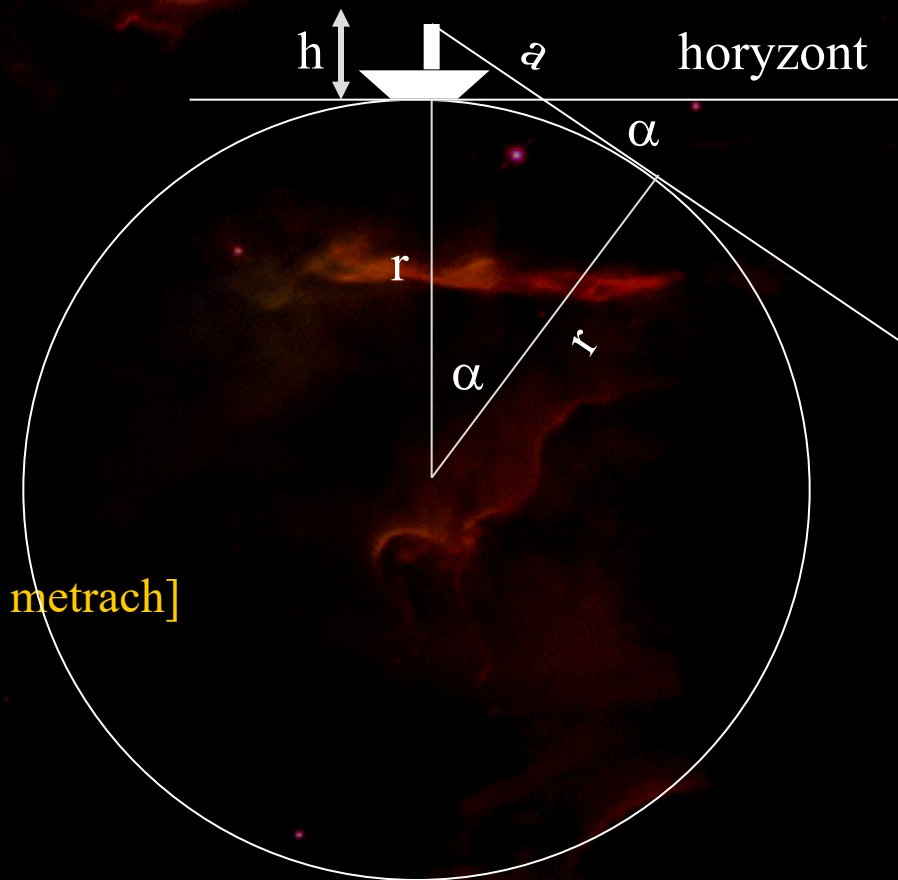
$$\alpha/360 = a/(2\pi r)$$

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

[km, h w metrach]

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

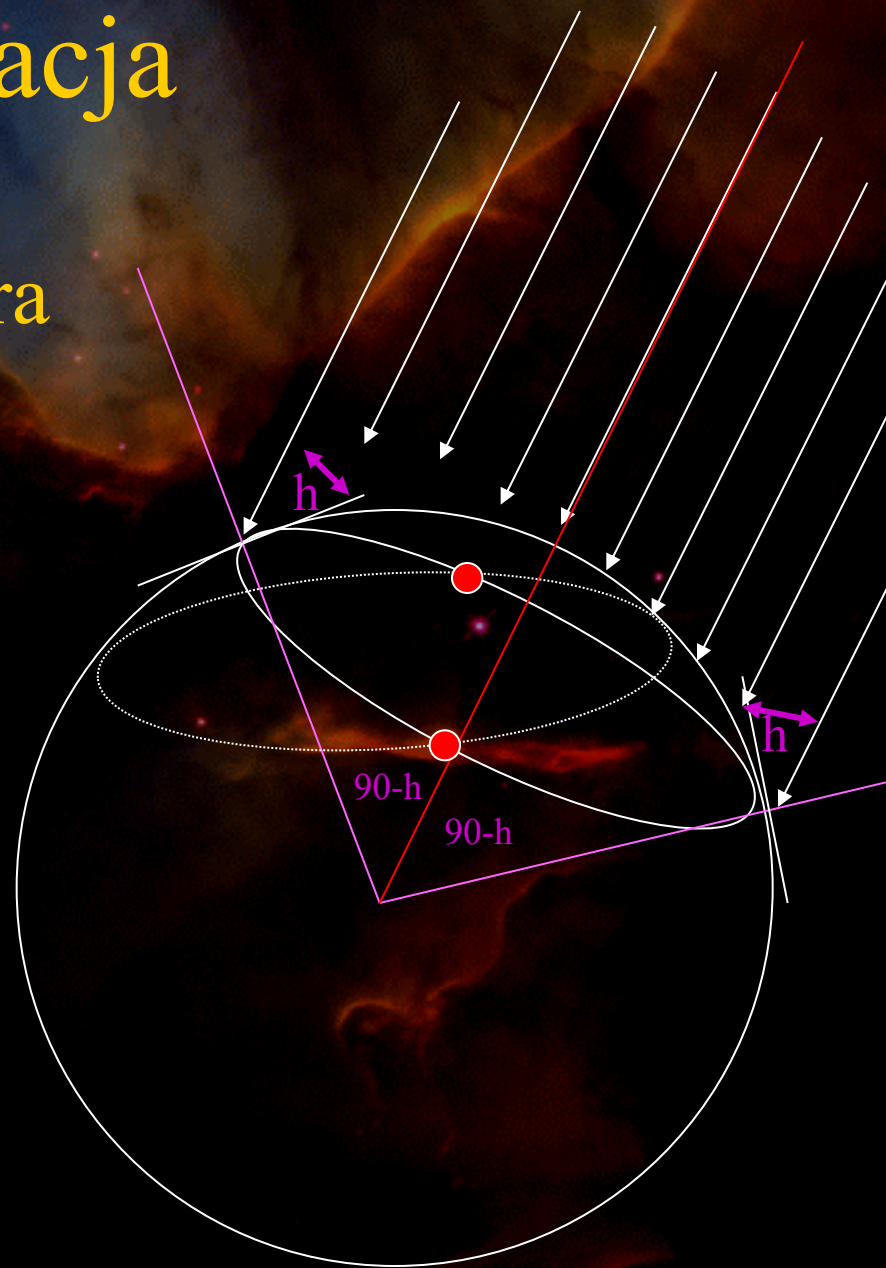
[minuty łuku (mile morskie), h w metrach]





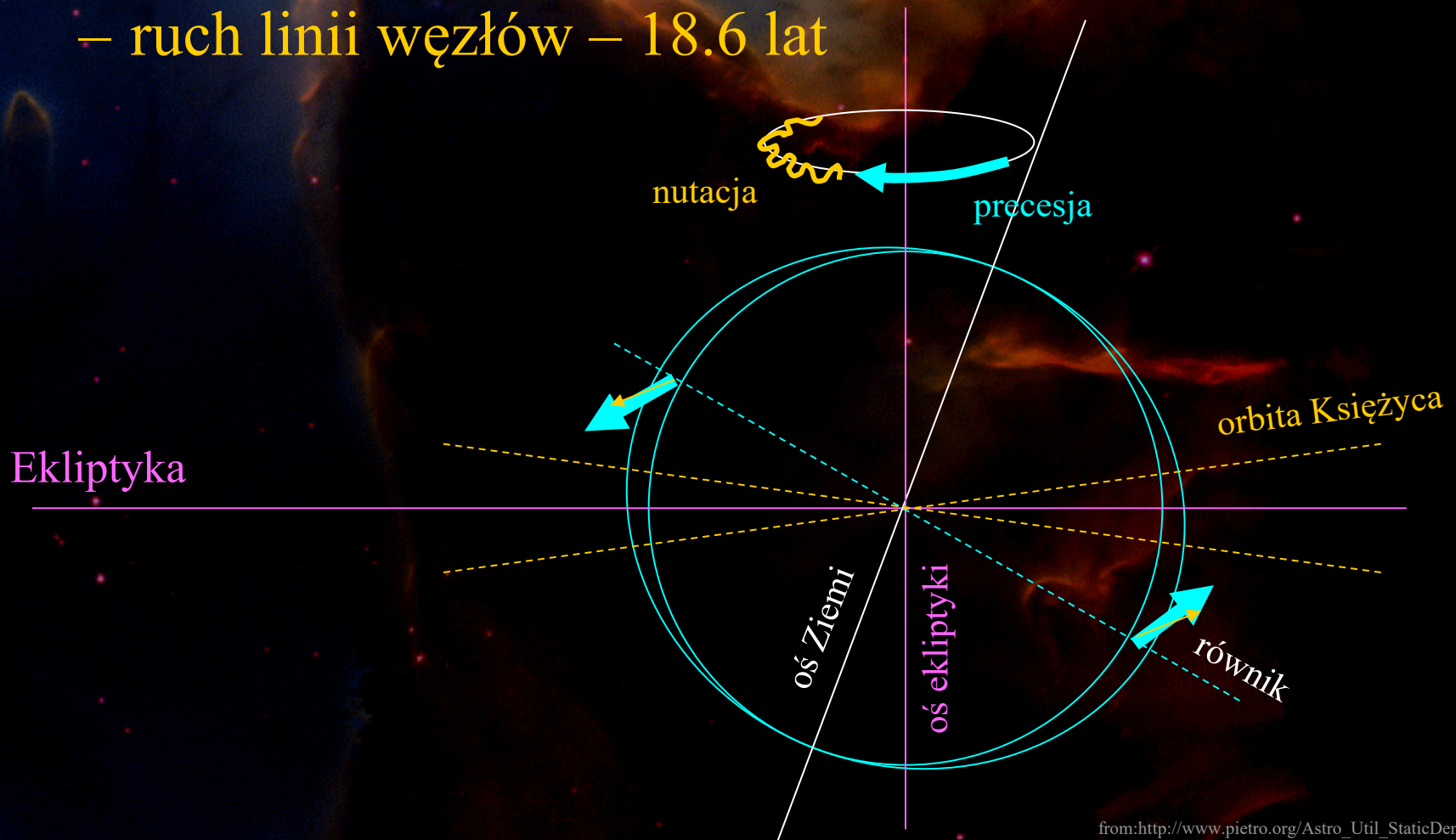
# Nawigacja

- koło pozycyjne Sumnera
  - 1837
  - punkt podsłoneczny



# Precesja i nutacja

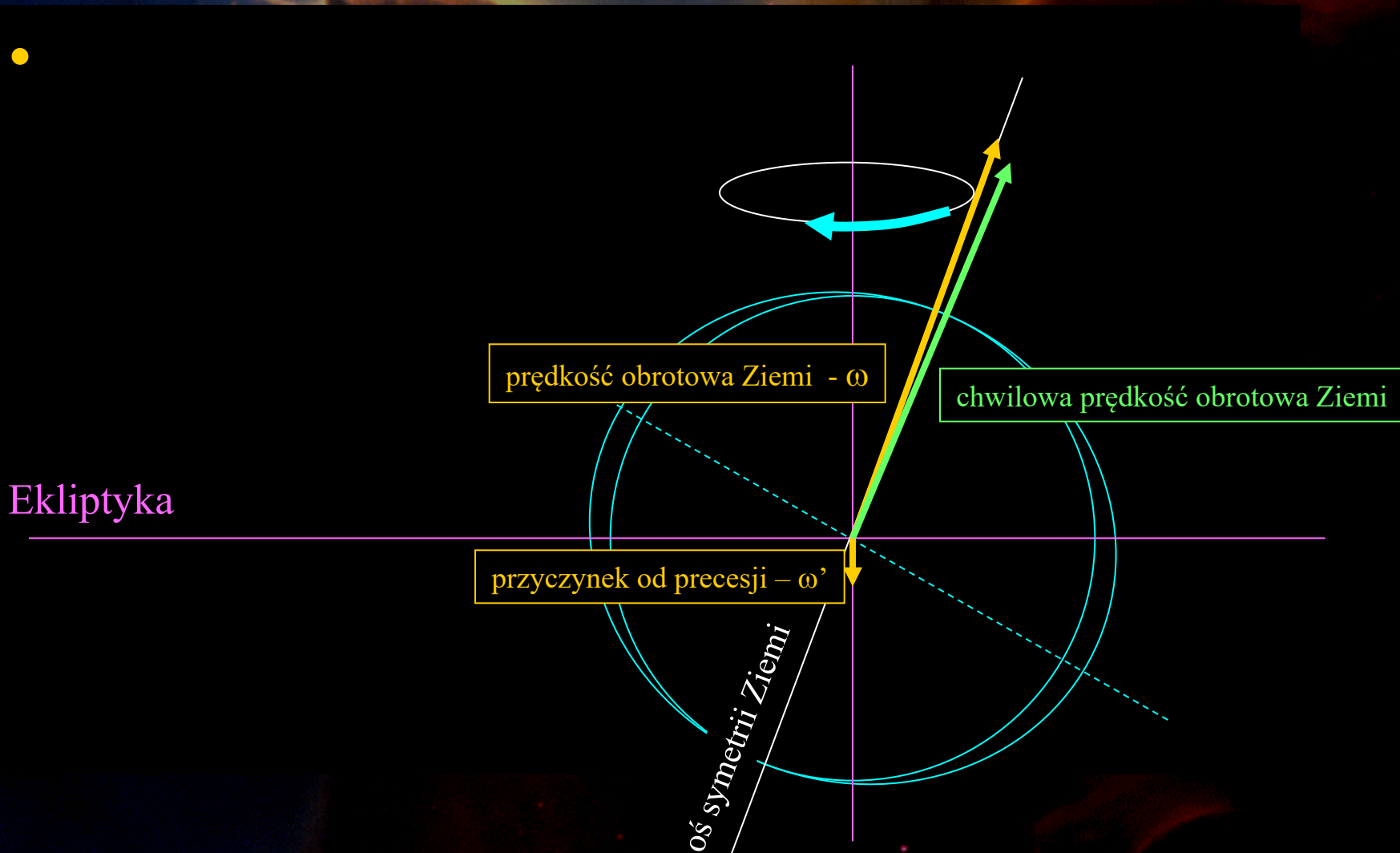
- Precesja i nutacja wymuszona osi ziemskiej  
– ruch linii węzłów – 18.6 lat



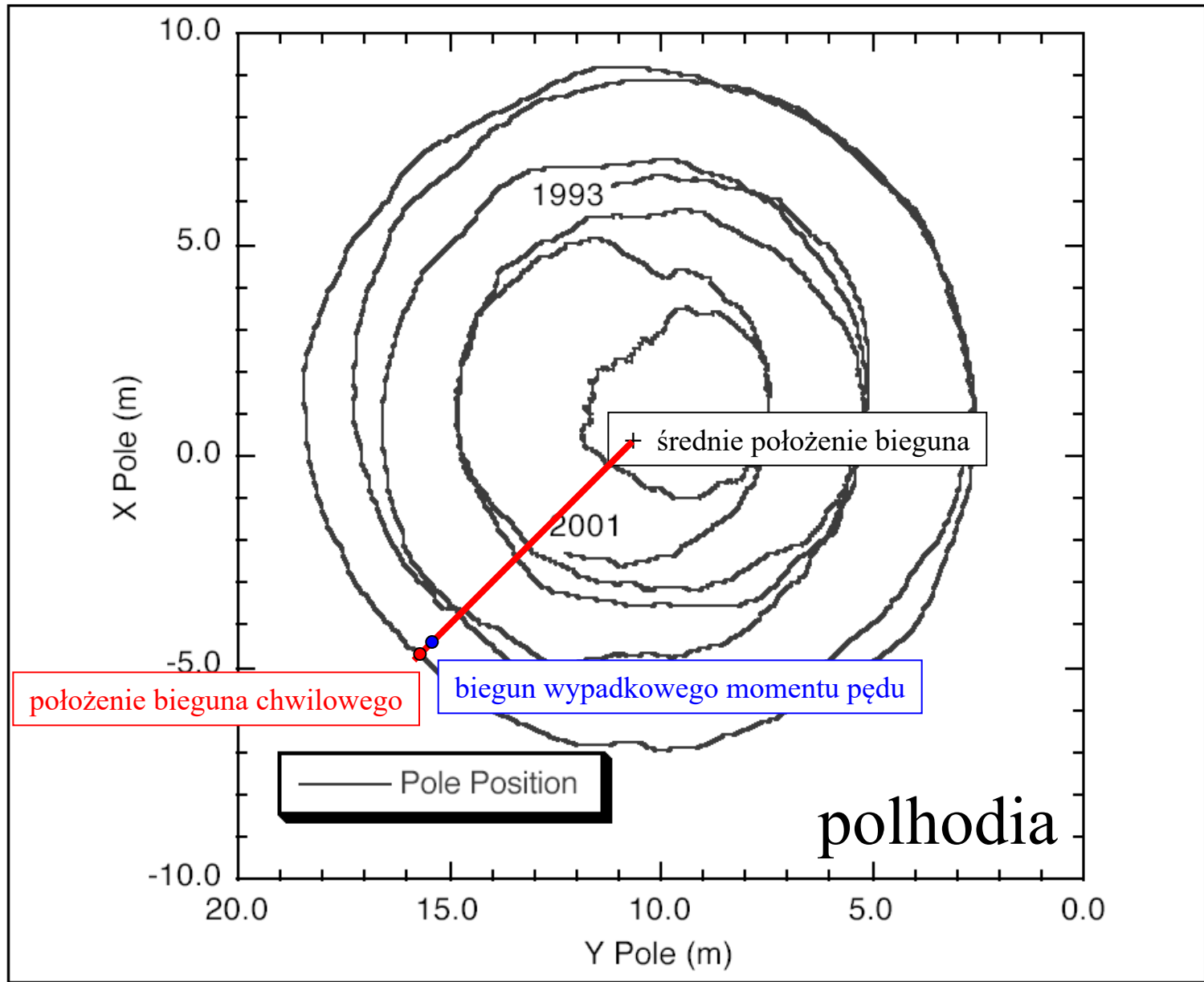
# Ruchy biegunów geograficznych

- ruchy wiekowe
  - znane z badań geologicznych, trwają nadal
  - możliwa przyczyna: przemieszczenia mas lądowych w kierunku północy (po ustąpieniu ostatniego zlodowacenia)
    - także: zmniejszają moment bezwładności – przyspieszają obrót
- przesunięcia okresowe (perturbacja Eulera)
  - okres główny ok. 14 miesięcy
  - roczny

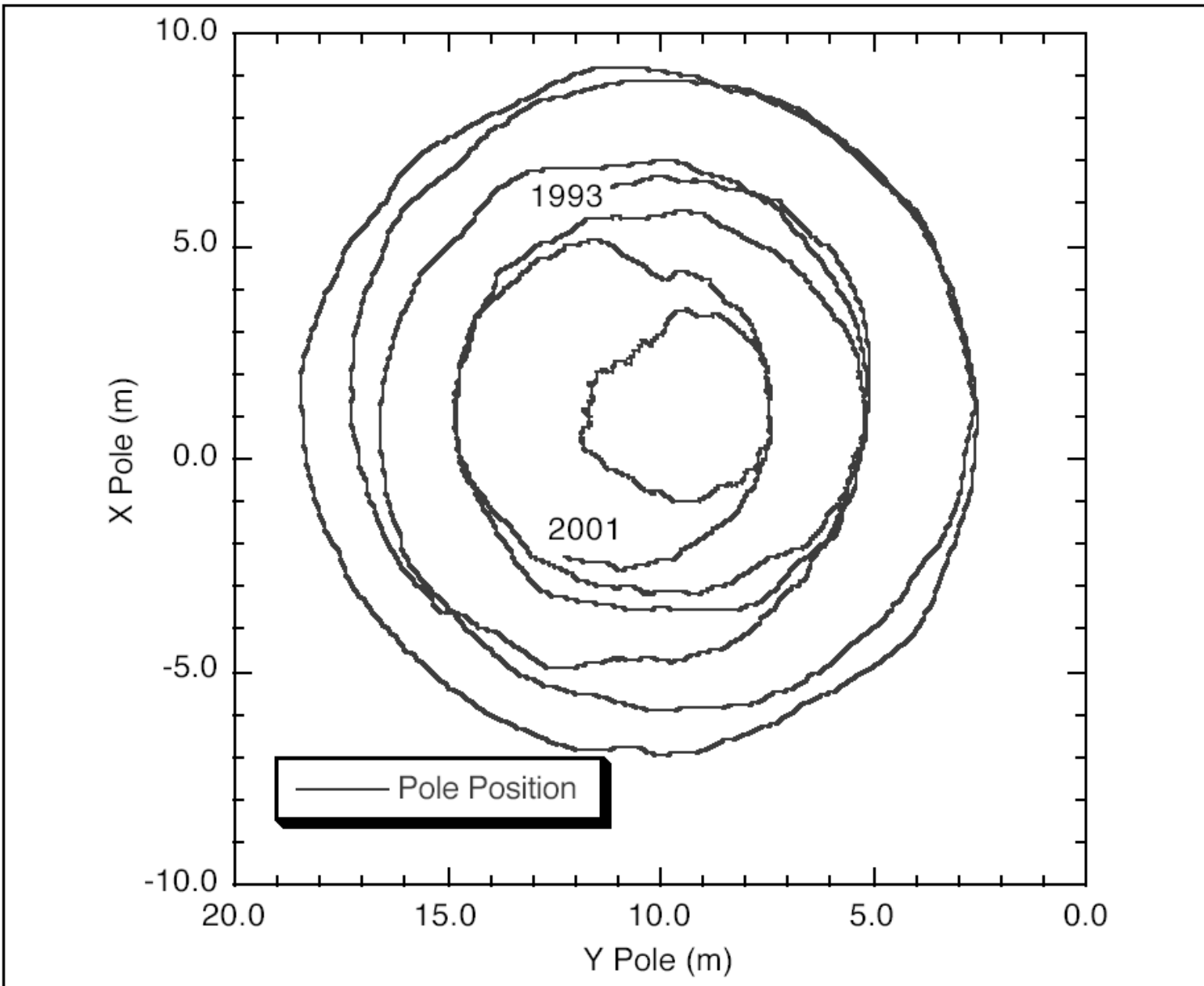
# Ruchy biegunów geograficznych



# Ruchy bieguna 1993-2001



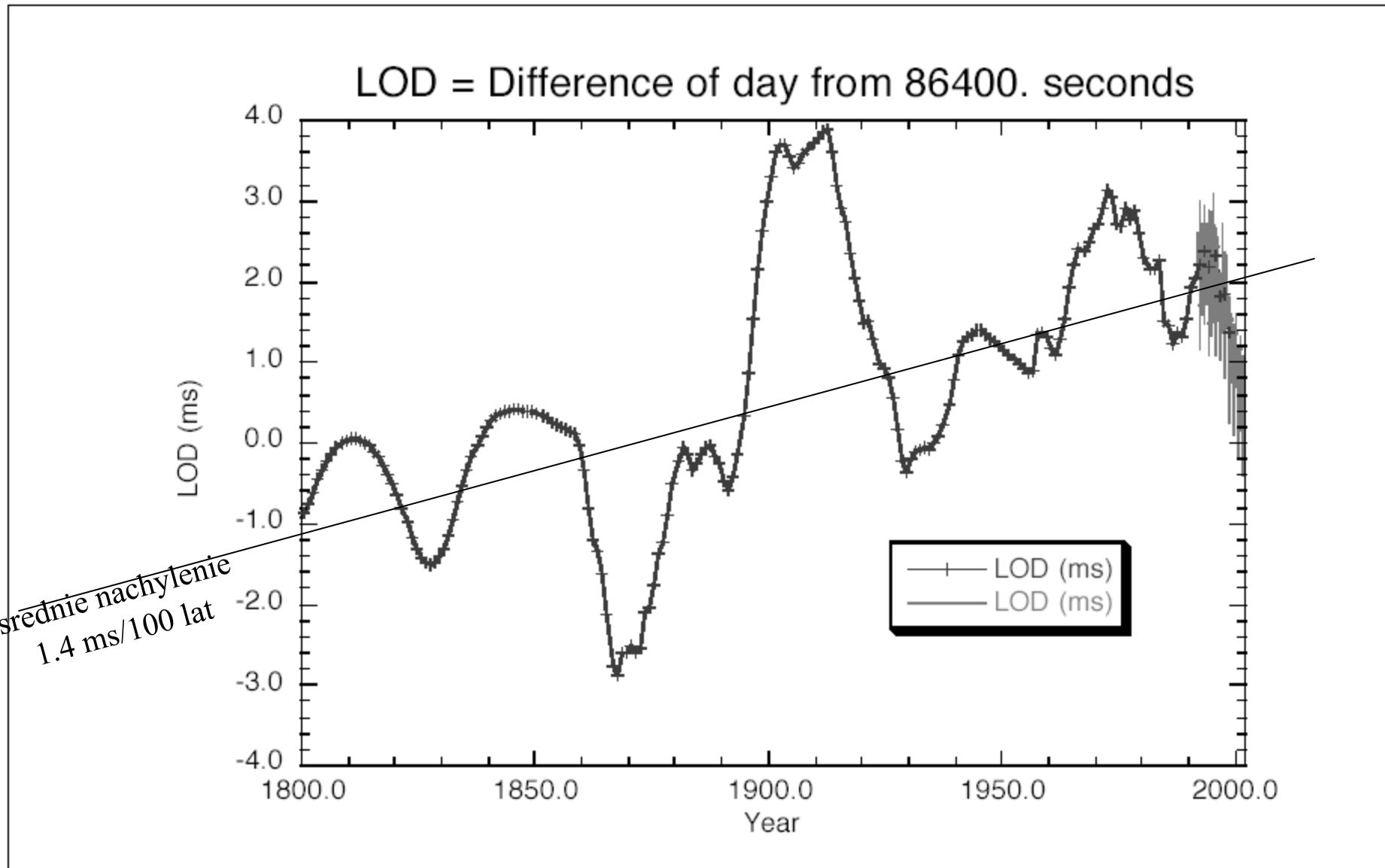
# Ruchy bieguna 1993-2001



# Niejednostajność czasu

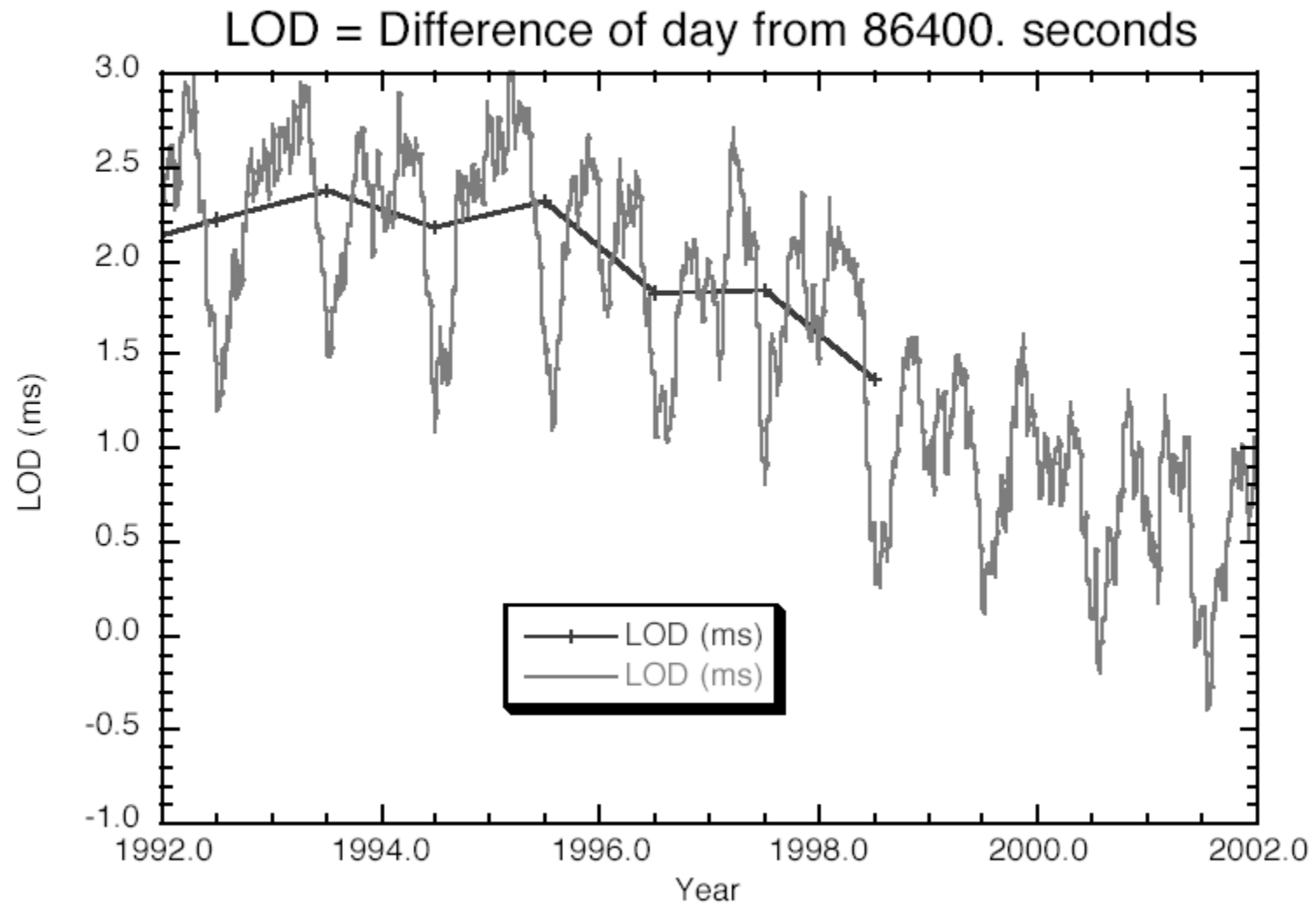
- Niezgodność obserwacji z przewidywaniami ruchu Księżyca – XIX w
- precesja i nutacja wymuszona
- zmiany cykliczne prędkości obrotowej Ziemi
  - roczne, półroczne, cztero- dwutygodniowe, 18.6 lat
  - różnice długości doby w granicach 0.001 s
  - Ziemia obraca się wolniej wiosną
  - kumulacja odchyłek 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 ( $^{133}\text{Cs}$ )
- 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

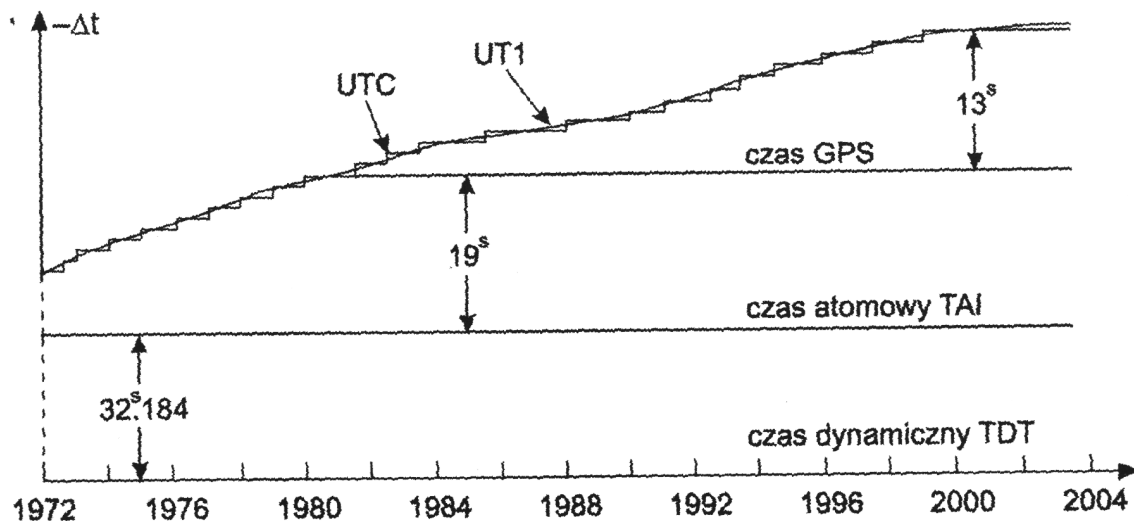
# Czas uniwersalny, efemeryd, atomowy,...

- Czas uniwersalny UT0 (prawdziwy), UT1 (średni)
  - z obserwacji górowania gwiazd, niejednostajny
- Czas efemeryd (ET - *Ephemeris Time*) – jednostajny!
  - od 1967: znany z opóźnieniem z obserwacji
  - obecnie różnica ET-UT wynosi ok. 65 s.
- Czas dynamiczny (TDT – *Terrestrial Dynamical Time*)
  - zastępuje czas efemeryd, oparty o czas atomowy
- Czas atomowy
  - od 1967 : sekunda to czas w którym atom cezu 133 wykonuje 9,192,631,770 określonych drgań.
- Czas koordynowany UTC
  - sekundy "przestępne" (1 co 1-2 lata)

# Czas TAI oraz UTC



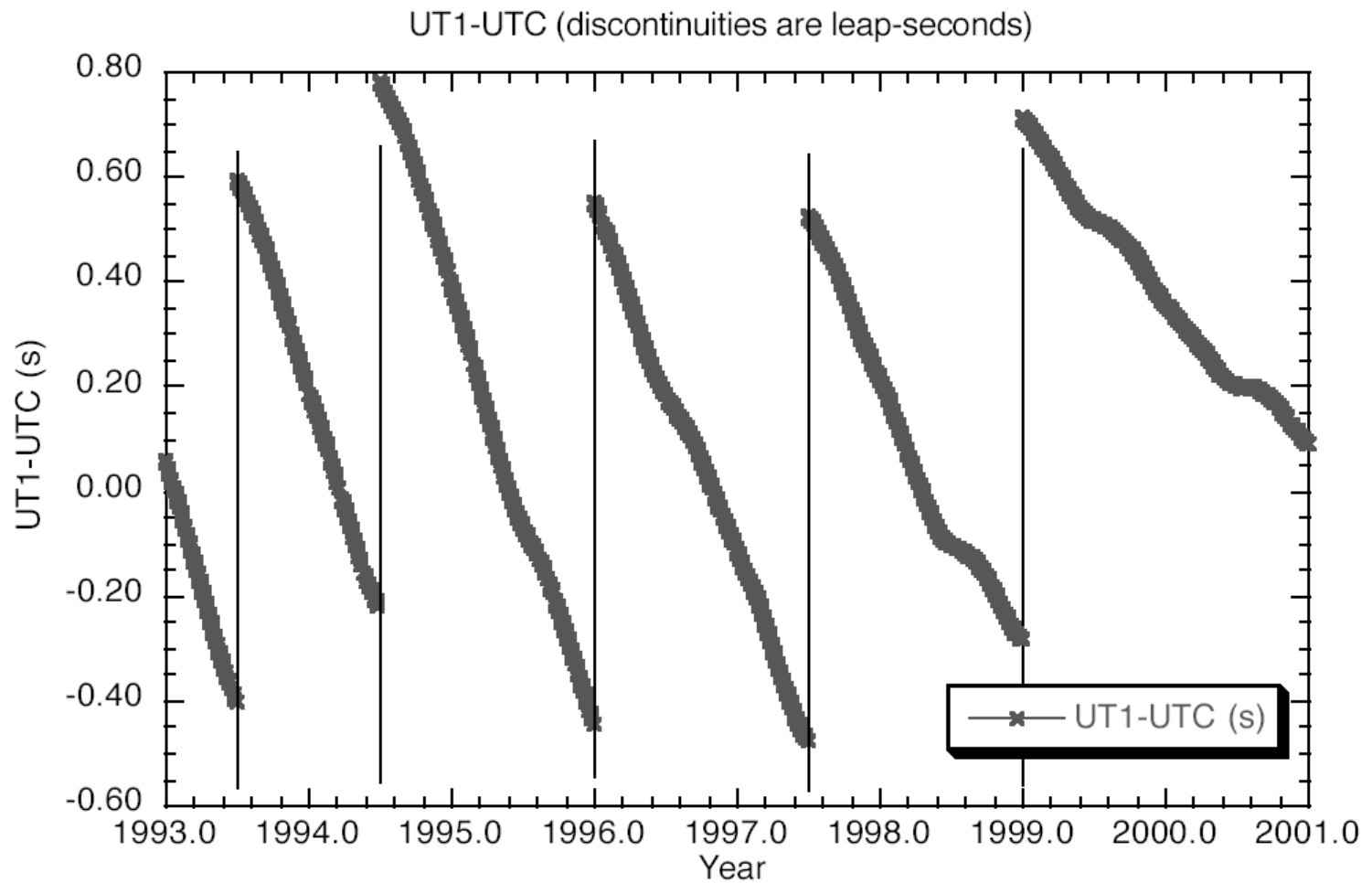
sekundy przestępne



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

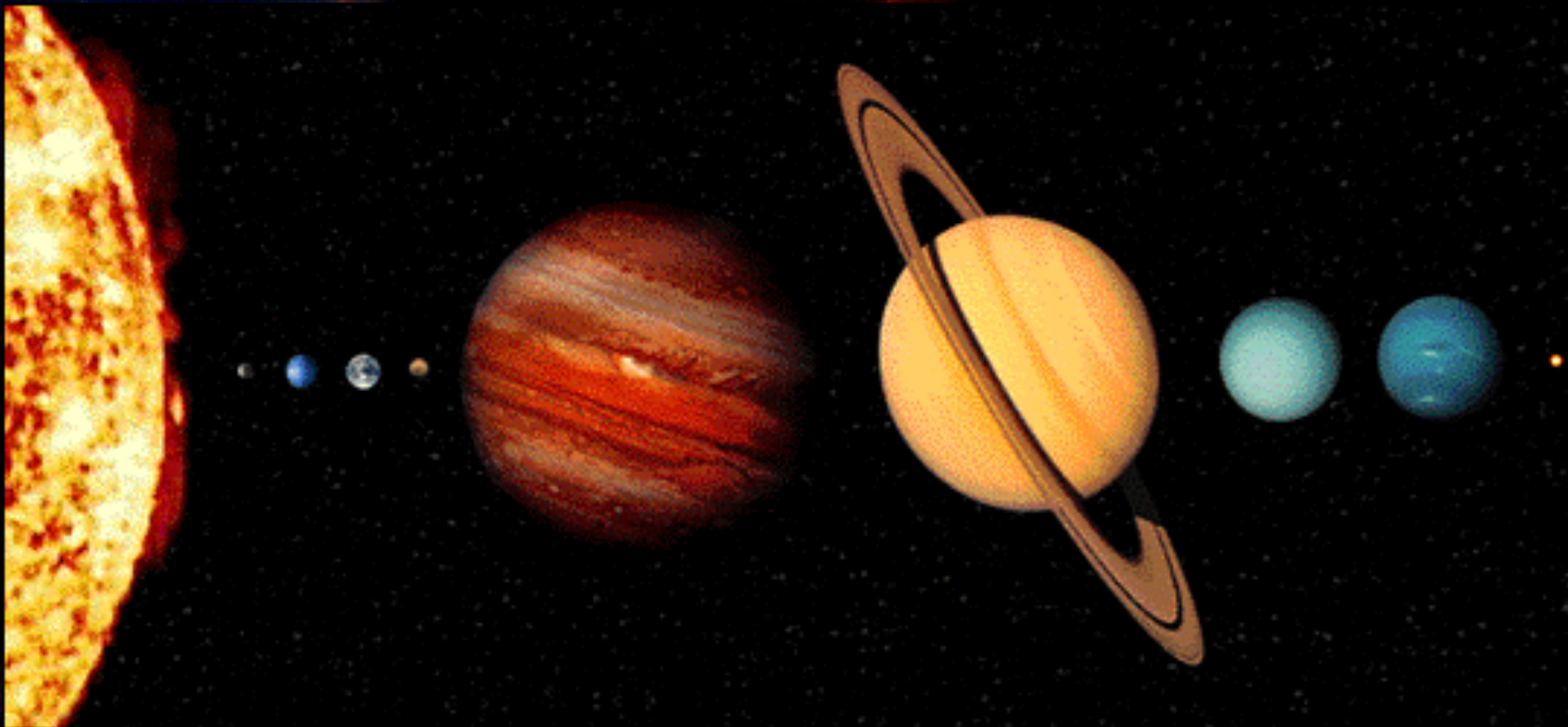


# Układ Słoneczny

- Planety

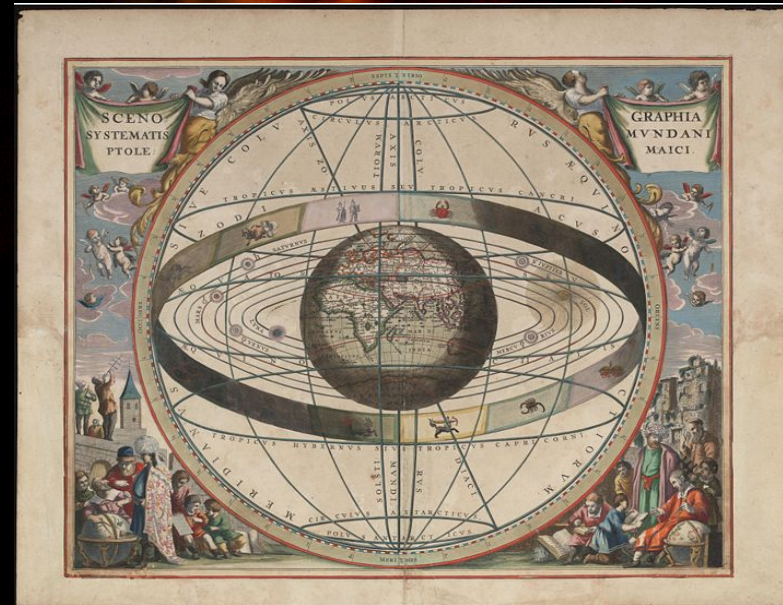
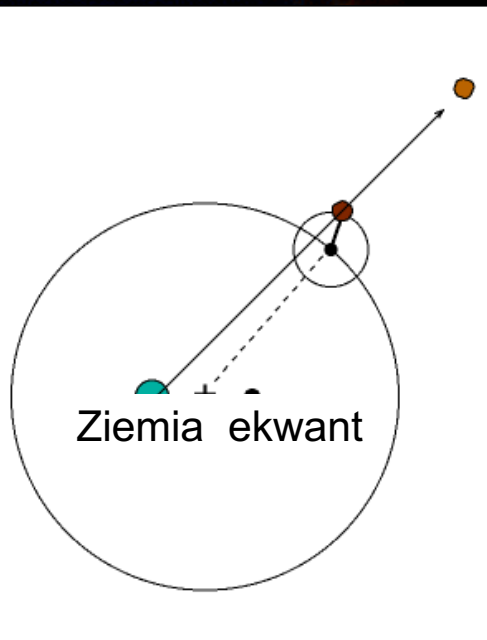
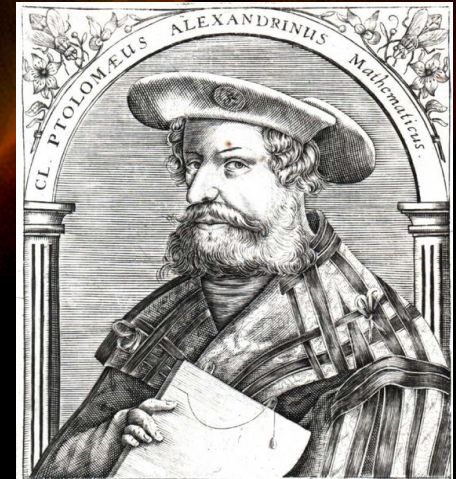
- znane od starożytności:

- Słońce Księżyc Merkury Wenus Mars Jowisz Saturn



# Klaudiusz Ptolemeusz z Aleksandrii

- ur. ok. 100 n.e., Tebaida (Egipt)
- system geocentryczny
  - deferenty i epicykle
  - ekwant – punkt wyrównawczy
- Al-magest – dzieła zebrane (13 ksiąg)

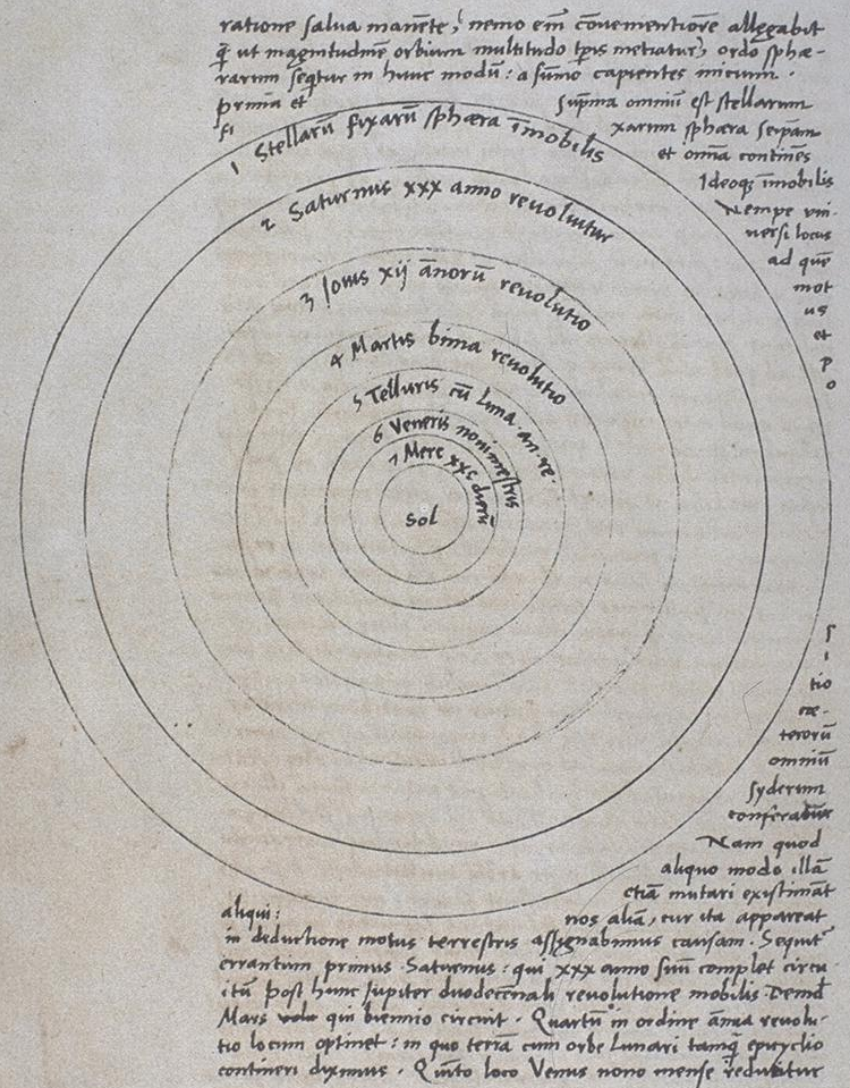


# Układ S

## kosmologia Ptolemeu



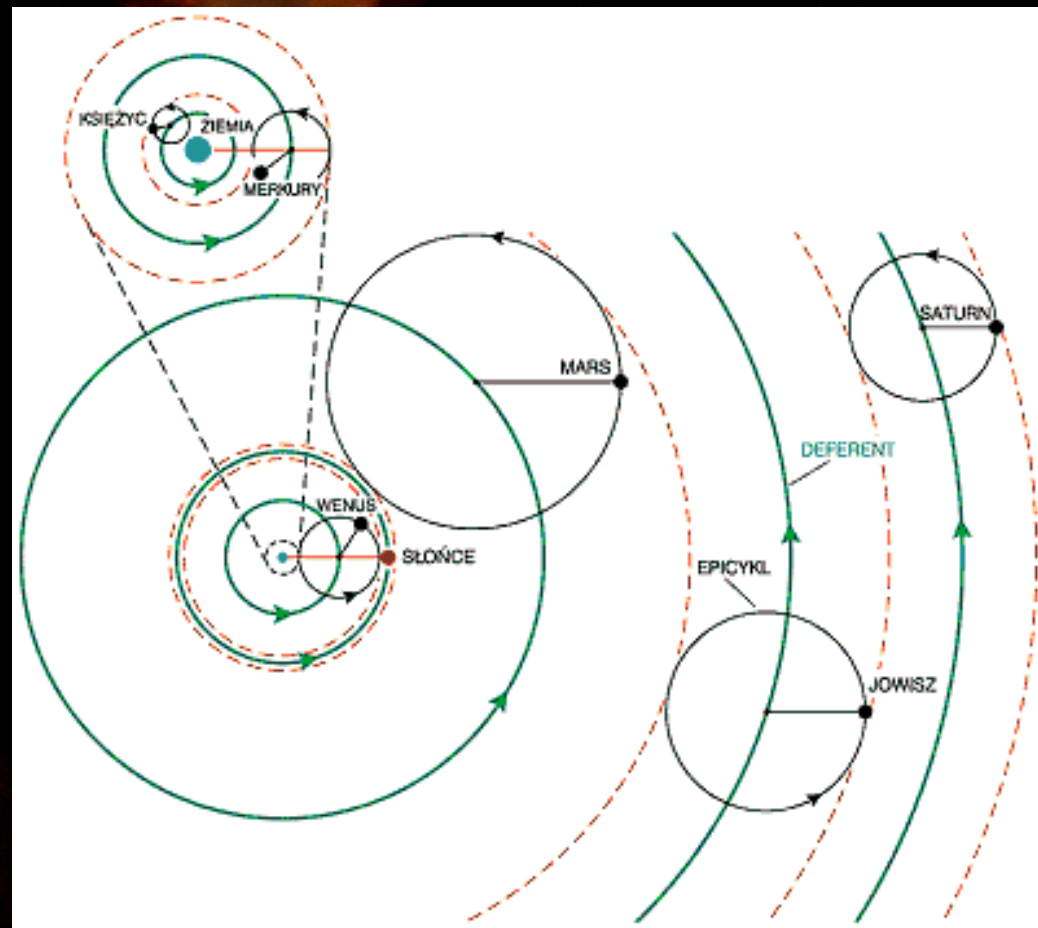
Almagest





# Wszechświat według Ptolemeusza

CIAŁO NIEBESKIE	PROMIĘŃ SFERY W PROMIENIACH ZIEMI		
	minimalny	maksymalny	średni
Księżyc	33	64	48
Merkury	64	166	115
Wenus	166	1079	622 1/2
Słońce	1160	1260	1210
Mars	1260	8820	5040
Jowisz	8820	14 187	11 503
Saturn	14 187	19 865	17 026
Sfera gwiazd	-	-	20 000

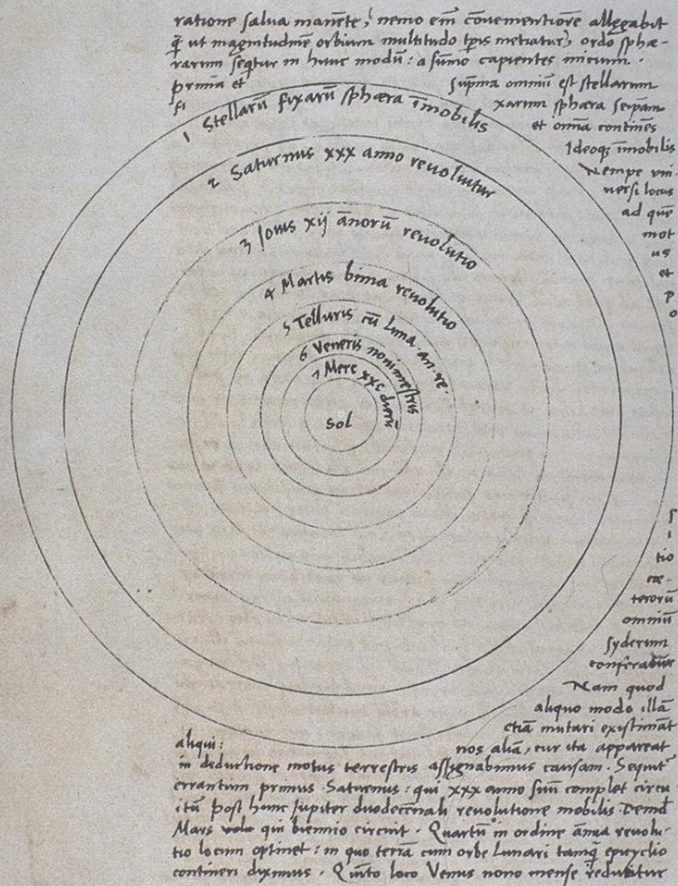


# Mikołaj Kopernik



Jan Matejko

# Kopernik – De revolutionibus



Canon subterrarū in circulo rectorū linearū

Circū ferrebat	Semissemes dup̄ circū	omnis grad partes	Circū ferrebat	Semissemes dup̄le circūferē	omnis grad part
6 10	10742	289	10	21078	284
20	11031		20	21350	
30	11320		30	21644	
40	11609		40	21928	
50	11898		50	22212	
7 0	12187		13 0	22495	283
10	12476		10	22778	
20	12764		20	23062	
30	13053	288	30	23344	
40	13341		40	23627	
50	13629		50	23900	282
8 0	13917		14 0	24192	
10	14205		10	24474	
20	14493		20	24756	
30	14781		30	25038	281
40	15069		40	25319	
50	15356	287	50	25601	
9 0	15643		15 0	25882	
10	15931		10	26163	
20	16218		20	26443	280
30	16505		30	26724	
40	16792		40	27004	
50	17078		50	27284	
10 0	17365		16 0	27564	279
10	17651	286	10	27843	
20	17937		20	28122	
30	18223		30	28401	
40	18509		40	28680	
50	18795		50	28959	278
11 0	19081		17 0	29237	
10	19366	285	10	29515	
20	19652		20	29793	
30	19937		30	30071	277
40	20222		40	30348	
50	20507		50	30625	
12 0	20791		18 0	30902	

2 s uolū Kopernik

# De Revolutionibus

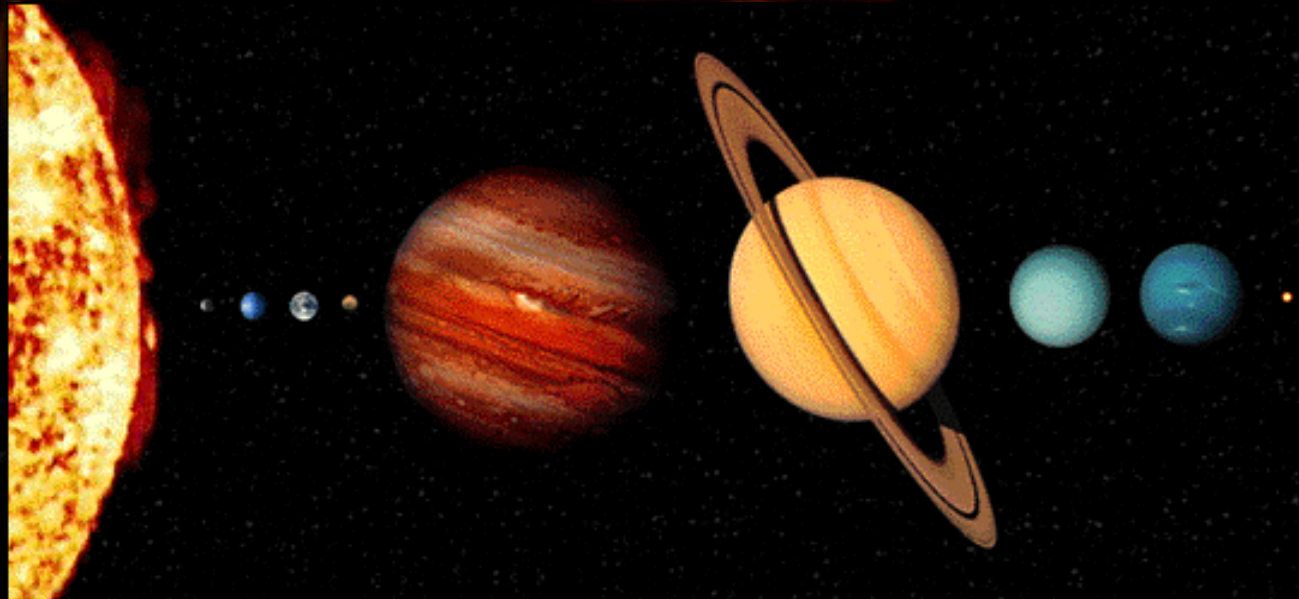
## O obrotach sfer niebieskich

Słynny fragment manuskryptu *De Revolutionibus*, z którego na krótko przed wydrukowaniem usunięto fragment o Arystarchu.

dicendum autem centri et declinationis annuas revolutiones  
propemodum esse equales: quoniam si admissum id esset, oporteret  
astrologia, solstitialiaque puncta, ac tota siderum obliquitas  
sub stellarum fixarum sphaera haud quaquam mutari: sed cum mo-  
dica sit differentia, non nisi cum spe grandis patrefacta est:  
a Ptolemaeo quod ad nos usque partim prope xvi: quibus illa-  
rum anticipant. Quae ob causam crediderunt alia stellarum quoque  
fixarum sphaera moueri: quibus idcirco nonna sphaera superius  
plurim: quae dum non sufficerit, tunc recentiores decima supradicti  
modum tenere fecerunt: quae speramus ex motu terrae nos  
consecuturos. Quo tamquam principio et hypothese utemur in  
demonstrationibus aliorum. Est Ptolemaeus. Sibi iamque confirmat  
in immobilitate quoque terrae demonstrari posse. in ceteris vero  
causis minus cogitavit. Ceterum est huius similibusque  
causis Philolaum mobilitate terrae sensisse: quod etiam nonnulli  
Aristarchum sanna fecerunt in eadem fuisse sententia. non illa  
ratione moti: quae allegat verborum Aristoteles. Sed cum  
talia sint: quae nisi ari ingenio et diligentia distinxerit co-  
phendi non possent: latuisse tunc plurimum philosophos: et fu-  
isse admodum paucos: qui eo spe siderarum motum calluerunt  
ratione, a Platone non taceatur. At si Philolaus vel cuius  
Pythagorico intellecta fuerint: verisimile tantum est ad pe-  
posteros non profudisse. Equat enim Pythagoreos obpruata  
non tradere his: nec panderi omnibus aeterna phia  
Sed amicorum duxerat et propinquorum fidei committere  
ac per manus tradere. Cuius rei monumentum extat  
Lysidis ad Hipparchum epistola: quae ob memoratas similitudines  
et ut appareat, quae prolam penes se habuerit phiam  
plurim hinc inferre: atque hinc primo libro per ipam in-  
ponere sinit. Est ergo exemplum epistole: quod e vetero  
restitimus hoc modo. Lysidis Hipparcho salutem  
Post excessum Pythagorae: inquam mihi persuasisse summa  
ut secretis discipulorum eius disjuncter etiam. Postquam autem  
praeter spem, tamquam naufragio facto alius alio delati  
desertis, sumus, prius tamen est diuinitus illius prop-  
torum meminisse: neque committere phia bona, usque neque  
amoni principatum somnauerunt. Non enim derisi ad  
perregerit omnibus: quae tantis laboribus sumus conse-  
cuti. Quoadmodum neque Eleusinarum: deorum arcana pro-  
phanis hominibus licet patefacere: potest enim in qui

# Układ Słoneczny

- Słońce
- planety
  - Merkury
  - Wenus
  - Ziemia+Księżyc
  - Mars
  - Jowisz
  - Saturn
  - Uran
  - Neptun
  - Pluton
- inne



# Układ Słoneczny

- inne obiekty
  - pas planetoid (Mars-Jowisz)
    - np. Ceres 768 km
  - asteroidy
  - komety
  - materia międzyplanetarna



# Układ Słoneczny

- Orbity

- wszystkie w pobliżu płaszczyzny ekliptyki

- nachylenie: Merkury 7°, Pluton 17°, Wenus 3.3°

- nieznaczna eliptyczność

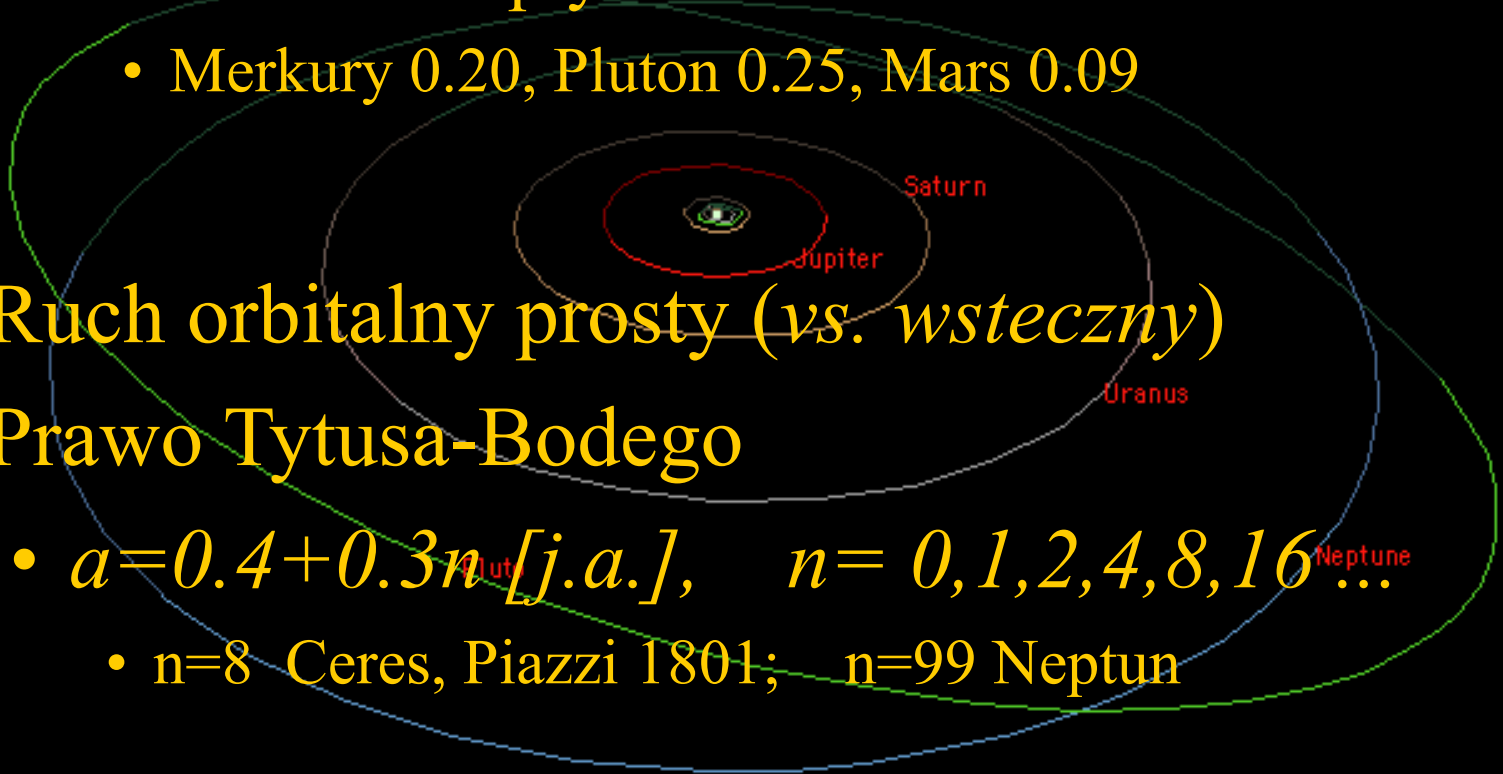
- Merkury 0.20, Pluton 0.25, Mars 0.09

- Ruch orbitalny prosty (*vs. wsteczny*)

- Prawo Tytusa-Bodego

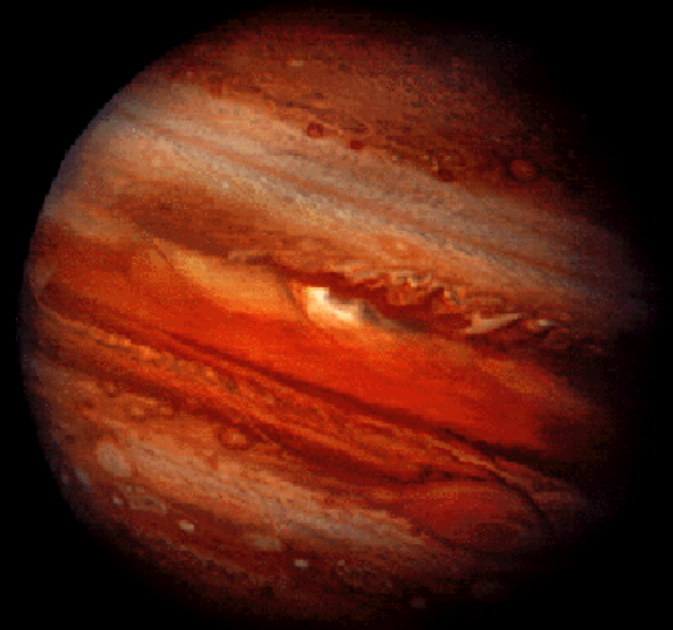
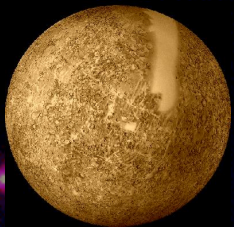
- $a = 0.4 + 0.3n$  [j.a.],  $n = 0, 1, 2, 4, 8, 16 \dots$

- $n=8$  Ceres, Piazzini 1801;  $n=99$  Neptun



# Układ Słoneczny

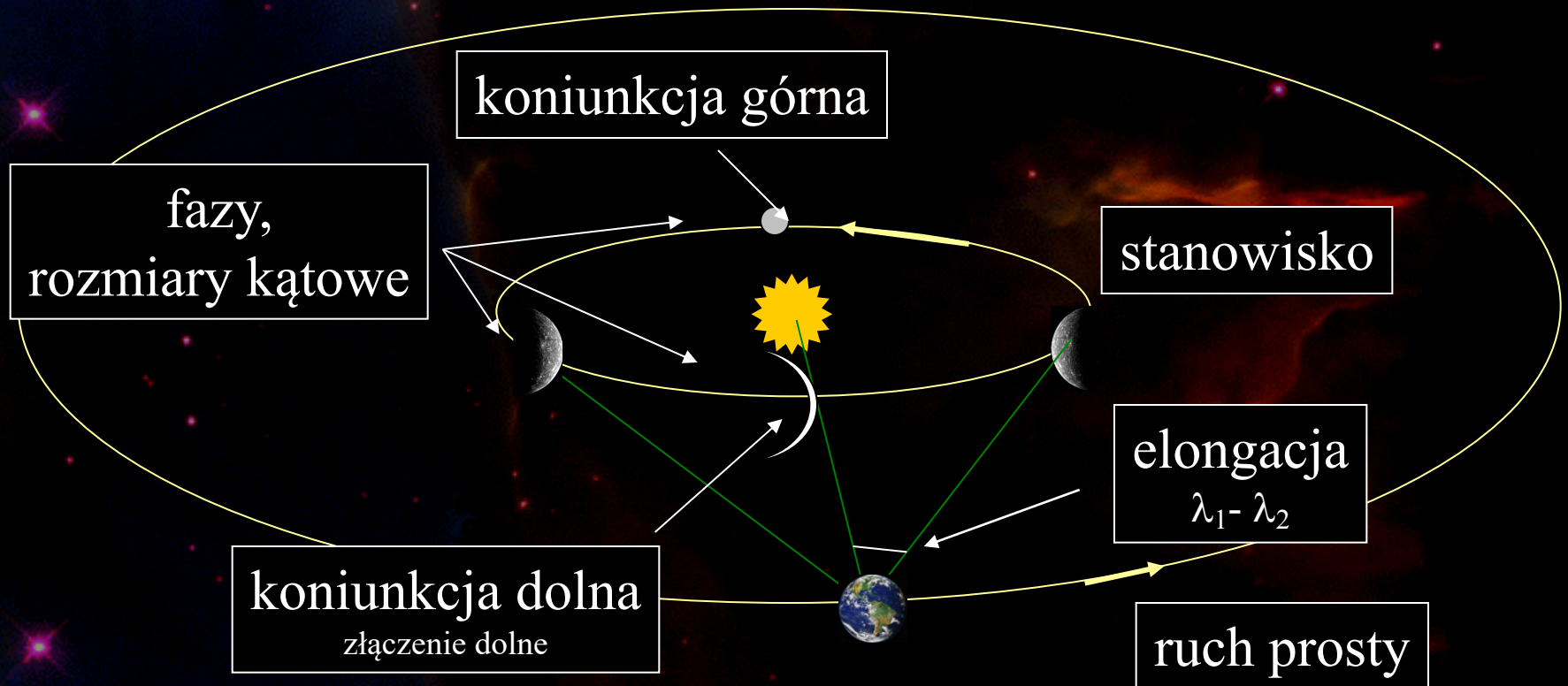
- planety
  - położenie względem Ziemi:
    - planety wewnętrzne
    - planety zewnętrzne
      - pas planetoid
  - budowa
    - planety typu Ziemi
    - gazowe olbrzymy





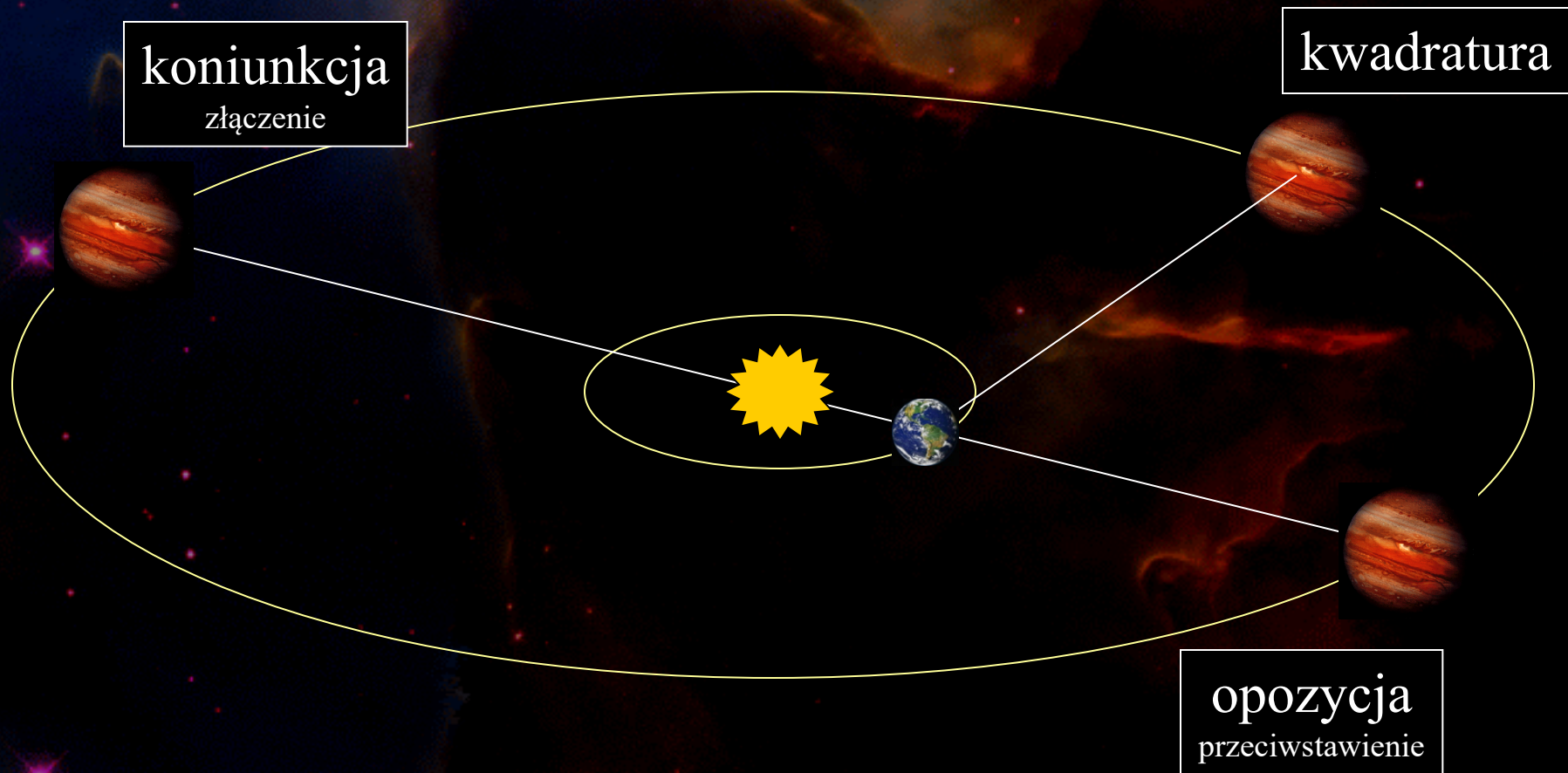
# Widomy ruch planet

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

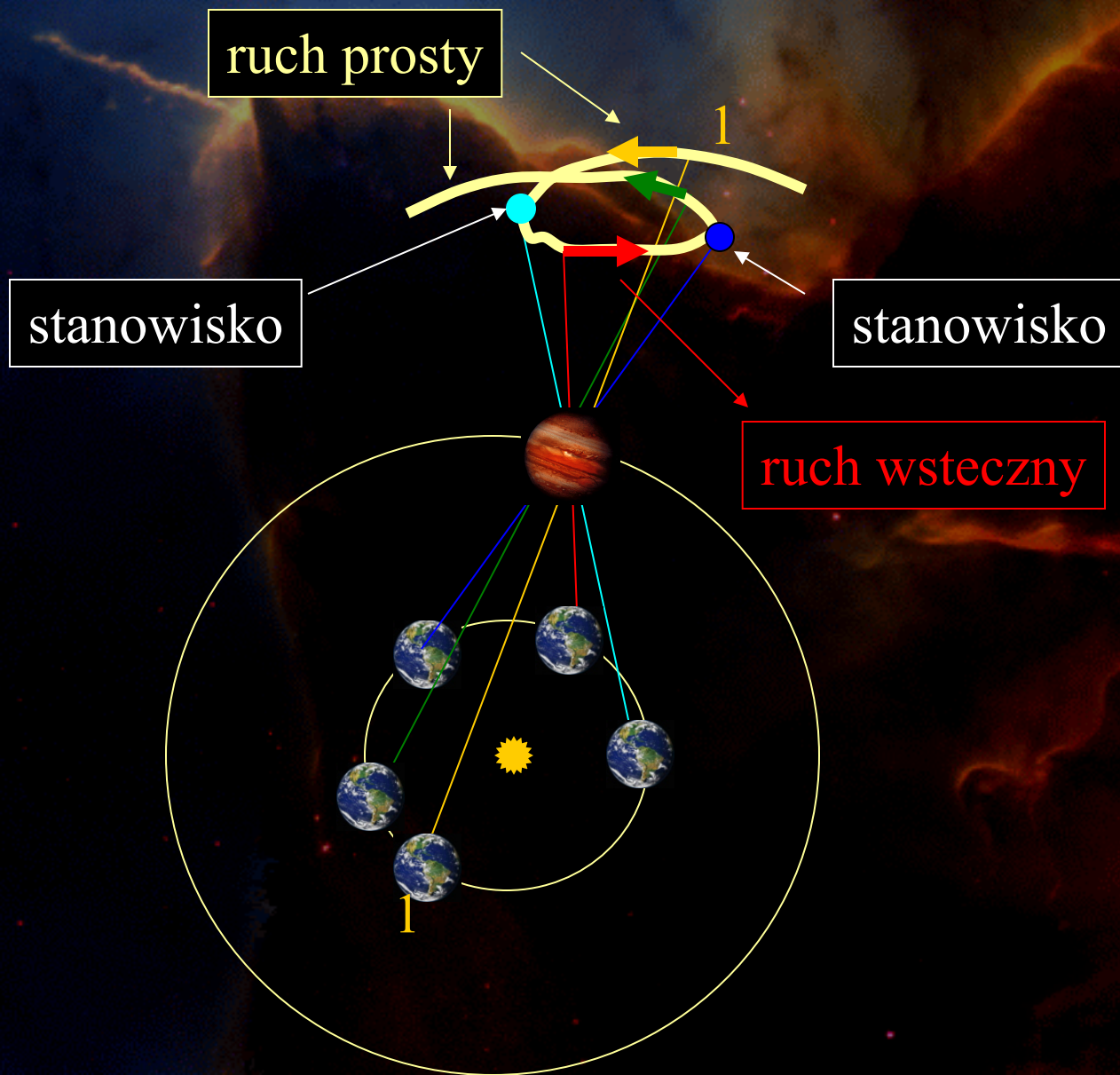


# Widomy ruch planet

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



# Widomy ruch planet



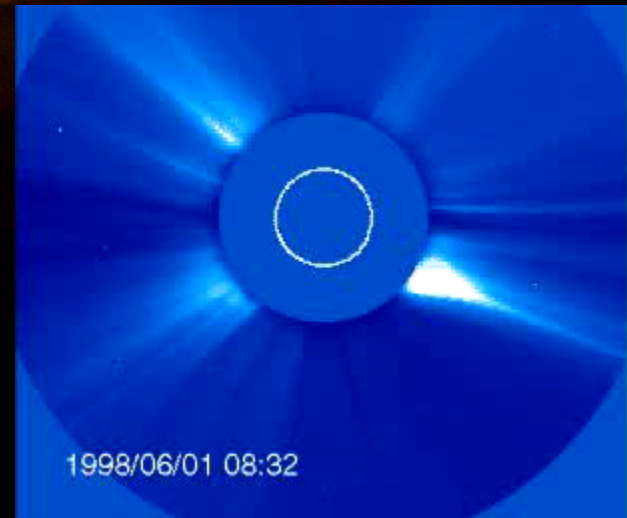
# Słońce

- Dane

- masa:  $1.991 \times 10^{30}$  kg ( 333 tys. mas Ziemi)
- promień  $6.96 \times 10^8$  m ( 109 promieni Ziemi)
- moc:  $3.86 \times 10^{33}$  erg/s =  $3.86 \times 10^{26}$  W
- jasność bolometryczna  $-26.82$  mag
- jasność absolutna  $+4.75$  mag
- oświetlenie na Ziemi 137 000 luksów
- typ widmowy G2

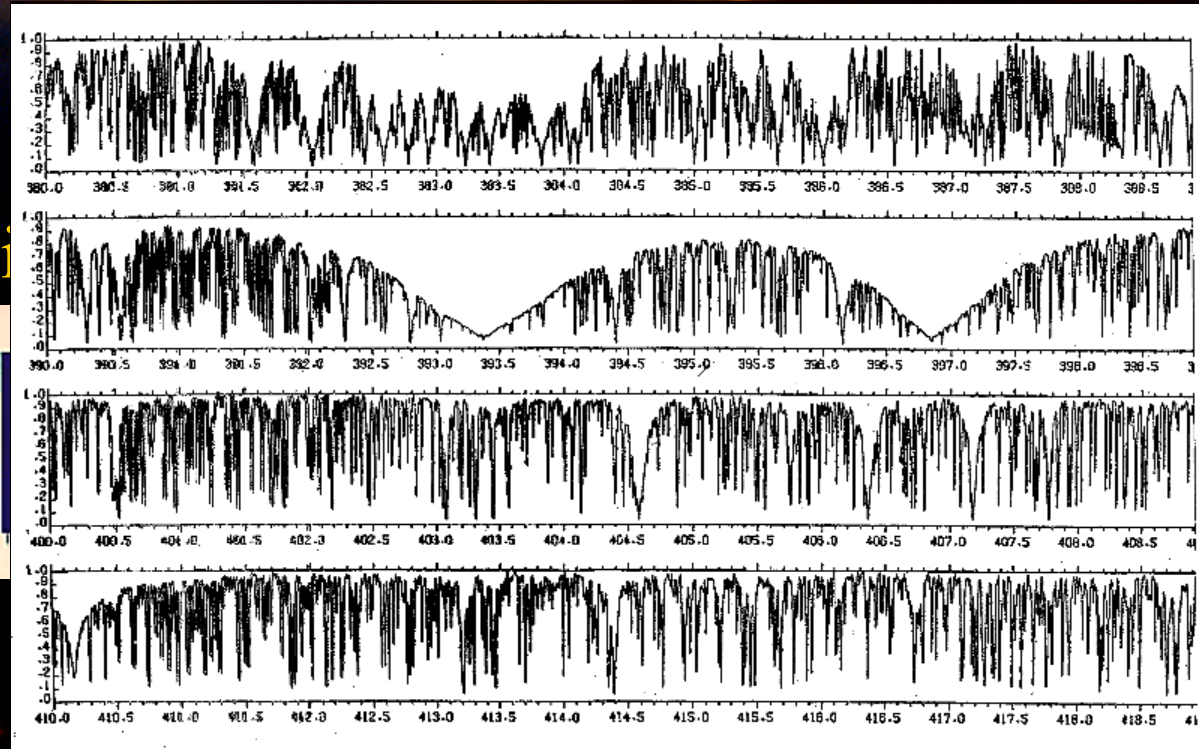
# Słońce

- Atmosfera
  - chromosfera (bryzgi, protuberancje, pochodnie)
  - korona słoneczna ( $T = 5 \text{ mln K}$ )
  - wiatr słoneczny



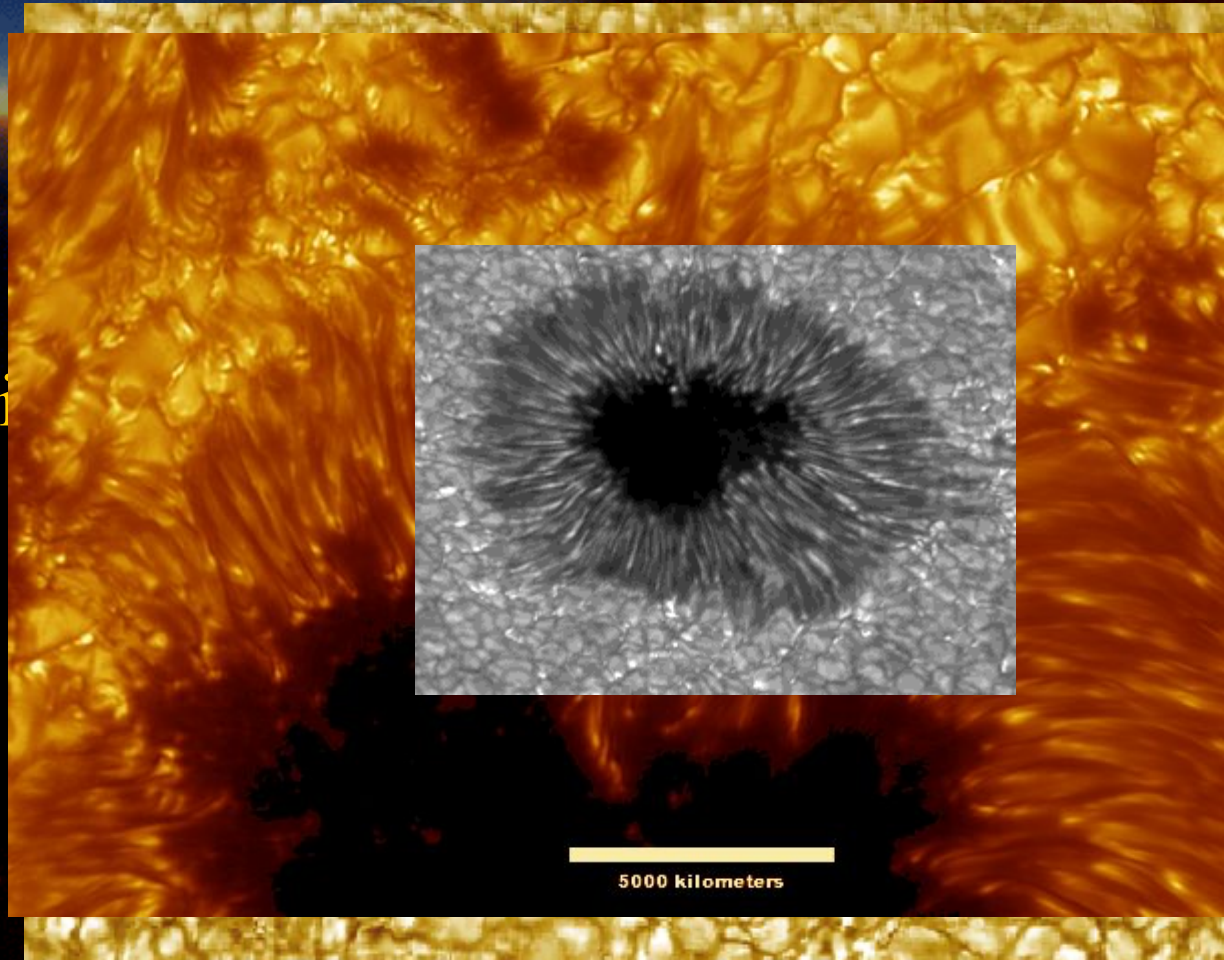
# Powierzchnia Słońce

- Fotosfera
  - $T = 5800 \text{ K}$
  - widmo ciągłe i liniowe
  - granulacja, plamy, pociemnienie brzegowe



# Powierzchnia Słońce

- Fotosfera
  - $T = 5800 \text{ K}$
  - widmo ciągłe i liniowe
  - granulacja, plamy, pociemnienie brzegowe

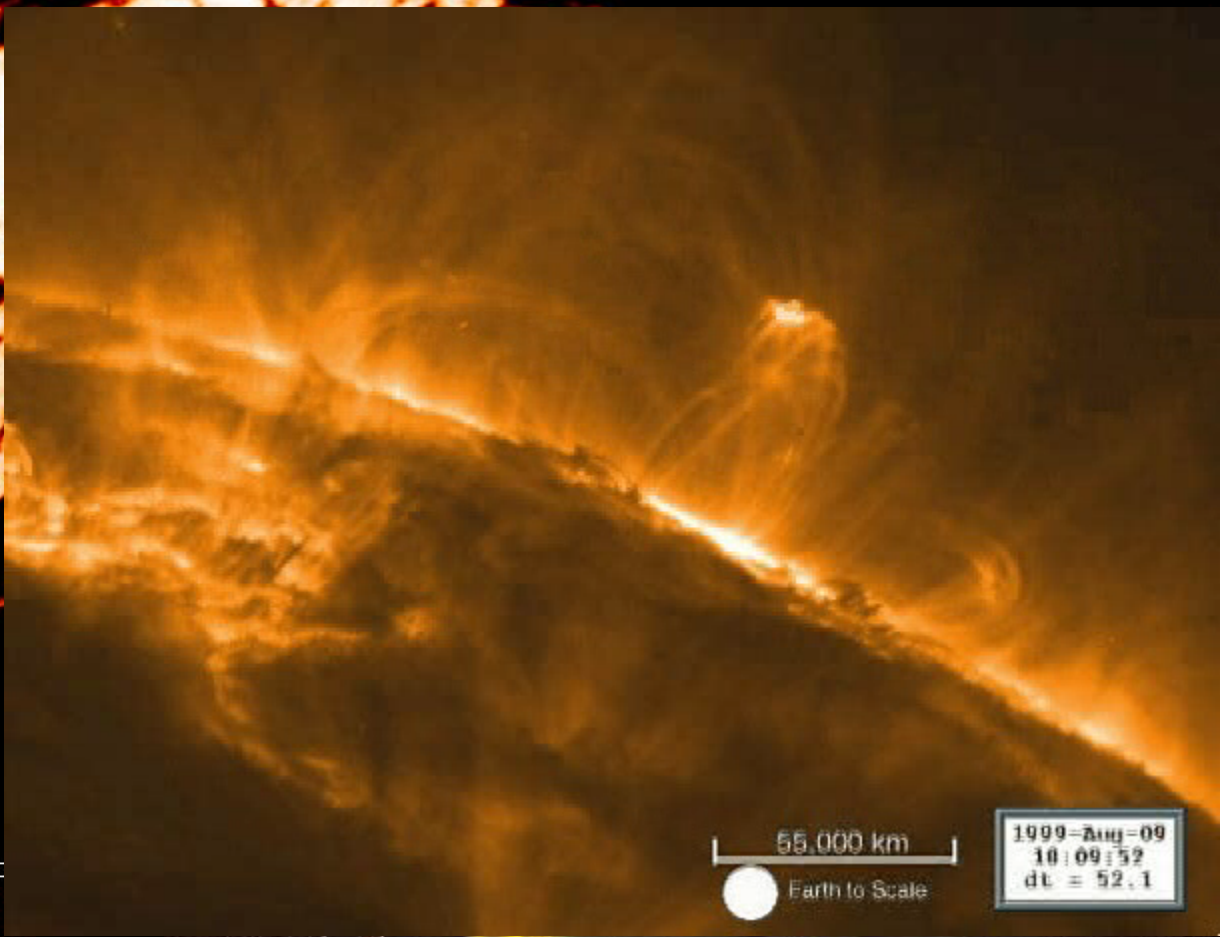
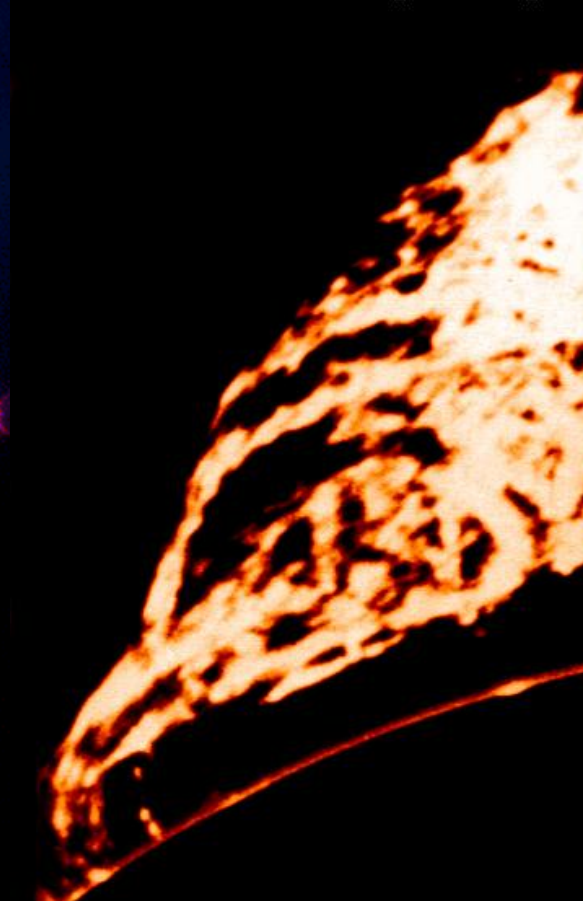


# Aktywność słoneczna

**ANNUAL** Sunspot Numbers: 1700-1995

290

4 June 1946: H $\alpha$  photograph



Source: High Altitude Observato

55,000 km



Earth to Scale

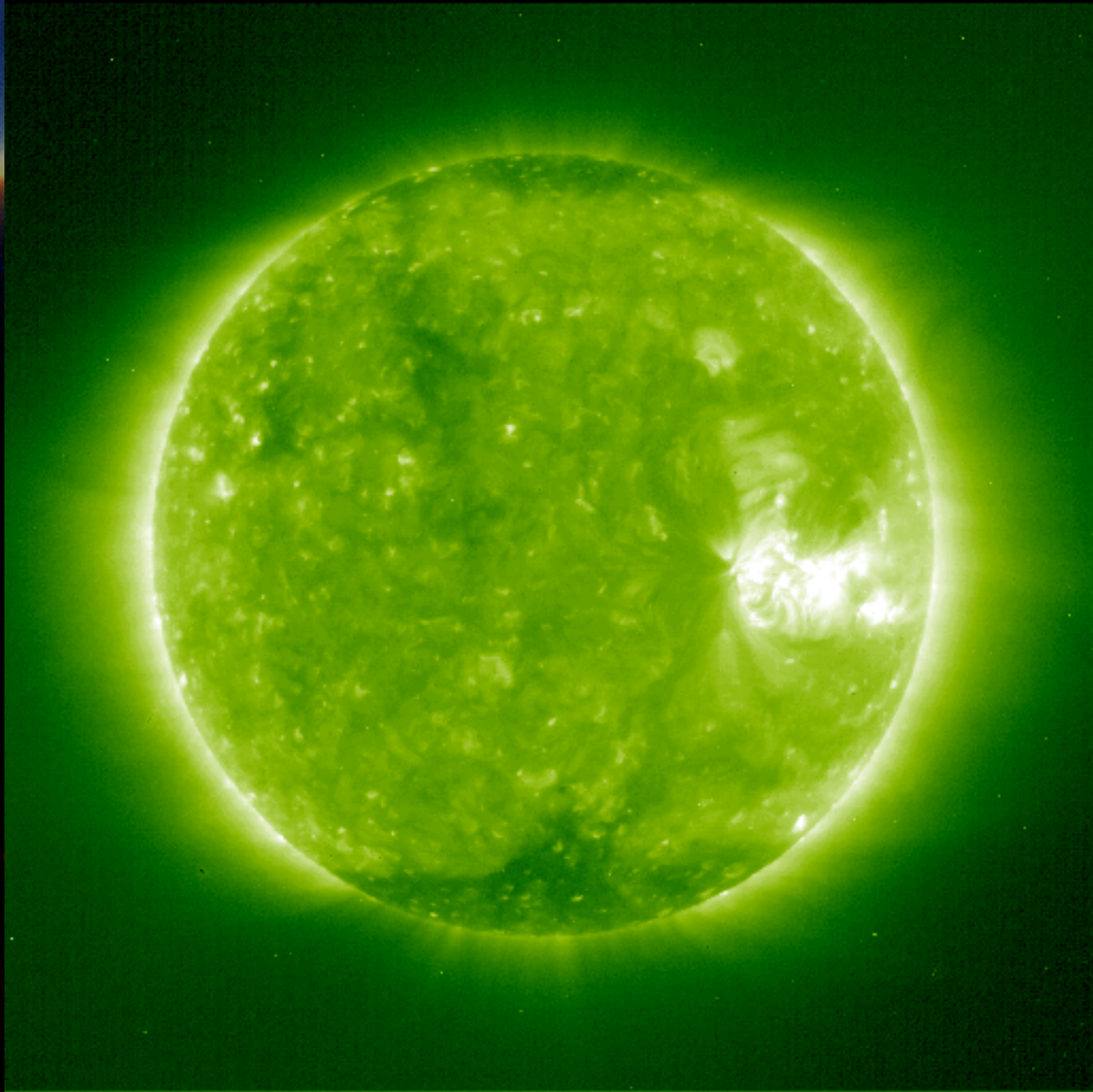
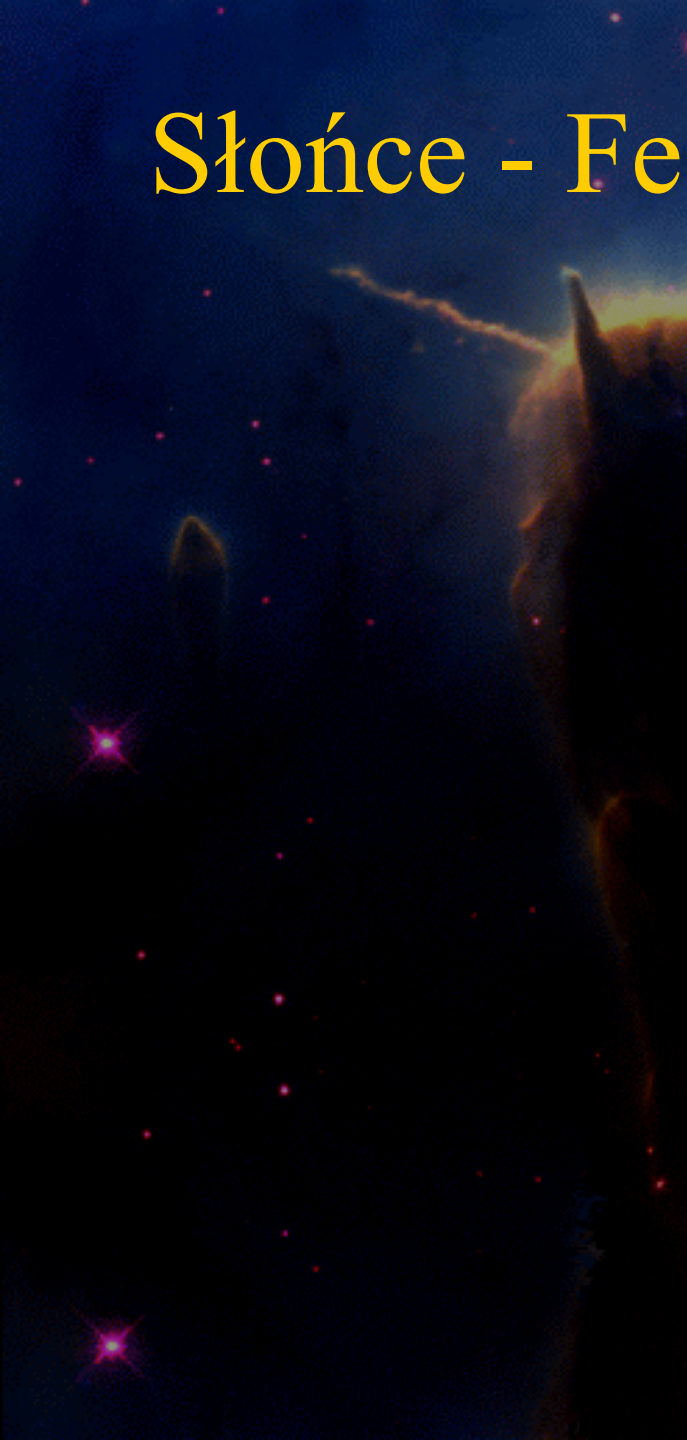
1999-Aug-09  
10:09:52  
dt = 52.1

Observ  
August



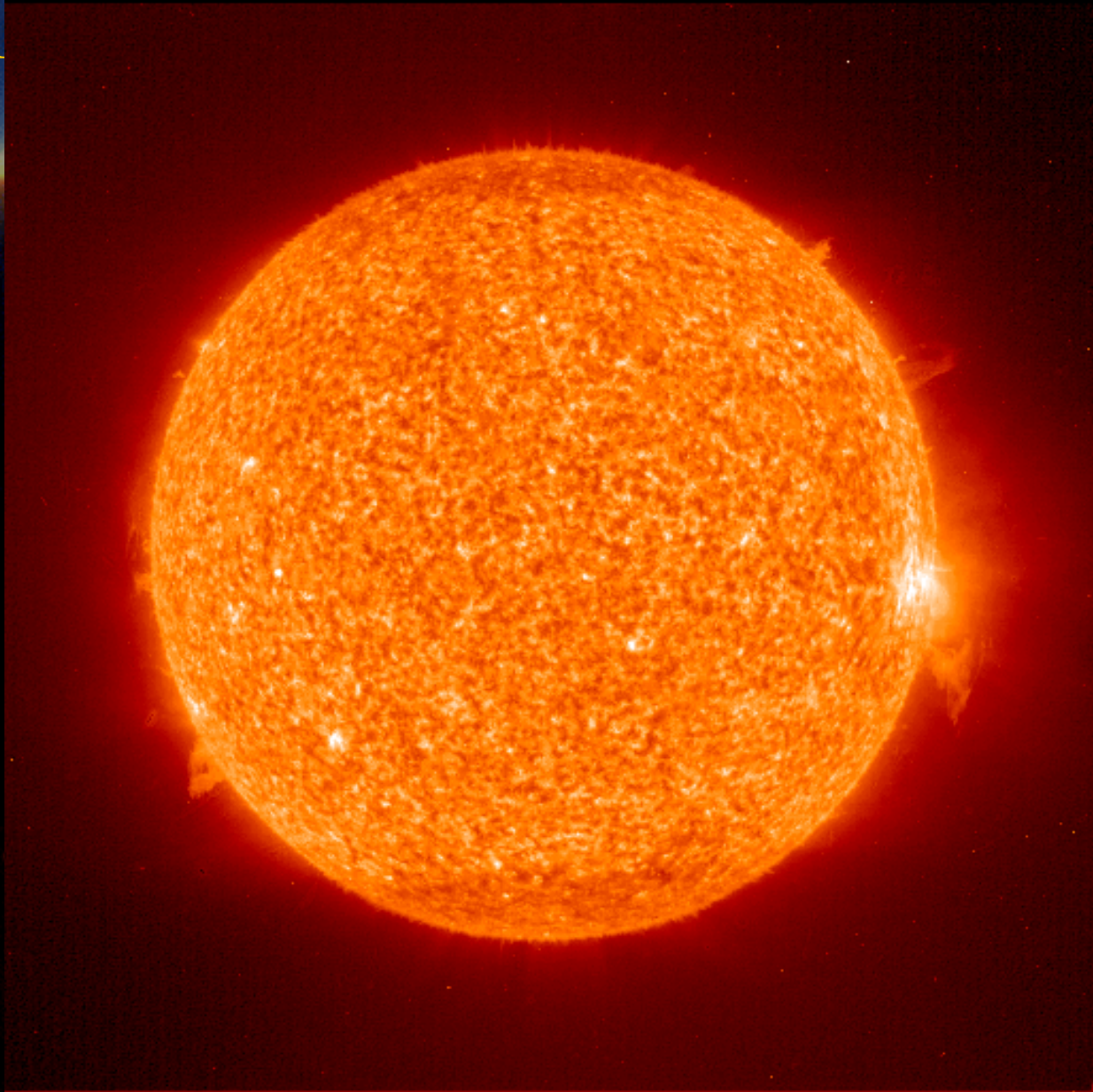
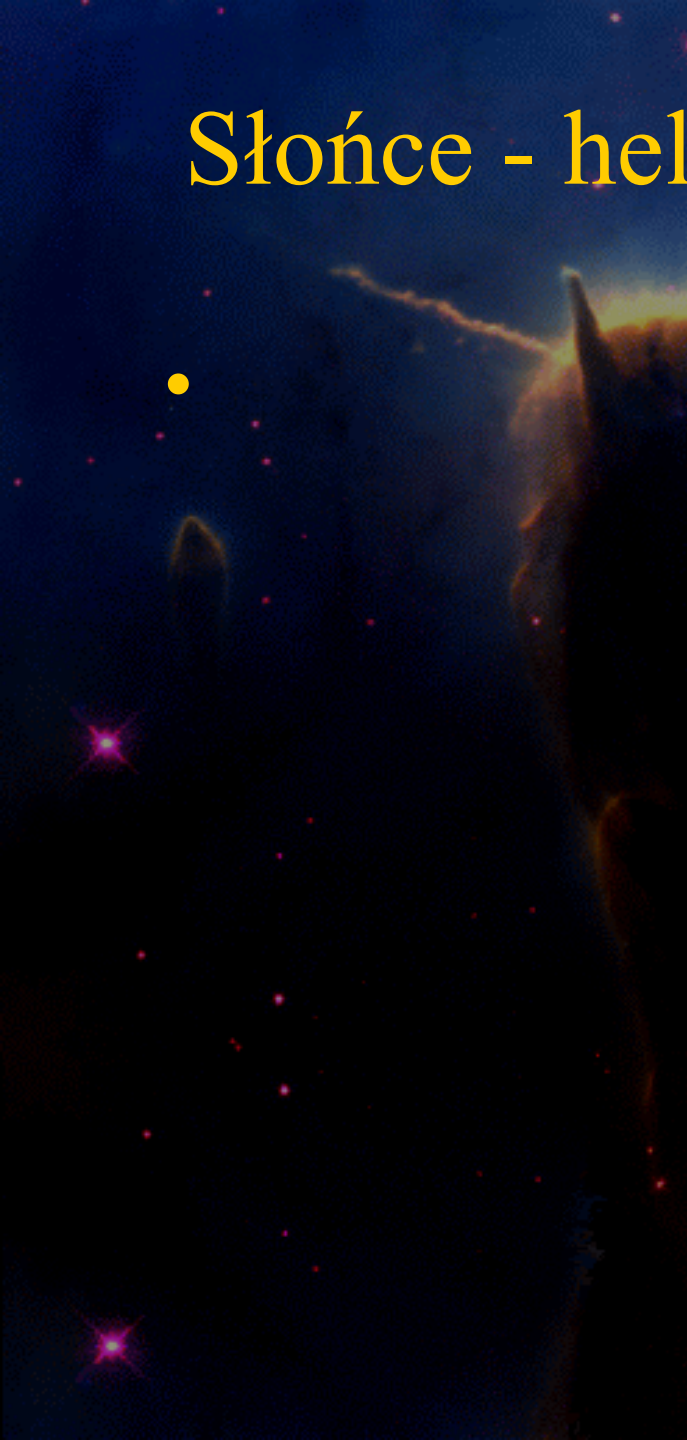
SOHO EIT, Fe XII line, 195 Å  
May 16, 1996 at 06:40

# Słońce - Fe



SOHO EIT, He II line, 304 Å  
May 18, 1996 at 20:02

# Słońce - hel



# Merkury

- Odległość od Słońca: 58 mln km (0.39 AU)
- Mimośród 0.2 (0.31-0.47 AU)
- Masa:  $3.3 \times 10^{23}$  kg (0.055  $M_Z$ )
- Promień: 2439 km (0.38  $R_Z$ )
- Okres obrotu: 58.6 dnia
- Okres obiegu: 88 dni
- Temperatura: 400°C do -200°C
- Powierzchnia pokryta kraterami
- Bardzo rzadka atmosfera –
  - hel, sód, tlen, węgiel, argon, azot

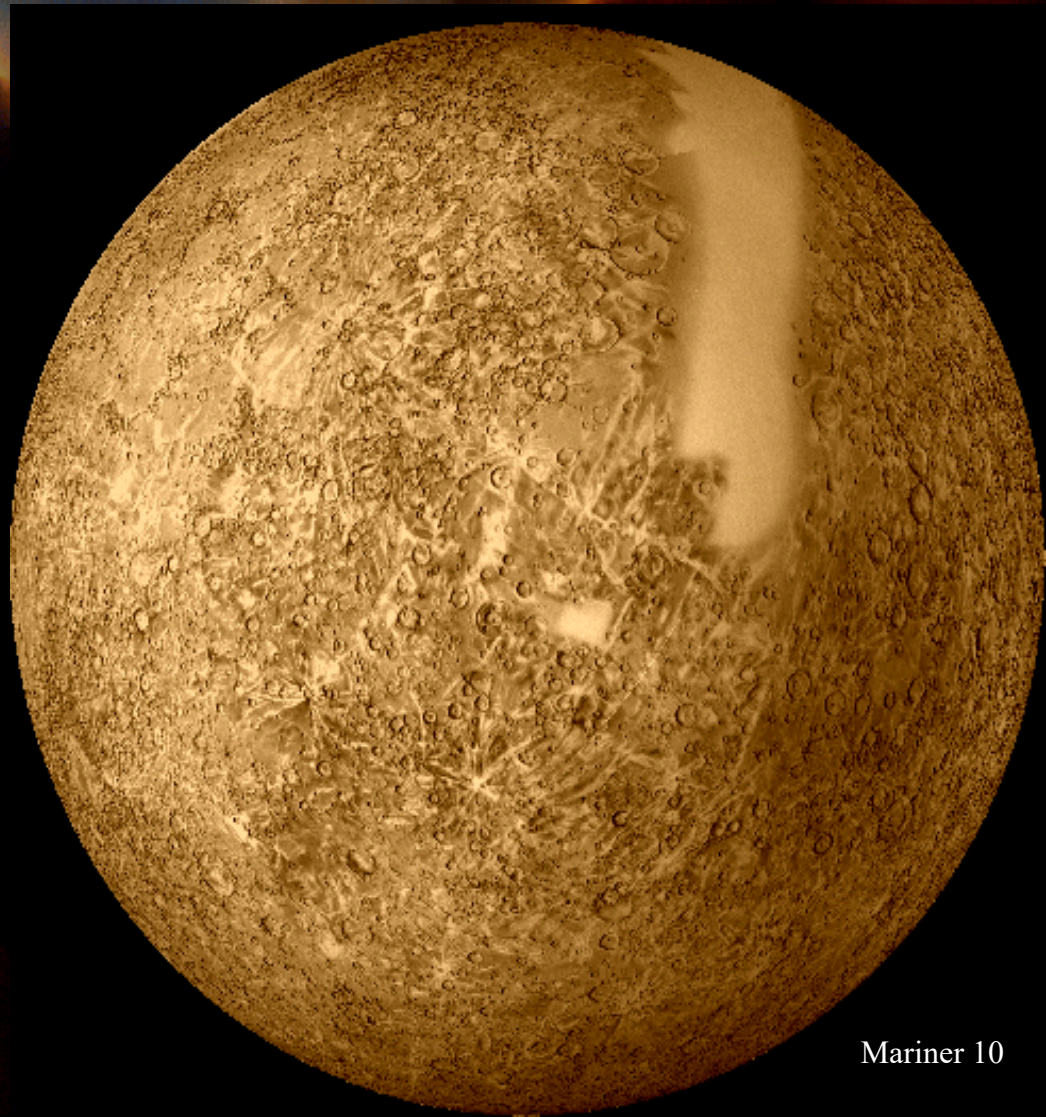


# Merkury

- z Mariner 10



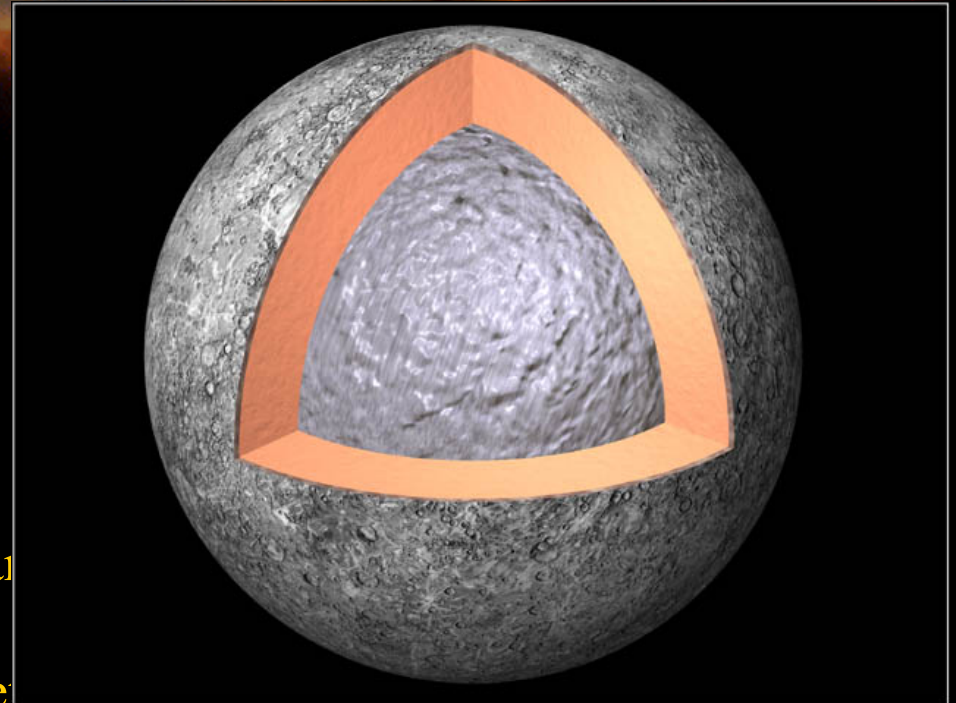
Caloris Basin



Mariner 10

# Merkury

- Słabe dipolowe pole magnetyczne
  - część jądra płynna
- Jądro żelazne (70%)
- Skorupa – 100 km
- Synchronizacja orbita – obrót 3:2
- Ruch linii apsyd
  - 5600"/100 lat – obserwowany
  - w tym:
    - 531" – perturbacje od planet
    - 43" - ogólna teoria względności (oddziaływanie grawitacyjne przenoszone z prędkością światła)



The Interior of Mercury

© Copyright Calvin J. Hamilton

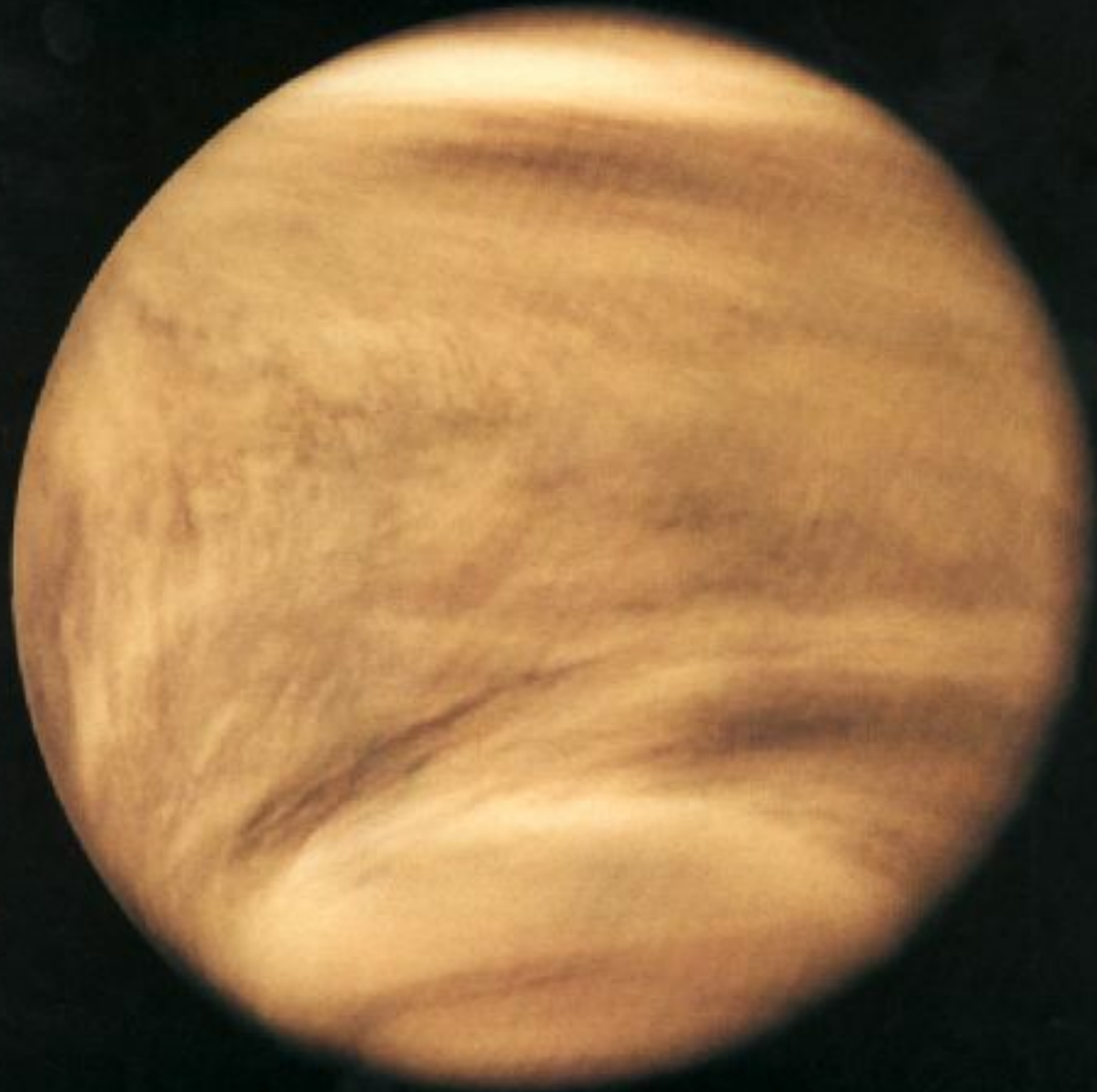
# Wenus

- Odległość od Słońca: 108 mln km ( 0.723 AU)
- Masa:  $4.87 \times 10^{24}$  kg (0.81  $M_Z$ )
- Promień: 6050 km (0.95  $R_Z$ )
- Okres obrotu 243 dni (wsteczny)
- Okres obiegu: 224 dni
- Temperatura: 450°C
- Atmosfera:
  - 96%  $\text{CO}_2$ , 3+%N,
  - $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,
  - Ar, He, Ne, HCl, HF
- Chmury  $\text{H}_2\text{SO}_4$



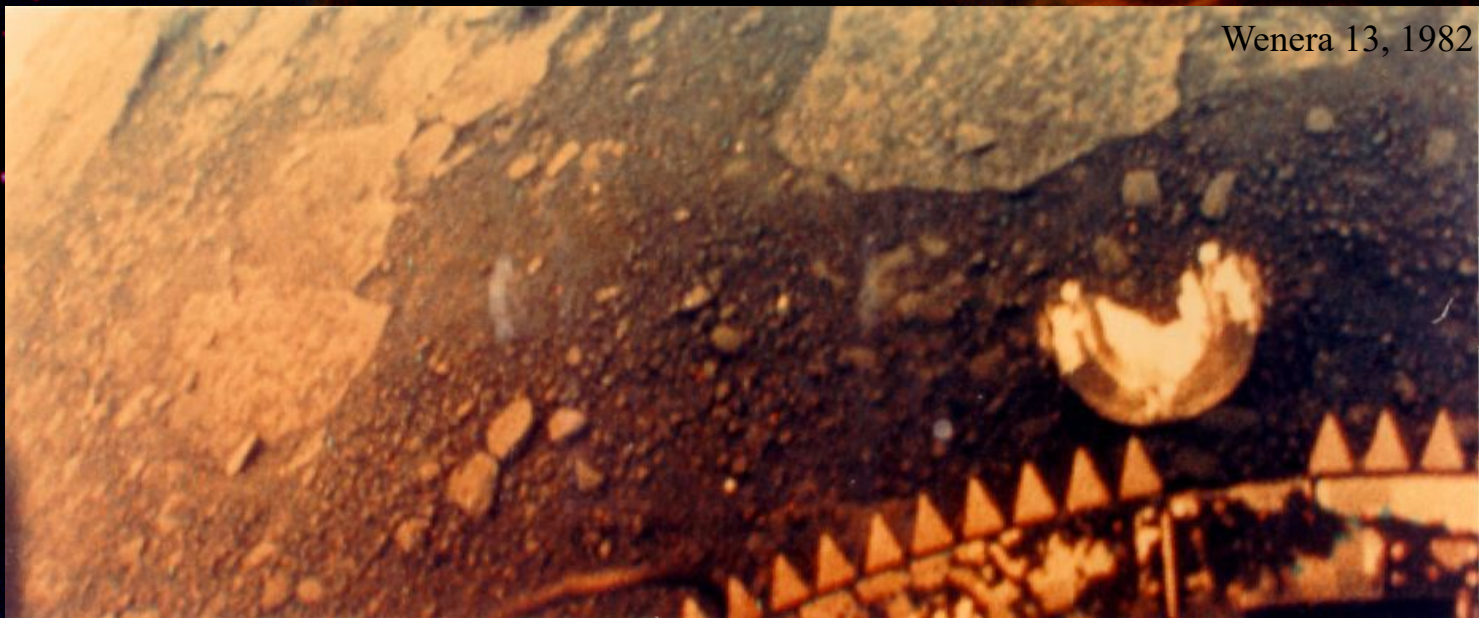
# Wenus

- chmury  
widoczne w  
promieniach  
UV



# Wenus

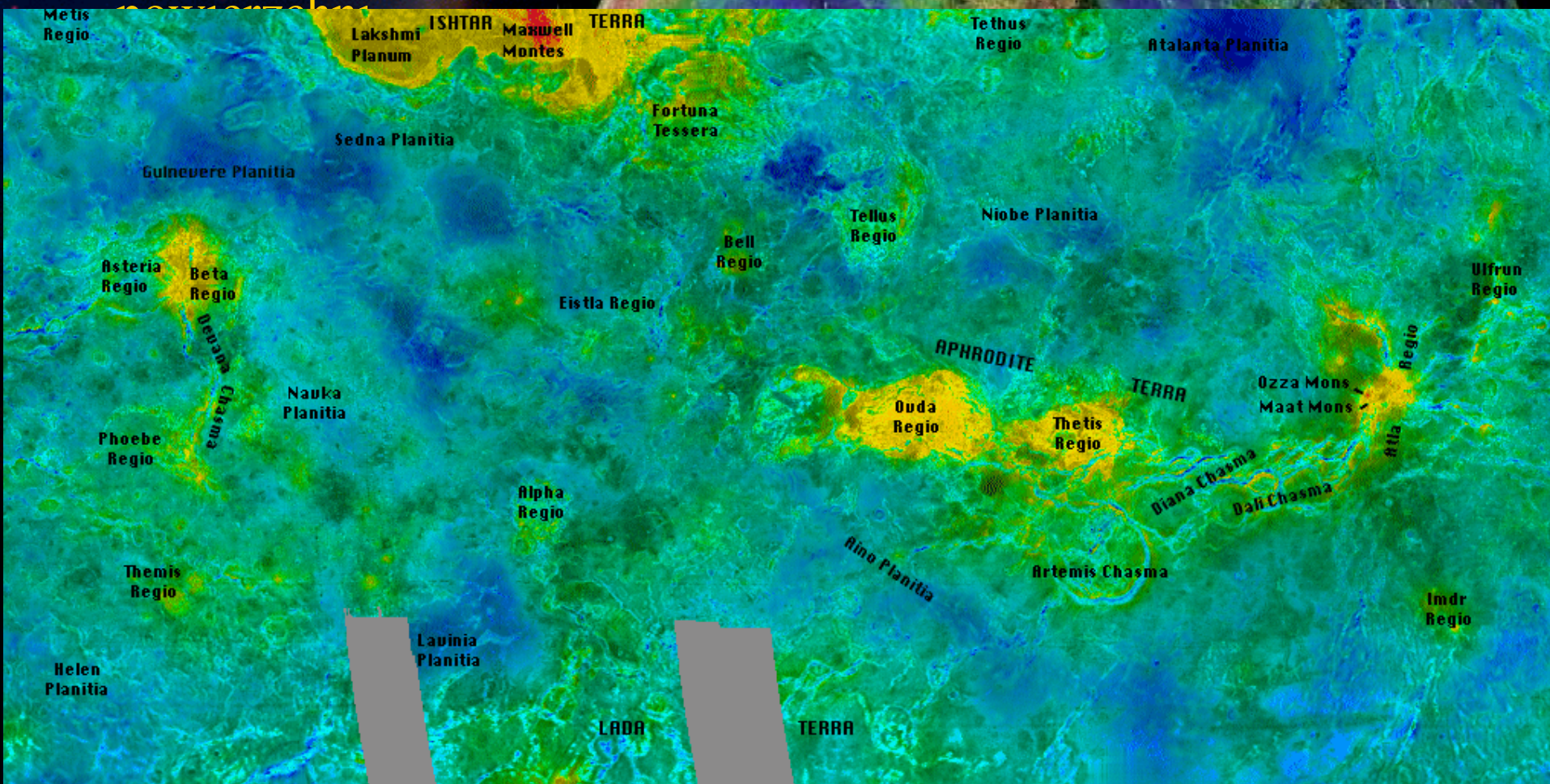
- Lądownicy
  - Wenera 9, 13
  - zdjęcia
  - analiza gruntu





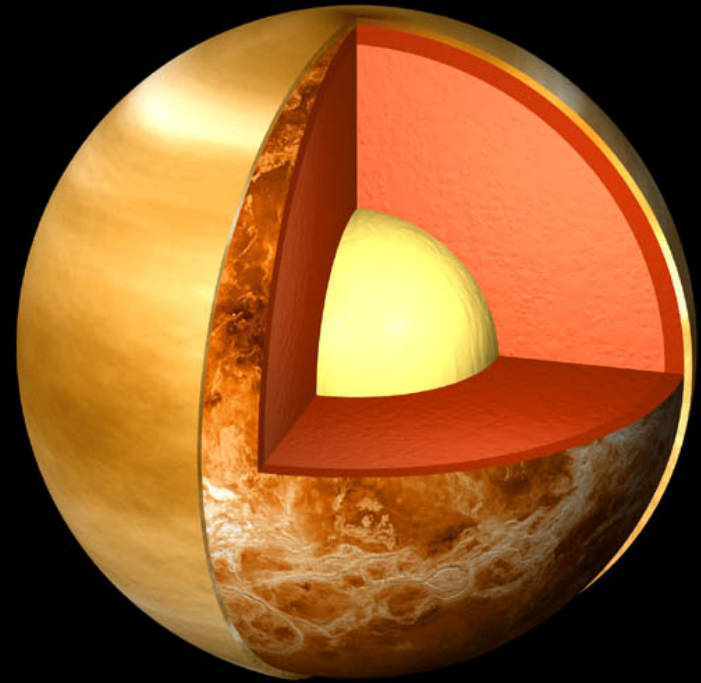
# Wenus

- Sonda Magellan -  
obrazy radarowe

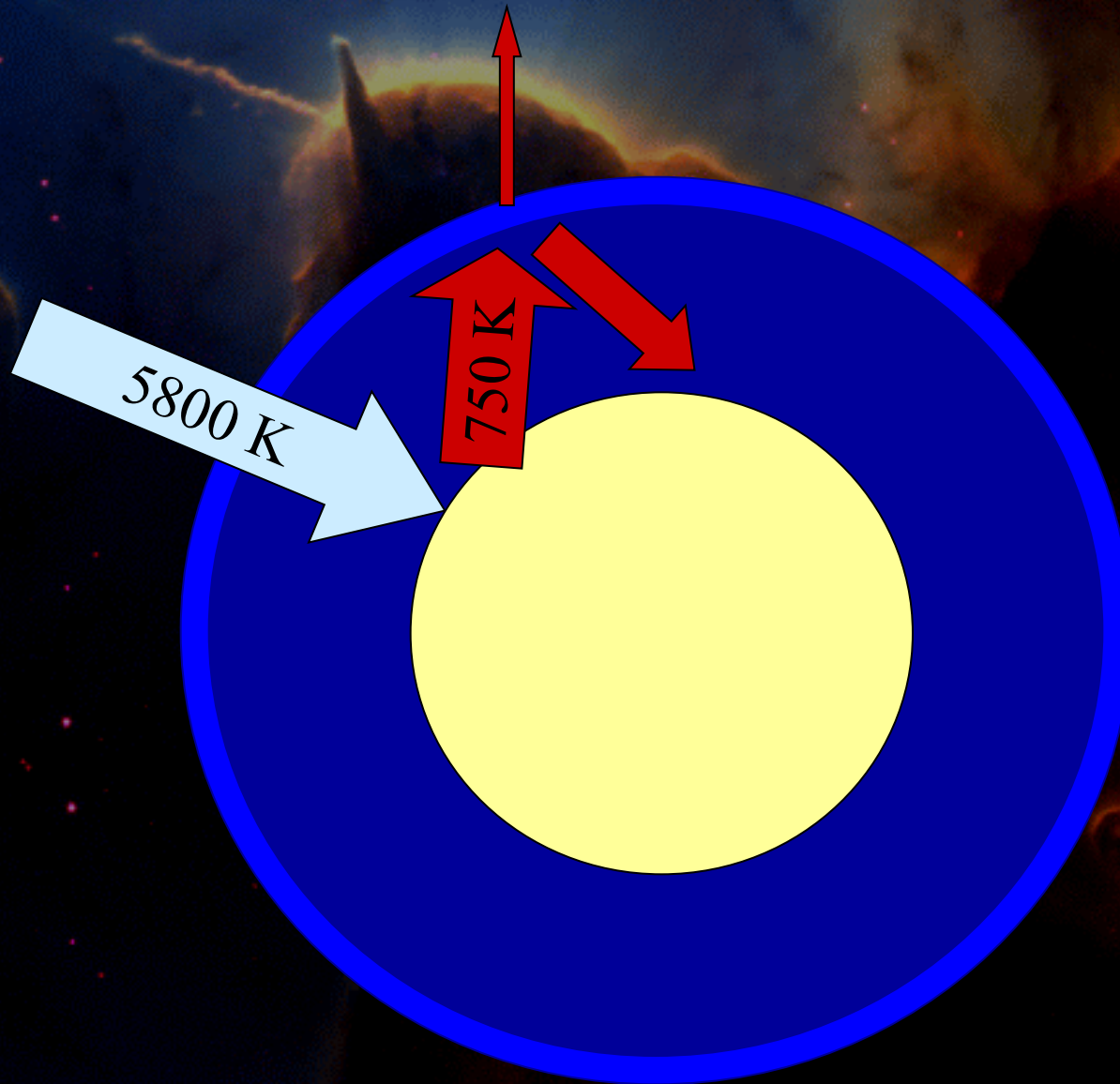


# Wenus - wnętrze

- Skorupa
  - 25-40 km
  - brak płyt
  - bazaltowa
- Płynny płaszcz
- Stałe jądro ??



# Wenus – efekt cieplarniany



• 07/04/2020

This is an astronomical image of a nebula, likely the Ring Nebula (M56), showing a complex structure of glowing gas and dust. The central region is bright and yellowish-white, surrounded by a ring of reddish-orange and blue-green filaments. The background is dark blue, with several bright stars visible, some showing diffraction spikes. A date stamp '• 07/04/2020' is overlaid in the upper left quadrant in a yellow font.

# Ziemia jako planeta

- Odległość od Słońca:  
149.6 mln km ( 1 AU)
- Masa:  $5.97 \times 10^{24}$  kg (1  $M_Z$ )
- Promień: 6371 km (1  $R_Z$ )
- Okres obrotu 1 doba
- Okres obiegu: 365.256 dób
- Temperatura: 10 °C
- Wiek: 4.5 mliliarda lat



# Ziemia jako planeta

- Powstanie
  - dysk protoplanetarny
  - planetozymale
  - kurczenie grawitacyjne
  - radioaktywność (obecnie – pod skorupą)
- Budowa wnętrza
  - jądro żelazowo-niklowe (wewnątrz stałe)
  - płaszcz (płynny)
  - skorupa, płyty tektoniczne

# Ziemia jako planeta

- Atmosfera
  - pierwotnie wodorowe
  - 78% azotu, 21% tlenu, 1% argon
  - troposfera (14 km), tropopauza(18 km), stratosfera(50km, ozon), mezosfera (90 km), termosfera, jonosfera (500-1000 km)
  - pole magnetyczne, pasy Van Allena
    - zorze polarne
  - refrakcja, ekstynkcja, seeing

# Zorza polarna





# Zorza polarna

@ Sébastien Gauthier

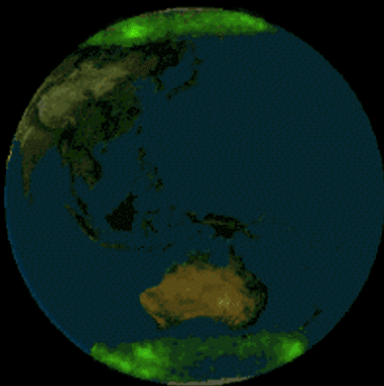
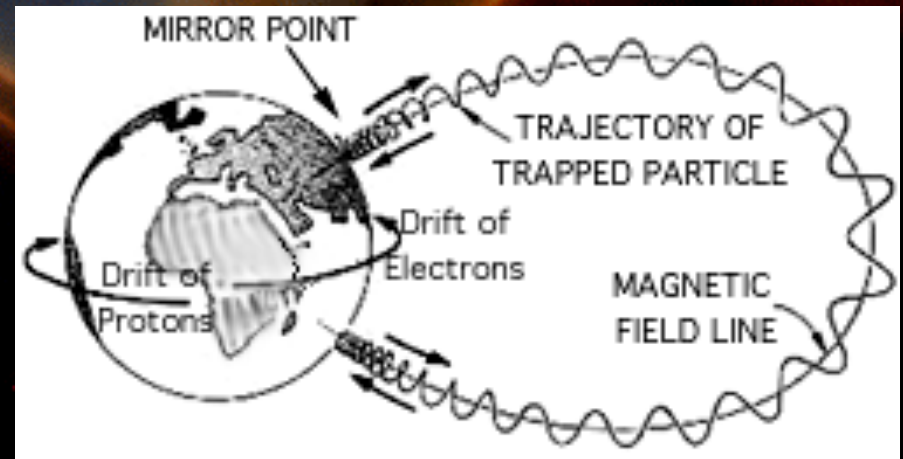


J. Curtis



# Zorza polarna

- Pasy Van Allena
  - wiatr słoneczny
  - elektrony i jony
  - pułapka magnetyczna
  - dryf – prąd – pole (1%)



NASA-Polar

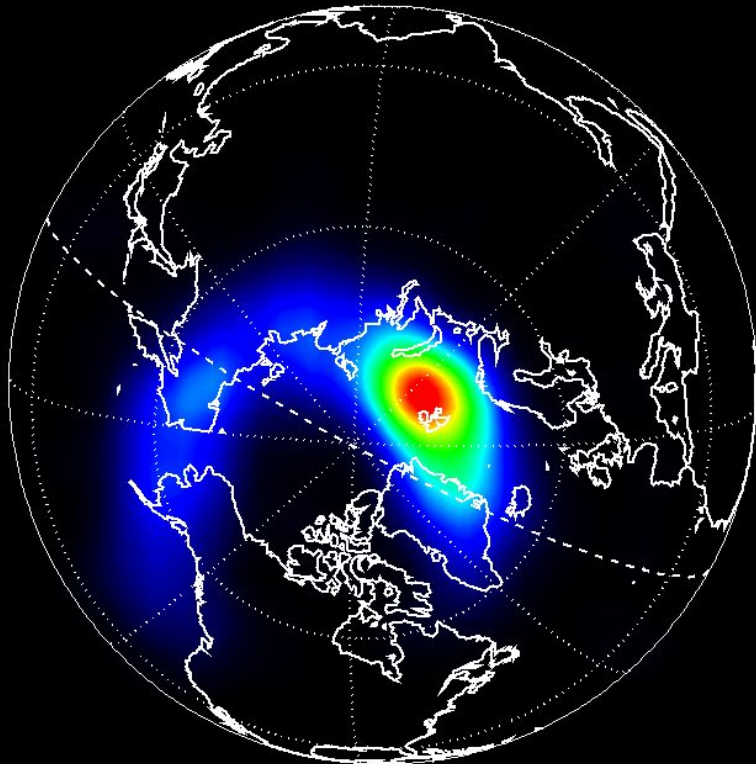


by Steele Hill

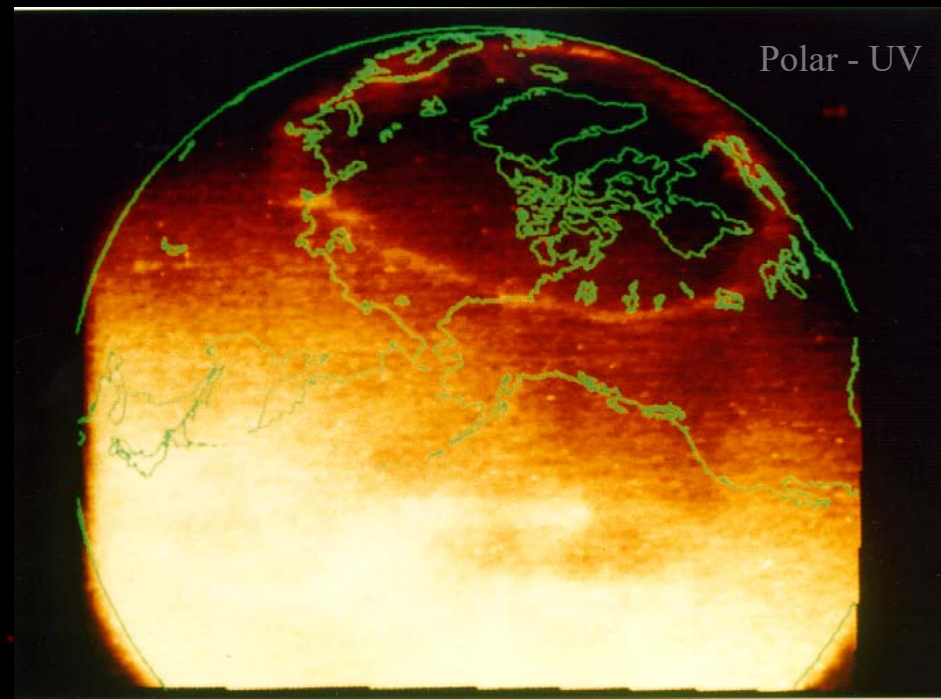
# Zorza polarna

## Global Image of the Aurora in X-rays

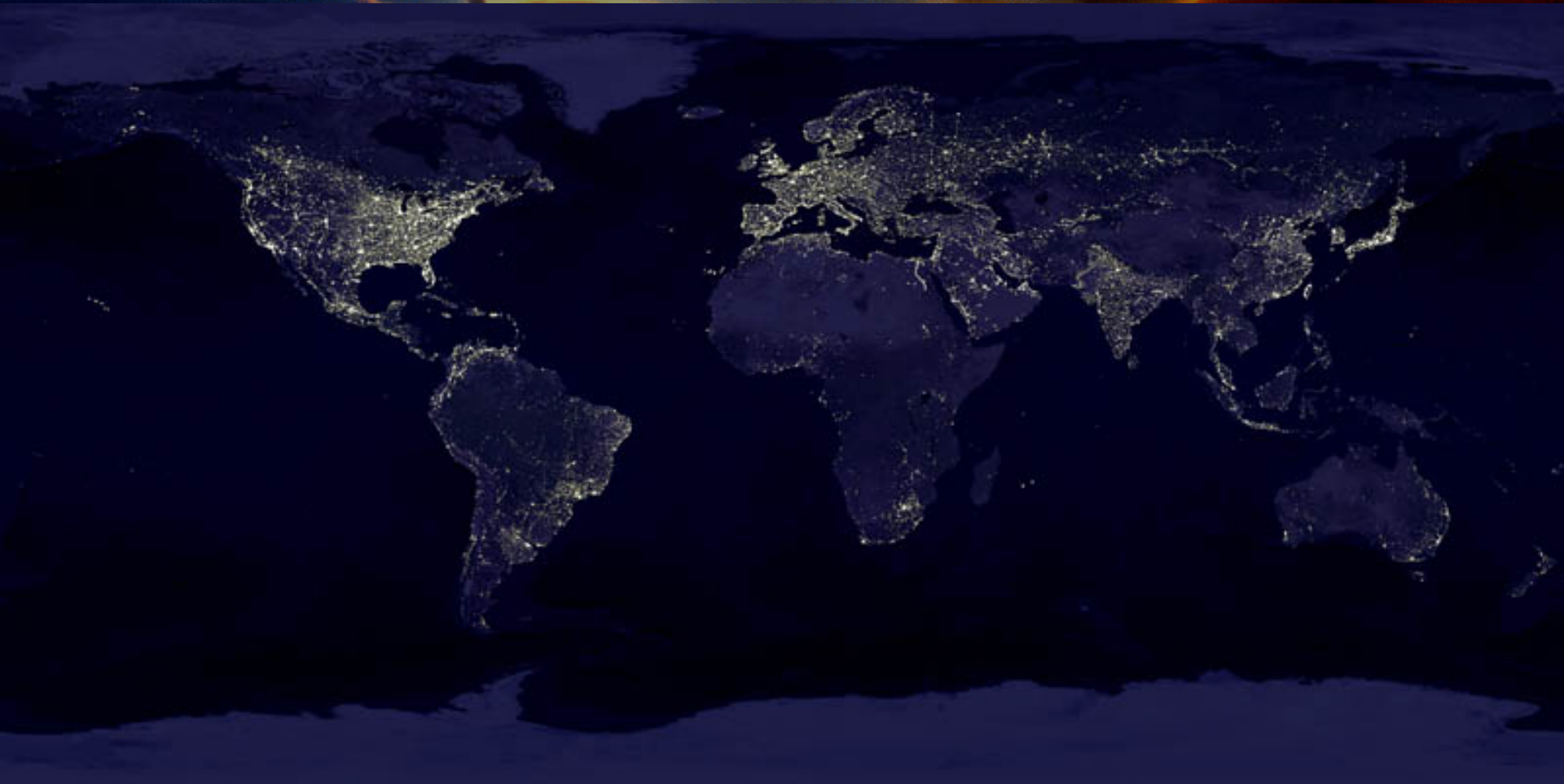
POLAR Ionospheric X-ray Imaging Experiment (PIXIE)



Observed on March 20, 1996 19:36 – 19:48 UT

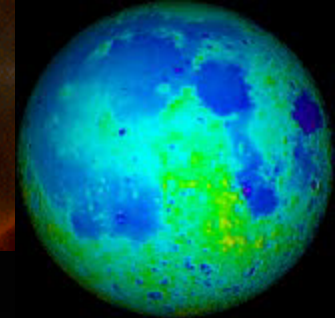


# Ochrona ciemnego nieba



Defense Meteorological Satellite

# Księżyc

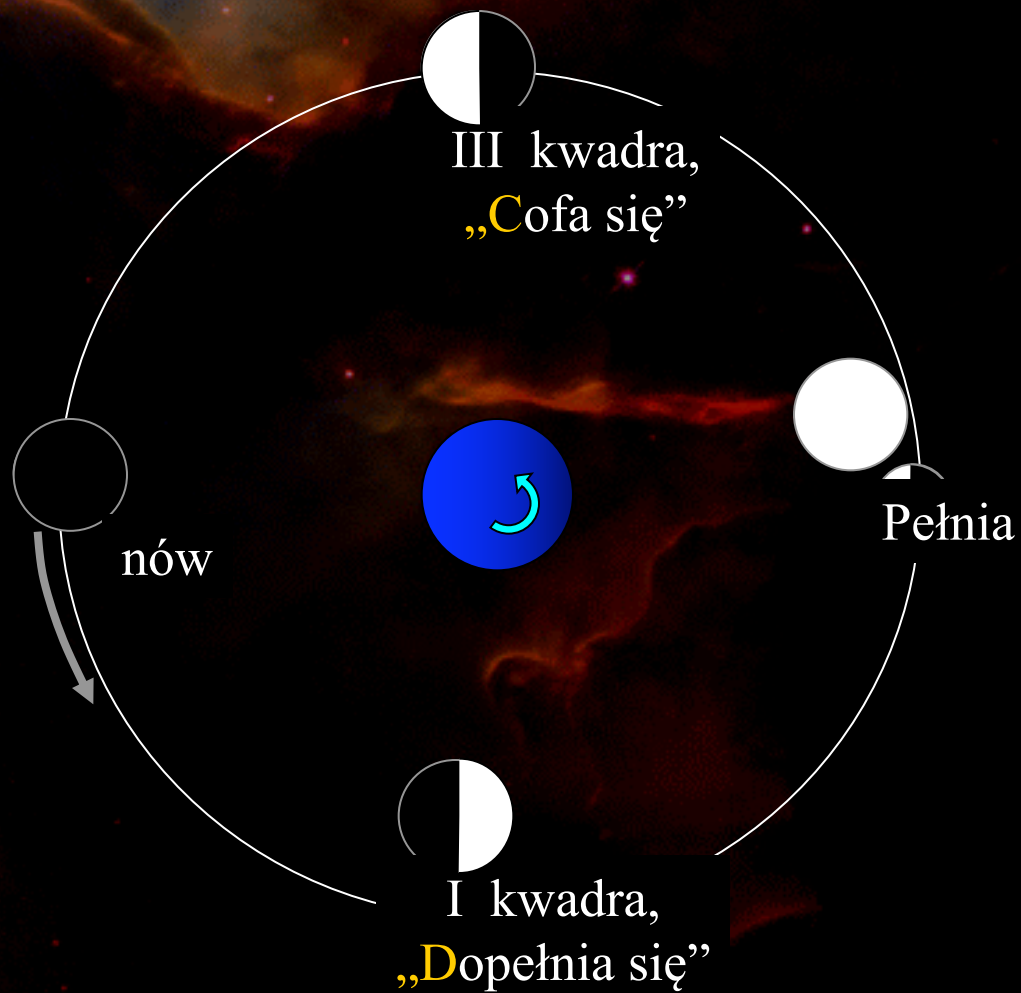


- Odległość od Ziemi:  
384 tys. km
- Masa:  $7.35 \times 10^{22}$  kg  
( $1/81 M_Z$ )
- Promień: 1737 km
- Wiek: 4.6 mld lat  
(morza – 3.1 mld)
- Średnia gęstość:  
 $3.35 \text{ g/cm}^3$

# Lunacja księżycowa

lunacja – okres od nowiu do nowiu

# Księżyc - fazy



# Libracja

- w sumie 59% powierzchni

2007 Apr 3 08:50:54 UT

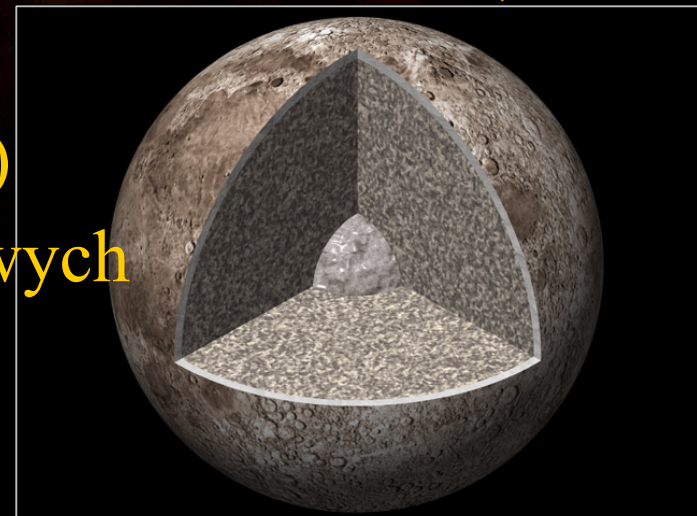


libracja – wahanie, ważenie (od łac. libra)



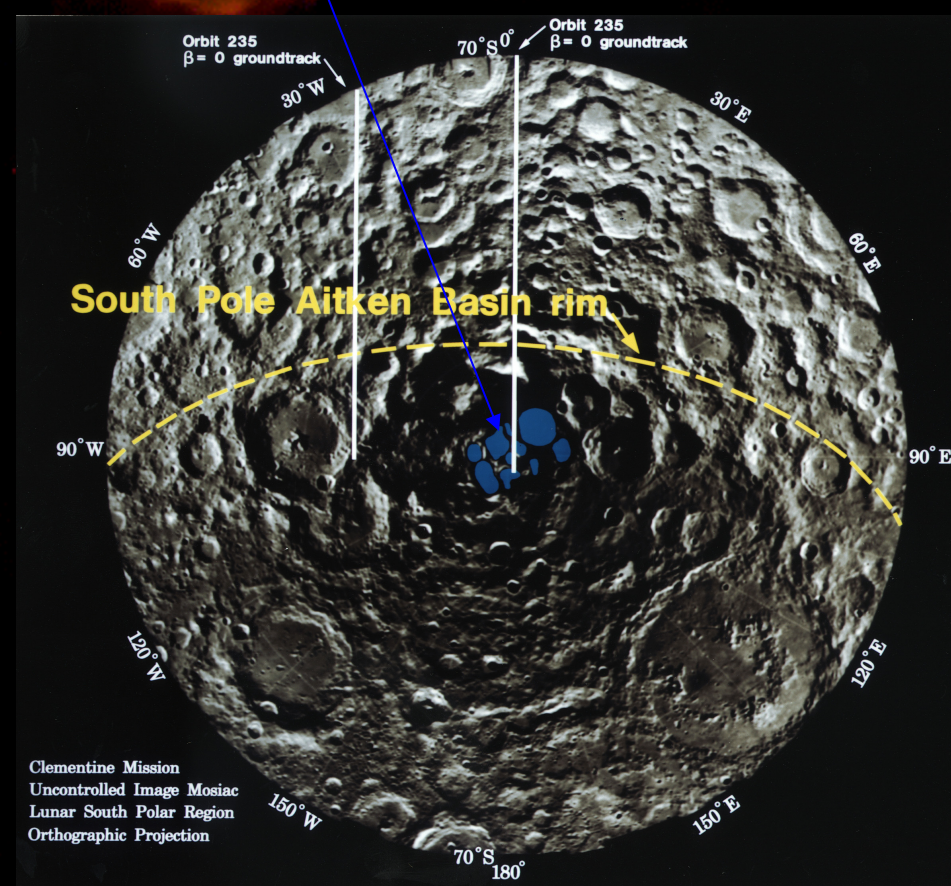
# Księżyc - budowa

- Niewielkie jądro 2-4% masy (Ziemia)
- Płaszcz (stały, brak pola magnetycznego)
- Skorupa (miałki regolit na powierzchni)
- morza (półkula niewidoczna ich nie ma)
- kratery (góry pierścieniowe), góry centralne
- uskoki, rozpadliny, grzbiety ( $D < 300$  km,  $H < 8$  km)
- Brak atmosfery
- Temperatura ( $-130^{\circ}\text{C}$  do  $+110^{\circ}\text{C}$ )
- Woda na dnie kraterów biegunowych



# Księżyc – biegun południowy

- Sonda Clementine
  - woda na dnie kraterów biegunowych



# Człowiek na Księżycu - Apollo 11-17



# Księżyc – hipotezy powstania

- Przechwycenie
  - wątpliwe: podobny skład chemiczny
  - wymaga oddziaływania trójciałowego
- Wspólne powstanie
  - ale: jądro zawiera 4% masy (Ziemia – 30%)
- Oderwanie od Ziemi (Hartman, 1974)
  - skład mineralny skorupy – podobny
  - zderzenie z obiektem o rozmiarach Marsa
  - kiedy jądro Ziemi było już uformowane

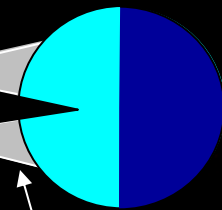
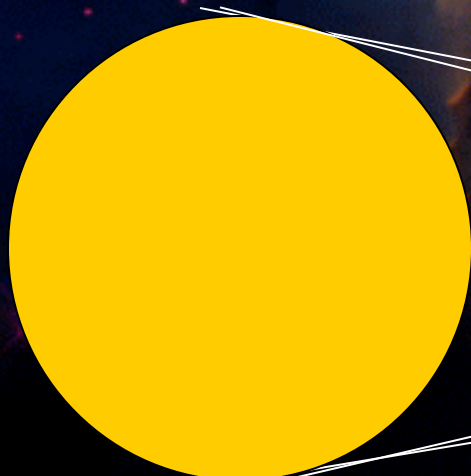


# Zaćmienie Słońca

Słońce

Księżyc

Ziemia



cień

półcień



# Całkowite zaćmienie Słońca

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



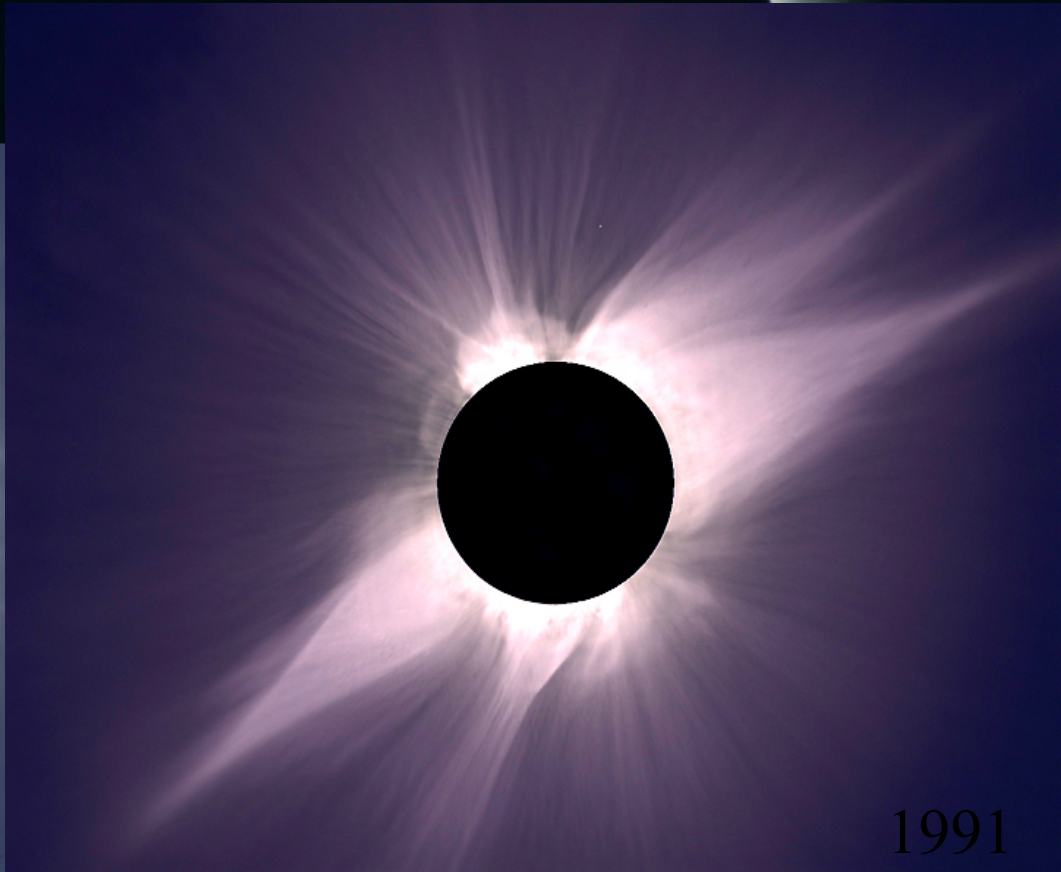
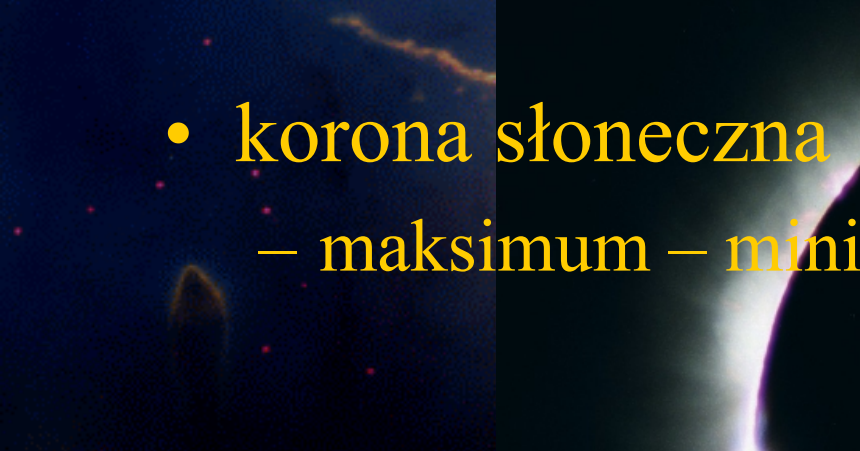
# Całkowite zaćmienie Słońca

- 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](http://www.MrEclipse.com)

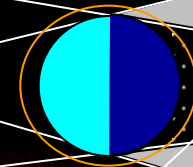
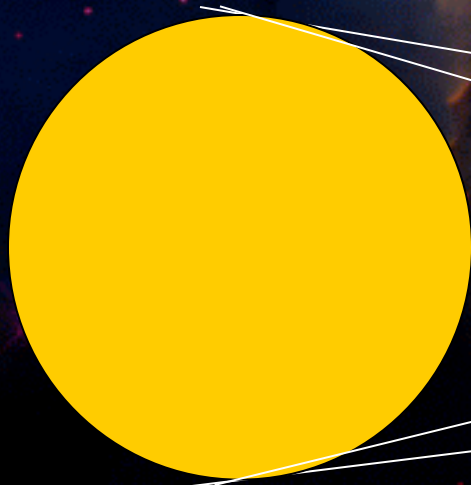
# Zaćmienie obraczkowe



# Zaćmienie Księżyca

Słońce

Ziemia Księżyc



cień

półcień

światło ugięte



# Całkowite zaćmienie Księżyca

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

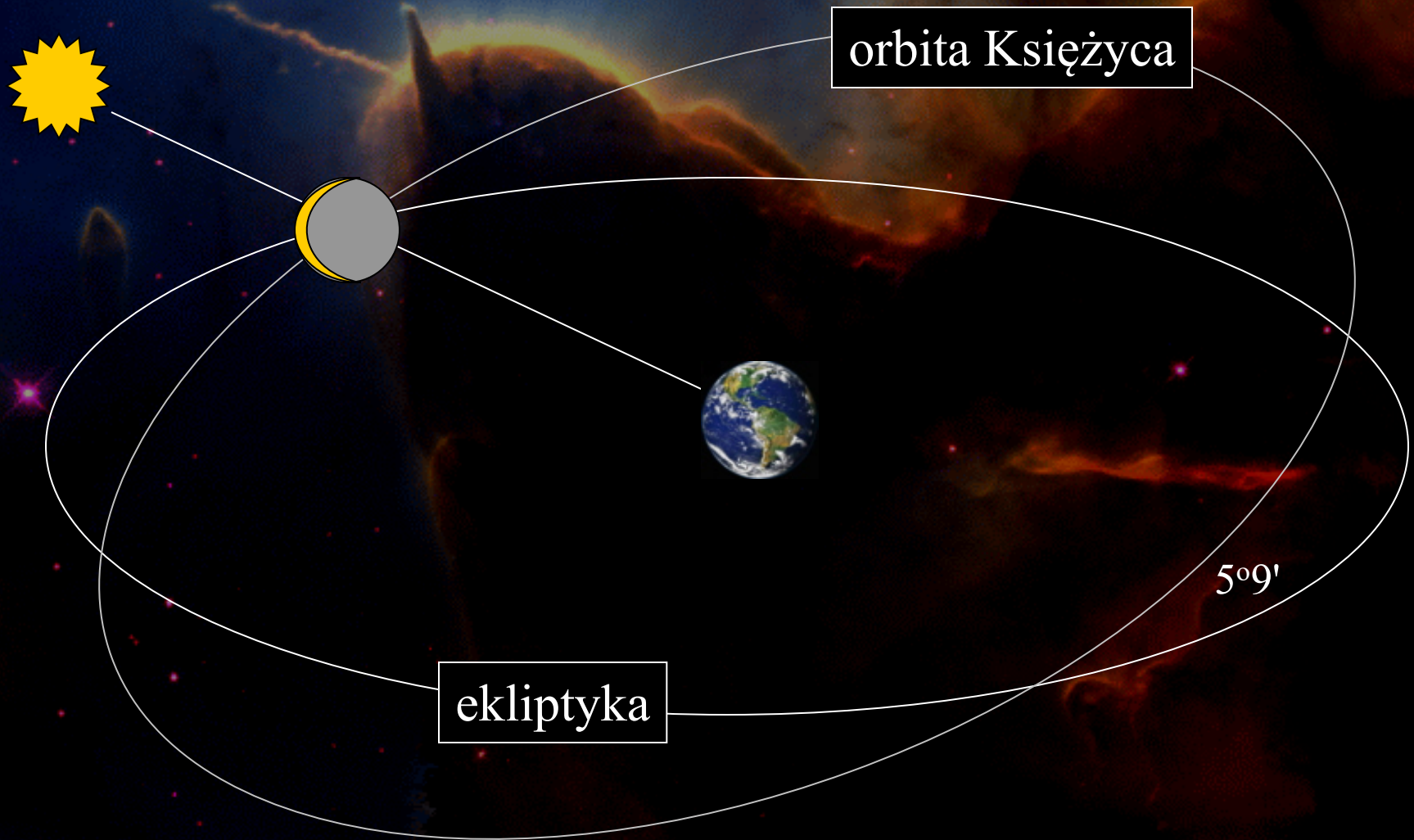


# Zaćmienie Księżyca ...

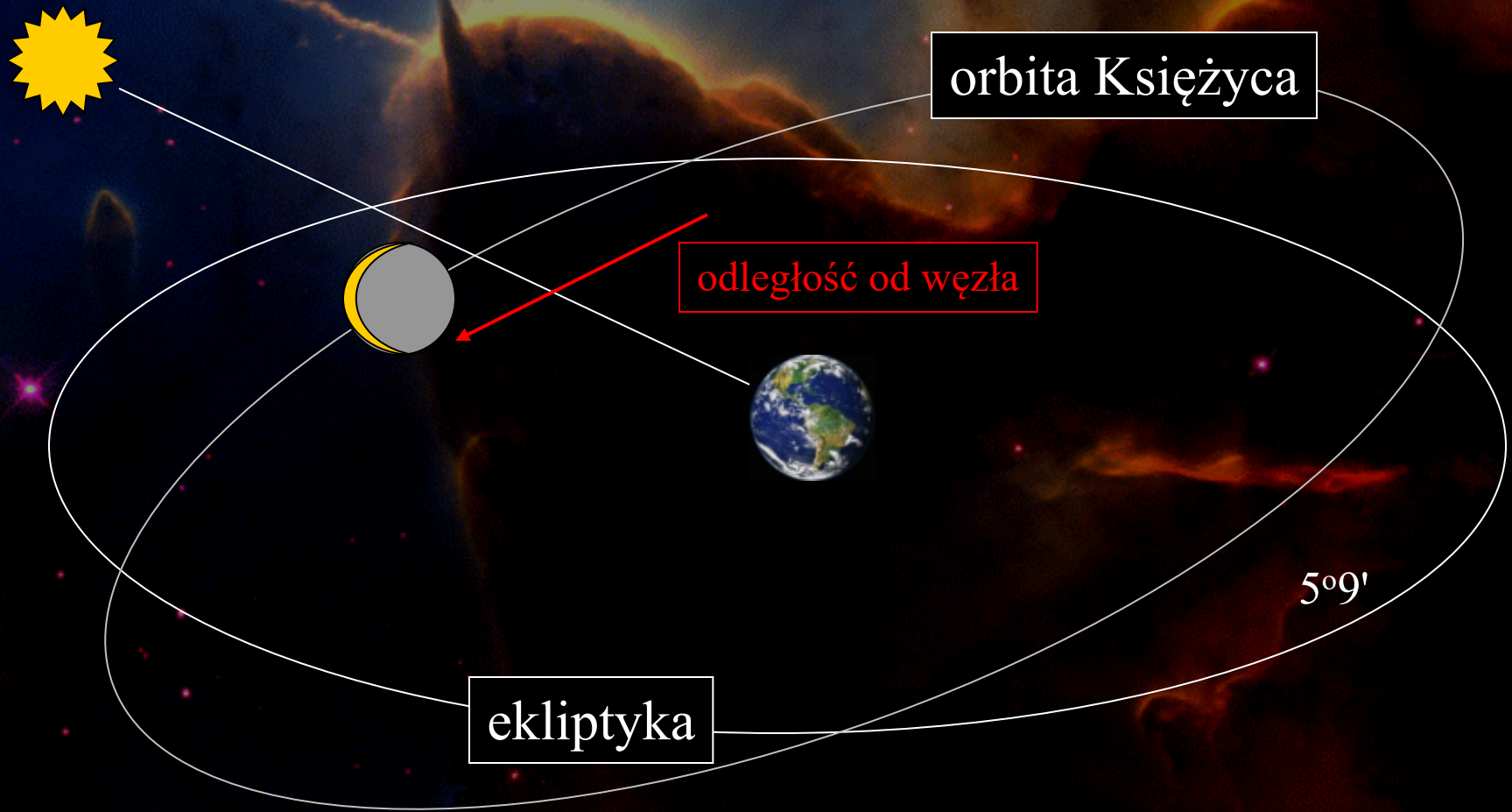


Apollo

# 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

# Pływy (przyprływy i odpływy)

- Siły przyprływowe

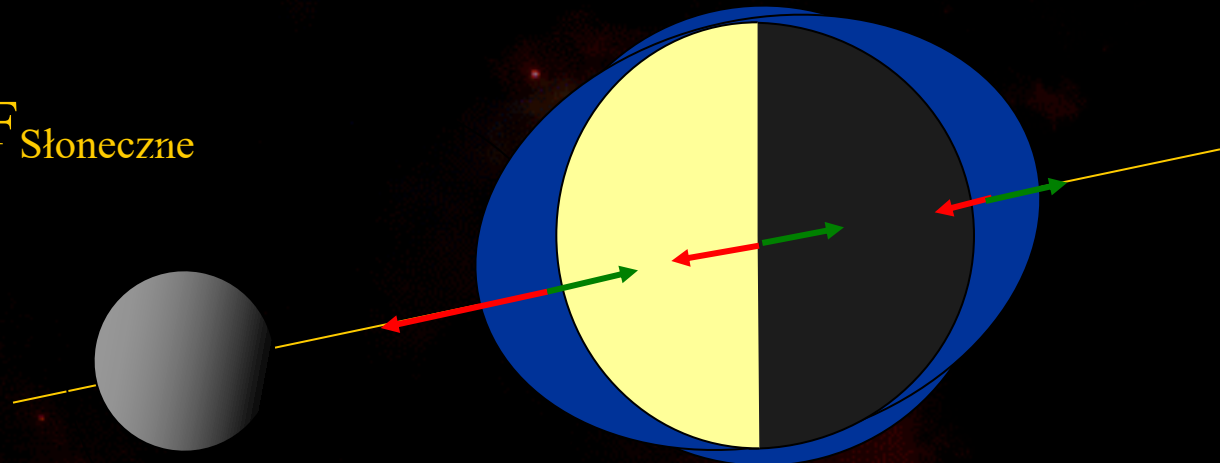
- $F \sim M/r^3$

- Pływy

- księżycowe

- słoneczne

$$F_{\text{Księżycowe}} = 2.18 F_{\text{Słoneczne}}$$

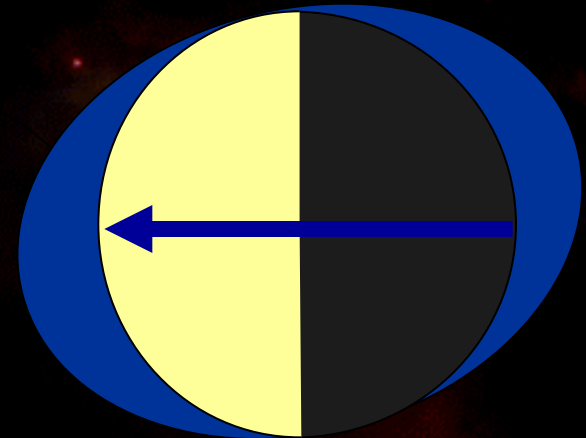
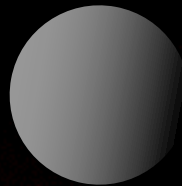


Księżyc

Ziemia

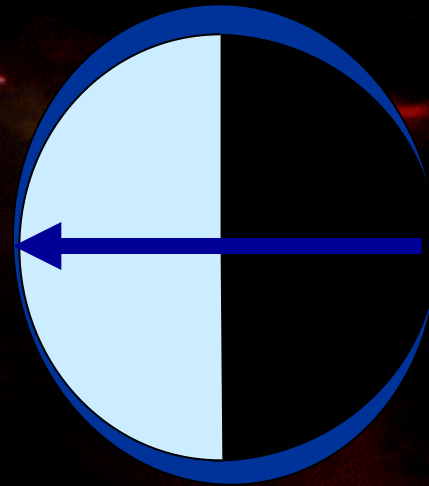
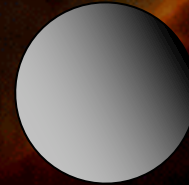
# Pływy

- Zmiany w cyklu miesięcznym:
- największe
  - nów, pełnia  
(pływy syzygijne)



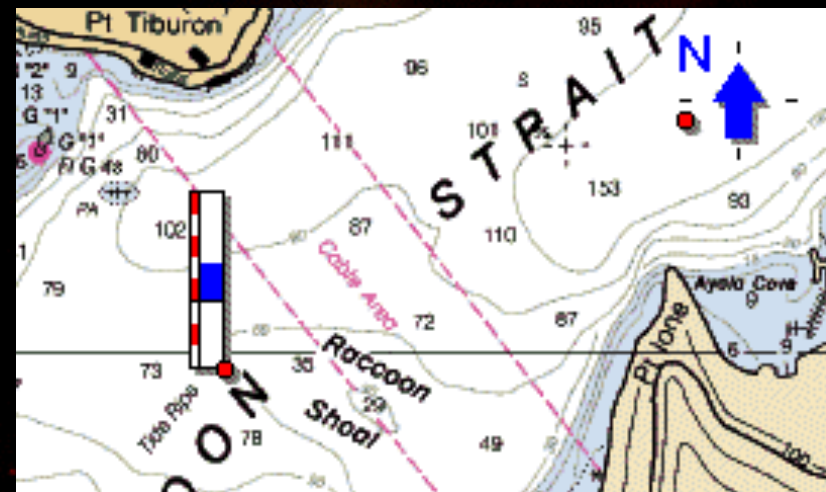
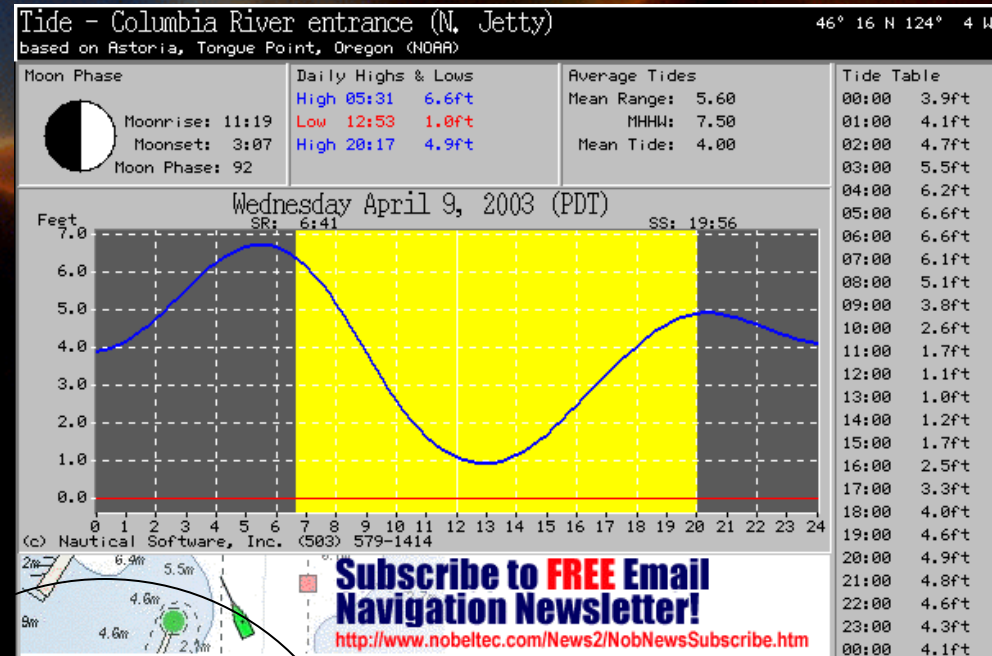
# Pływy

- Zmiany w cyklu miesięcznym:
- najmniejsze:
  - I i III kwadra
  - kwadraturowe



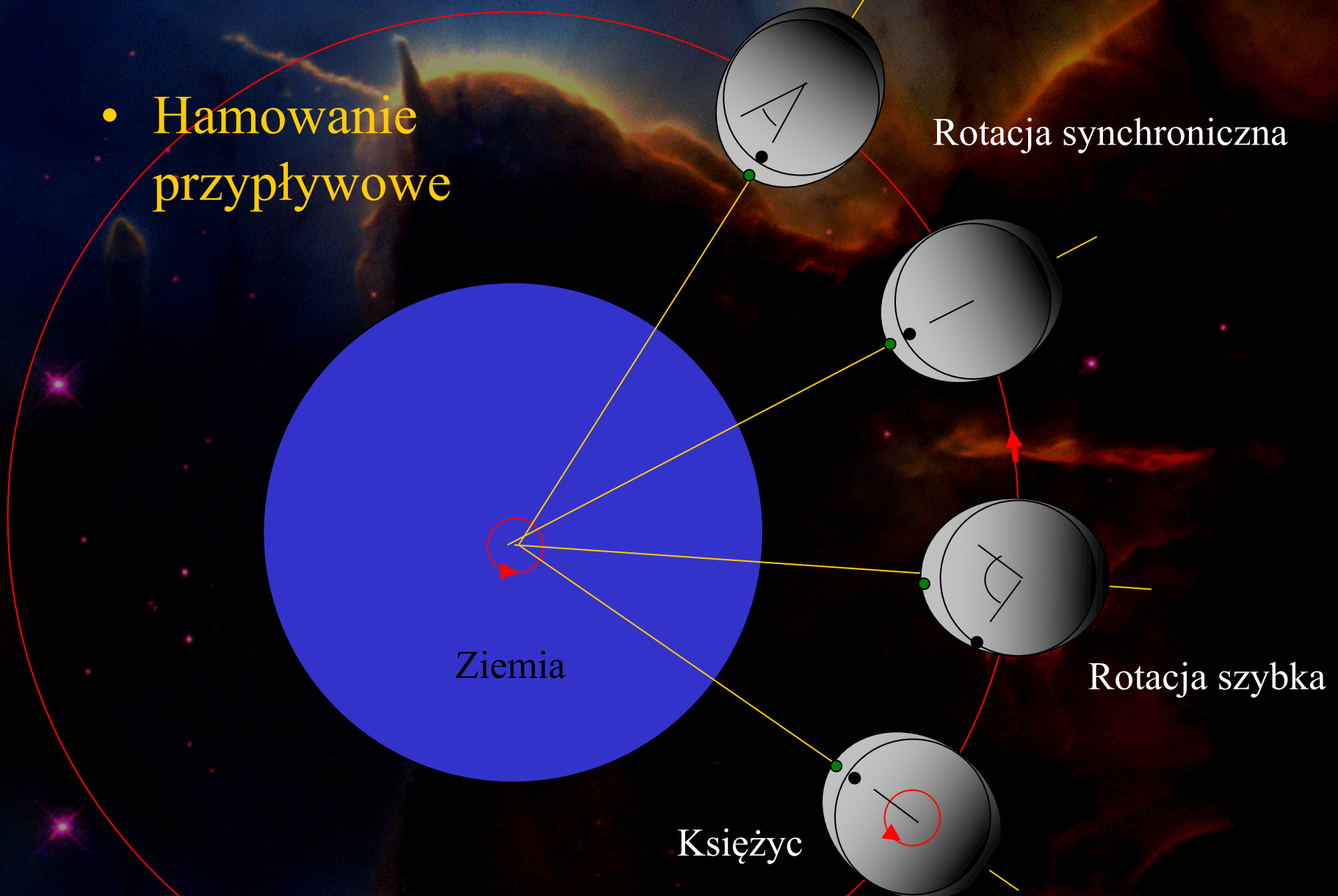
# Pływy

- Wysokość pływów
  - ocean: 0.5-1 m
  - cieśniny: 15-20 m
  - Bałtyk: 2 cm
  - skorupa Ziemi: 15 cm
- Prądy pływowe



# Synchronizacja rotacji Księżyca

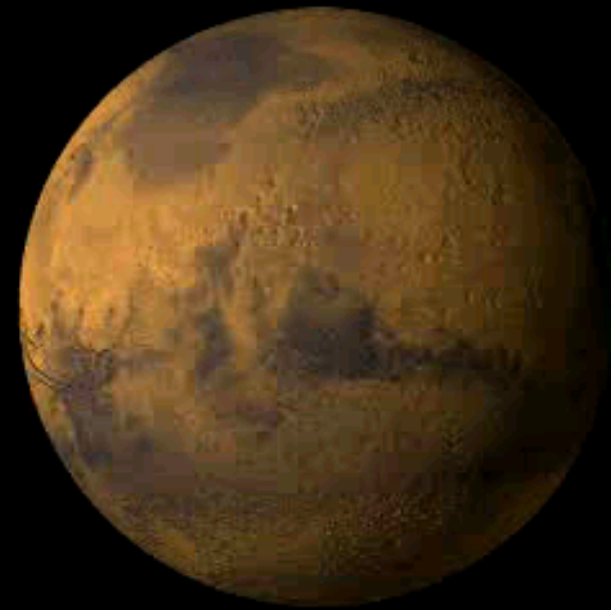
- Hamowanie przyływowe



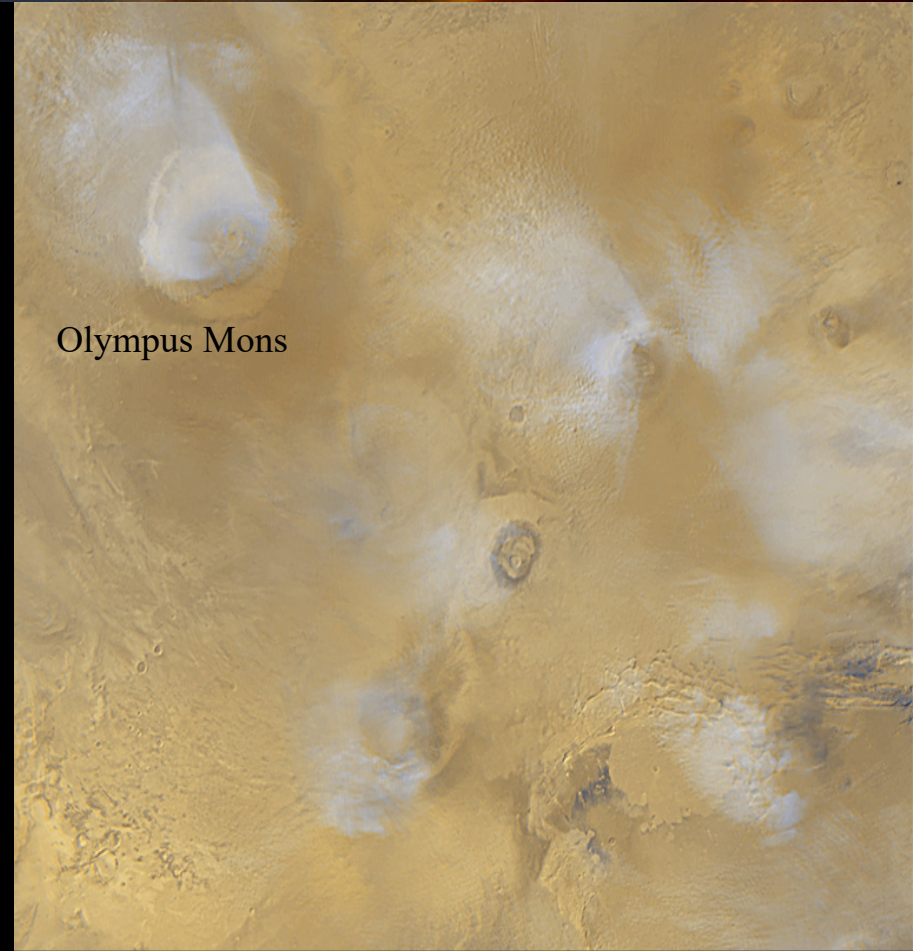


# Mars

- Odległość od Słońca:  
227 mln km ( 1.52 AU)
- Masa:  $6.4 \times 10^{23}$  kg (0.11  $M_Z$ )
- Promień: 3388 km (0.53  $R_Z$ )
- Okres obrotu 24 h 37 m
- Okres obiegu: 1.88 roku
- Temperatura: 0°C do -100°C, zmiany sezonowe
- Rzadka atmosfera 70 mm Hg:
  - głównie CO<sub>2</sub>, woda
- Skorupa zawiera krzem, związki żelaza, siarkę

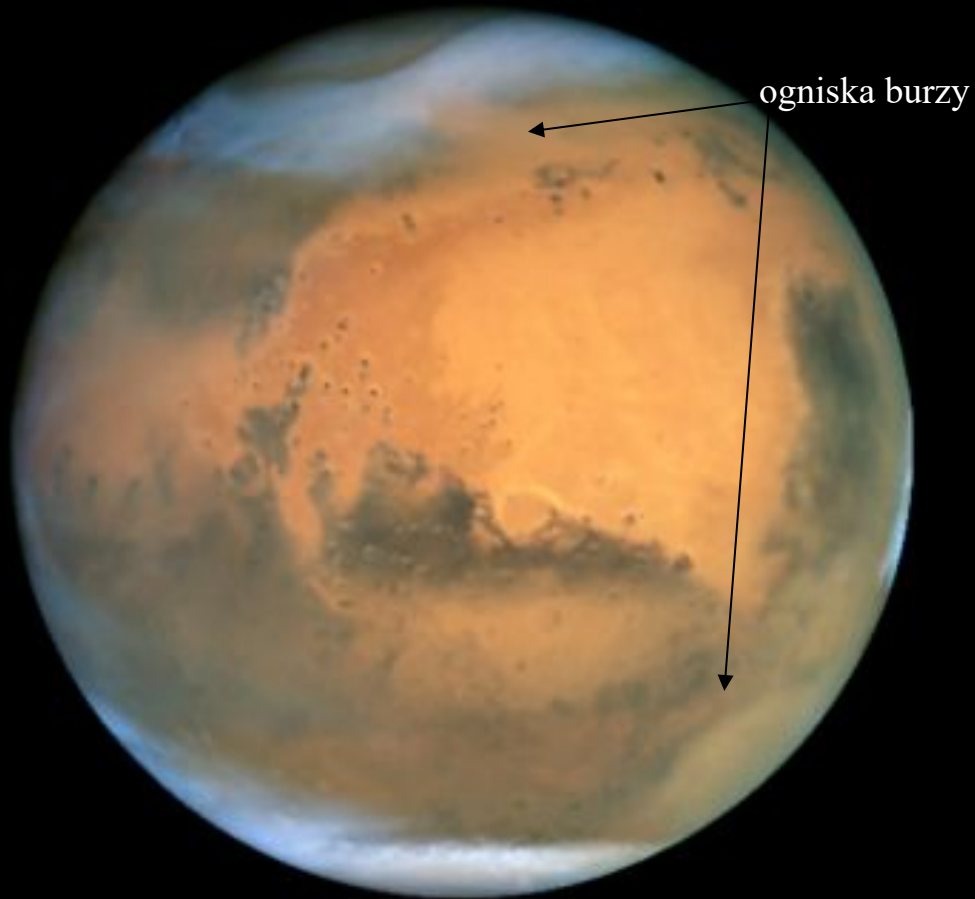


# Mars - chmury

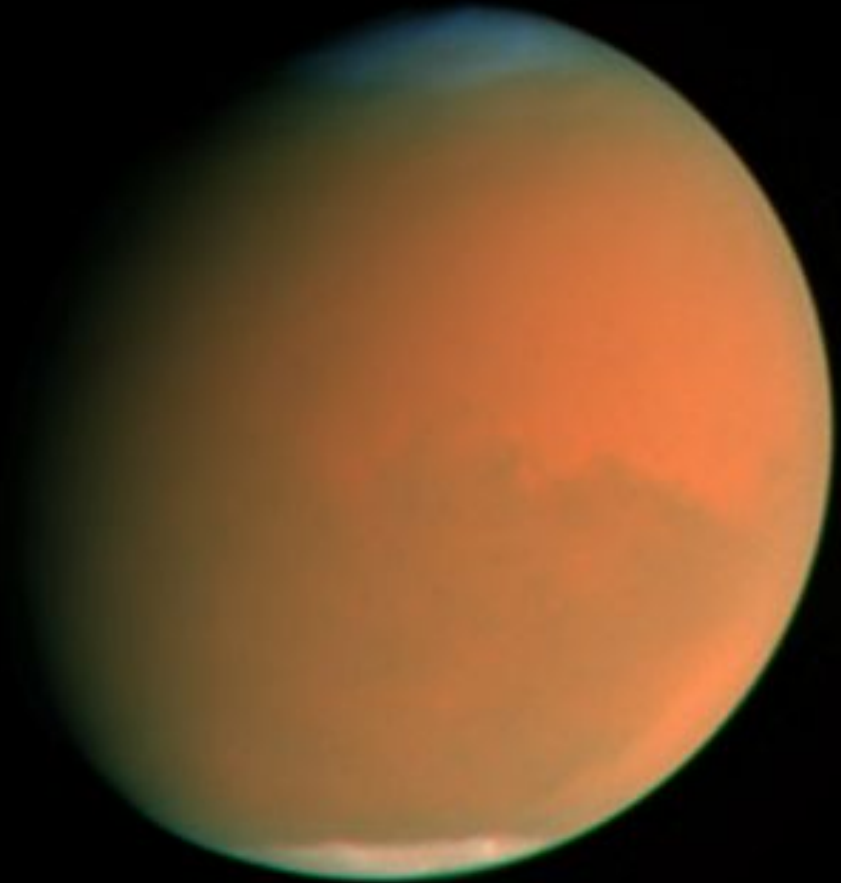


MOC2-134a Malin Space Science Systems/NASA

# Mars – burze pyłowe



June 26, 2001



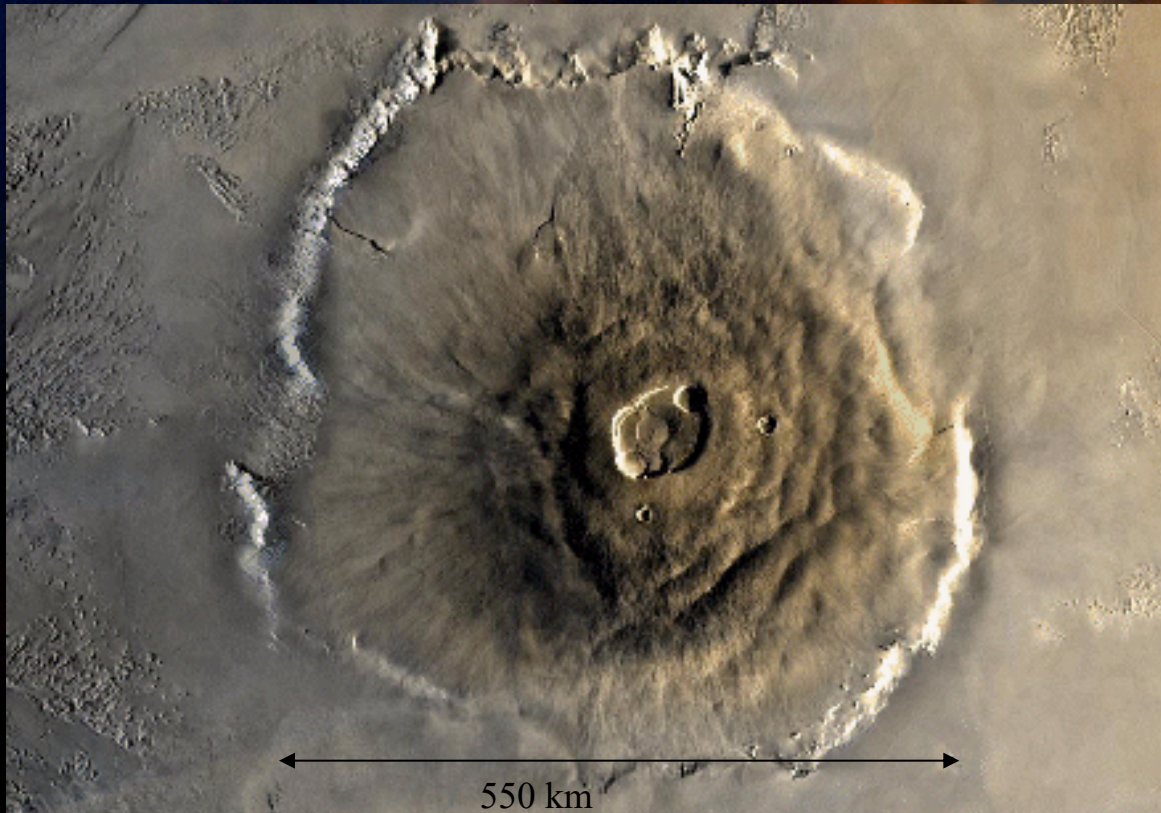
September 4, 2001

HST

# Mars

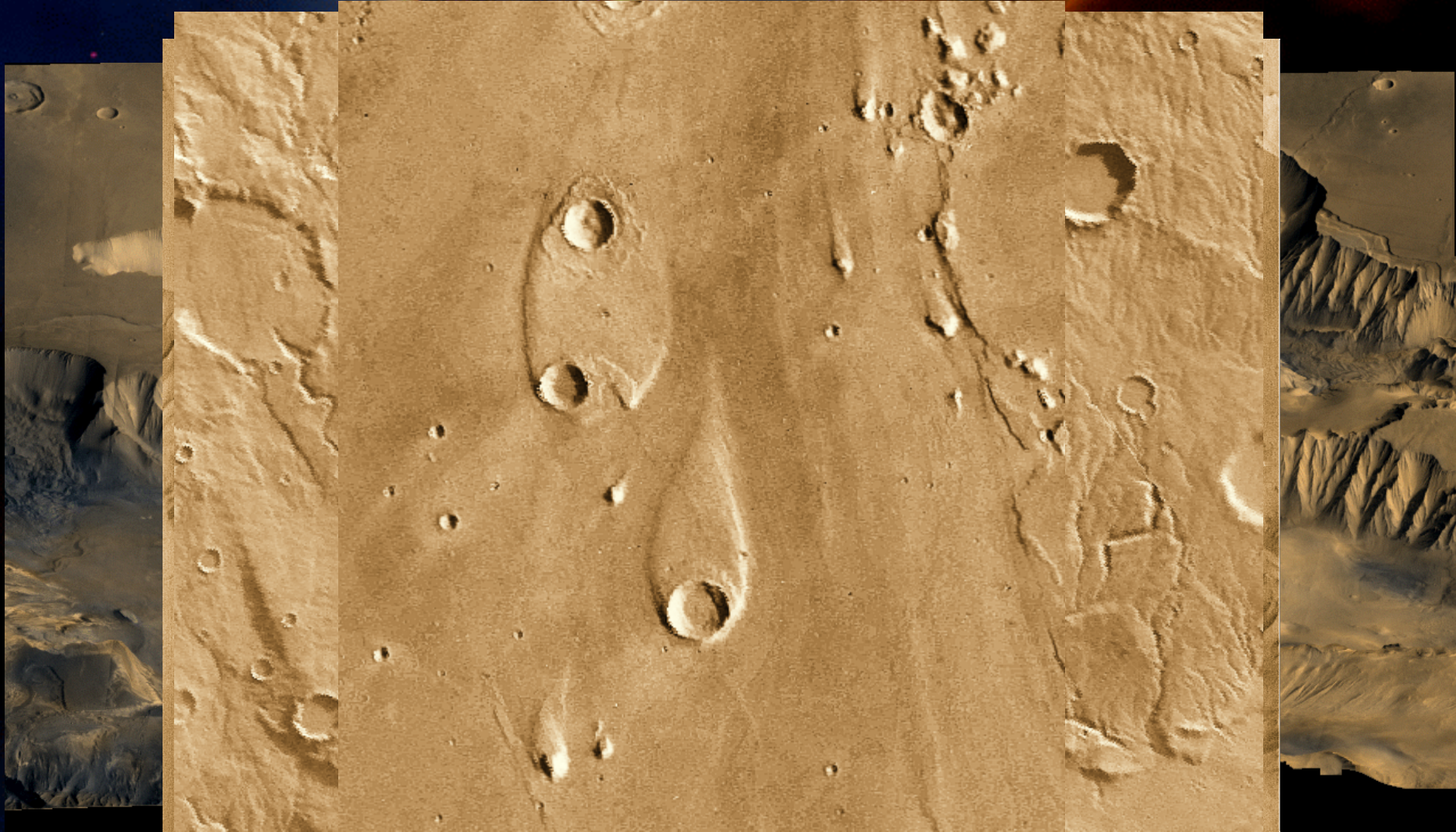
- ‘marso’logia (planetologia)
  - góry – Olympus Mons – 24 km
  - kanały Shiaparelliego – fałszywe
  - doliny rzek (suche)
  - czapy polarne (głównie zestalone CO<sub>2</sub>)
  - księżyce – Fobos i Deimos (Strach i Groza)
  - badania Vikingów, Pathfinder, Mars Global Orbiter
  - Spirit, Opportunity: 2004

# Mars – Olympus Mons



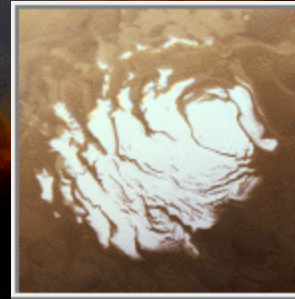
# Mars

- Rzeźba – tektonika, erozja, wulkanizm

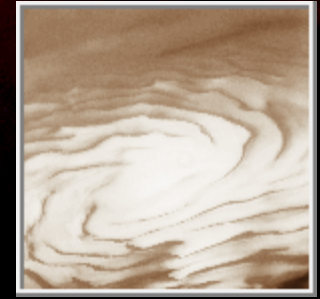


# Mars – czapy polarne

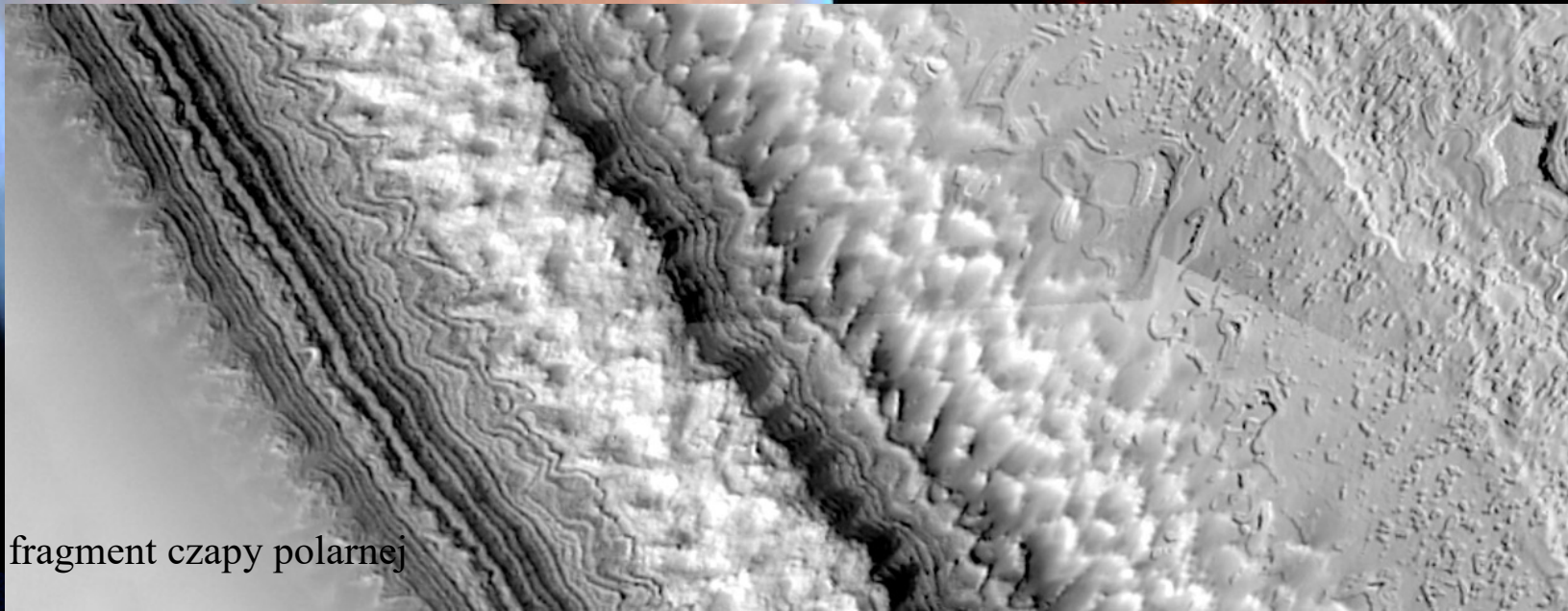
wiosna



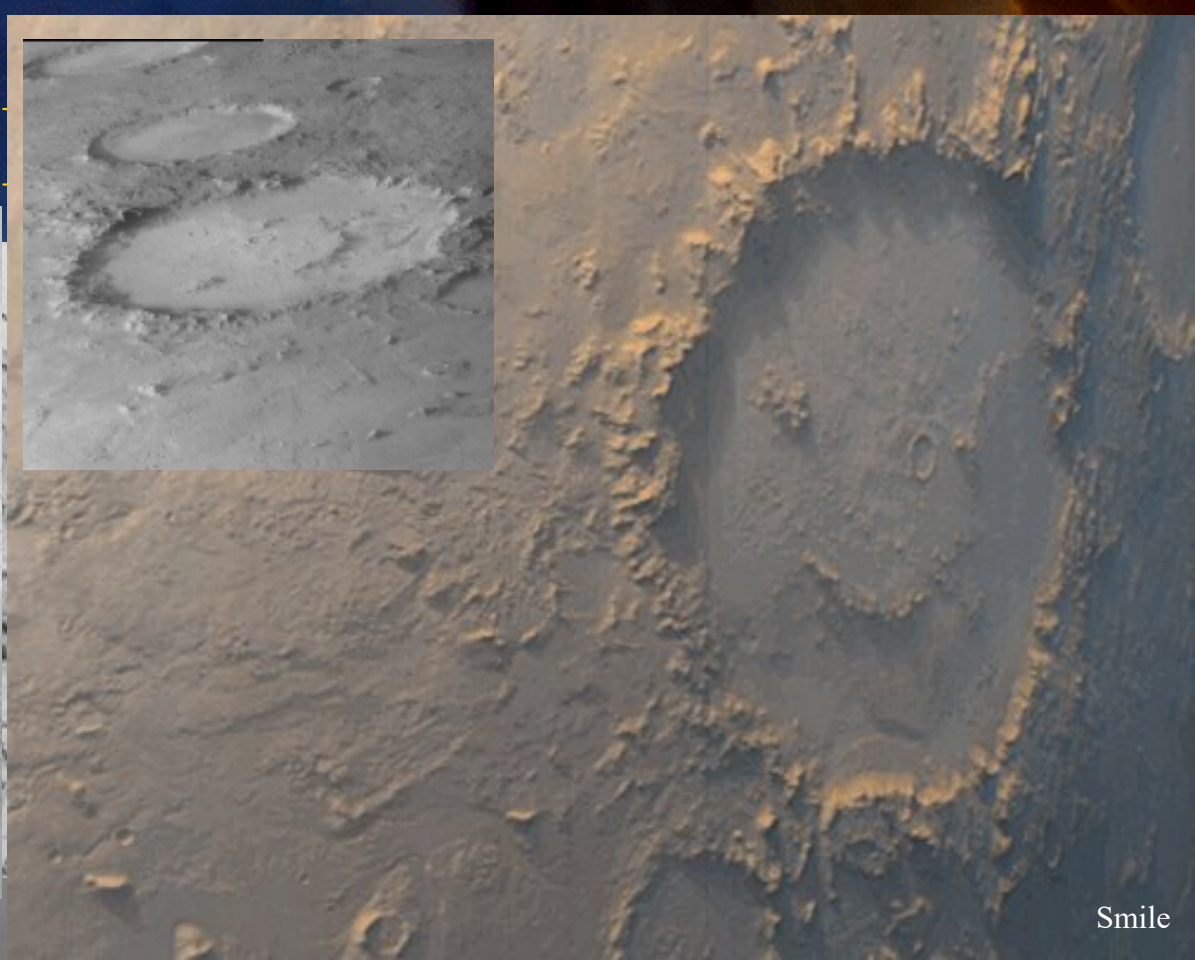
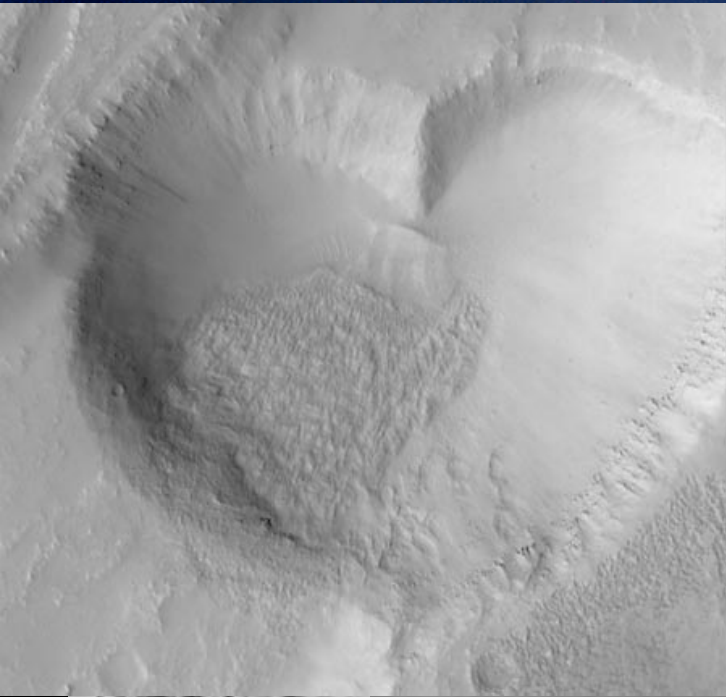
południowa - CO<sub>2</sub>



północna - H<sub>2</sub>O



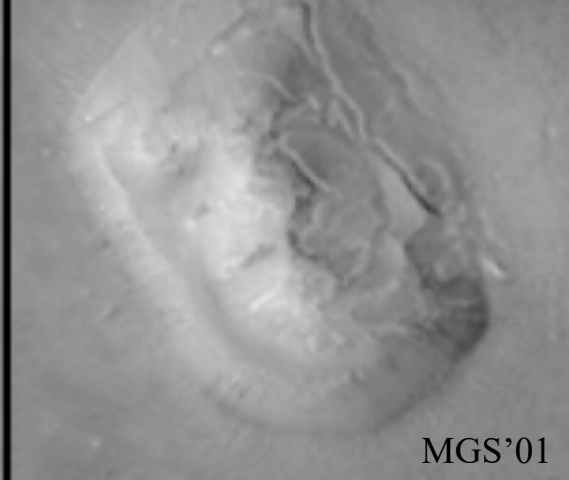
fragment czapy polarnej



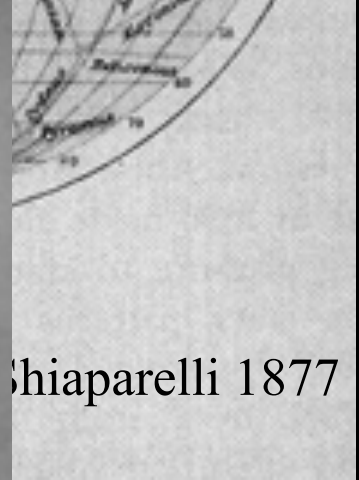
Smile



Viking'76



MGS'01



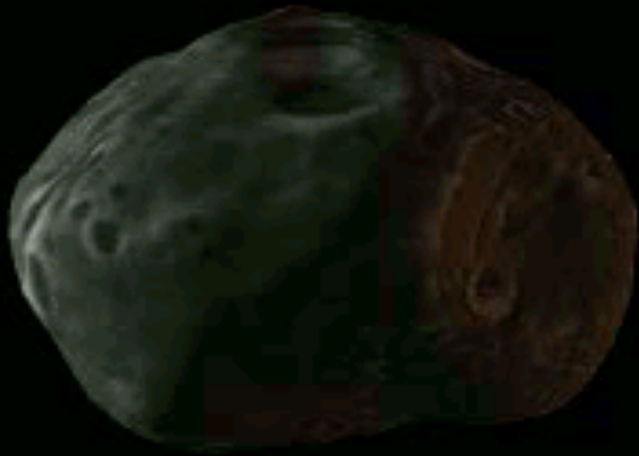
Schiaparelli 1877



# Phobos i Deimos

- $10^{16}$  kg, 13.5x9.5 km

- $2 \times 10^{15}$  kg, 7.5x5.5 km

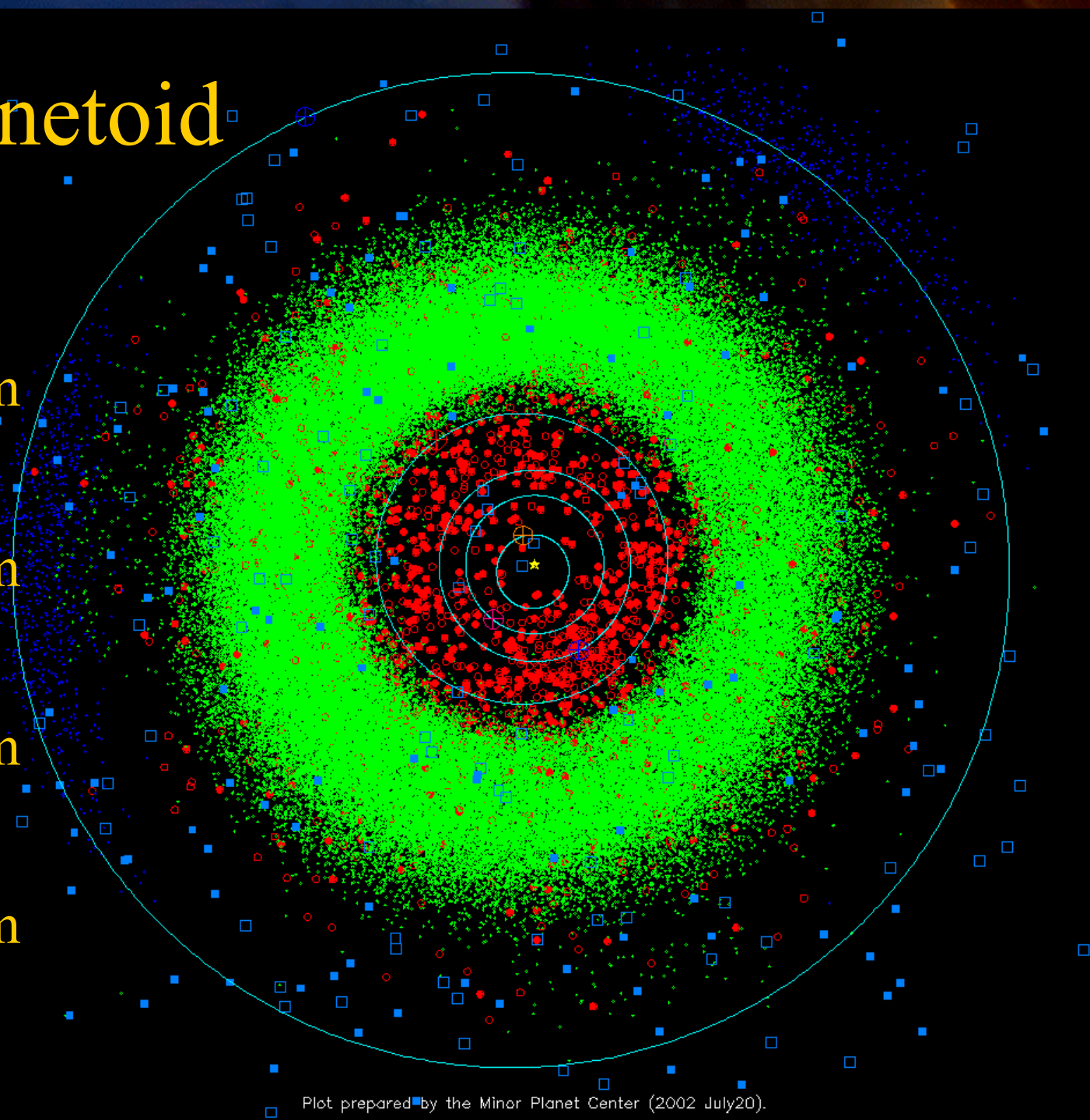


# Pas planetoid

- Odległość od Słońca: 2.4 – 2.8 AU
- Masy  $< 0.0001 M_Z$
- Promień: 1 - 1000 km
- Okres obrotu: godziny, dni
- Okres obiegu: 3.5 – 4.5 lat
- Znamy obecnie kilkaset tysięcy
- Planteoidy
  - wewnętrzne
  - zewnętrzne
  - jowiszowe (Trojańczycy i Grecy)

# Pas planetoid

- Ceres  
– 920 km
- Pallas  
– 520 km
- Westa  
– 520 km
- Juno  
– 193 km



# Galileo '91

- 951 Gaspra



# Galileo '91

- Ida i Daktyl



# Near-Earth Asteroid Rendezvous '97

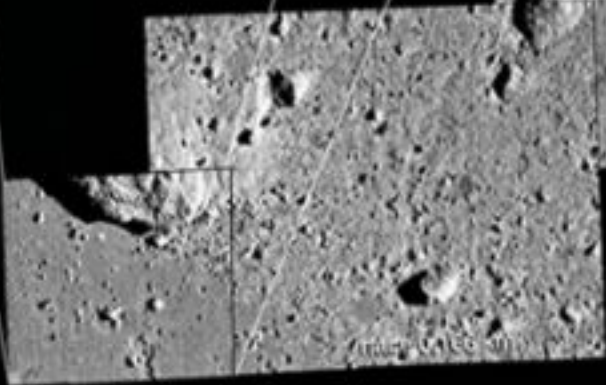
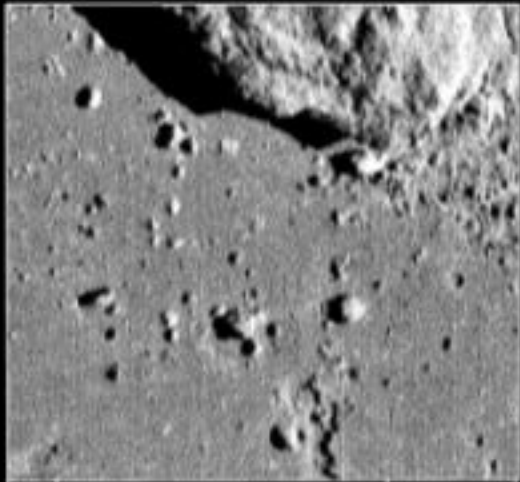
- 253 - Mathilde



# Eros widziany z NEAR



# 433 Eros (NEAR '97 - '01)



**BEFORE TOUCH-DOWN**



# Jowisz

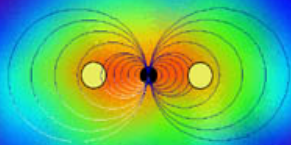
- Odległość od Słońca: 778 mln km ( 5.2 AU)
- Masa:  $1.9 \times 10^{27}$  kg (317  $M_Z$ )
- Promień: 70070 km (11  $R_Z$ )
- Okres obrotu 9 h 50 m
- Okres obiegu: 11.86 roku
- Średnia gęstość:  $1.3 \text{ g/cm}^3$
- Temperatura centralna: 10 – 30 tys K.
  - kontrakcja grawitacyjna
- Glob gazowy: 85% H, 15% He,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$
- Jądro krzemianowo-żelazowe
- Otoczka z zestalonego wodoru ( 4 Mbar)
- Konwekcja we wnętrzu



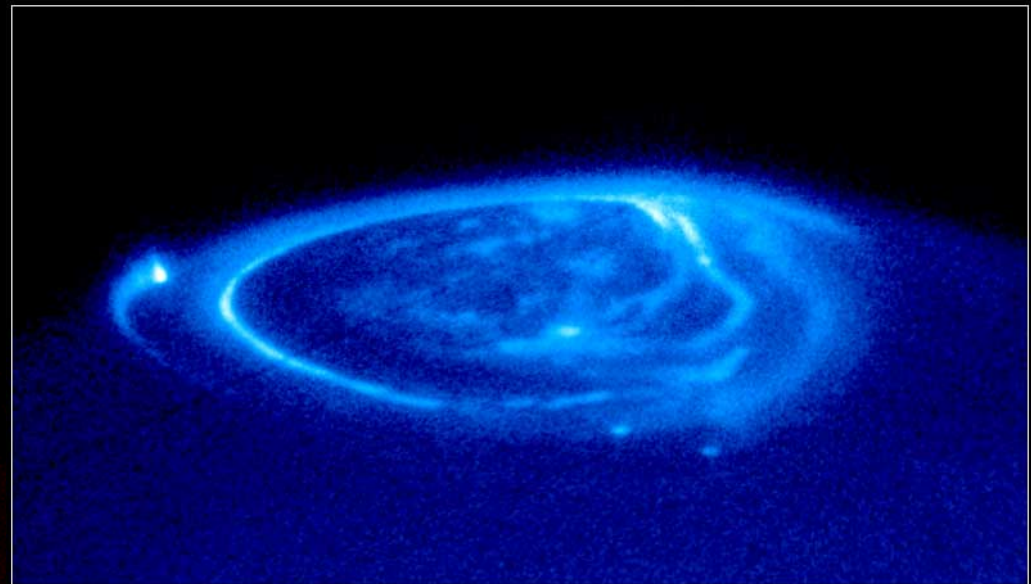
- 
- <https://www.youtube.com/watch?v=2ApO80YNSdw>

# Jowisz

- Silne pole magnetyczne (magnetosfera)
- Chmury (pasy), cyklony (czerwona plama)
- Rotacja różniczkowa (najwolniej na biegunach)
- Torus gazowy Io



spektrometr sondy Cassini



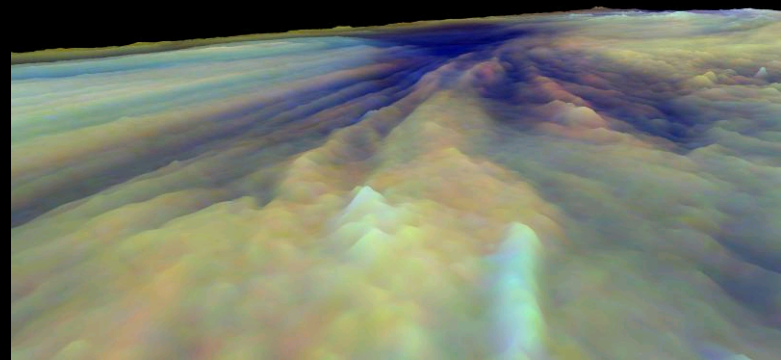
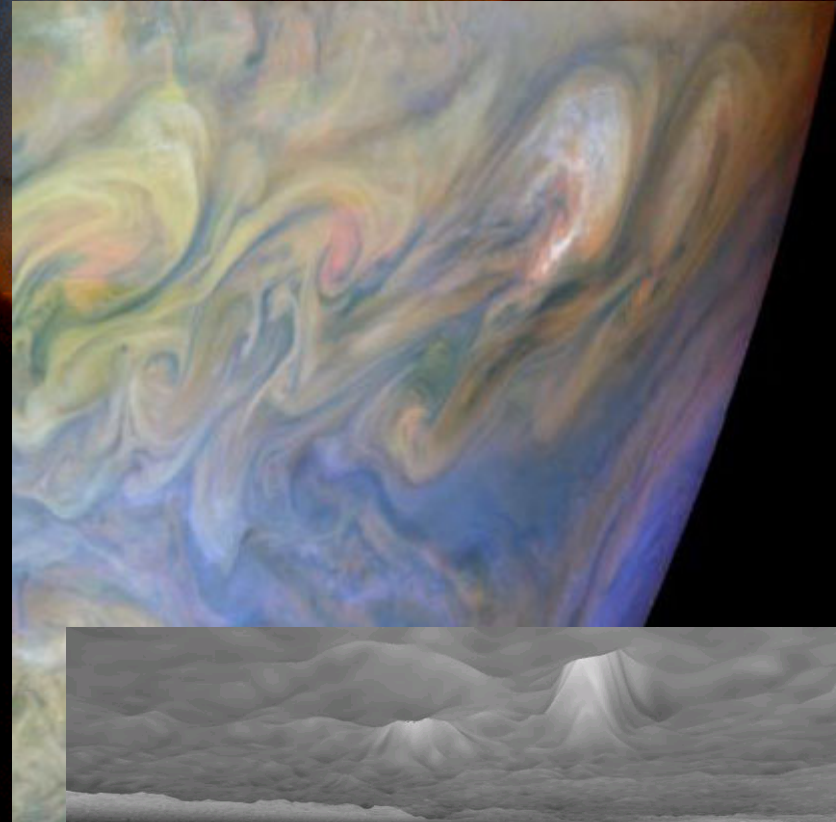
**Jupiter Aurora**

NASA and J. Clarke (University of Michigan) • STScI-PRC00-38

HST • STIS

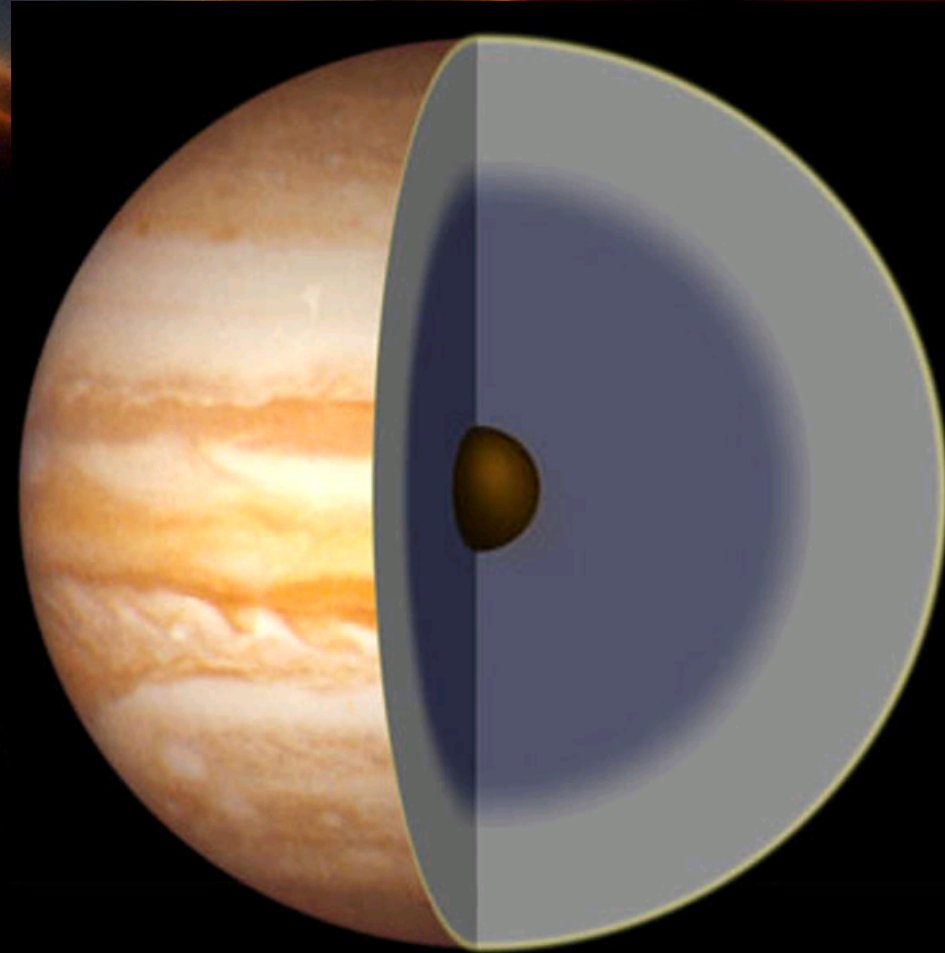
# Jowisz - chmury

- rotacja różniczkowa
- skład
- stratyfikacja (od góry):
  - białe  $\text{NH}_3$ : 150 K
    - kryształy amoniaku
  - brunatne –  $(\text{NH}_4)\text{SH}$ : 200K
    - wodorosiarczek amonu
  - czerwone „hot spot”: 300 K
- wiatry, cyklony



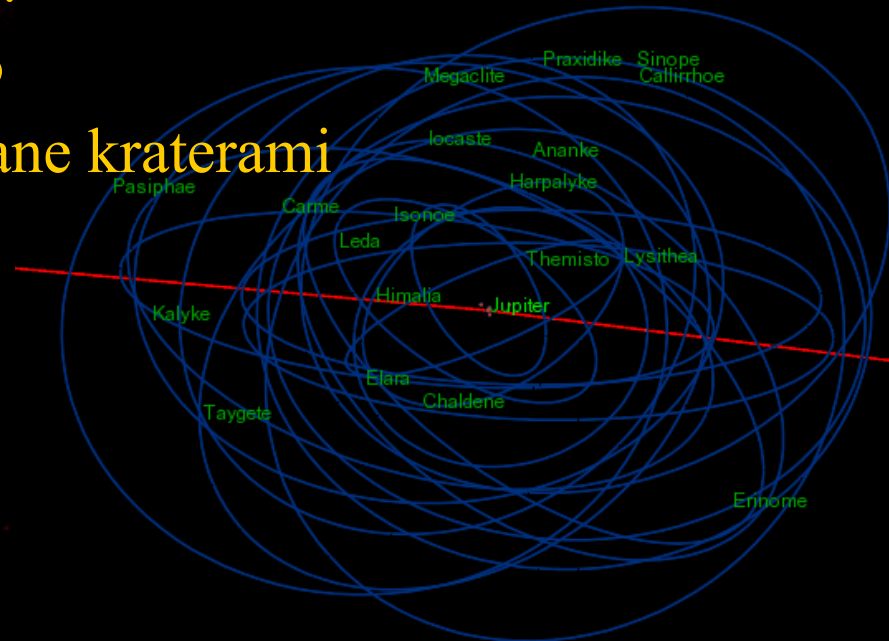
# Jowisz

- skaliste (-lodowe?)  
jądro – 10 mas Ziemi
- wodór zestalony
- wodór płynny  
(metaliczny)
- wodór cząsteczkowy  
– atmosfera z wodoru,  
azotu, metanu



# Jowisz

- Misje Voyagerów
- Księżycy – (dziś: 63)
  - Galileusza
    - Io, Europa, Ganimedes, Kalisto
  - woda pod skorupą Europy?
  - aktywność wulkaniczna Io
  - Ganimedes, Kallisto – usiane kraterami
- Pierścień Jowisza
- Rodzina komet
- Grecy i Trojańczycy



# Ksiezycy Galileusza

Sc<sup>mo</sup> Principe.

Galileo Galilei Familii: Seno della Ser: V: inuigilata.  
 Do amudiamo, et lo ogni spirito se potere no solam satisfare  
 alario che non della Gloria di Madonaticò nella Ser:  
 no di Padova,

Inuere Dauere determinato di presentare al Sc<sup>mo</sup> Principe  
 l'achiale et lo g<sup>o</sup> essere di giouamento inestimabile se ogni  
 negozio et in linea marittima o terrestre stano di tenere qual  
 sto nuovo artificio ne lo maggior secreto et solam a disposizione  
 di V: Ser: L'achiale canato dalle piu uide speculazioni di  
 prospetina in l'uantaggio di scoprire Legni et Vele dell'inimico  
 se fac hore et piu di tempo prima che egli se uispra noi et distinguendo  
 il numero et la qualita de i Vesselli giudicare le sue forze  
 pallostrarsi alla uiccia al combattimento o alla fuga, o pure uano  
 nella campagna aperta uedere et particolarly distinguere ogni suo  
 moto et propriamento.

Adi 7. di gennaio

Gione si uide usti \* \* \* \* \*

Adi 8 usti \* \* \* \* \*

Adi 12. si uide in tale uisitazione \* \* \* \* \*

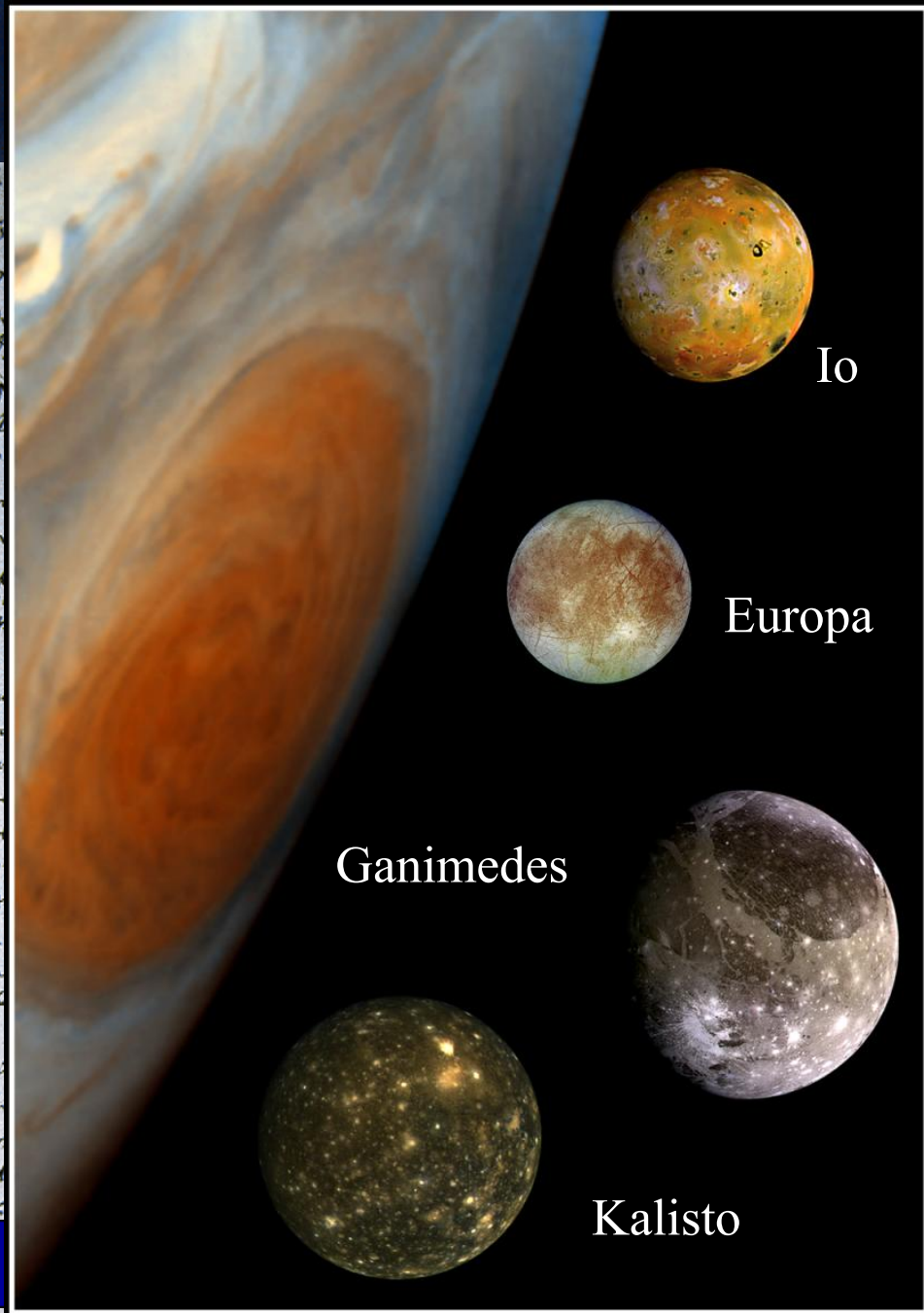
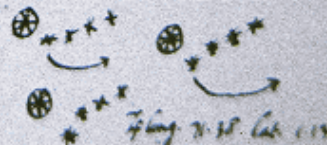
Adi 13. si uide uisitate a Gione 4 stelle \* \* \* \* \*

Adi 14 è angelo \* \* \* \* \*

Adi 15 \* \* \* \* \*

sparte dalla 3<sup>a</sup> l'occhio uisita

Lo spazio delle 3 uide uide no con  
 maggiore del diametro di 7 et e  
 uano in linea retta.



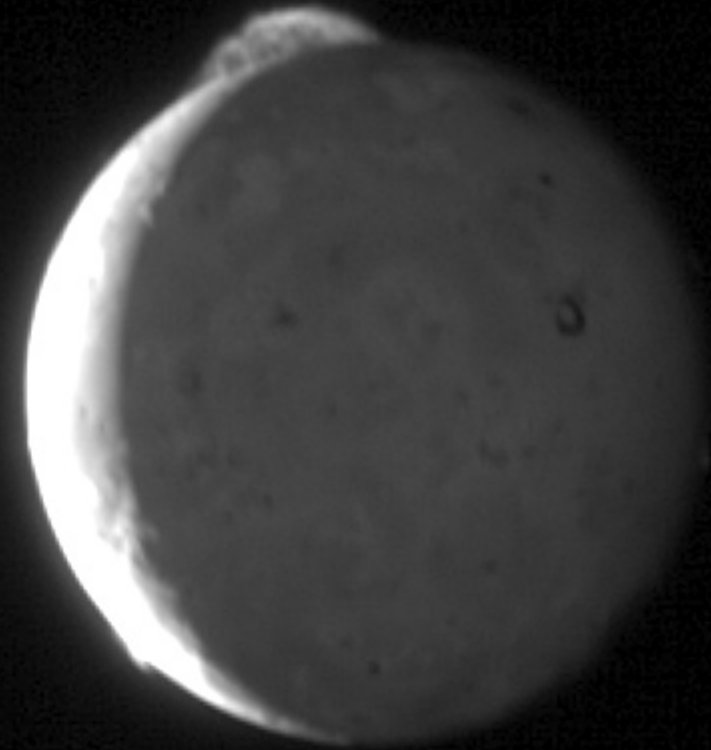
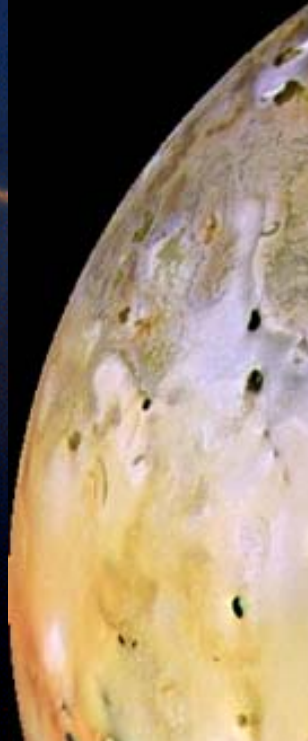
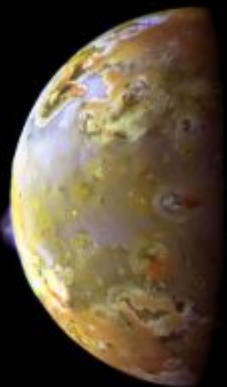
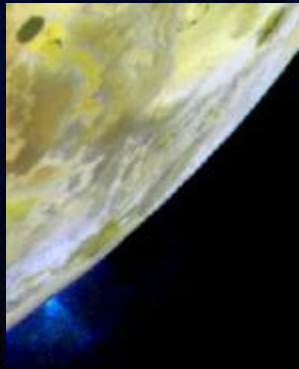
Io

Europa

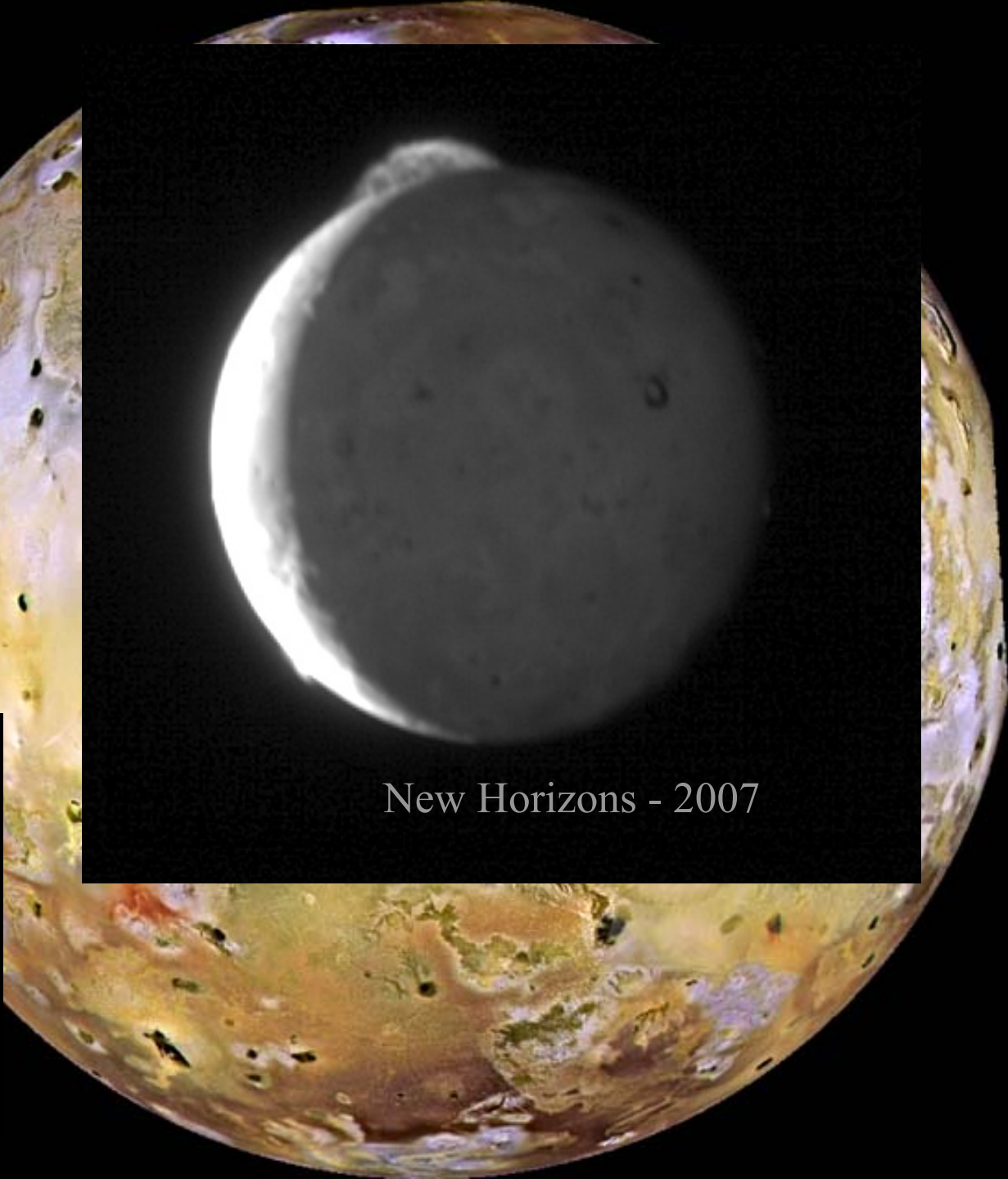
Ganimeses

Kalisto

# Io

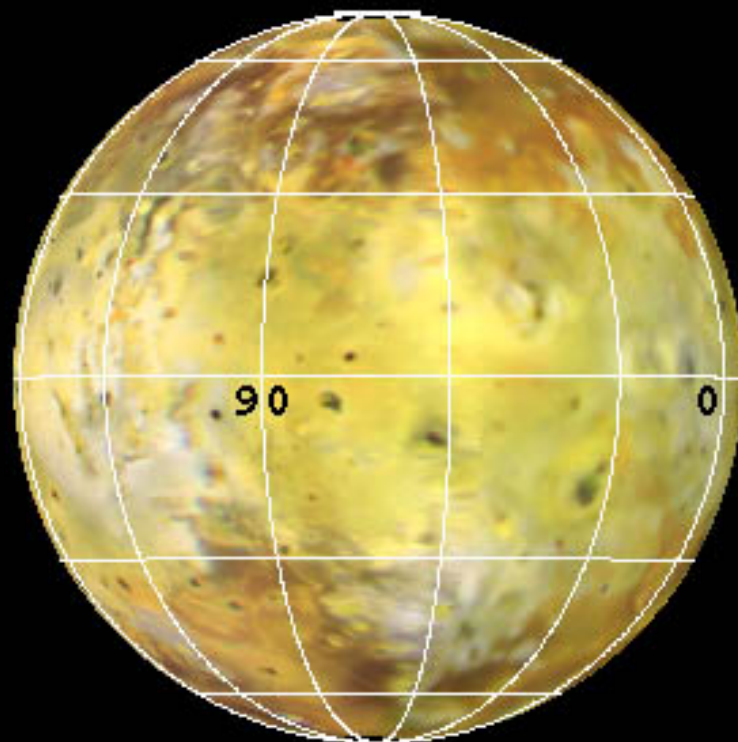
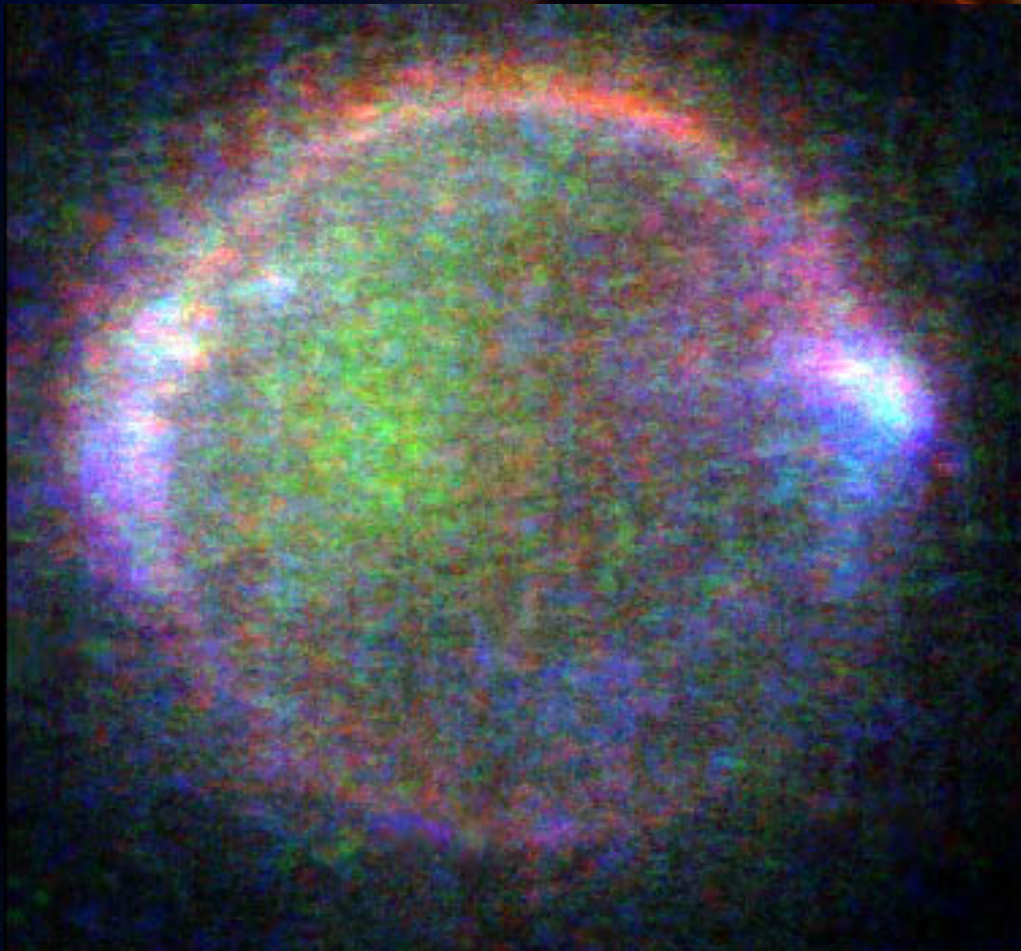


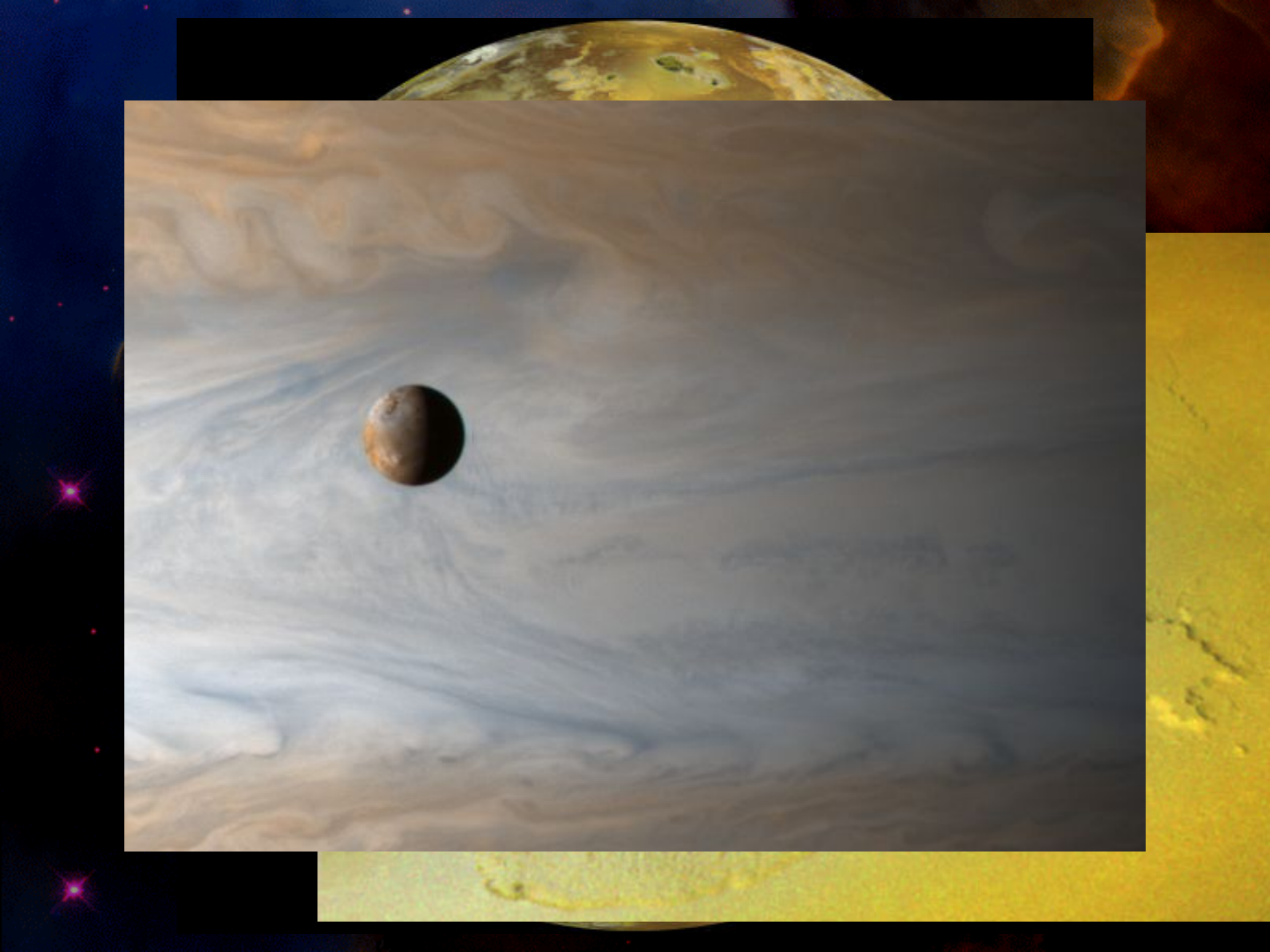
New Horizons - 2007





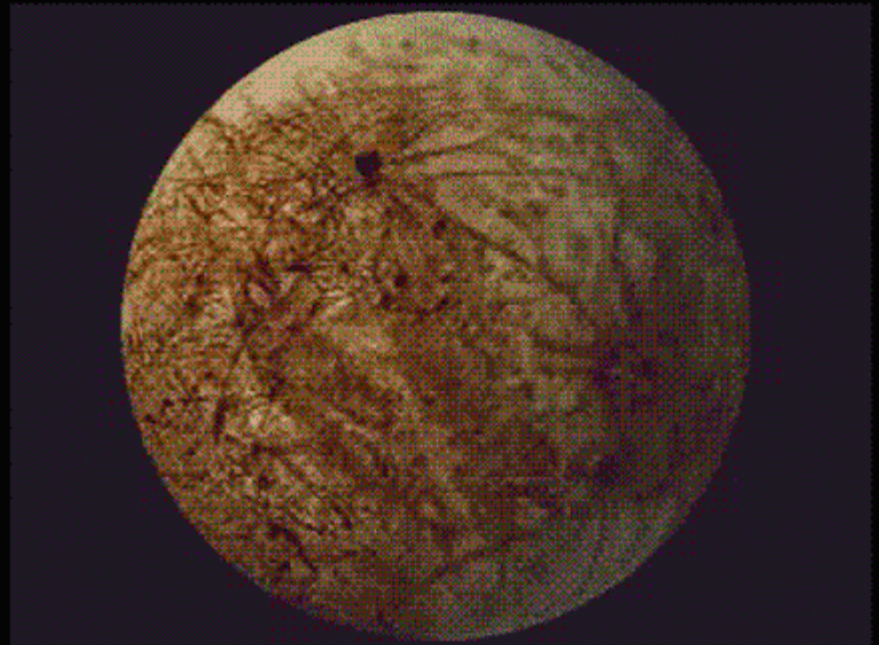
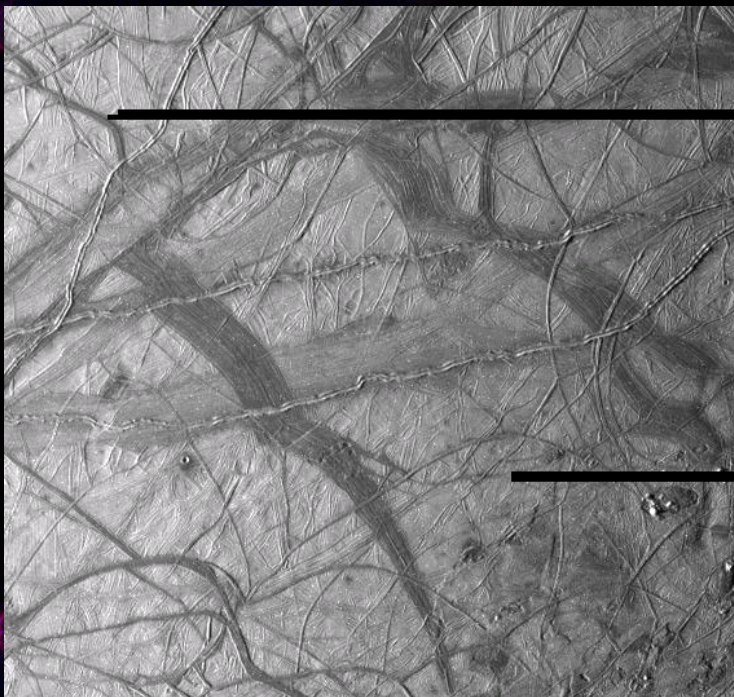
Io





# Europa

- rotuje synchronicznie
- powierzchnia pokryta lodem
- ocean pod lodem



# Ganimedes

- Największy księżyc w Układzie Słonecznym (większy od Plutona i Merkurego)
- gruba skorupa z wodnego lodu
- rotuje synchronicznie

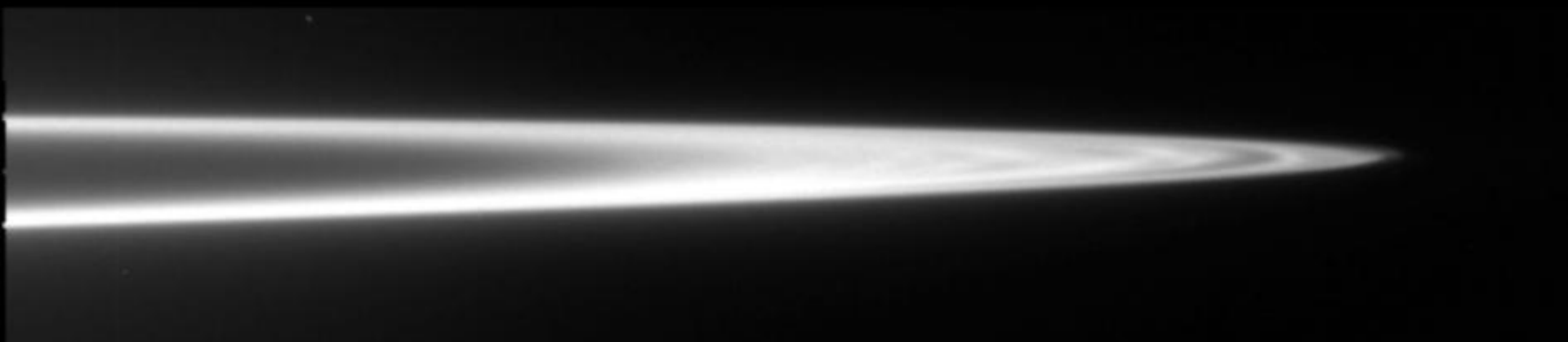
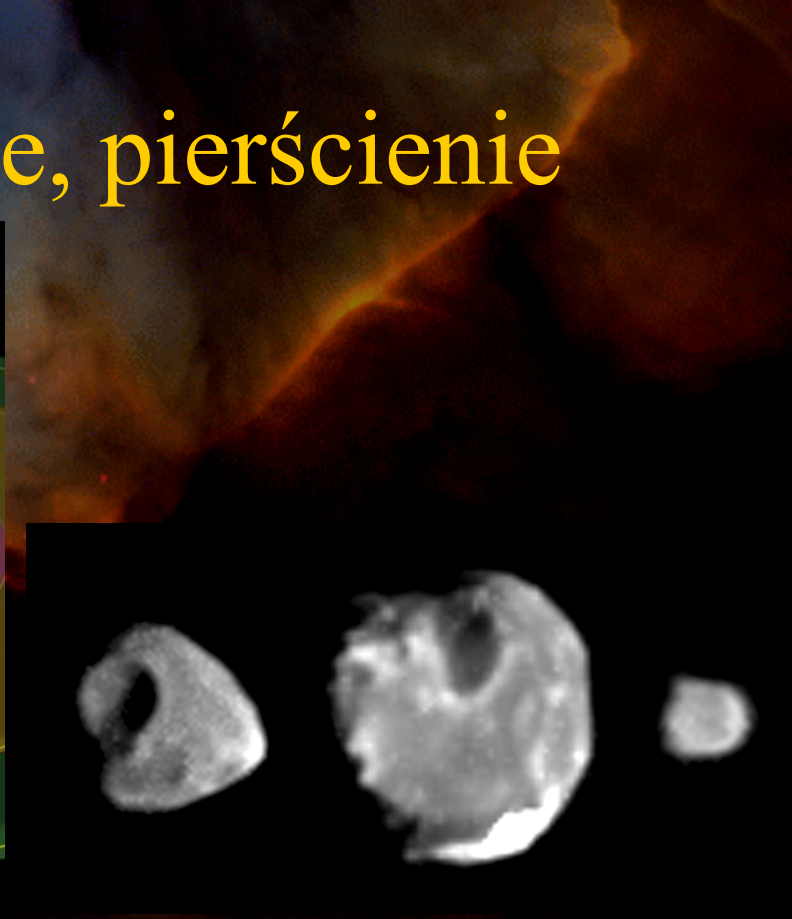
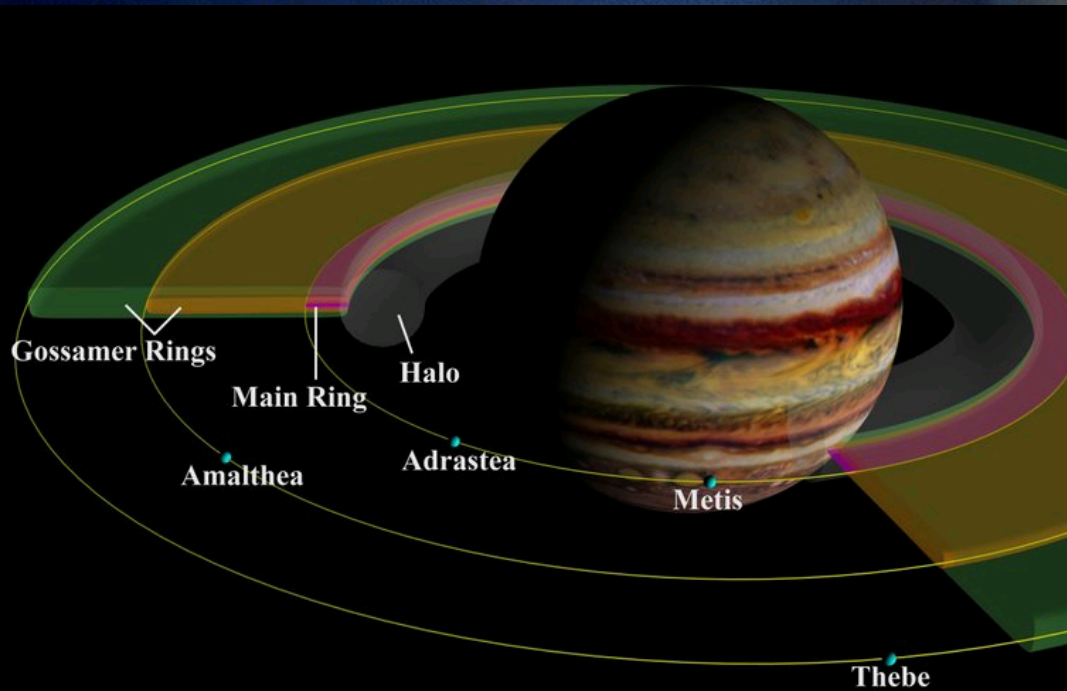


# Callisto - Kallisto

- Też może mieć wodę 100-150 km pod powierzchnią
  - słoną – bo mierzy się wahania pól magnetycznych



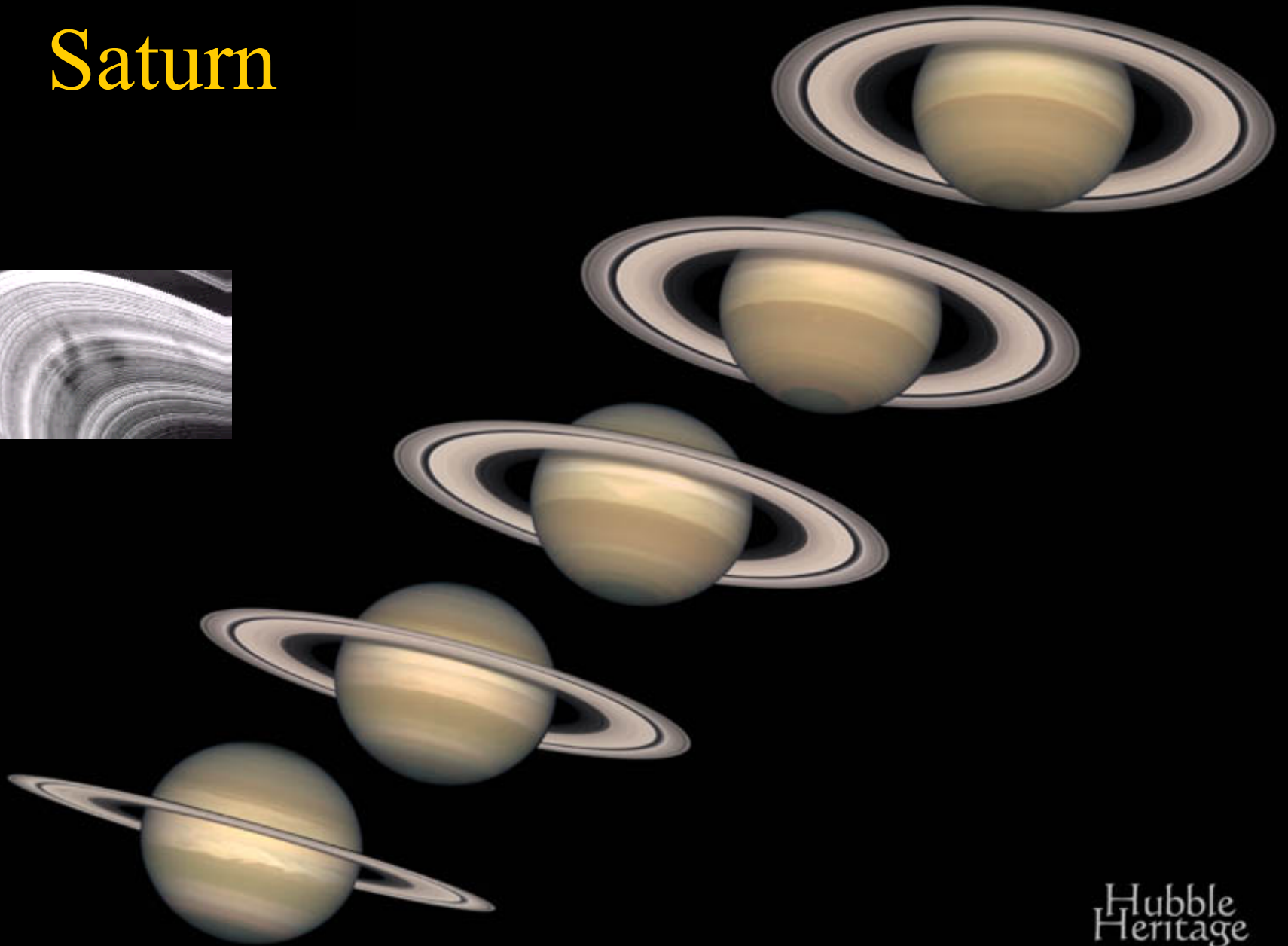
# Jowisz, małe księżyce, pierścienie



# Saturn

- Odległość od Słońca: 1427 mln km ( 9.5 AU)
- Masa:  $5.7 \times 10^{26}$  kg (95  $M_Z$ )
- Promień: 57800 km (9.1  $R_Z$ )
- Okres obrotu 10 h 14 m
- Okres obiegu: 29.5 roku
- Budowa podobna do Jowisza
- Pierścienie Saturna
  - granica Roche'a
- Silne wiatry w atmosferze
- pasy naładowanych cząstek

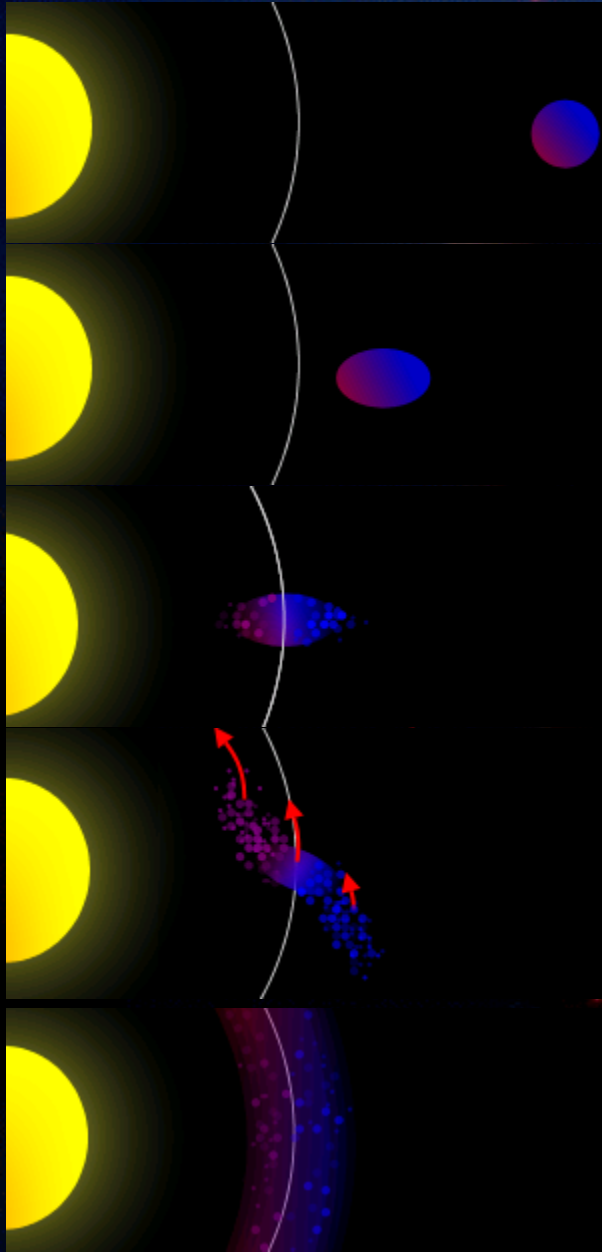
# Saturn



Hubble  
Heritage



# Granica Roche'a



$$d = R \left( 2 \frac{\rho_M}{\rho_m} \right)^{\frac{1}{3}}$$

• gdzie:

$R$  – promień planety

$\rho_M$  – masa planety

$\rho_m$  – masa satelity

# Saturn

- pole magnetyczne
- zorze H, H<sub>2</sub>



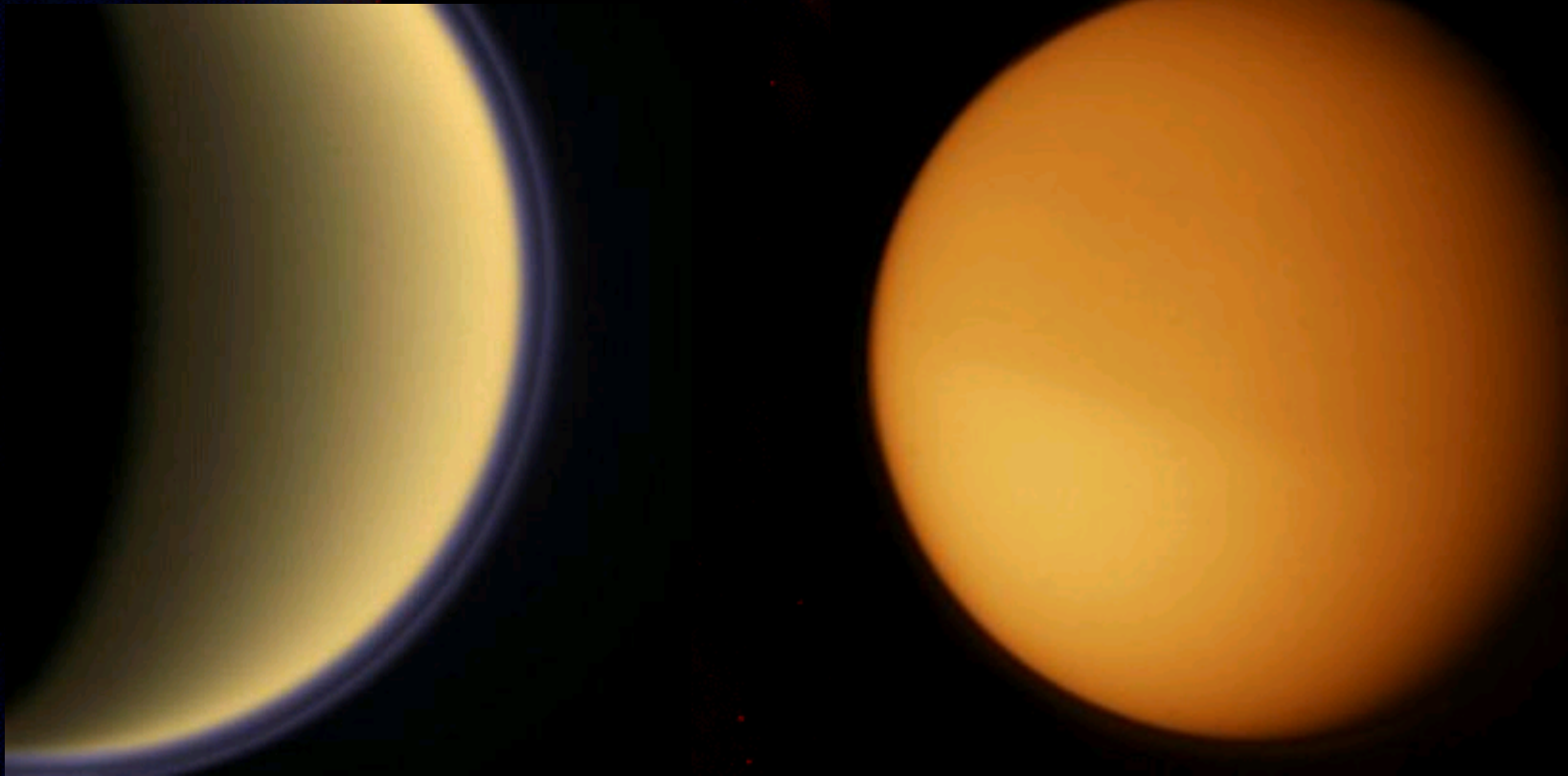
# Saturn - księżyce

- obecnie znanych  $>50$  (15 większych)
- największy Tytan (większy od Merkurego)
- Iapetus, Rhea, Dione, Tethys, Enceladus, Mimas, Janus, Phoebe, Hyperion, Prometheus, Pandora



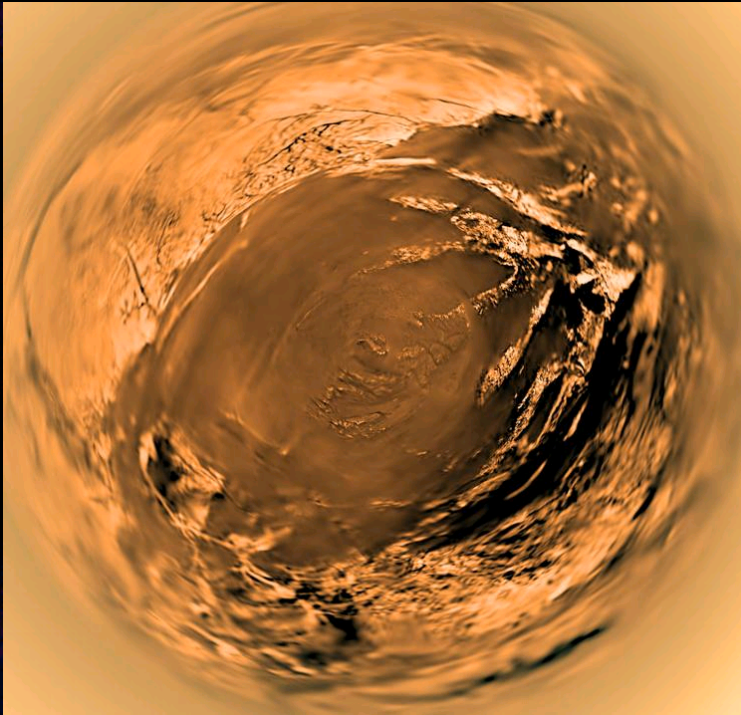
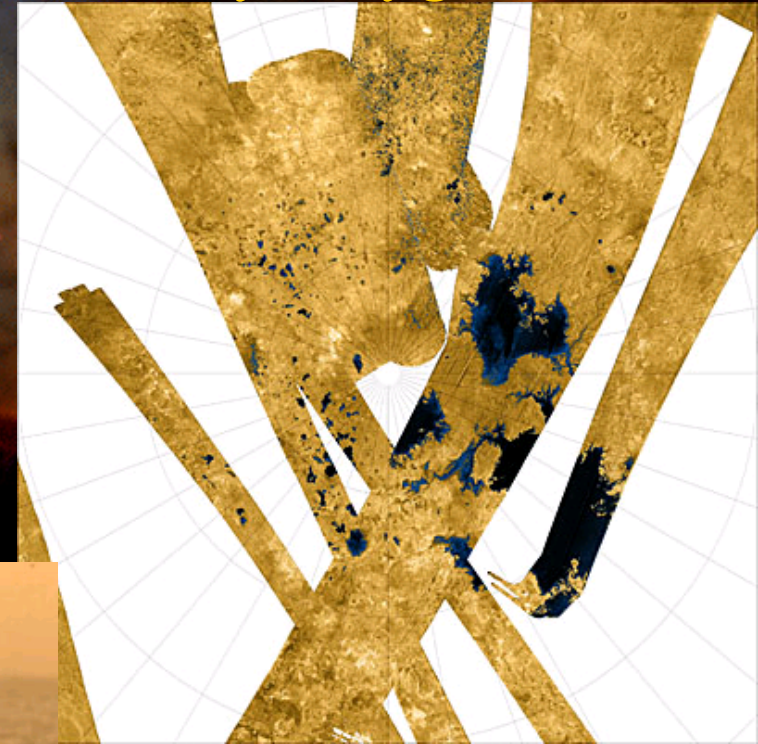
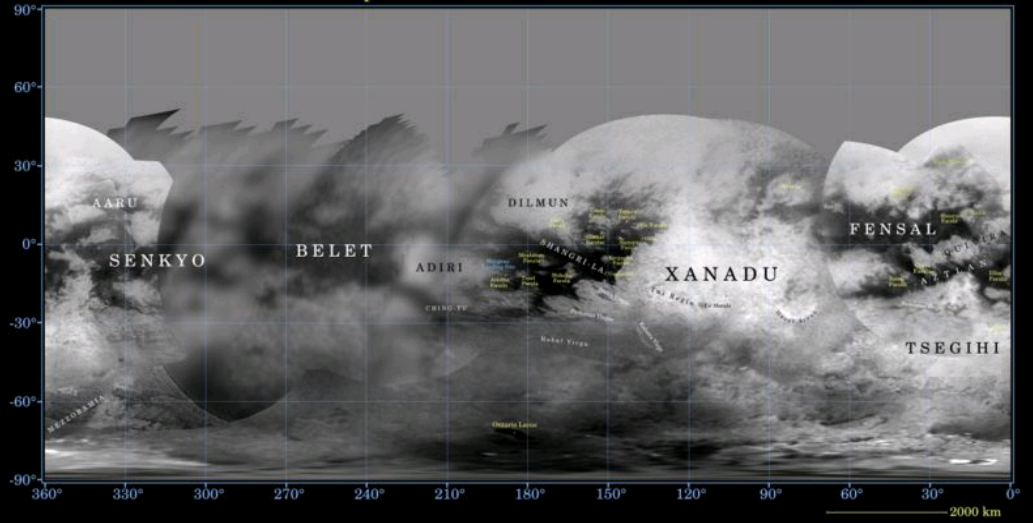
# Tytan

- atmosfera
  - 1.6 atm, - 180 C, Azot (90%), metan ( $\text{CH}_4$ ), argon
  - grubość ponad 400 km
- cząstki organiczne - morza metanu i etanu?



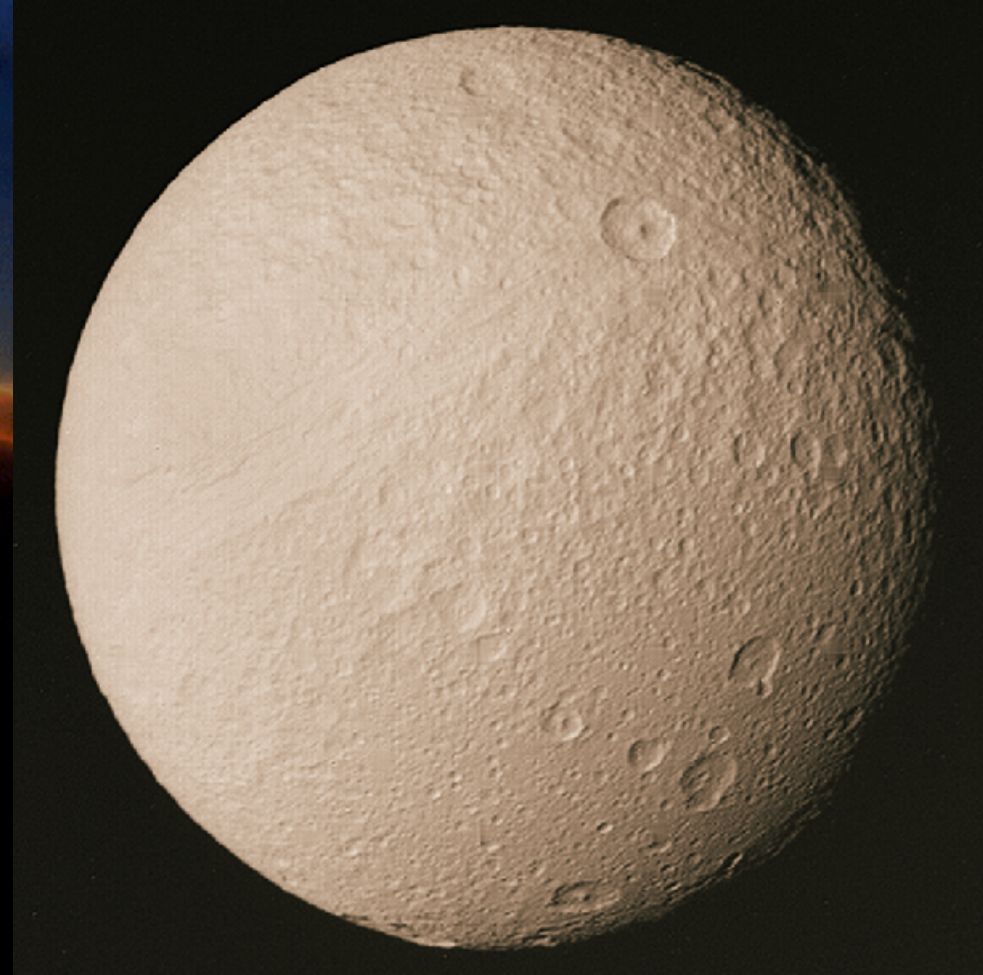
# Tytan - misja Cassini - lądowanie sondy Huygens

Map of Saturn's Moon Titan - October 2006



# Tethys

- śr. 1000 km
- cały z wody (lodu)?
  - gęstość  $1.21 \text{ g/cm}^3$



Dione



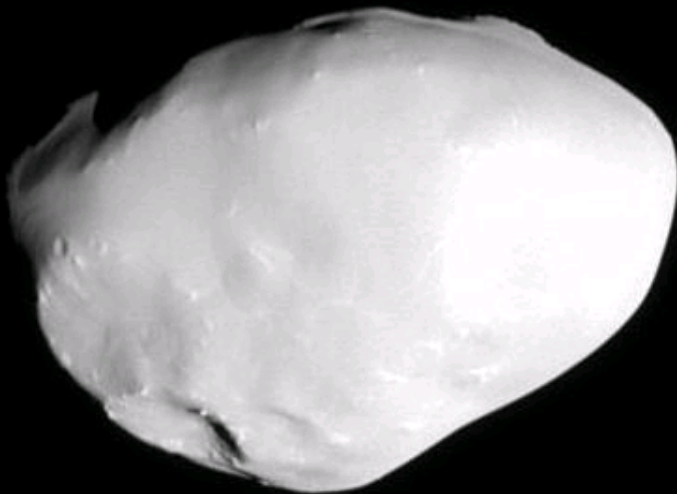
Tethys



krater Odysseusz

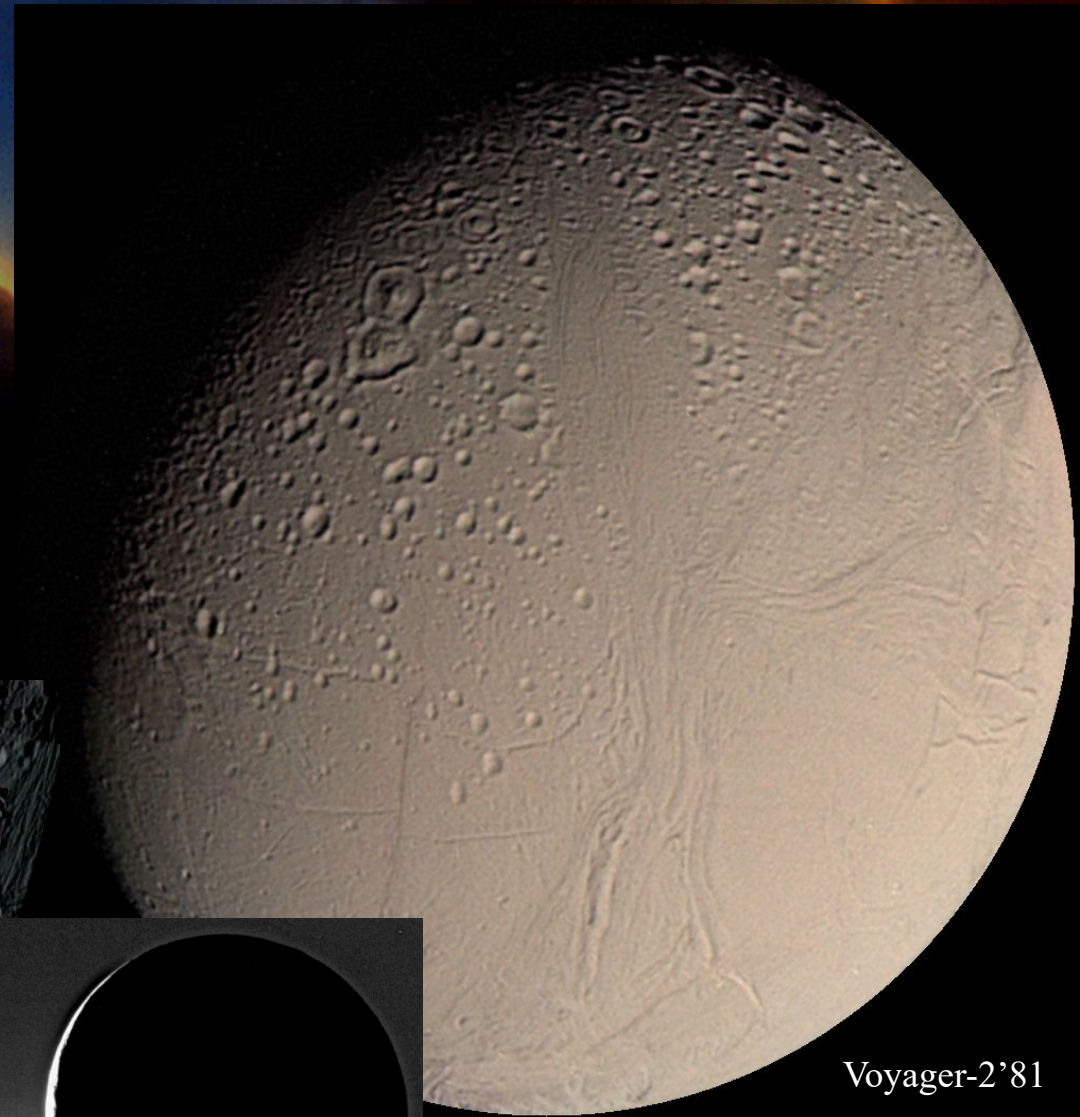
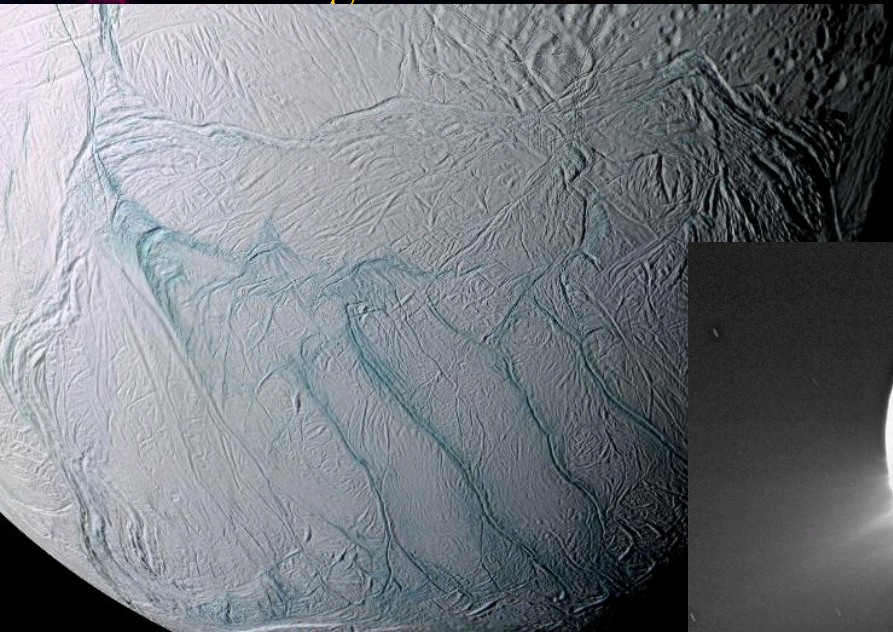
# Telesto i Calypso

- w punktach Lagrange'a  $L_4$  i  $L_5$
- na orbicie Tethysa
- $\pm 60^\circ$  przed i za nim



# Enceladus

- śr. 500 km
- w pierścieniu E
- albedo 90%
- fontanny lodu
  - śnieg?



Voyager-2'81



# Uran



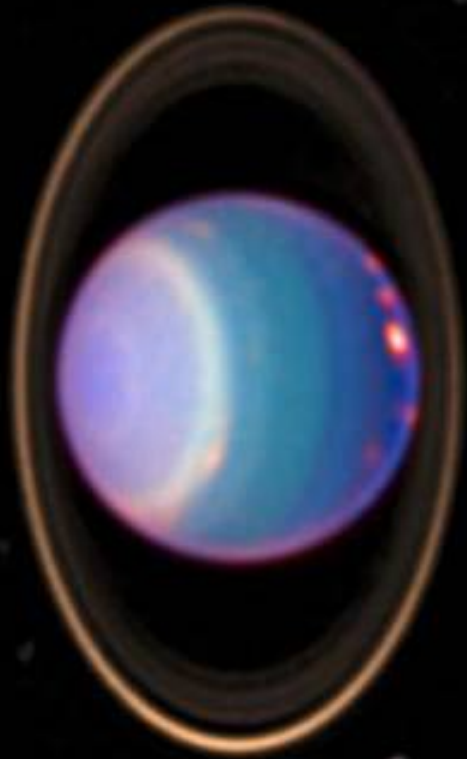
**Uranus**

# Uran

- Odległość od Słońca: 2871 mln km ( 19.2 AU)
- Masa:  $8.7 \times 10^{25}$  kg (14.5  $M_Z$ )
- Promień: 25170 km (3.95  $R_Z$ )
- Okres obrotu 10 h 42 m
- Okres obiegu: 84 lata
- Nachylenie osi  $8^\circ$
- Pierścienie
  - zakrycia gwiazd
- Księżyce 20+ (Miranda, Ariel, Umbriel, Tytania, Oberon, Puck, ...)
- Pasterze (shepards)

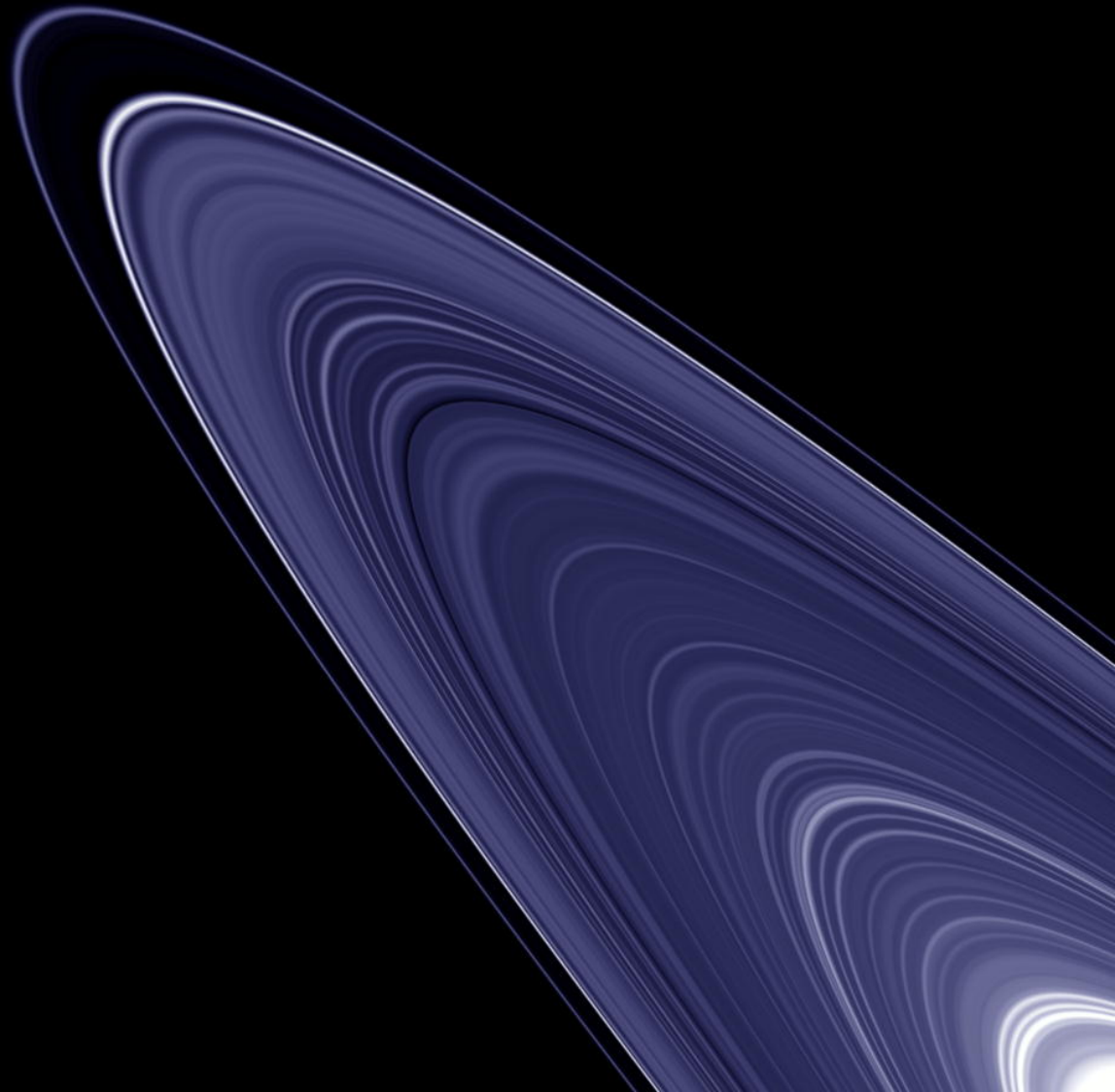
# Uran

- w podczerwieni - HST

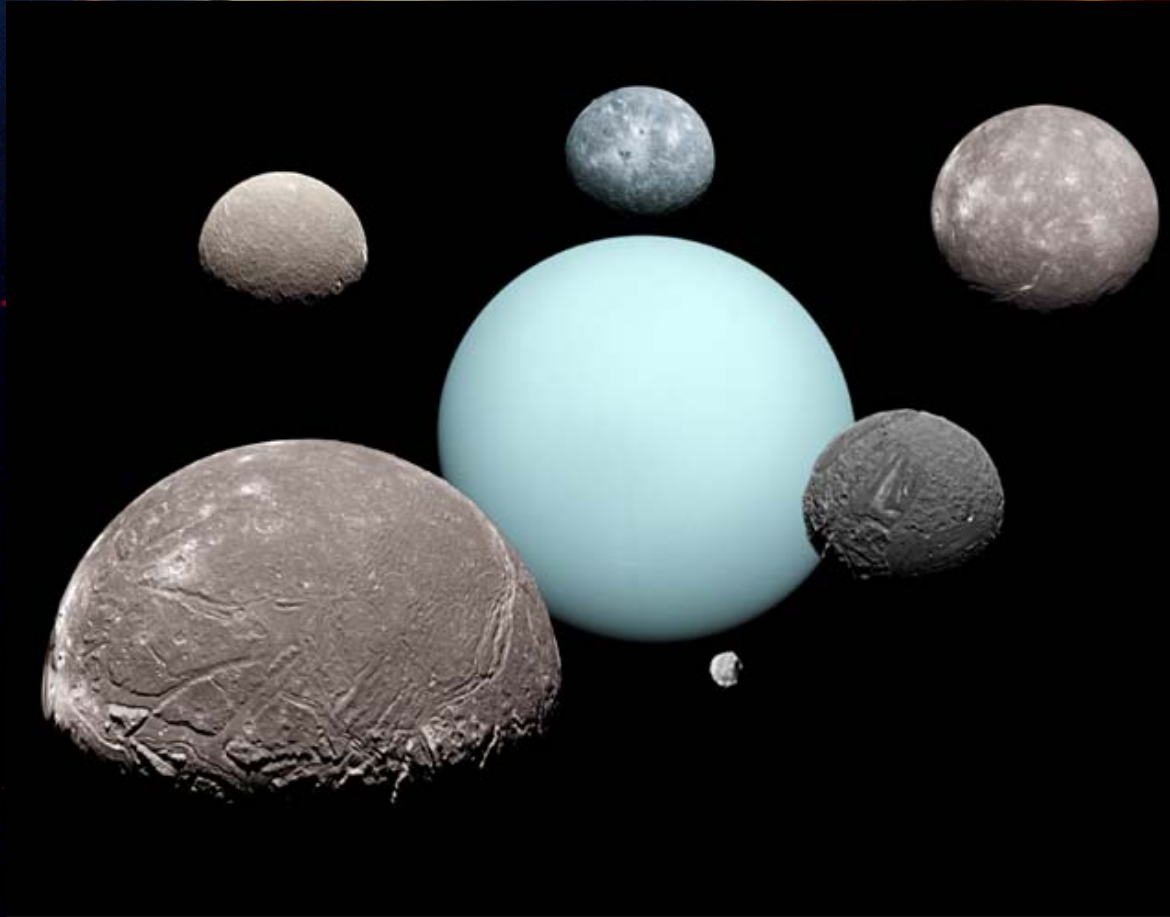


# Uran

- pierścienie



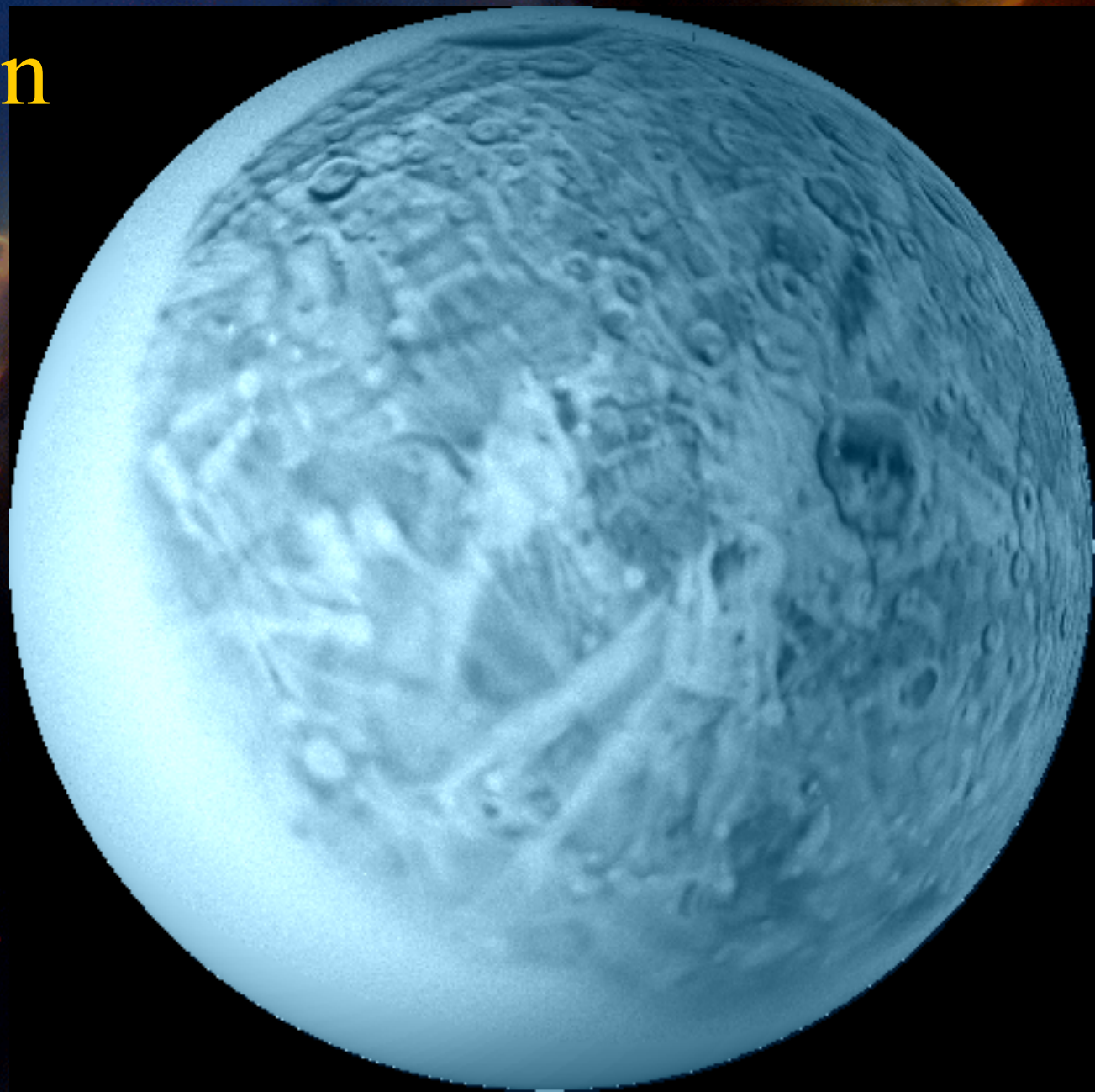
# Księżyce Urana



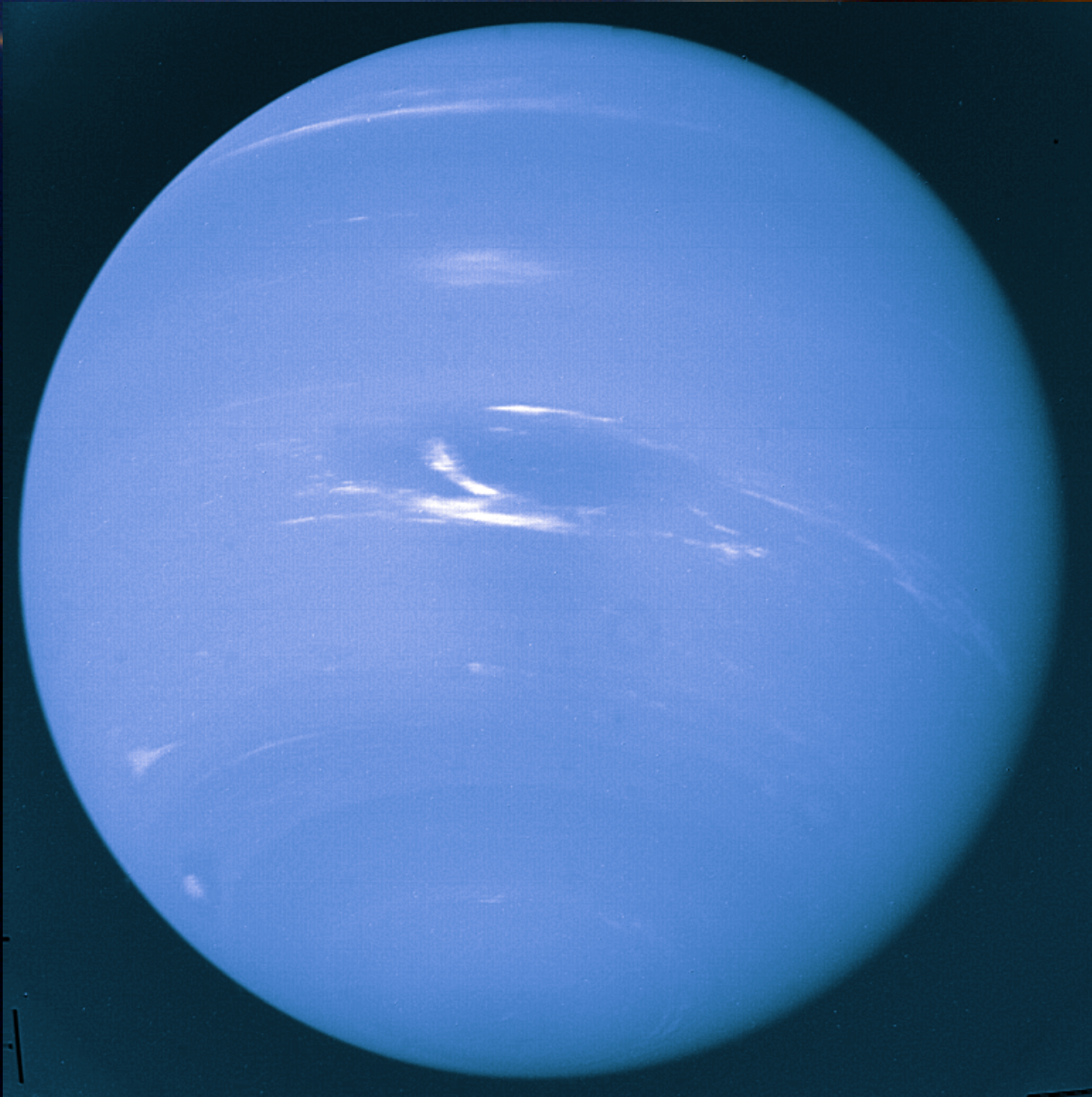
Uranian System

© Copyright Calvin J. Hamilton

# Oberon



# Neptun



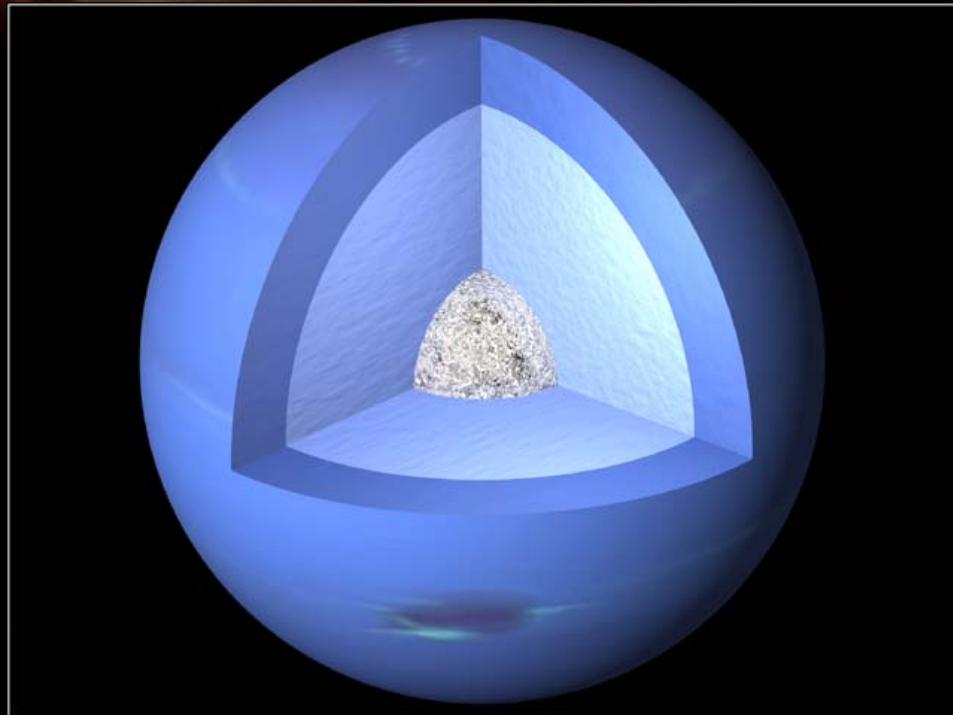
# Neptun

- Odległość od Słońca: 4500 mln km ( 30 AU)
- Masa:  $1 \times 10^{26}$  kg (17.3  $M_Z$ )
- Promień: 24540 km (3.85  $R_Z$ )
- Okres obrotu 15 h 48 m
- Okres obiegu: 164 roku
- Pierścienie
- Księżyce (Tryton, Nereida)



# Neptun

- Otoczka
  - $\text{H}_2, \text{He}, \text{NH}_4$
- Płaszcz
  - woda, metan, amoniak
- Jądro
  - skały i lód

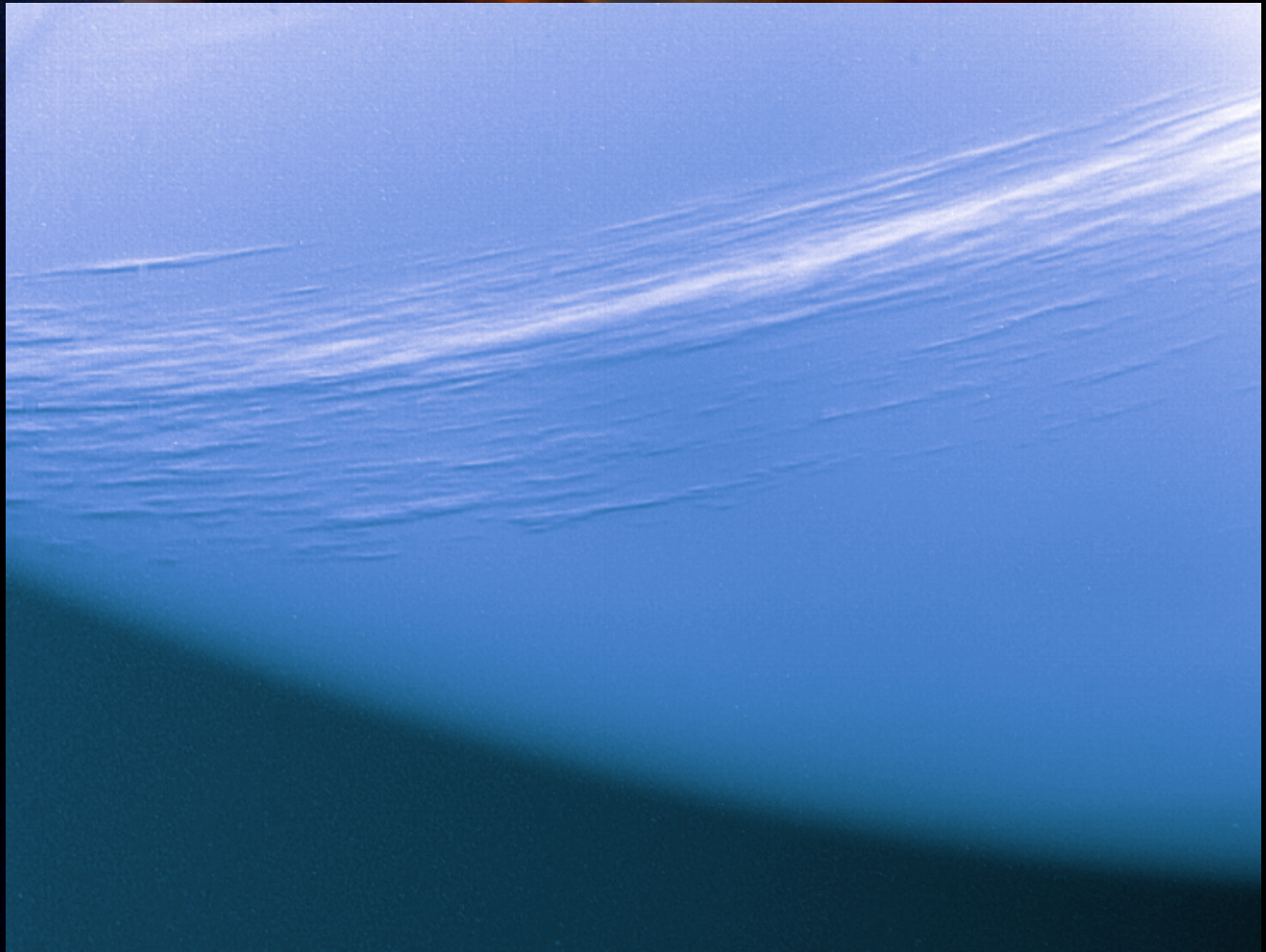


The Interior of Neptune

© Copyright Calvin J. Hamilton

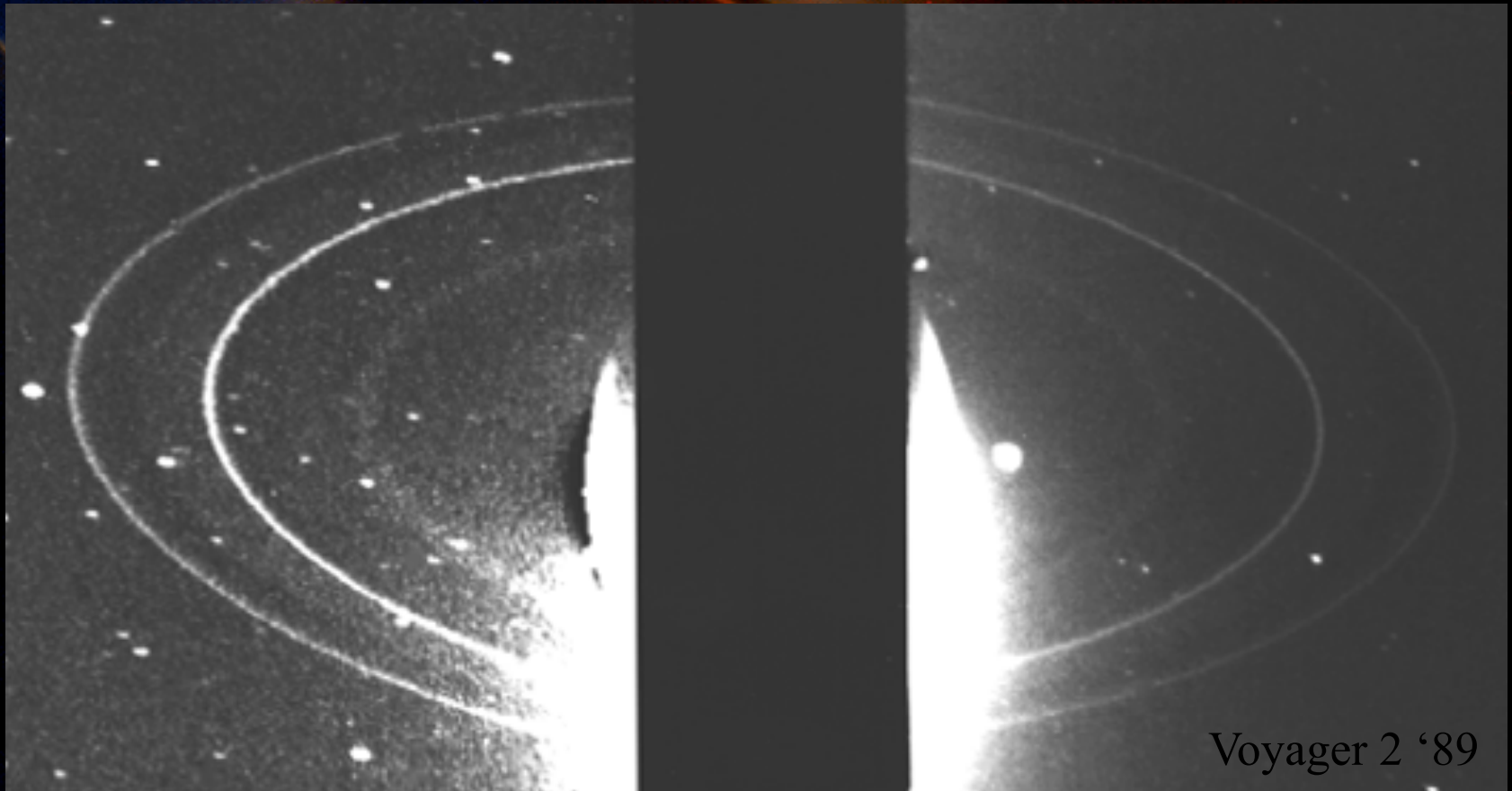
# Neptun

- Chmury



# Neptun

- pierścienie

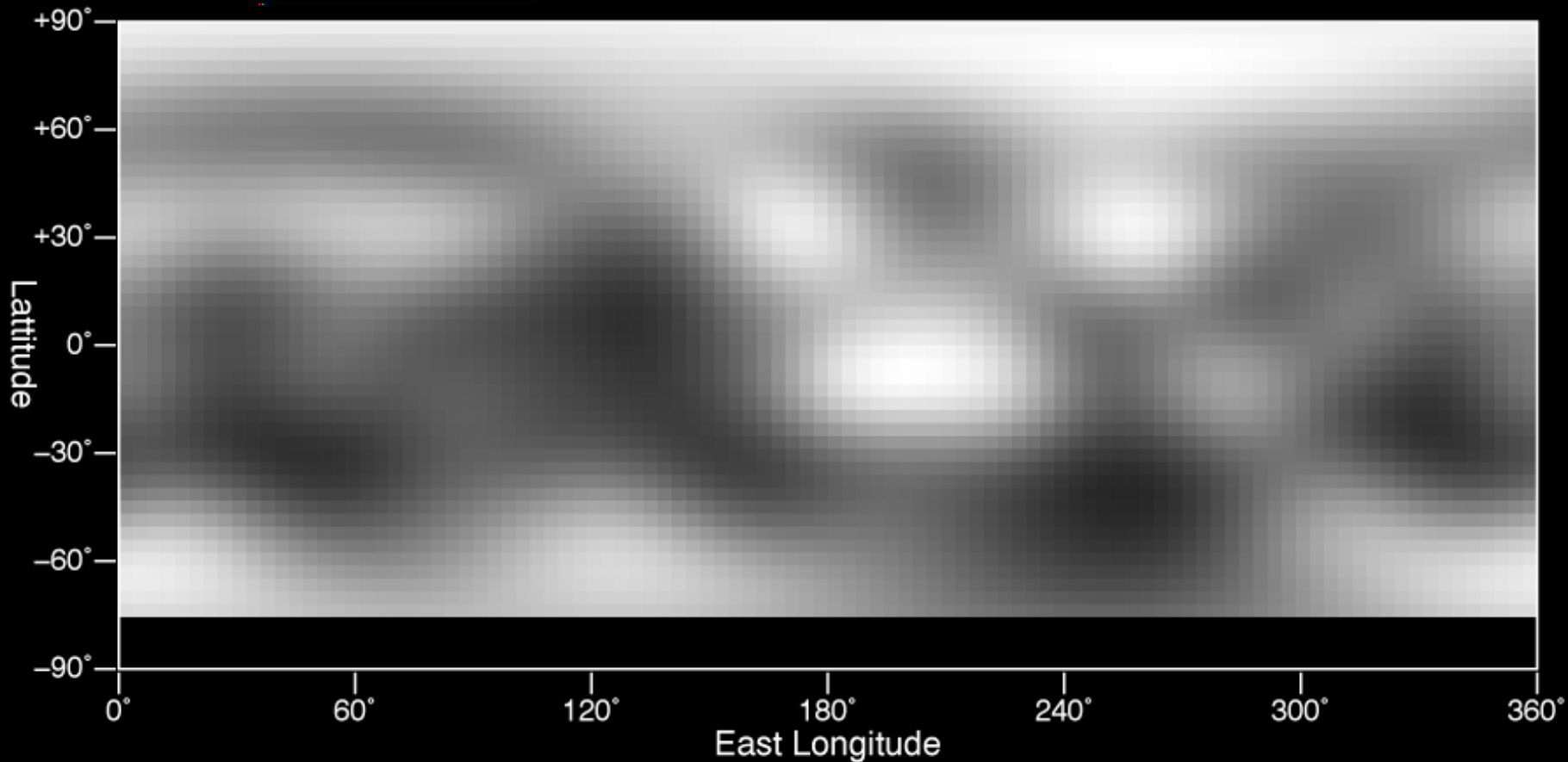
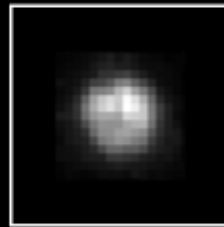


Voyager 2 '89

# Pluton

- Odległość od Słońca: 5913 mln km ( 39 AU)
- Masa:  $1.27 \times 10^{22}$  kg (0.0021  $M_Z$ )
- Promień: 1137 km (0.178  $R_Z$ )
- Okres obrotu 6 d 19 h (wsteczny)
- Nachylenie osi  $122^\circ$
- Średnica kątowna  $0''.08$
- Okres obiegu: 248.54 roku
- Mimośród orbity  $e=0.24$
- Nachylenie orbity  $i=17^\circ$
- Atmosfera: metan, azot

# Pluton



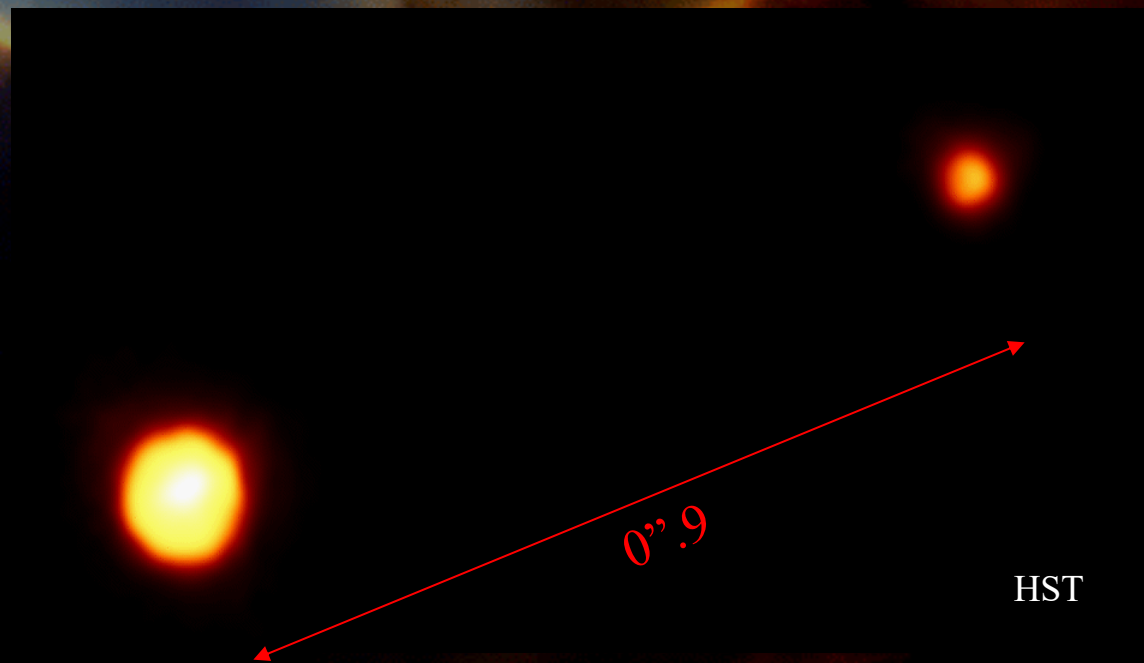
## Pluto Surface Map

PRC96-09b · ST ScI OPO · March 7, 1996 · A. Stern (SwRI), M. Buie (Lowell), NASA, ESA

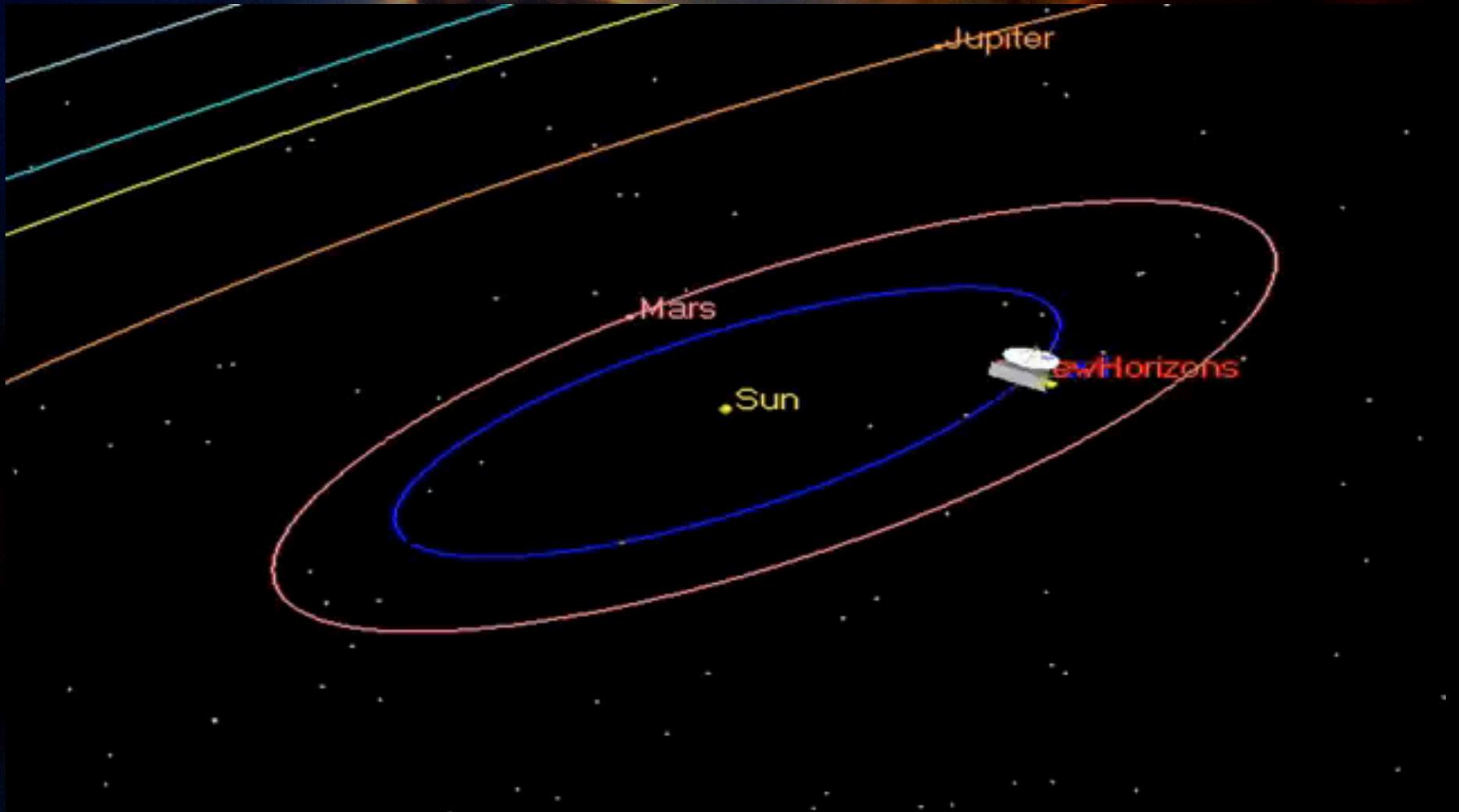
HST · FOC

# Pluton i Charon

- Księżyc – Charon –  
średnica 630 km
- elongacja max.  $0''.9$

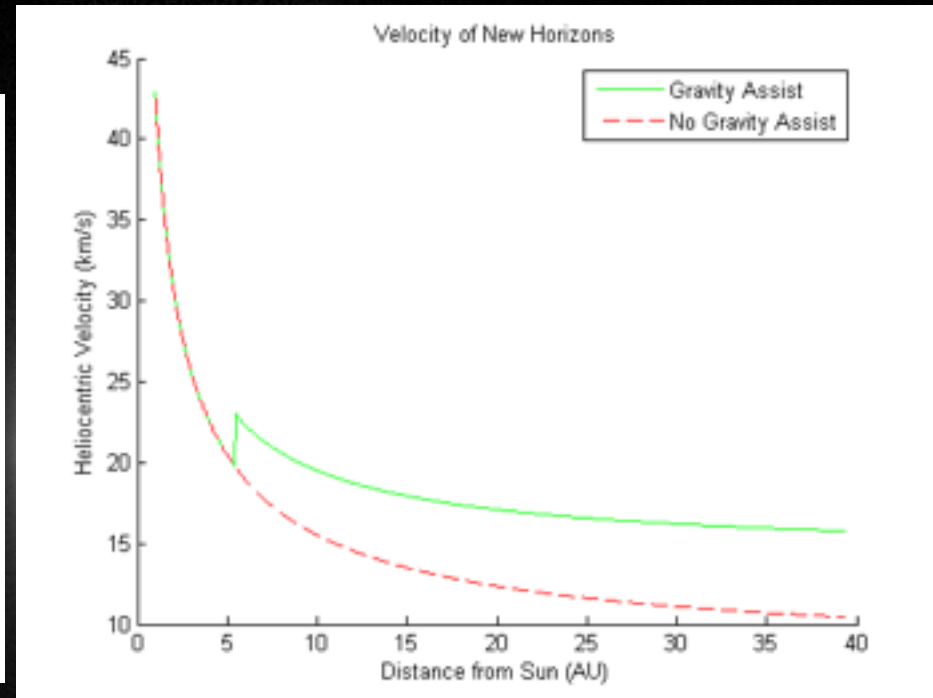
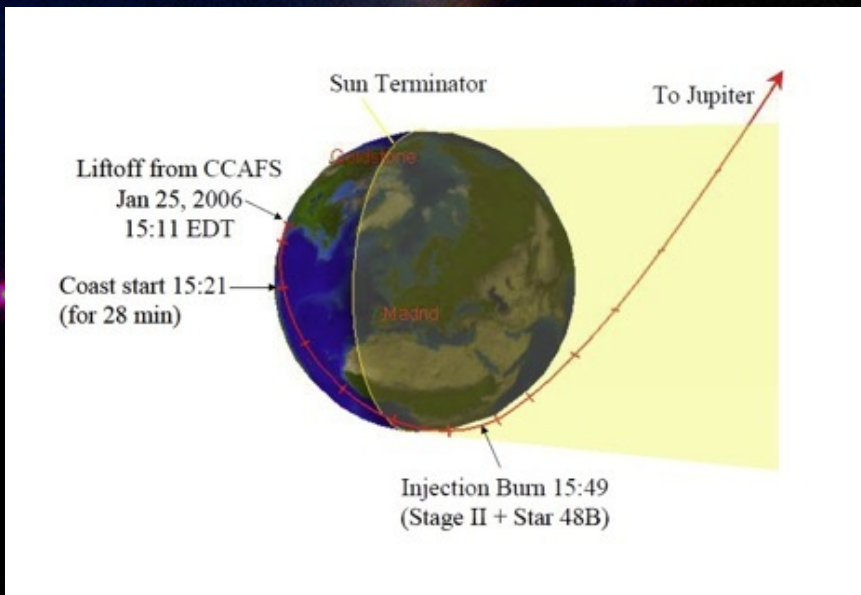


# Trajektorija



# Misja New Horizons

- Start - 19/01/2006  
– 16,26 km/s



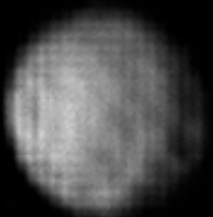
- Jowisz - 28/02/2007  
18km/s -- 22,85 km/s



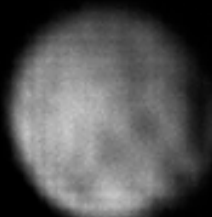
# New Horizons - przelot

- Pluton – 14/07/2015
  - 12,472 km ponad powierzchnią
  - 13,658 km od środka
  - z prędkością 13,78 km/s
  - w odl 39.5 j.a.

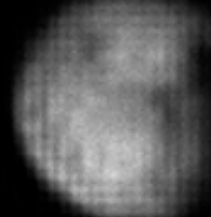
# Pluto



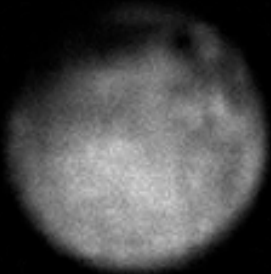
2015-06-22 00:47:00  
Range: 26.8 million km  
Lon: 332°



2015-06-23 04:04  
Range: 25.4 million km  
Lon: 268°



2015-06-25 05:37  
Range: 22.9 million km  
Lon: 152°



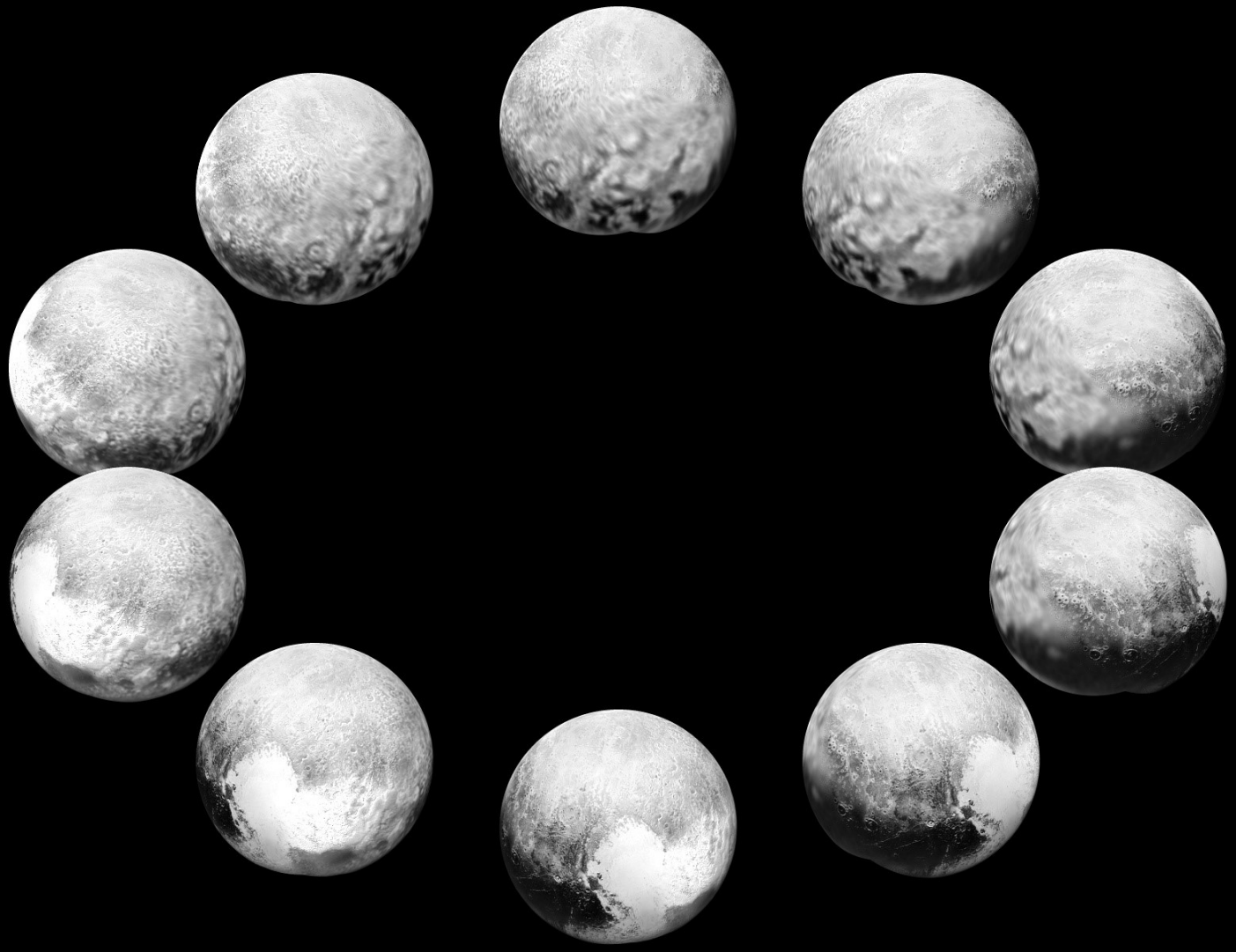
2015-06-27 05:32  
Range: 20.6 million km  
Lon: 39°



2015-06-29 05:03  
Range: 18.2 million km  
Lon: 288°



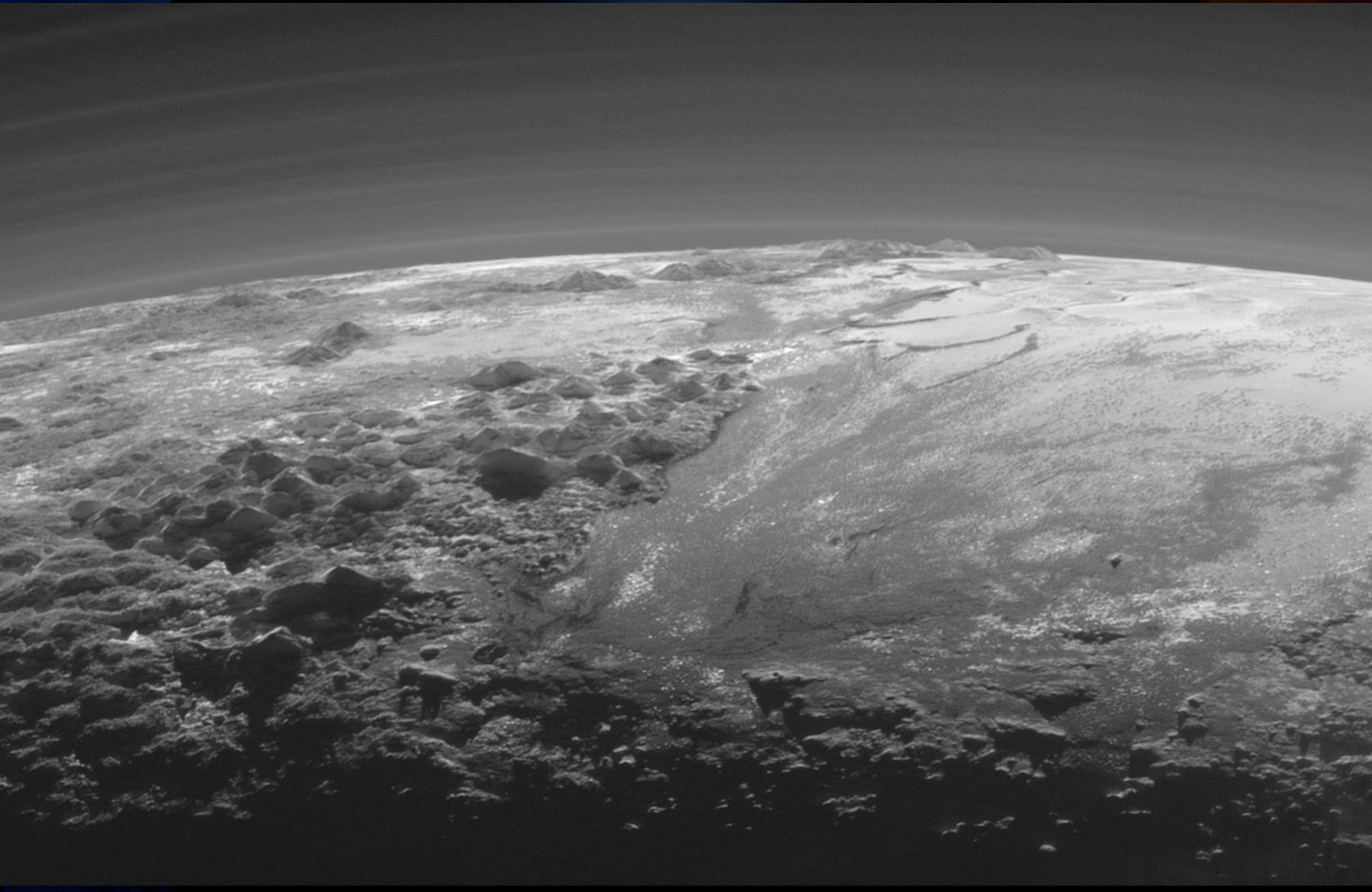
2015-07-01 04:17  
Range: 15.9 million km  
Lon: 177°





kandroid96.deviantart.com

# Atmosfera Plutona

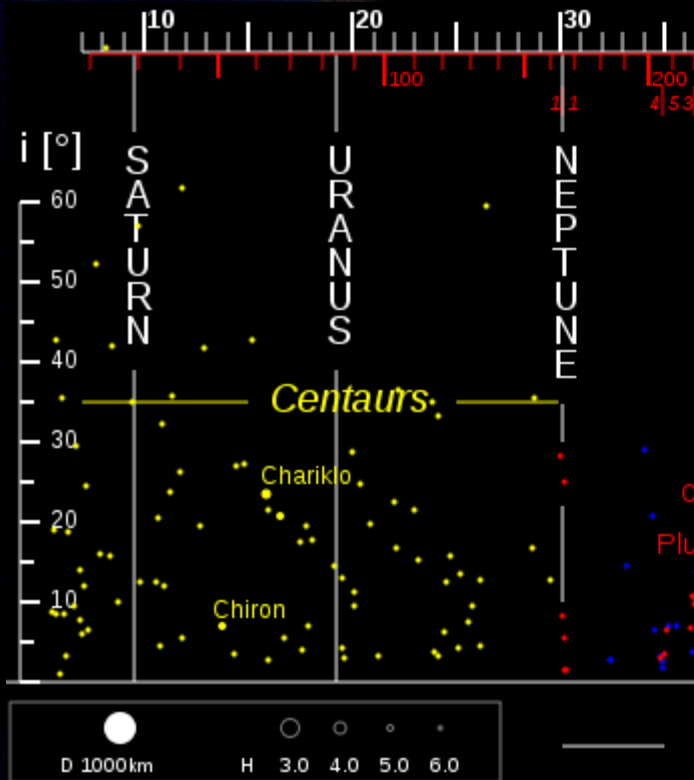


# Księżyce Plutona



# Obiekty transneptunowe

- Pas Kuipera
  - 30-50 AU
  - rezonanse orbitalne

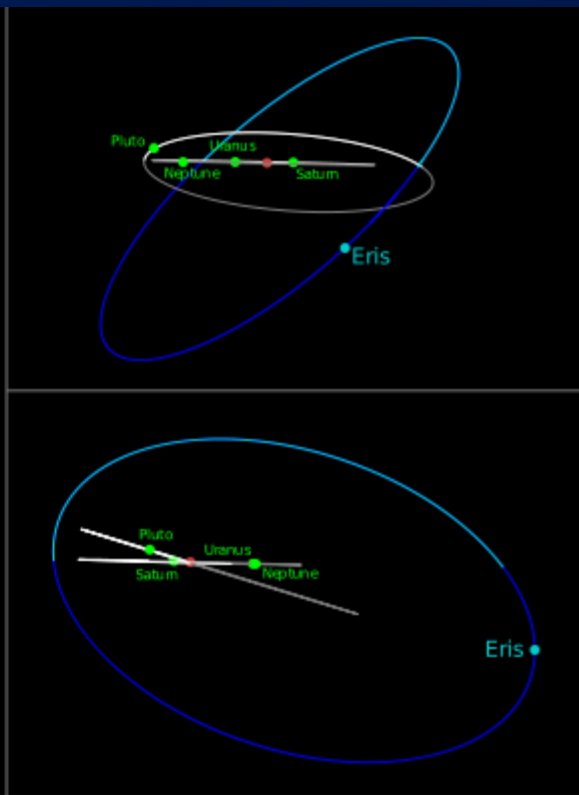
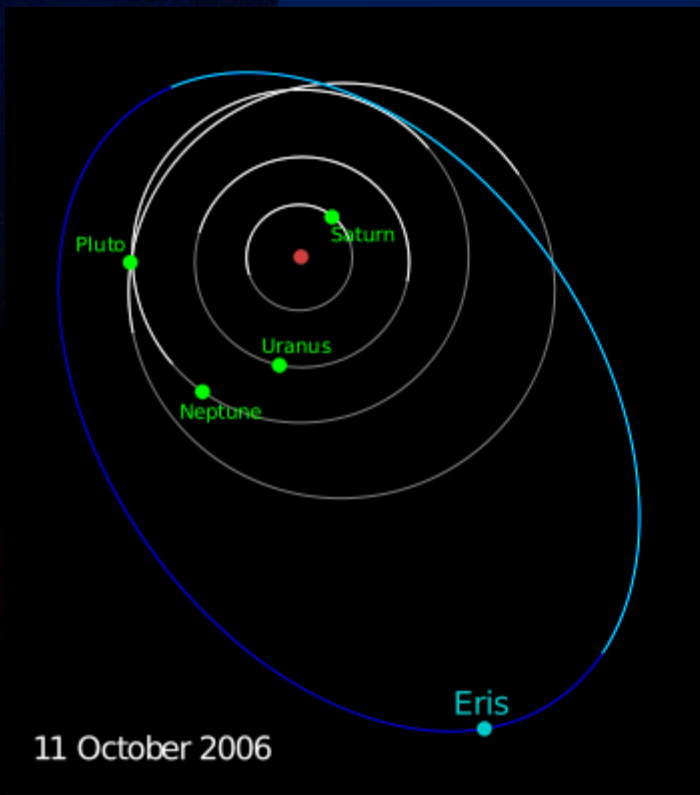


The Oort Cloud  
(comprising many  
billions of comets)

Oort Cloud cutaway  
drawing adapted from  
Donald K. Yeoman's  
illustration (NASA, JPL)

# Obiekty transneptunowe

- ponad 1100 obiektów



## Objects (TNOs)



## Haumea



## Quaoar

## Orbit of Eris (136199 Eris)

Perihelion: 37.77 AU

Aphelion: 97.56 AU

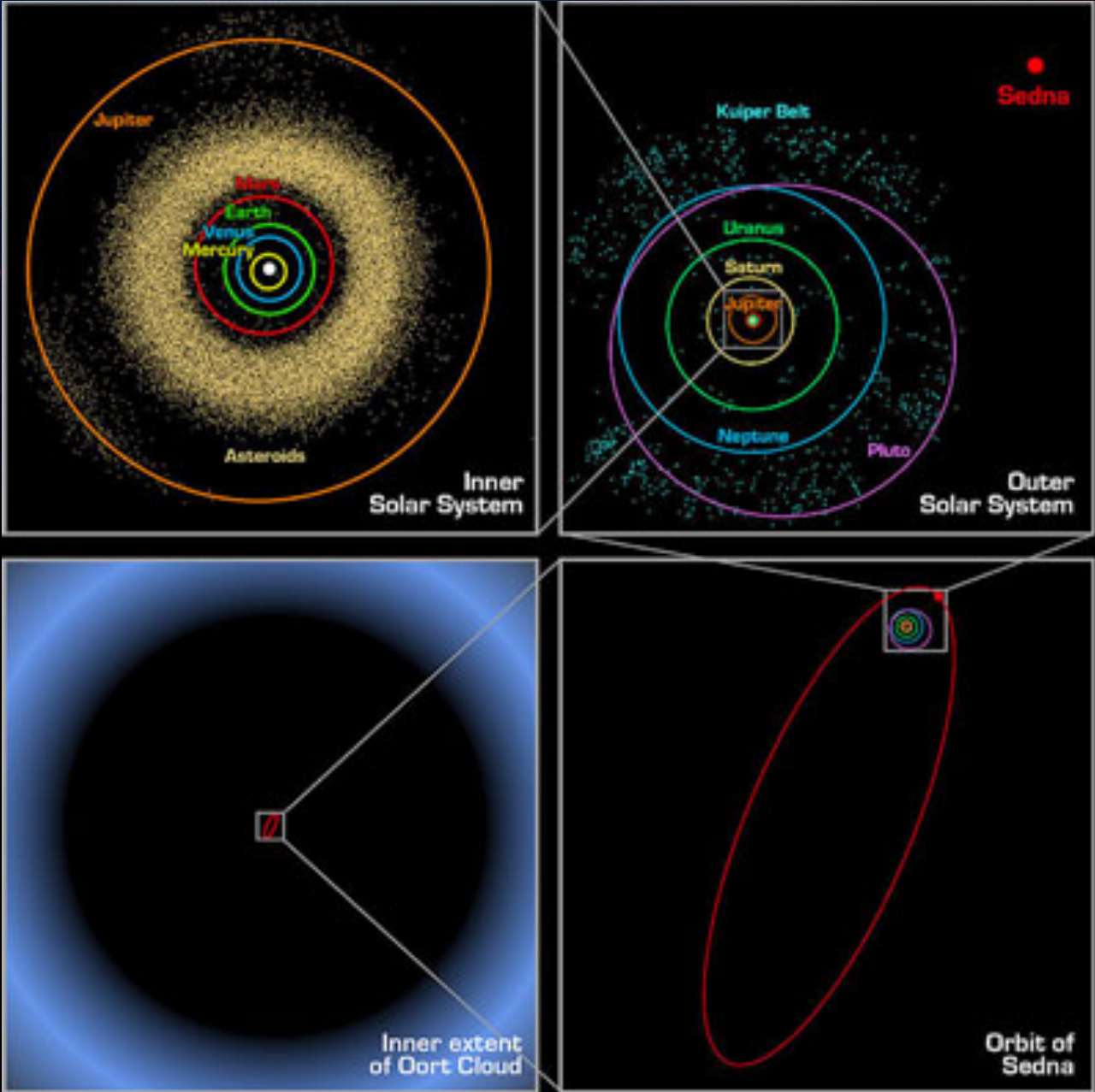
Orbital period: 557 years

Eccentricity: 0.44

Inclination: 44°

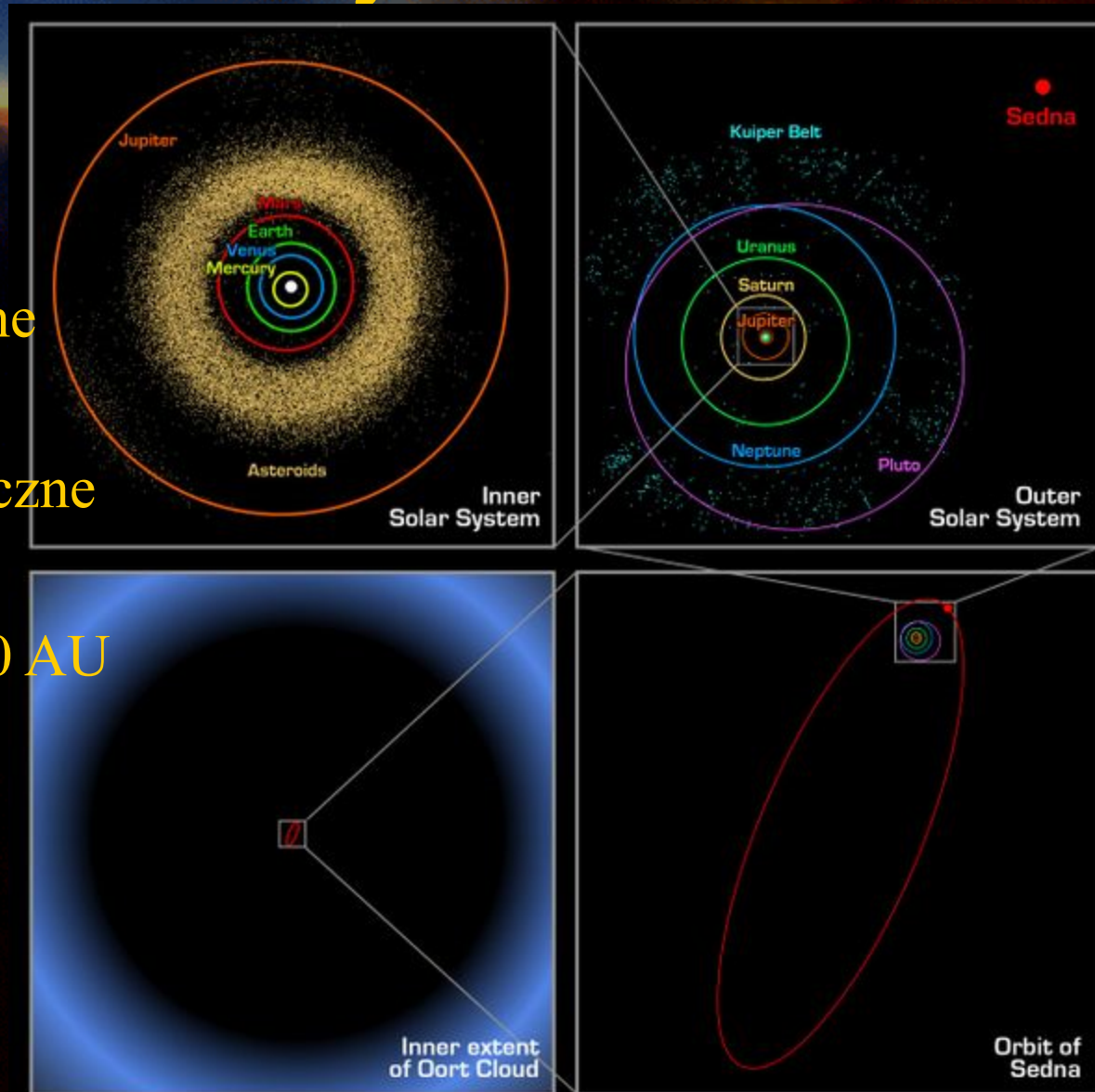


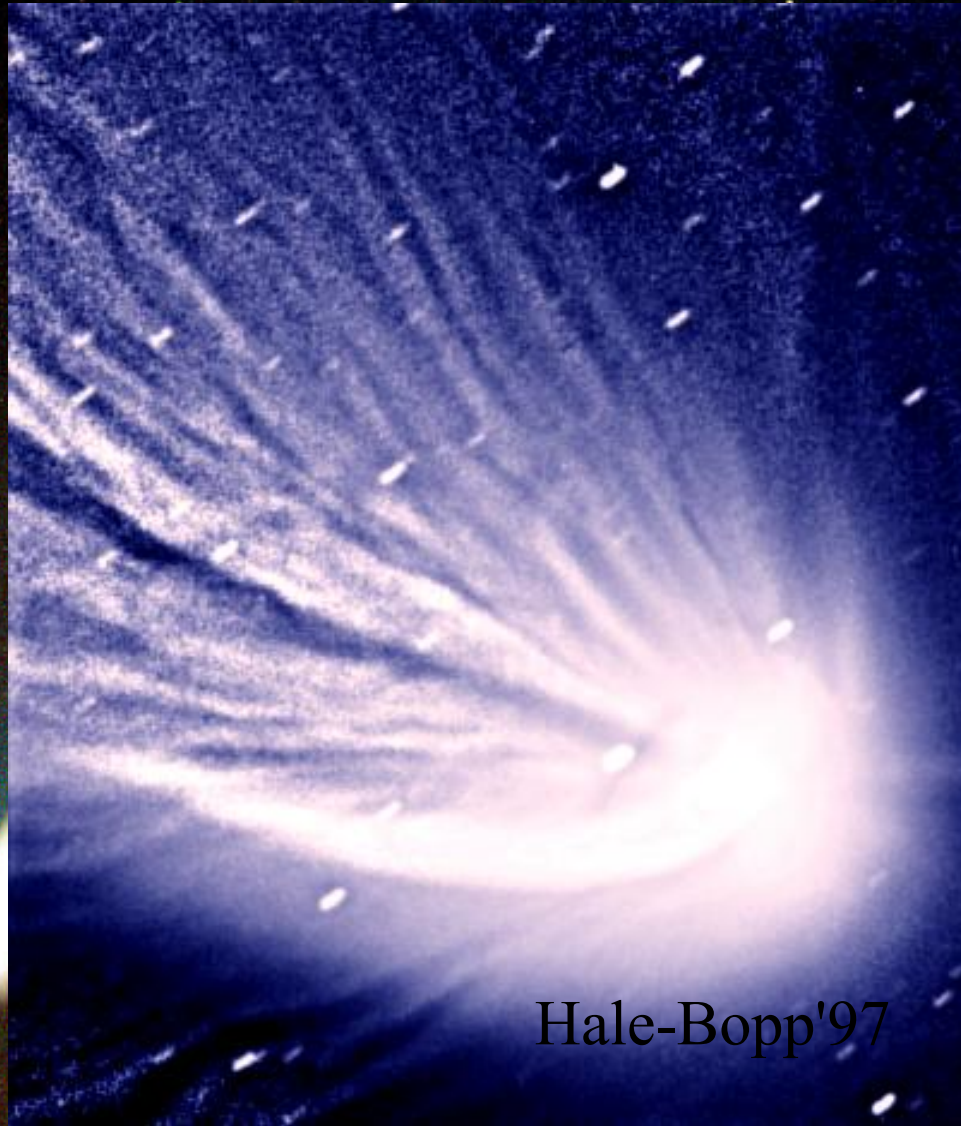
# Sedna



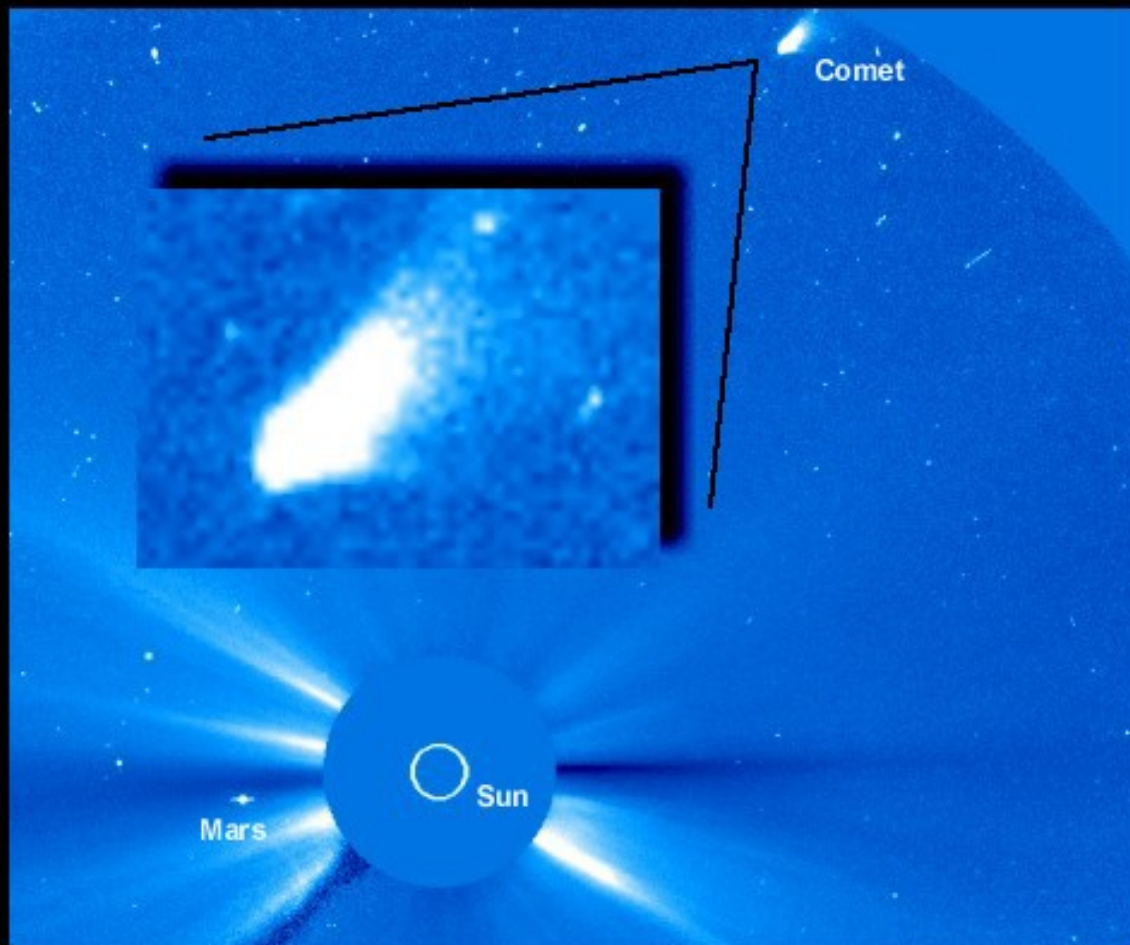
# Komety

- Okresowe
  - $P < 200$  lat
  - orbity eliptyczne
- Jednorazowe
  - orbity paraboliczne
- Obłok Oorta
  - 50,000-100,000 AU



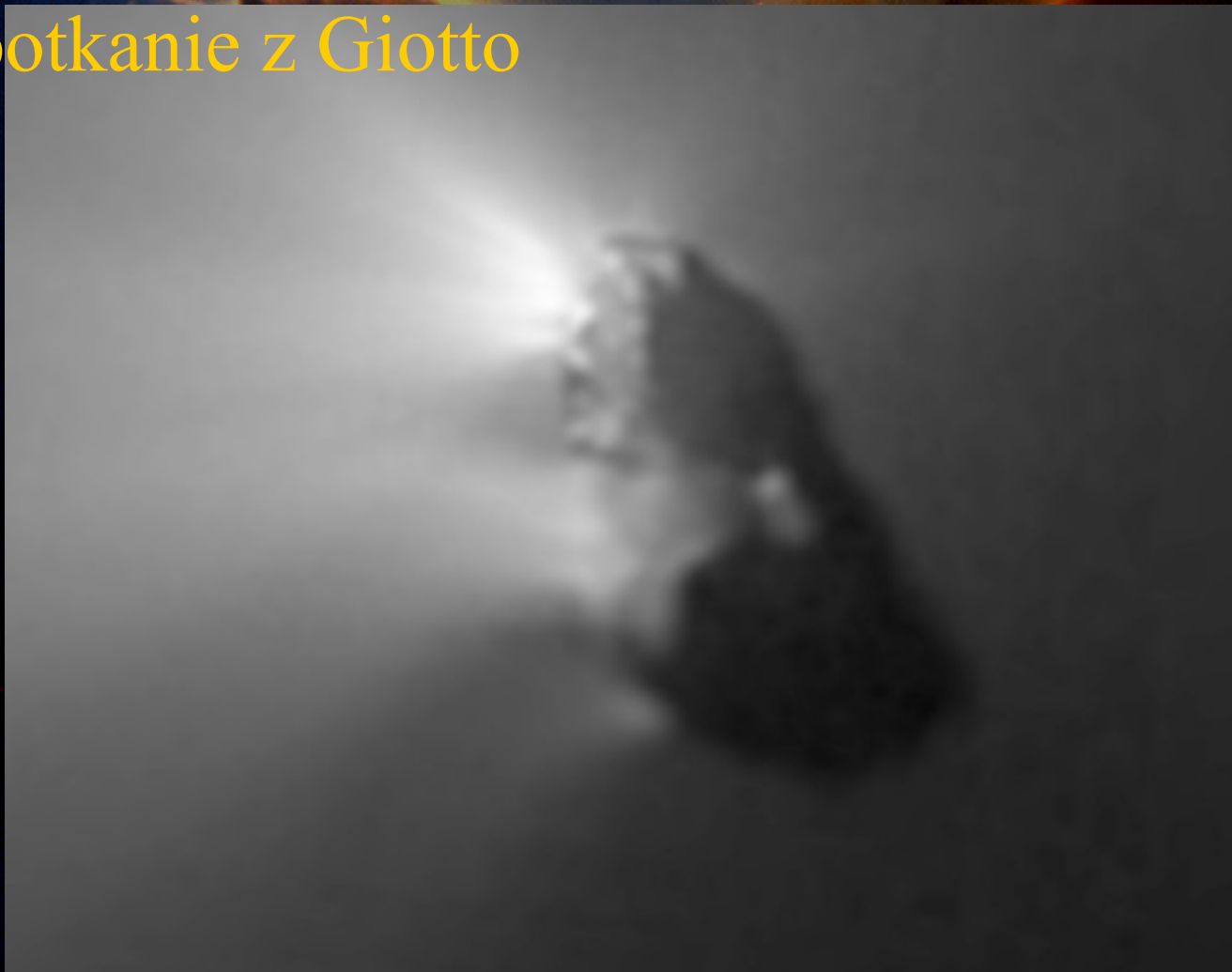


Hale-Bopp'97



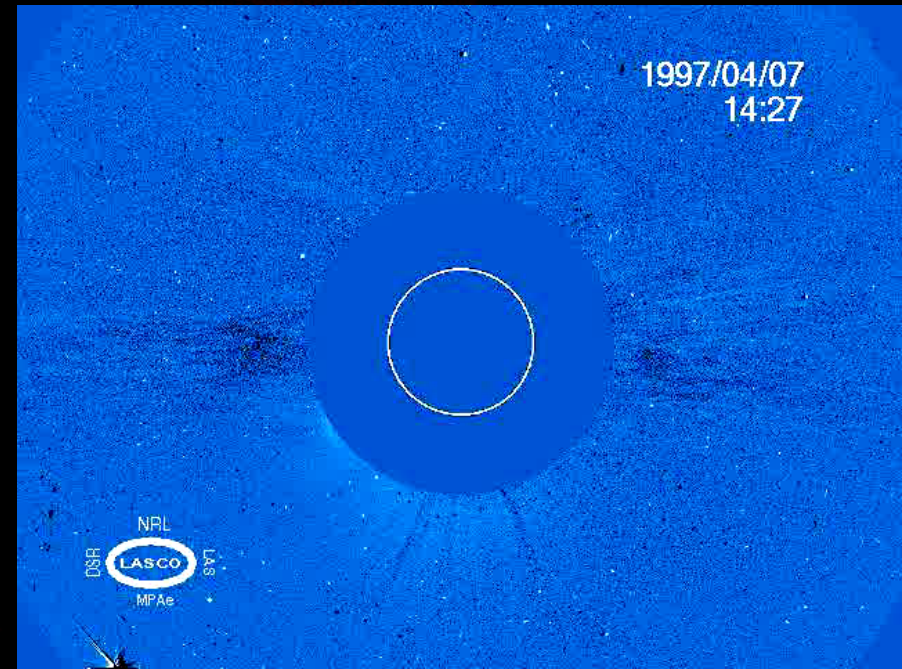
# Kometa Halleya - 1986

- Spotkanie z Giotto



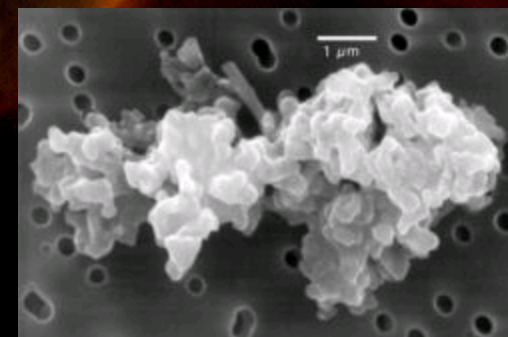
# Materia międzyplanetarna

- Wiatr gwiazdowy
  - zjonizowany gaz:
    - protony, elektrony; 500 keV
    - $\sim 500$  km/s,  $10^9$  kg/s
  - CME
    - coronal mass ejection



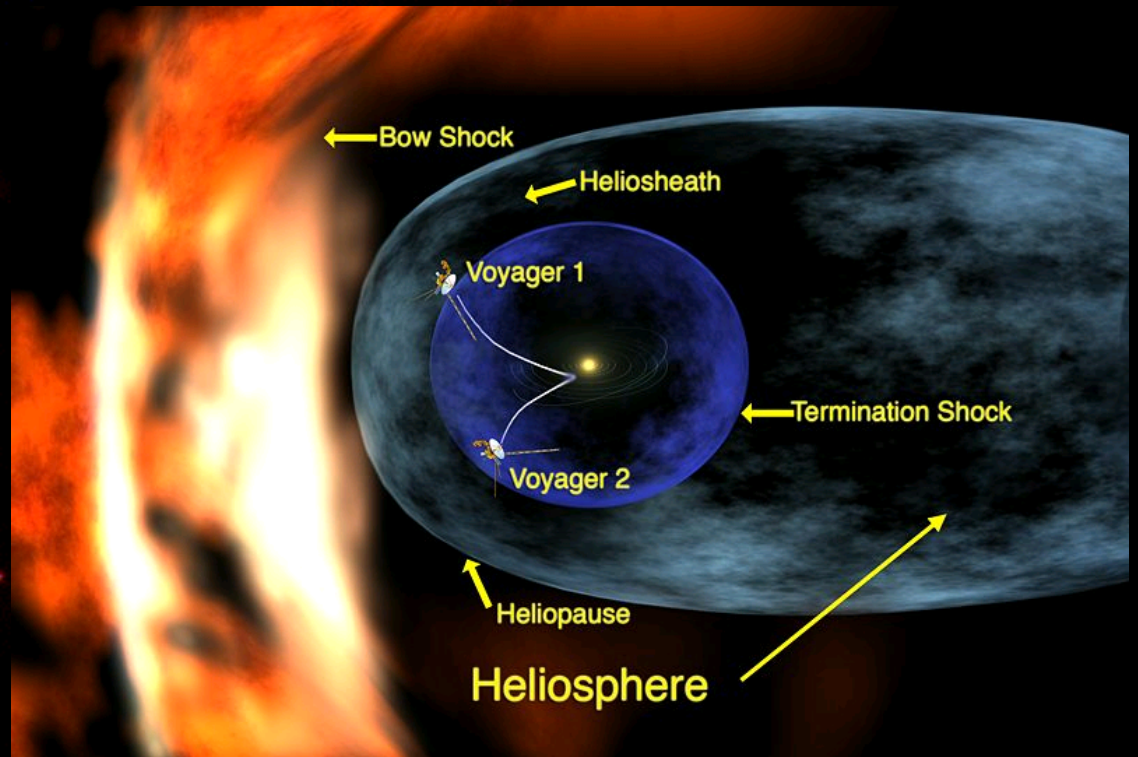
# Materia międzyplanetarna

- Pył międzyplanetarny
  - 10-100  $\mu\text{m}$
  - kilka cząstek/ $\text{cm}^3$
  - zderzenia asteroid
  - obiektów pasa Kuipera
  - pył z komet
- czas życia max  $10^8$  lat
  - 99.9 % pył *świeży*
  - 0.1 % międzygwiazdowy
- światło zodiakalne



# Materia międzyplanetarna

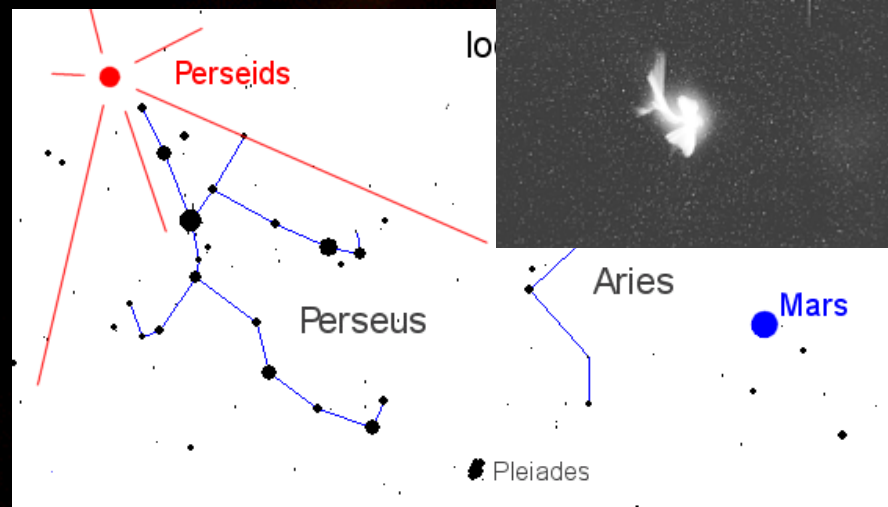
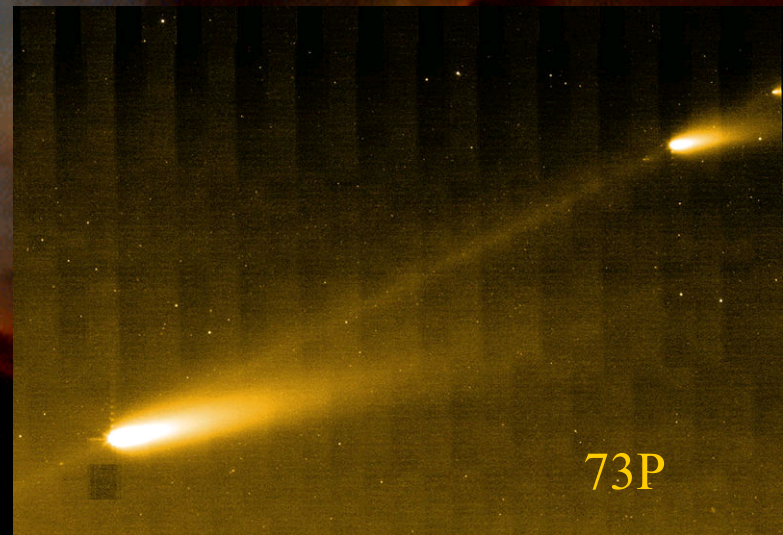
- heliosfera – obszar dominacji nad materią międzygwiazdową – 100 do kilku tys. j.a.
- heliopauza





# Materia międzyplanetarna

- meteoroidy,
- meteory, meteoryty
- deszcze meteorów  
– radiant



# Materia międzyplanetarna

- meteoryty
  - aerolity – kamienne
    - chondryty
    - achondryty
  - syderyty – żelazne
  - syderolity – kamienno-żelazne



Willamette Meteorite – 15 t

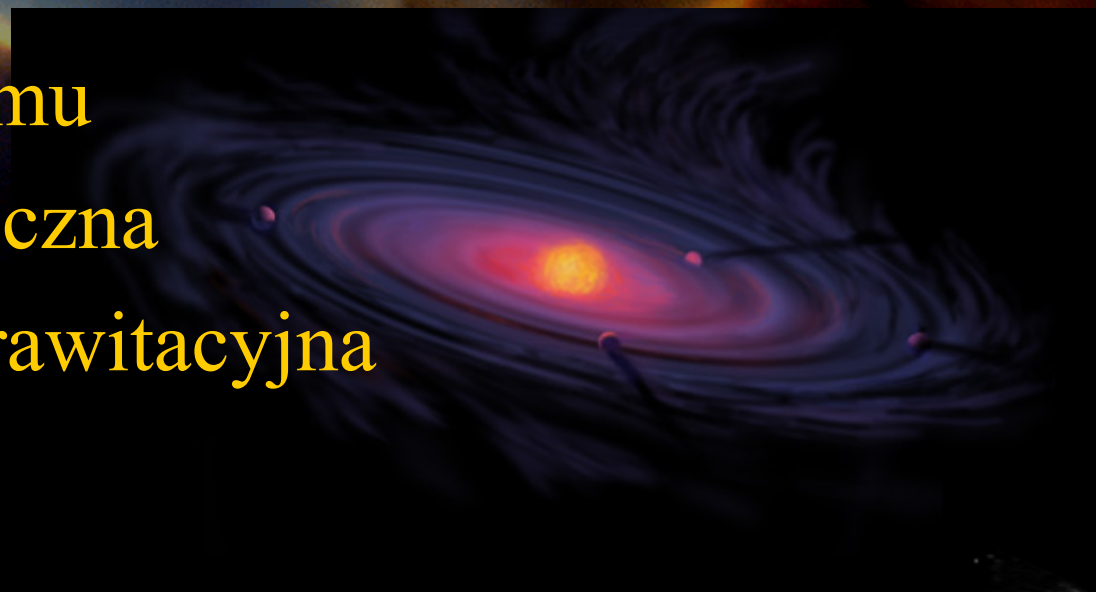
# Materia międzyplanetarna

- kraterzy
  - Arizona
  - 1200x170m
- obiekt:
  - 50 m średnicy
  - 200,000 ton
  - 13 km/s



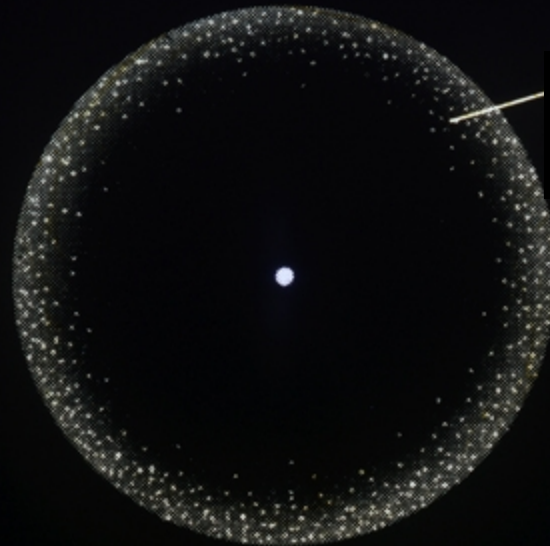
# Powstanie Układu Słonecznego

- ok. 5 mld lat temu
- mgławica słoneczna
- niestabilność grawitacyjna
- akrecja
- planetozymale



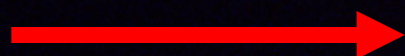
# Fala uderzeniowa

- fala uderzeniowa wokół supernowej (otoczka)
- zderzenie obłoków gazu międzygwiazdowego
- skutek – niestabilność grawitacyjna

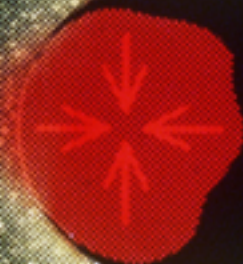


Fala uderzeniowa  
wokół supernowej

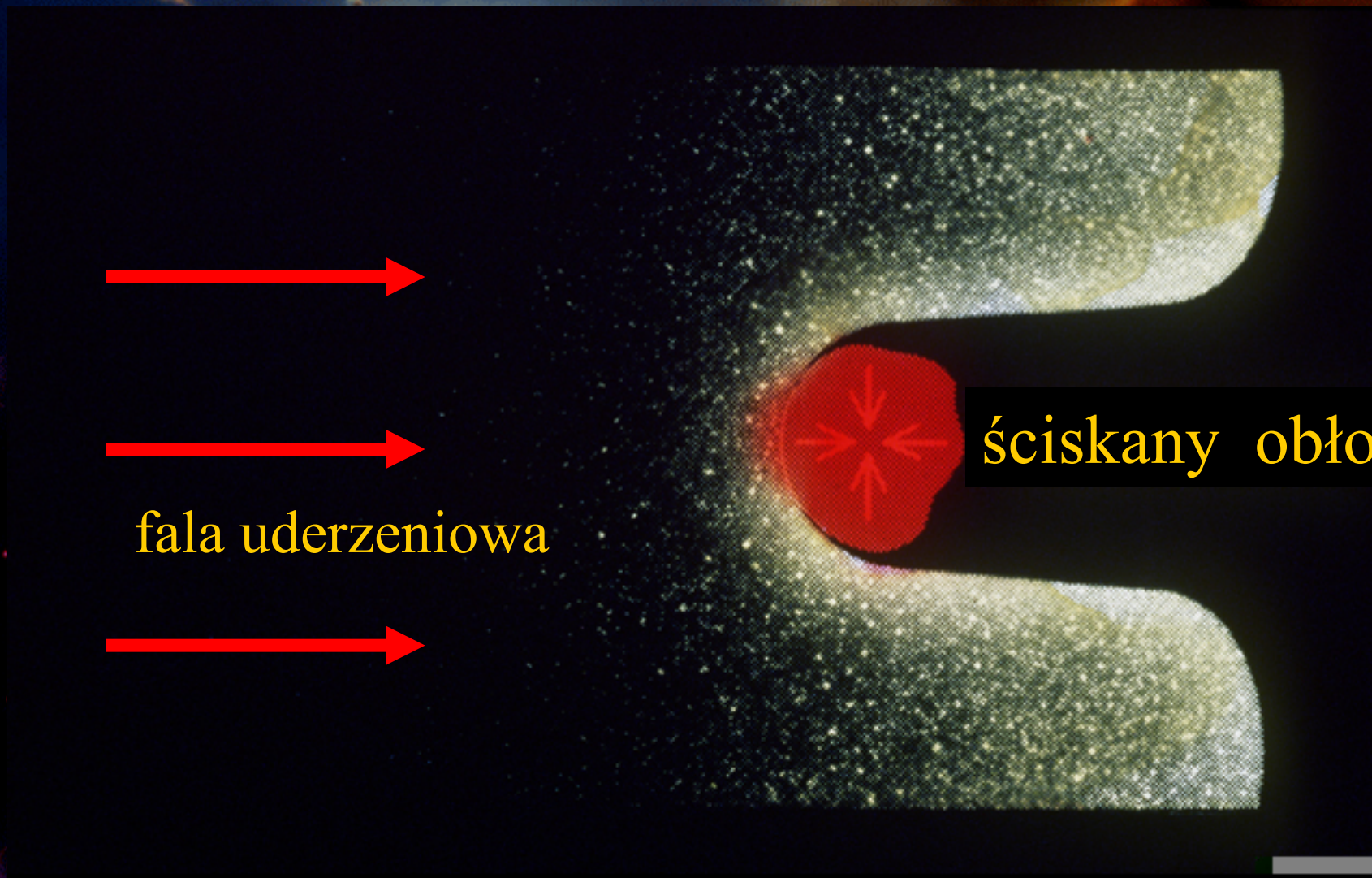
# Kompresja obłoku przez falę uderzeniową



fala uderzeniowa



ściskany obłok



# Po przejściu fali uderzeniowej



# Temperatura planety

$$L = 4\pi R_s^2 \cdot \sigma T_s^4$$

$$f = L/4\pi d^2 = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4 / 4\pi d^2 = \sigma T_s^4 R_s^2/d^2$$

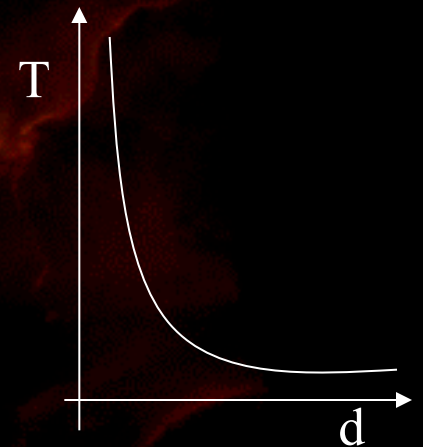
$$E = \pi r^2 \cdot f$$

$$E = 4\pi r^2 \cdot \sigma T_p^4$$

$$4\pi r^2 \cdot \sigma T_p^4 = \pi r^2 \cdot \sigma T_s^4 R_s^2/d^2$$

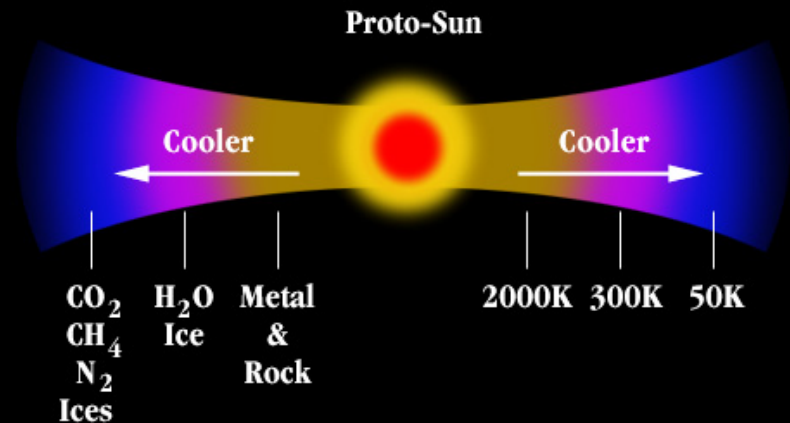
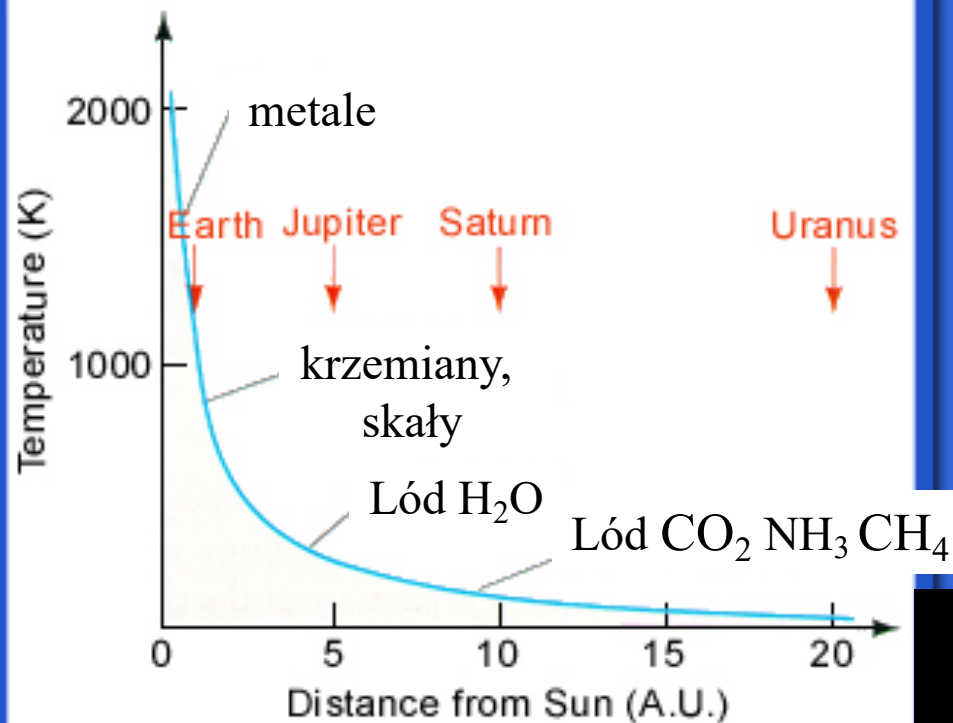
$$T_p = (T_s^4 R_s^2/4d^2)^{0.25} = T_s (R_s/2d)^{0.5}$$

dla Ziemi  $T_p = 280 \text{ K}$





# Skład chemiczny vs. temperatura i odległość



# Powstawanie planet

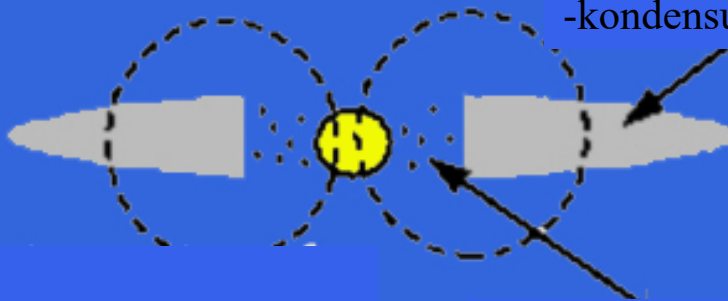
Protogwiazda

Pole magnetyczne

Dysk  
akrecyjny



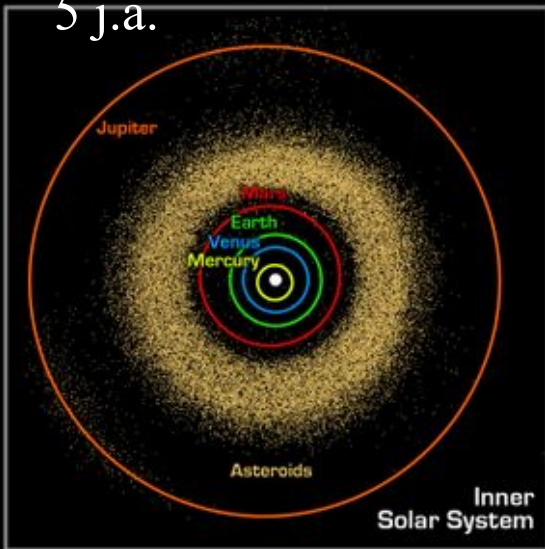
„Lekkie” pierwiastki  
-wywiewane na peryferia  
-kondensują w niższej temperaturze



„Ciężkie” pierwiastki  
-kondensują w wyższej temperaturze  
-ale również w niższej !

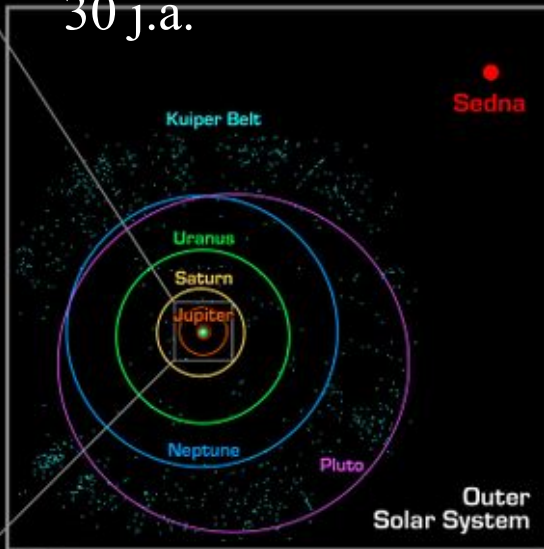
# Otoczenie Układu Słonecznego

5 j.a.



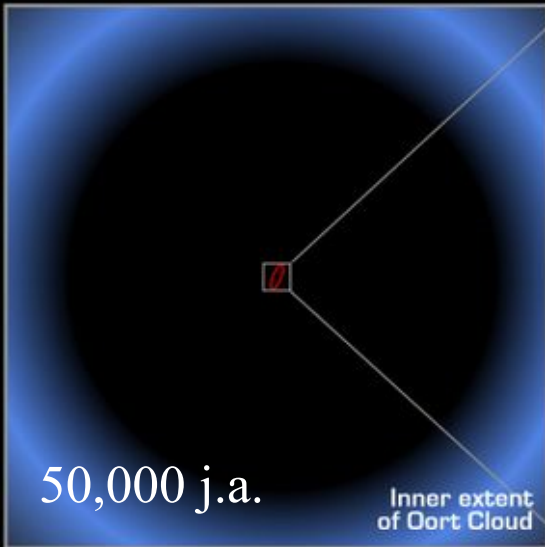
Inner Solar System

30 j.a.



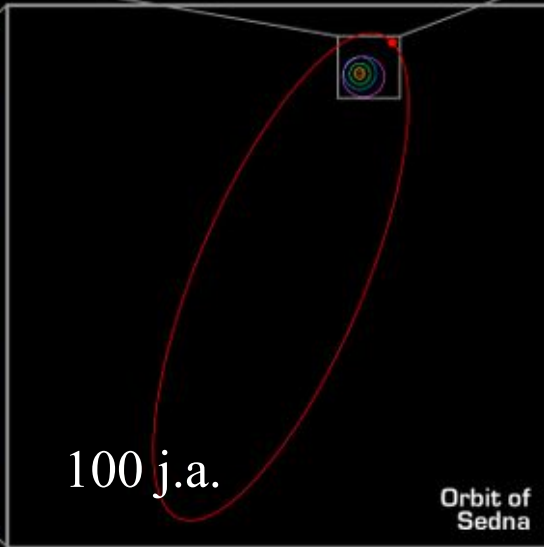
Outer Solar System

50,000 j.a.



Inner extent of Oort Cloud

100 j.a.



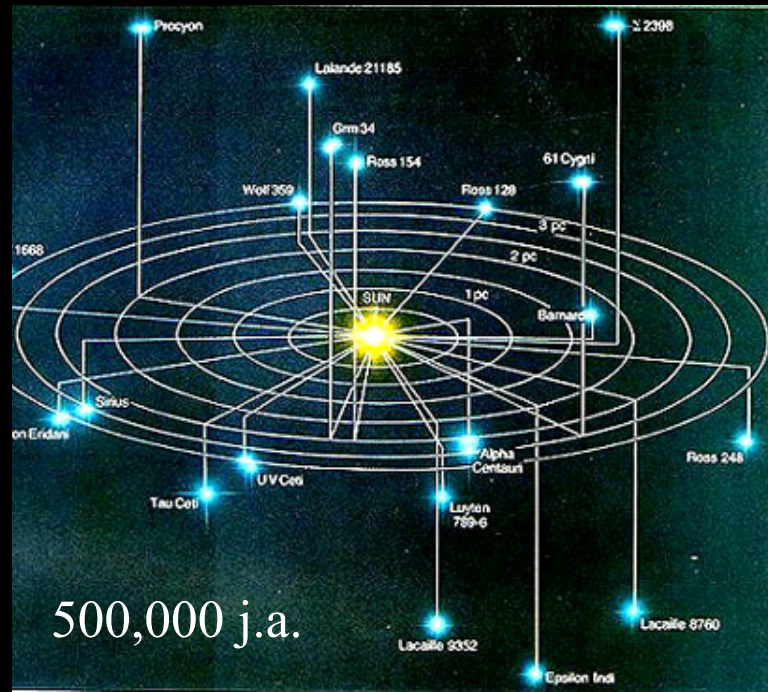
Orbit of Sedna

obszar oddziaływania grawitacyjnego

1,5 r. św. =

0,5 pc =

100,000 j.a.



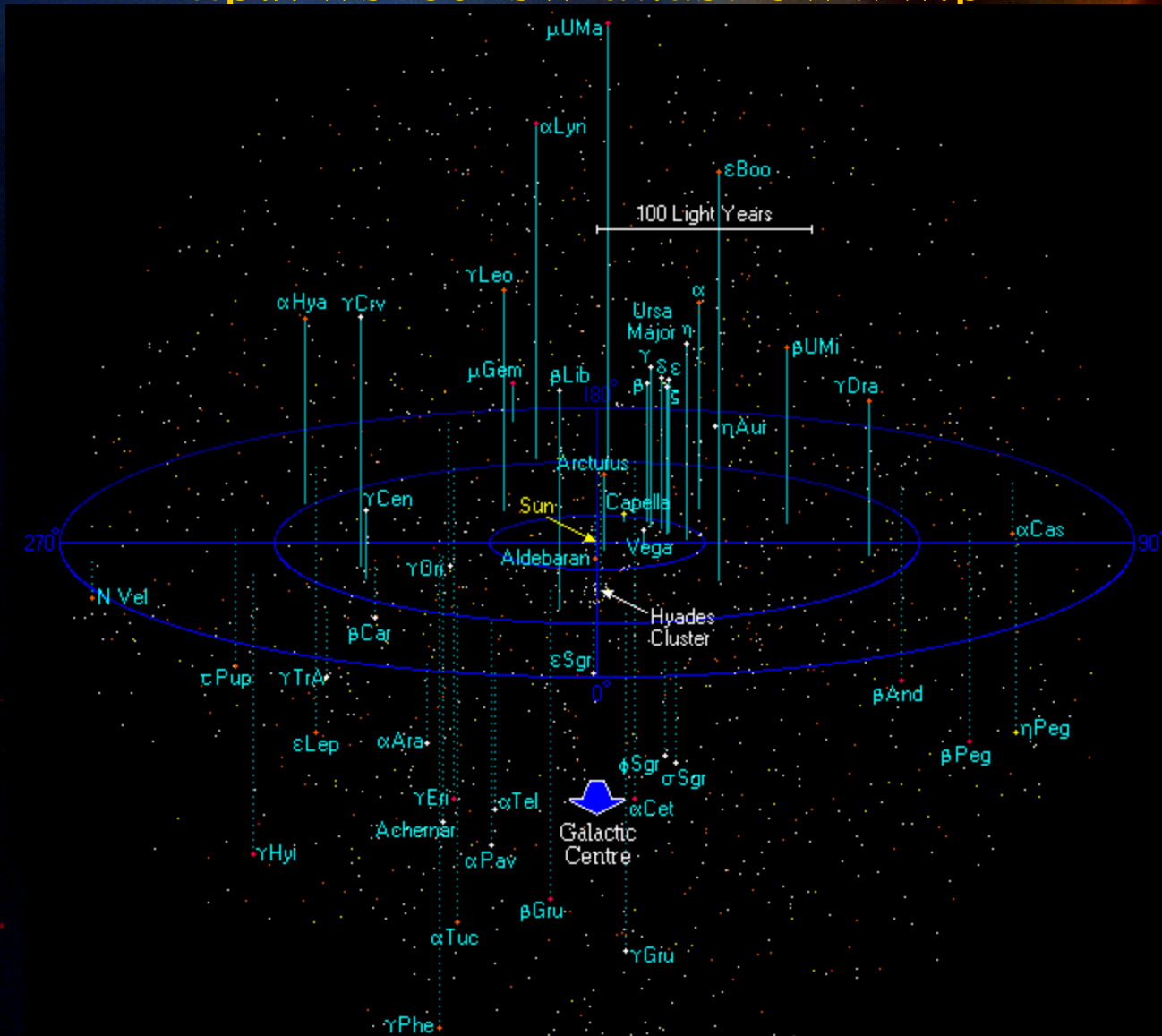
500,000 j.a.

# Gwiazdy

A dense field of stars in various colors (blue, white, yellow, orange) against a dark background. The stars are scattered across the frame, with some appearing as bright, multi-pointed diffraction patterns. The word "Gwiazdy" is written in a gold, serif font at the top center of the image.

# Sąsiedztwo Słońca

<http://wszechswiat.astrowww.pl>



# Droga Mleczna - Galaktyka

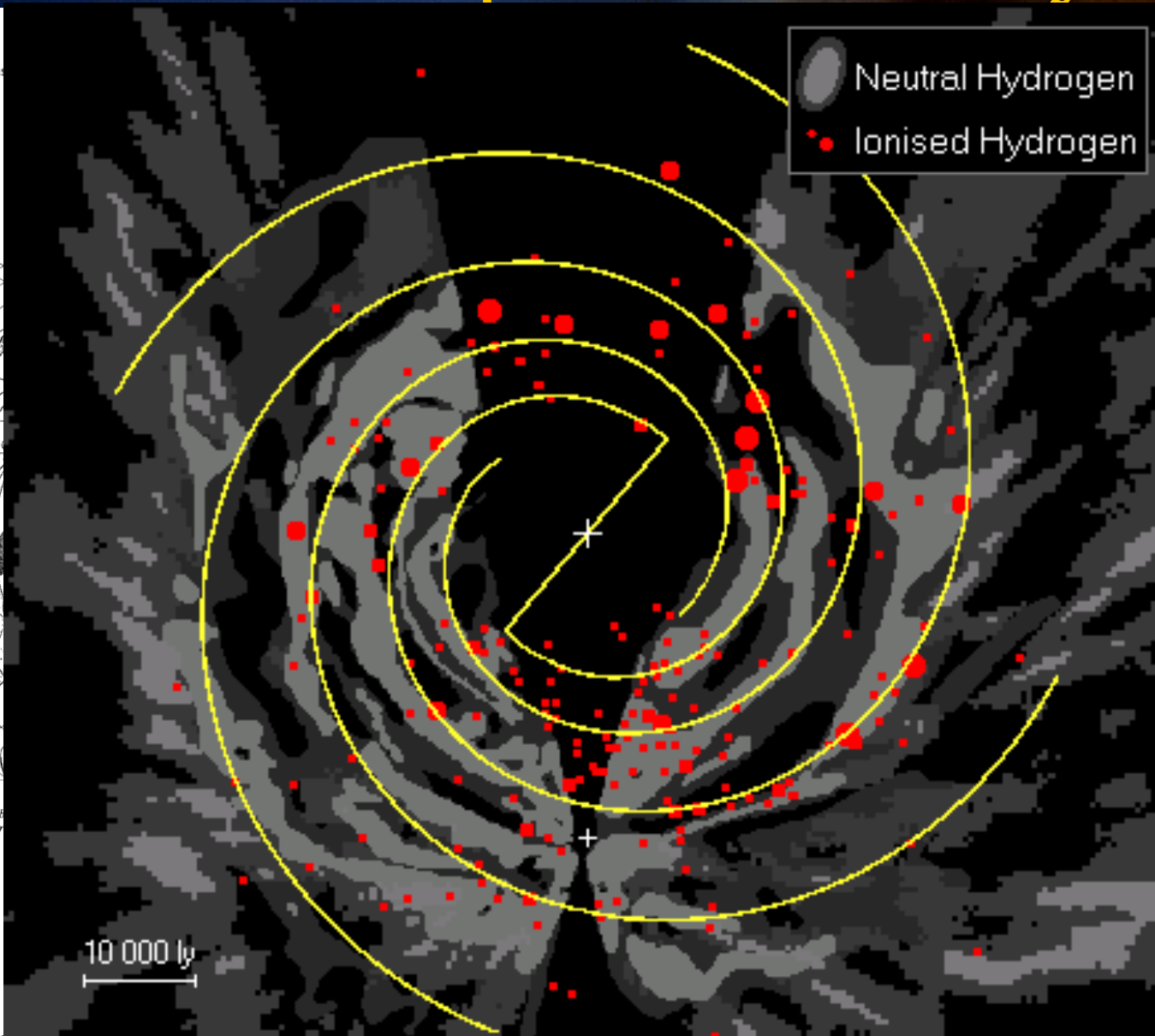




# Ramiona spiralne Galaktyki

MONTHLY NOTICES

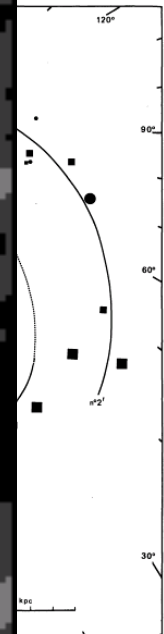


FIG. 4.—Distribution of the z-direction points.



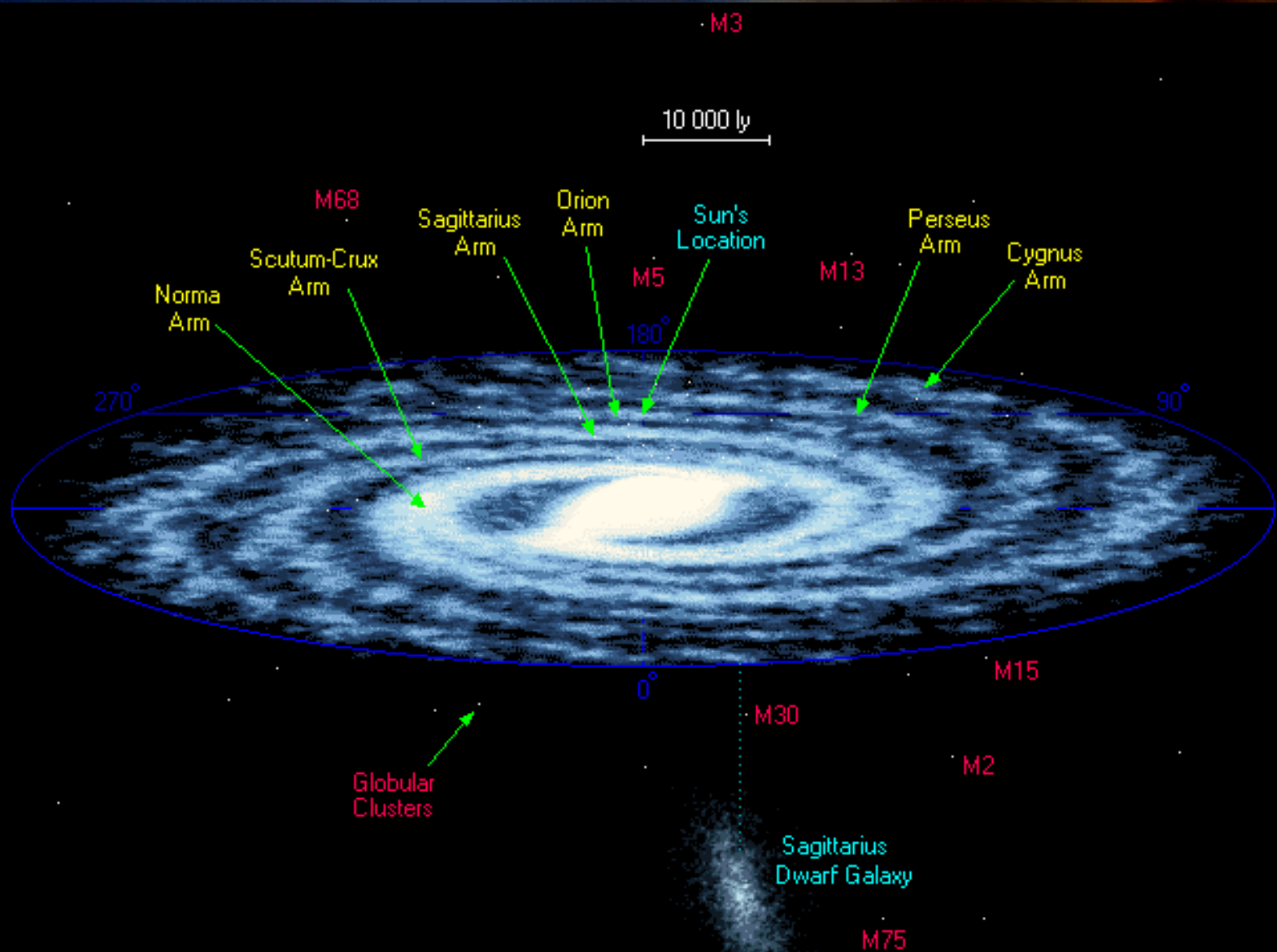
 Neutral Hydrogen  
 Ionised Hydrogen

... spiral arm but rather a spur or a branch  
 ... in M 51 and M 101. At the present  
 ... et possible to decide if it is a branch of  
 ... m of the Sagittarius-Carina arm. The  
 ... pattern has two symmetrical pairs of  
 ... (altogether) with a pitch angle between  
 ... 11 we have hatched the five longitudes  
 ... exactly to the flux maxima in the radio  
 ... in the total 21 cm profile integral:  
 ... 50°), Scutum ( $\ell = 33^\circ$ ), Norma ( $\ell = 327^\circ$ ),  
 ... and Carina ( $\ell = 283^\circ$ ) as described by  
 ... (1970) and Simonson (1970).



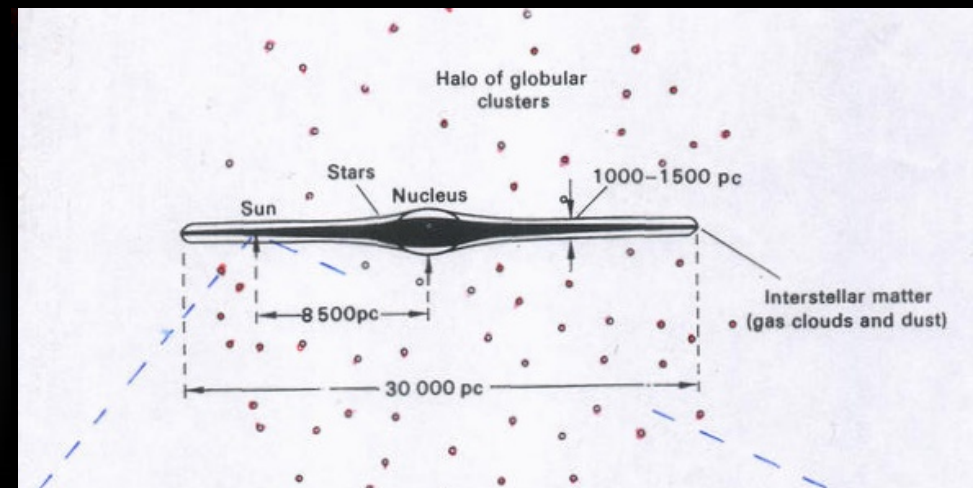
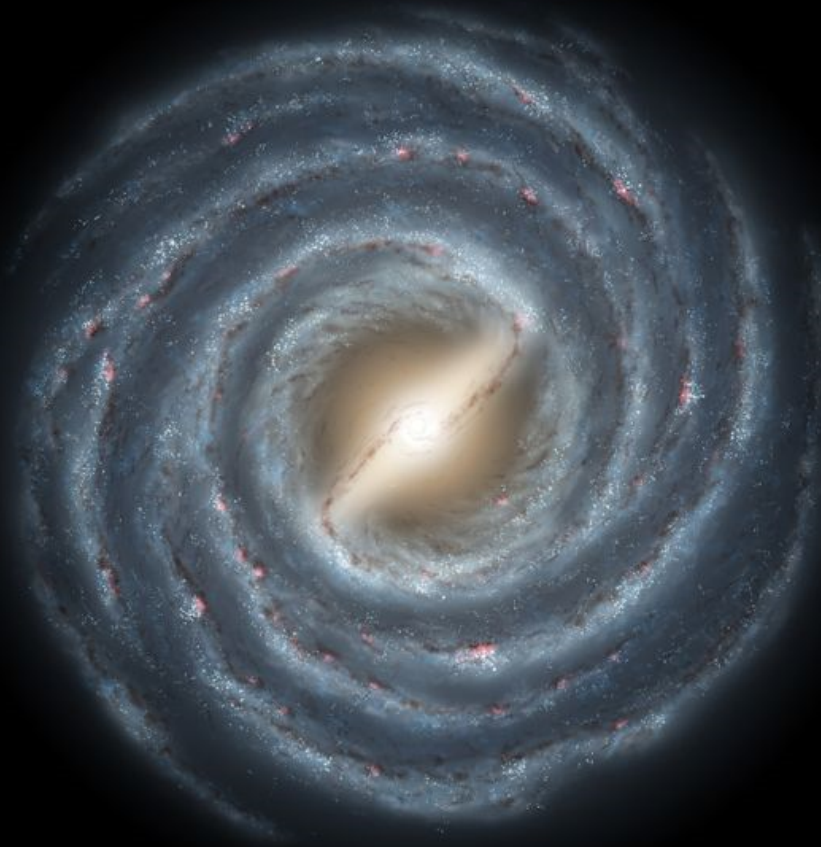
$U > 70 \text{ pc cm}^{-2}$ ; the resulting spiral pattern has  
 ... arm; No. 2. Intermediate arm: Scutum-Crux arm;  
 ... and to intensity maxima in the radio continuum

# Ramiona spiralne

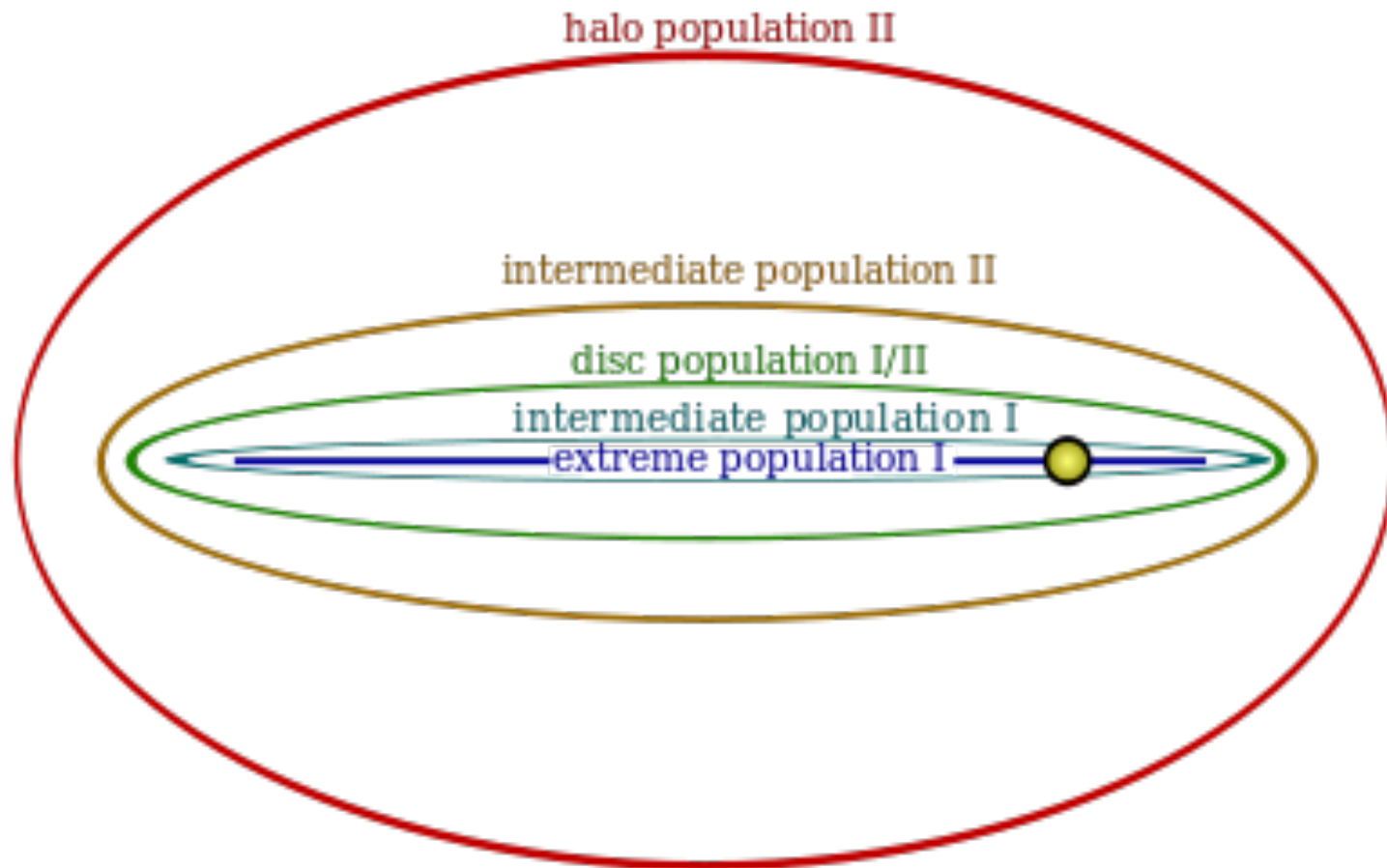




# Droga Mleczna - Galaktyka



# Populacje gwiazdowe Galaktyki



Distribution of Star Populations  
in Milky Way

# Populacje gwiazdowe Galaktyki

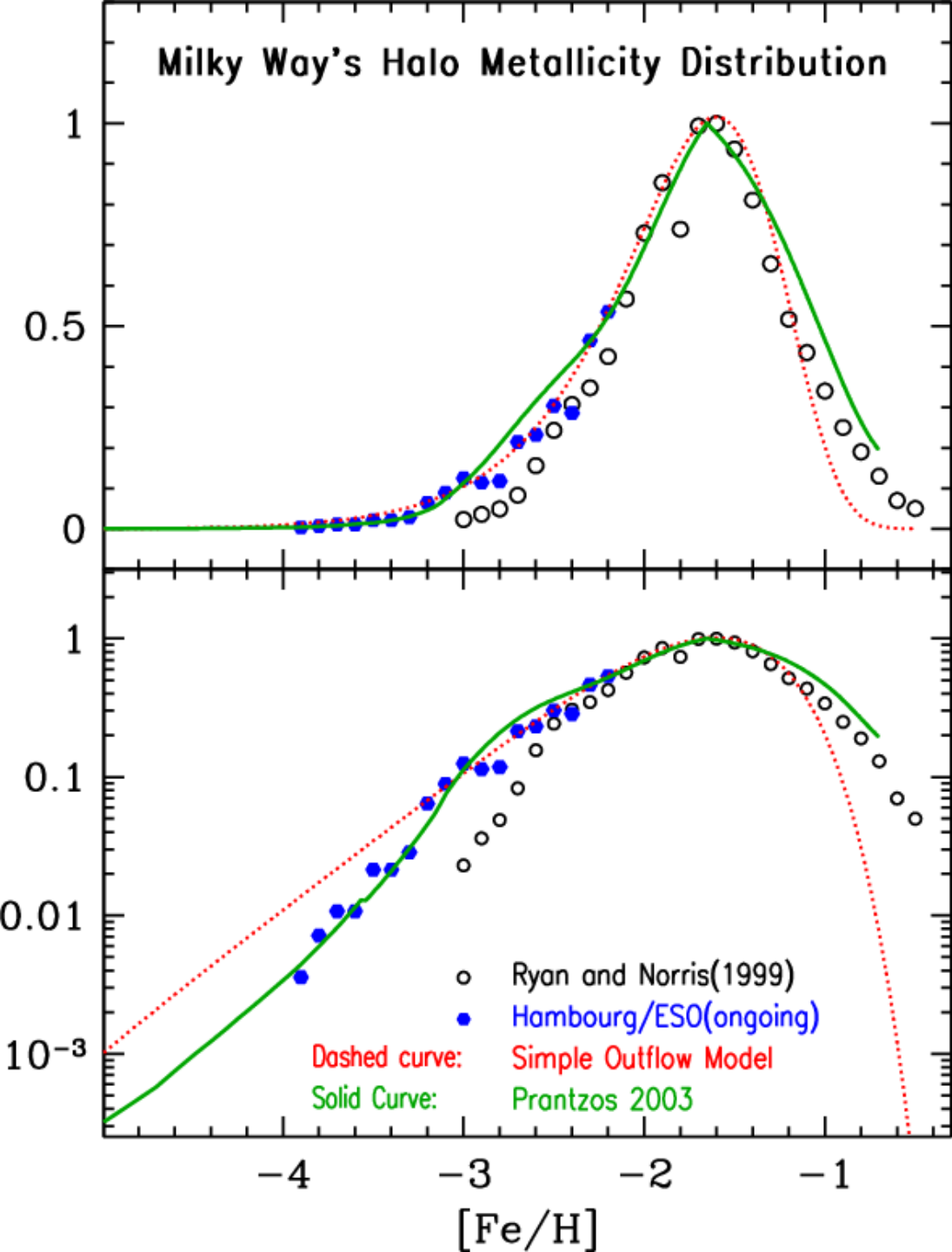
- Populacja I (dyskowa)
  - młode gwiazdy w ramionach spiralnych
  - bogate w metale  $[Fe/H] \sim 0$
- populacja II (sferyczna)
  - zgrubienie centralne (bulge)
  - halo galaktyczne
  - niska metaliczność  $[Fe/H] \sim -1 \dots -2$

$$[Fe/H] = \log(Fe/H) - \log(Fe/H)_{\odot}$$
$$Z_{\odot} = 0,014$$

# Popu

- Popu
  - mł
  - bog
- popu
  - zgr
  - hal
  - nis

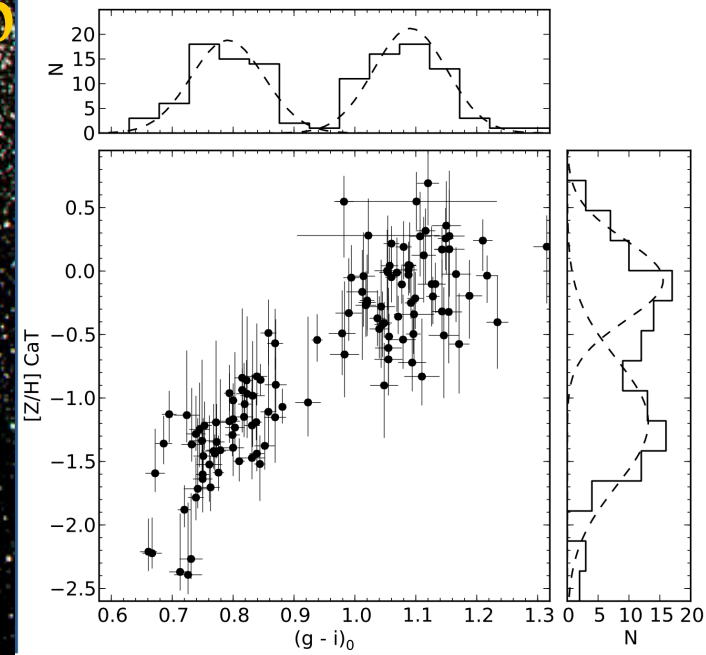
tyki



$(Fe/H)_\odot$   
0,014

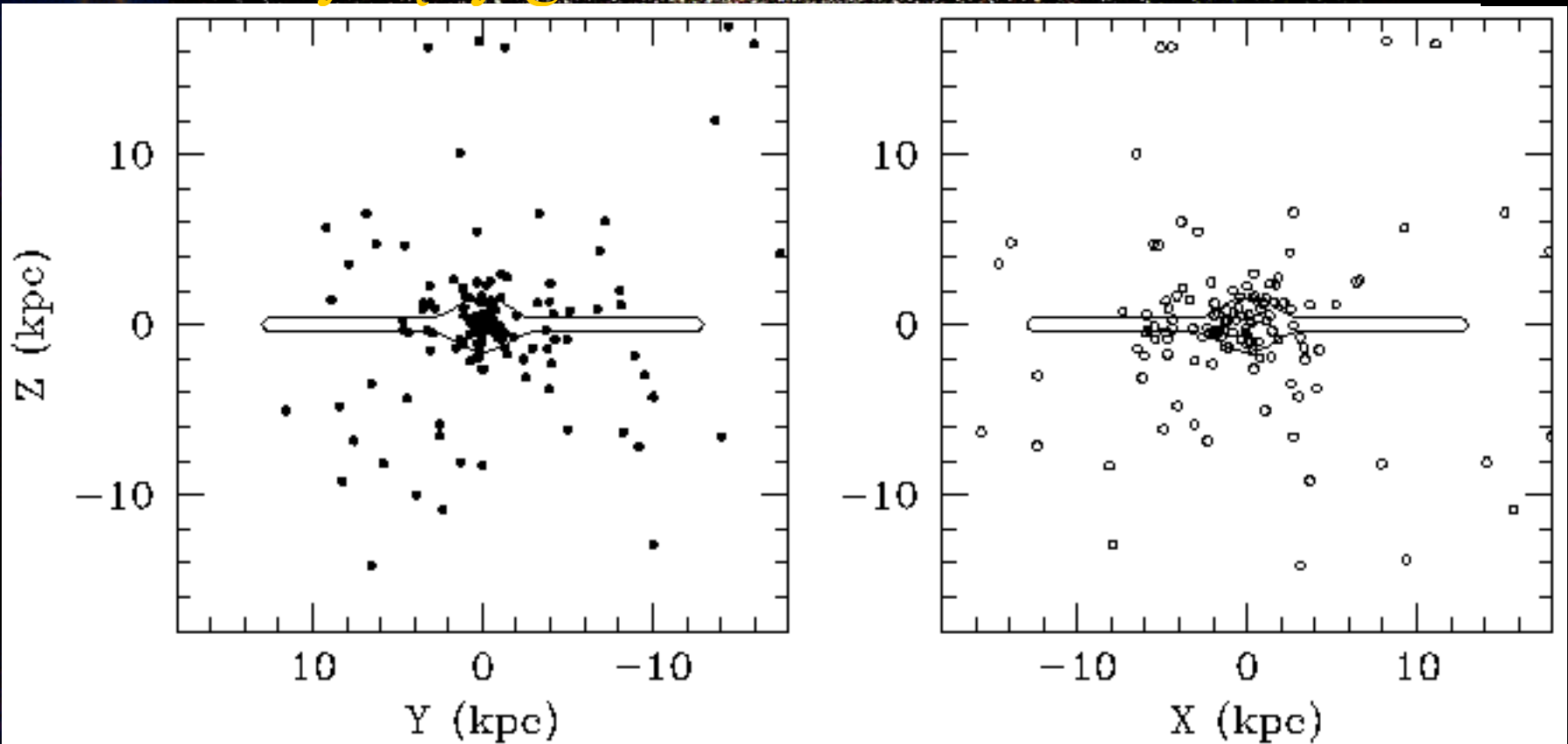
# Gromady kuliste

- 150-158 znanych w Galaktyce
- $10^4 - 10^5$  gwiazd
- $D \sim 20-100+$  pc
- stare ( $>10$  Gyr) gwiazdy II p
- niska mataliczność ( $[Fe/H] \sim$
- brak gazu



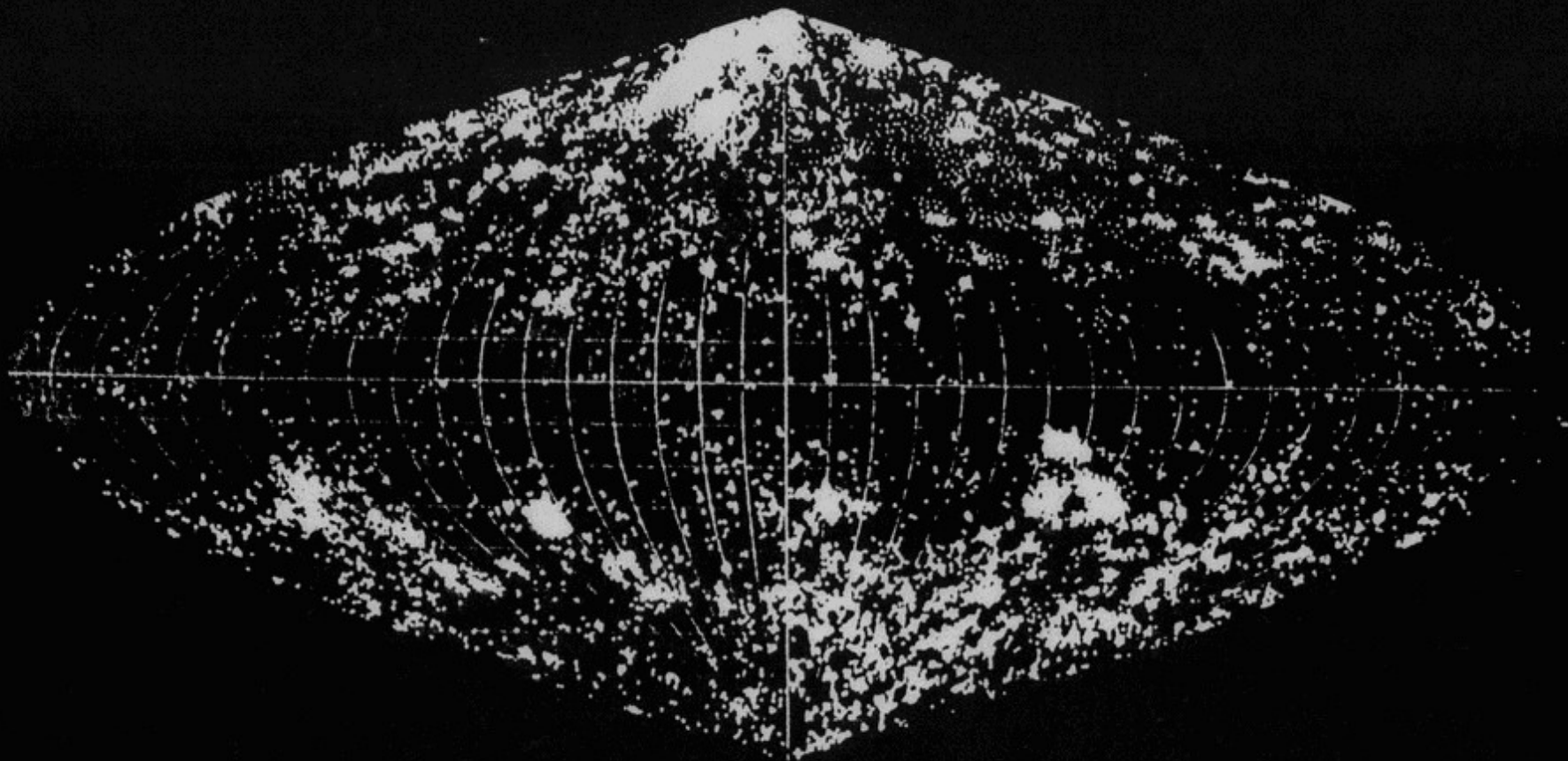
# Gromady kuliste

- 150-158 znanych w Galaktyce
- setki tysięcy gwiazd



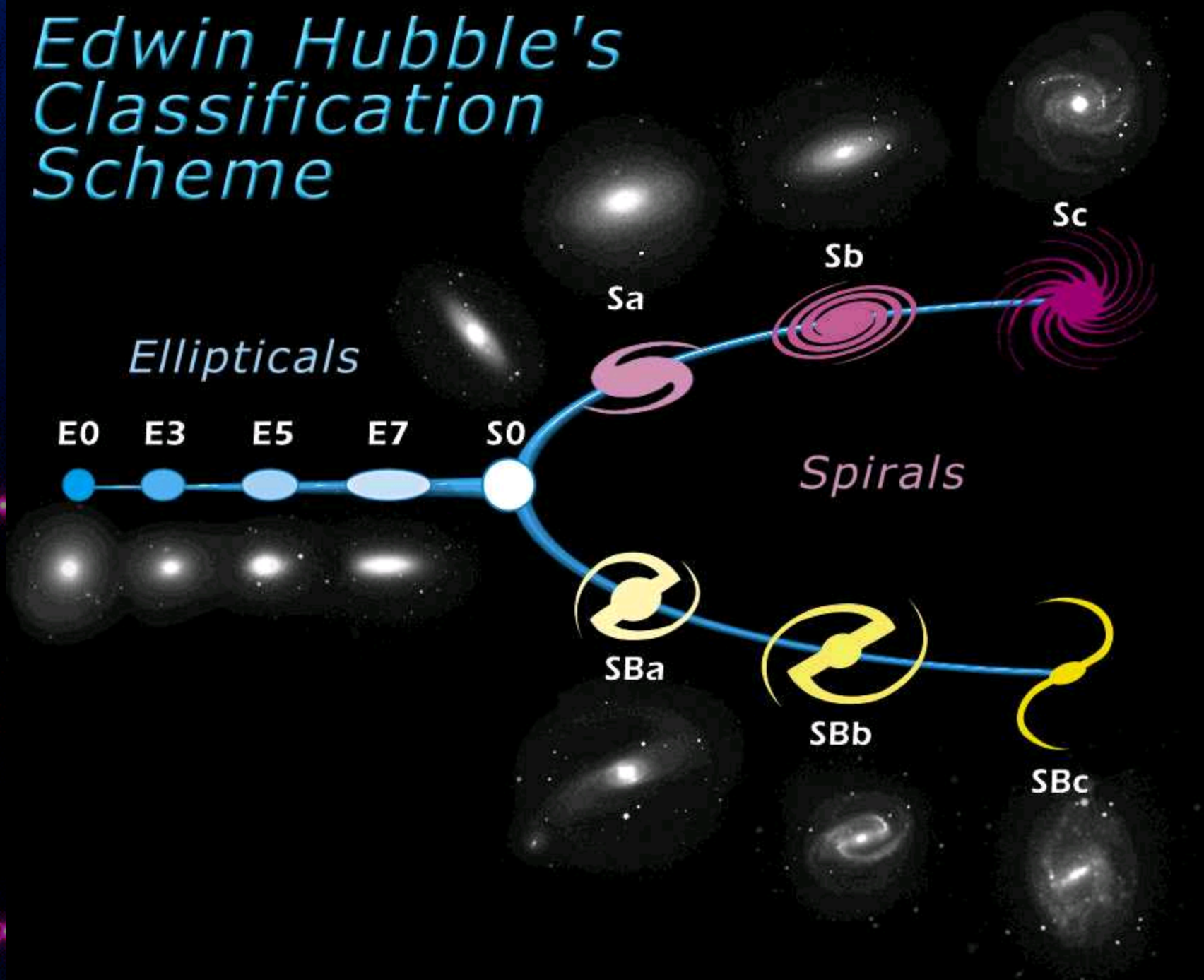
- 
- A cosmic background image featuring a dark blue and black space filled with numerous stars of varying colors (red, white, yellow). Large, glowing nebulae in shades of orange, red, and yellow are scattered across the scene, creating a dramatic and ethereal atmosphere. The nebulae have wispy, filamentary structures that catch the light, contrasting with the deep black of the void.
- Koniec części I
  - Pozostałe slajdy połączyć z końcówką części 2.

# Rozkład mgławic na niebie: Charlier (1922):

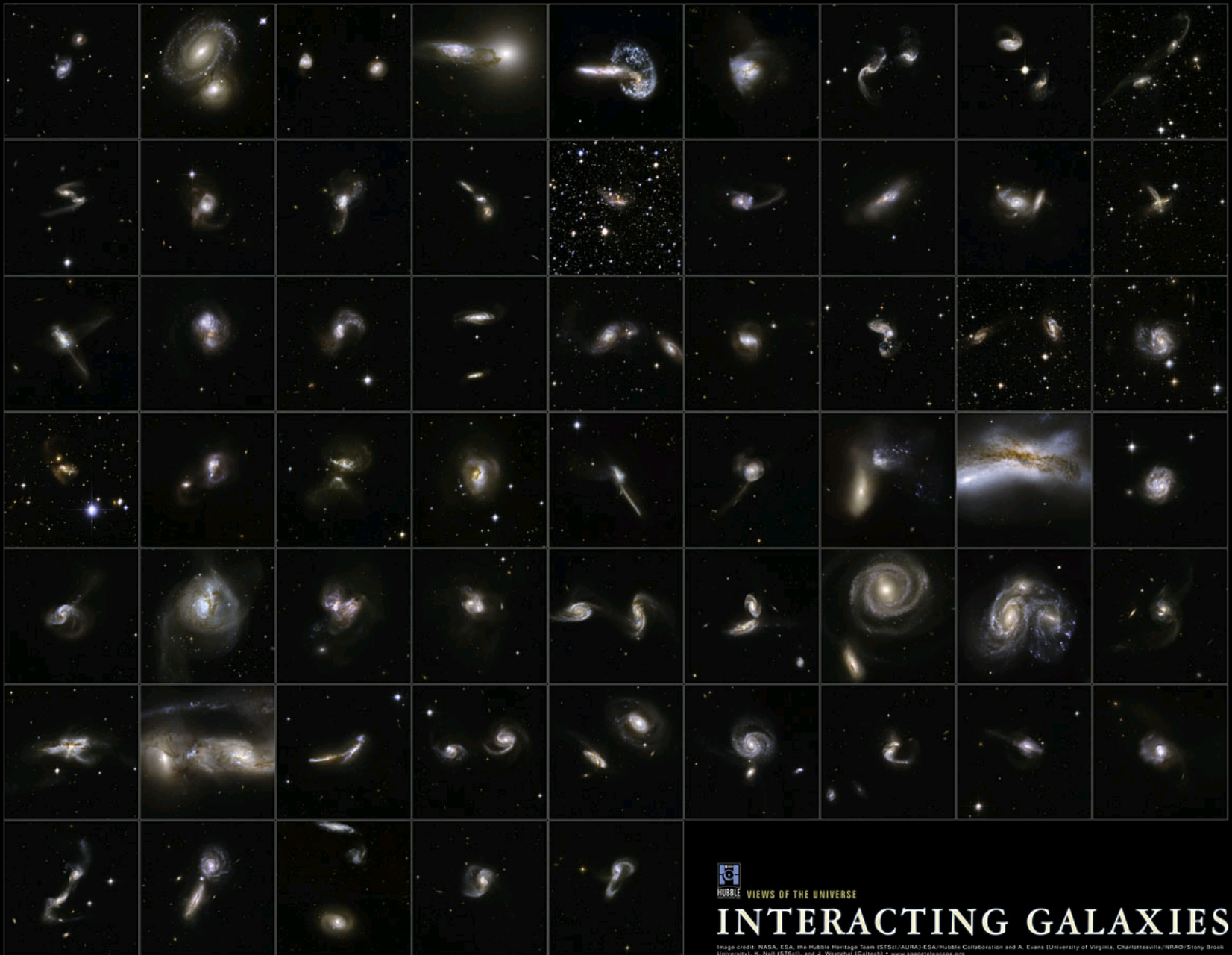




# Edwin Hubble's Classification Scheme







VIEWS OF THE UNIVERSE

# INTERACTING GALAXIES

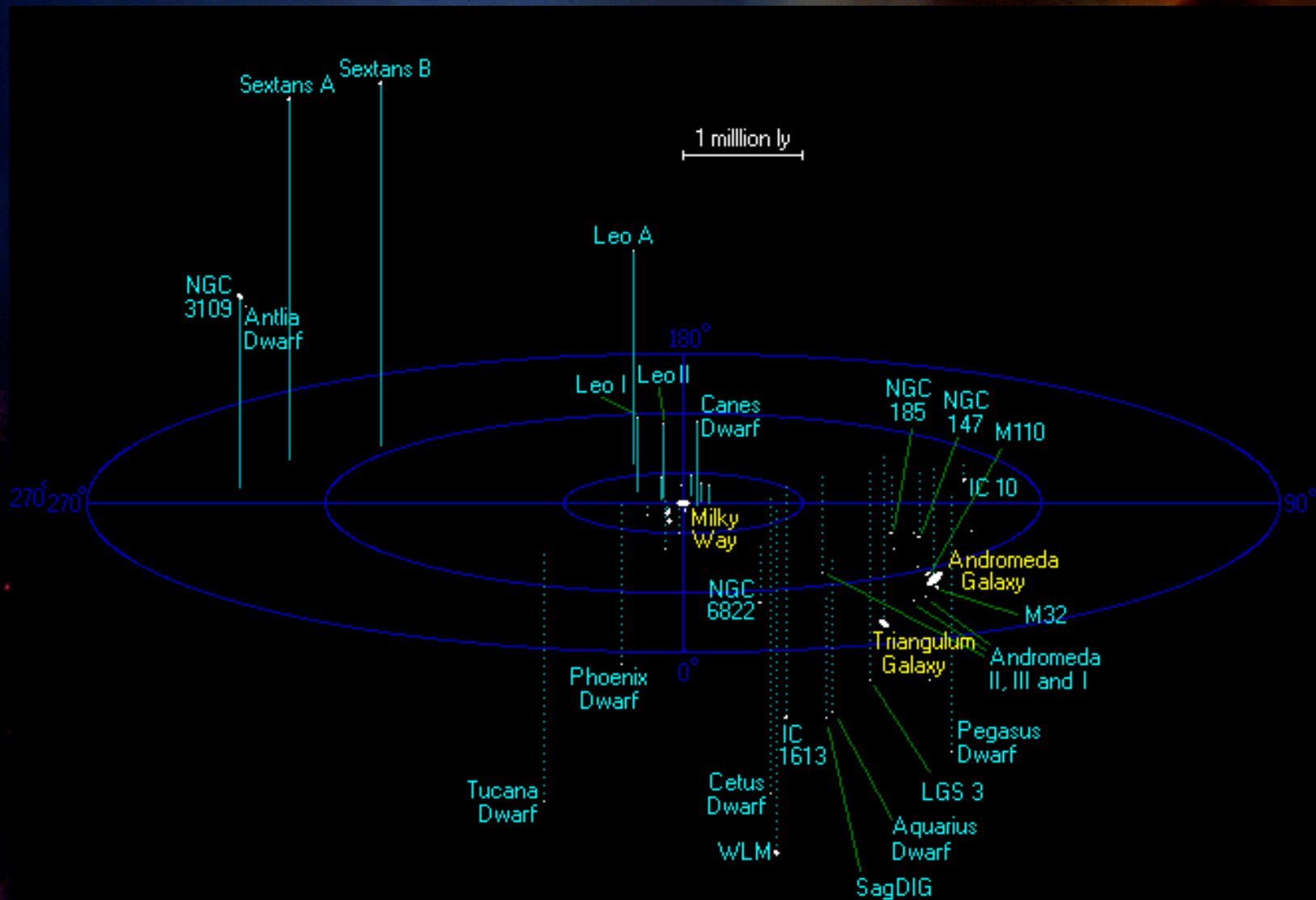
Image credit: NASA, ESA, the Hubble Heritage Team (STScI/AURA), ESA/Hubble Collaboration and A. Evans (University of Virginia, Charlottesville/NRAO/Stony Brook University), K. Nori (STScI), and J. Weingart (Caltech) • [www.spacetelescope.org](http://www.spacetelescope.org)

# Sąsiedztwo galaktyki

- SMC - Small Magellanic Cloud
- LMC - Large Magellanic Cloud

Photo Credit: Amit Kamble

# Lokalna Grupa Galaktyk



# Lokalna Grupa Galaktyk

- Droga Mleczna
- M 31 (w Andromedzie)
- M 33 (w Trójkącie)
- LMC
- SMC
- karłowate galaktyki eliptyczne (30+)
- średnica 2.5-3 Mpc ( 10 mln l. św.)

# Gromady Galaktyk



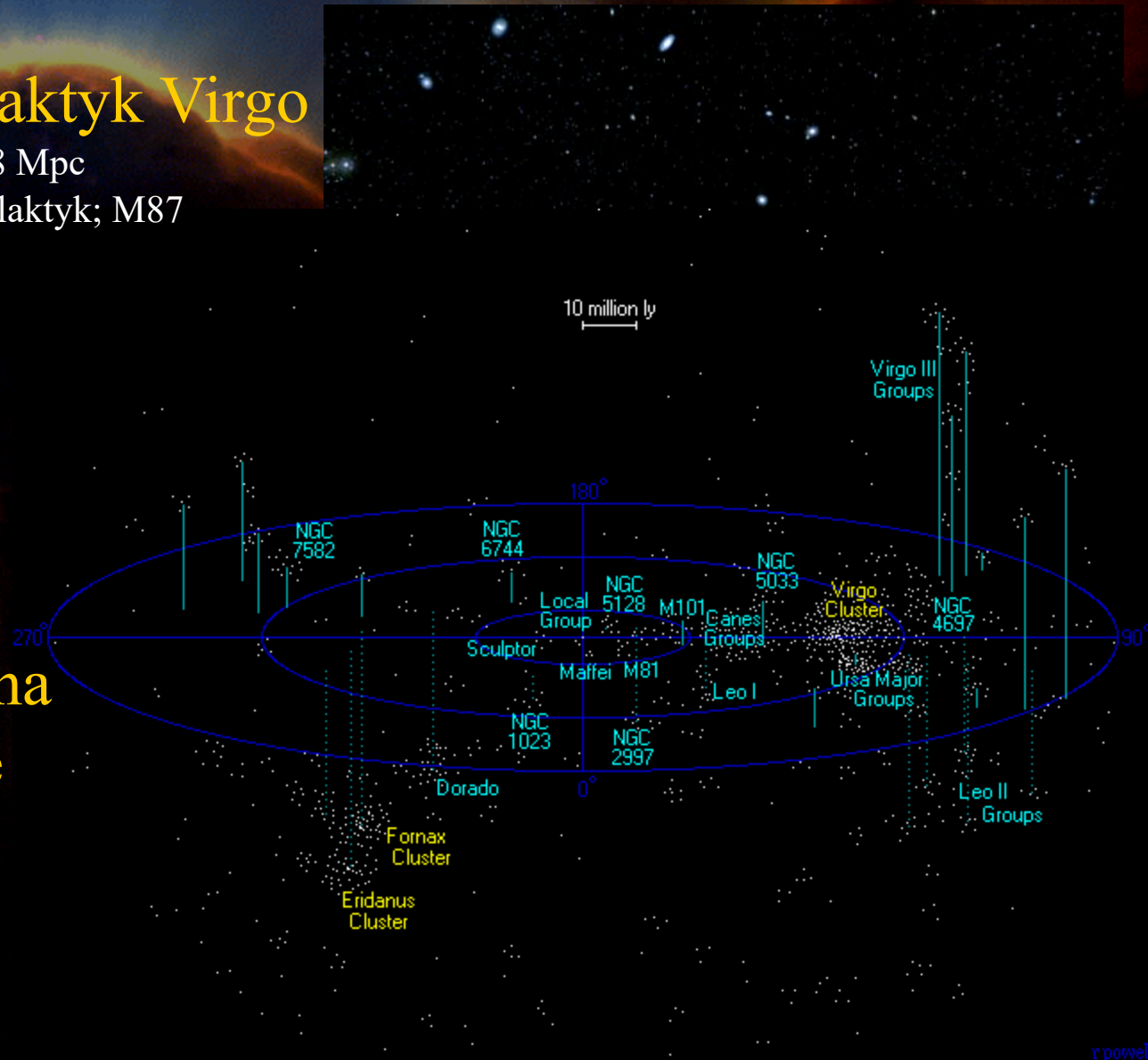
# Supergromada galaktyk Virgo

- Gromada galaktyk Virgo

śred. 4.5 Mpc, odl. 18 Mpc  
ponad 150 dużych galaktyk; M87

- Grupa Lokalna

- + kilkanaście innych





# Przesunięcie ku czerwieni

- Prawo Dopplera:

$$\Delta\lambda/\lambda = v/c$$

- Przesunięcie ku czerwieni – **Redshift**

$$z = \Delta\lambda/\lambda = (\lambda_{\text{obs}} - \lambda_{\text{emit}}) / \lambda_{\text{emit}}$$

$$1 + z = \lambda_{\text{obs}} / \lambda_{\text{emit}}$$

- Prawo Hubble'a

$$v = H r$$

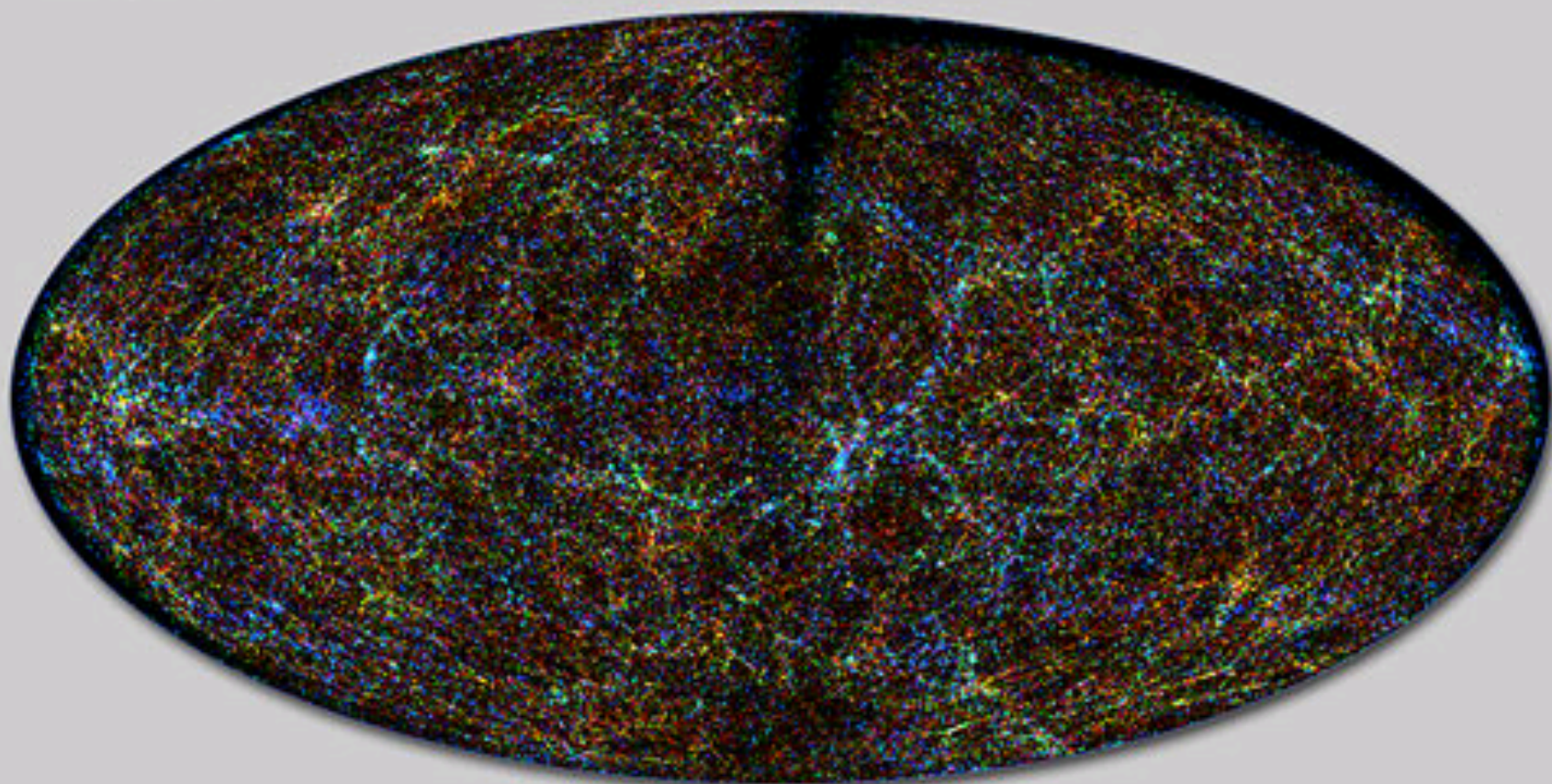
$$H=72\text{k m/s/Mpc}$$

- galaktyki – większość  $z < 0.1$  (max:  $z < \sim 7$ )
- kwazary  $0.1 < z < 6.4$
- promieniowanie mikrofalowe tła  $z = 1089$

relatywistycznie:

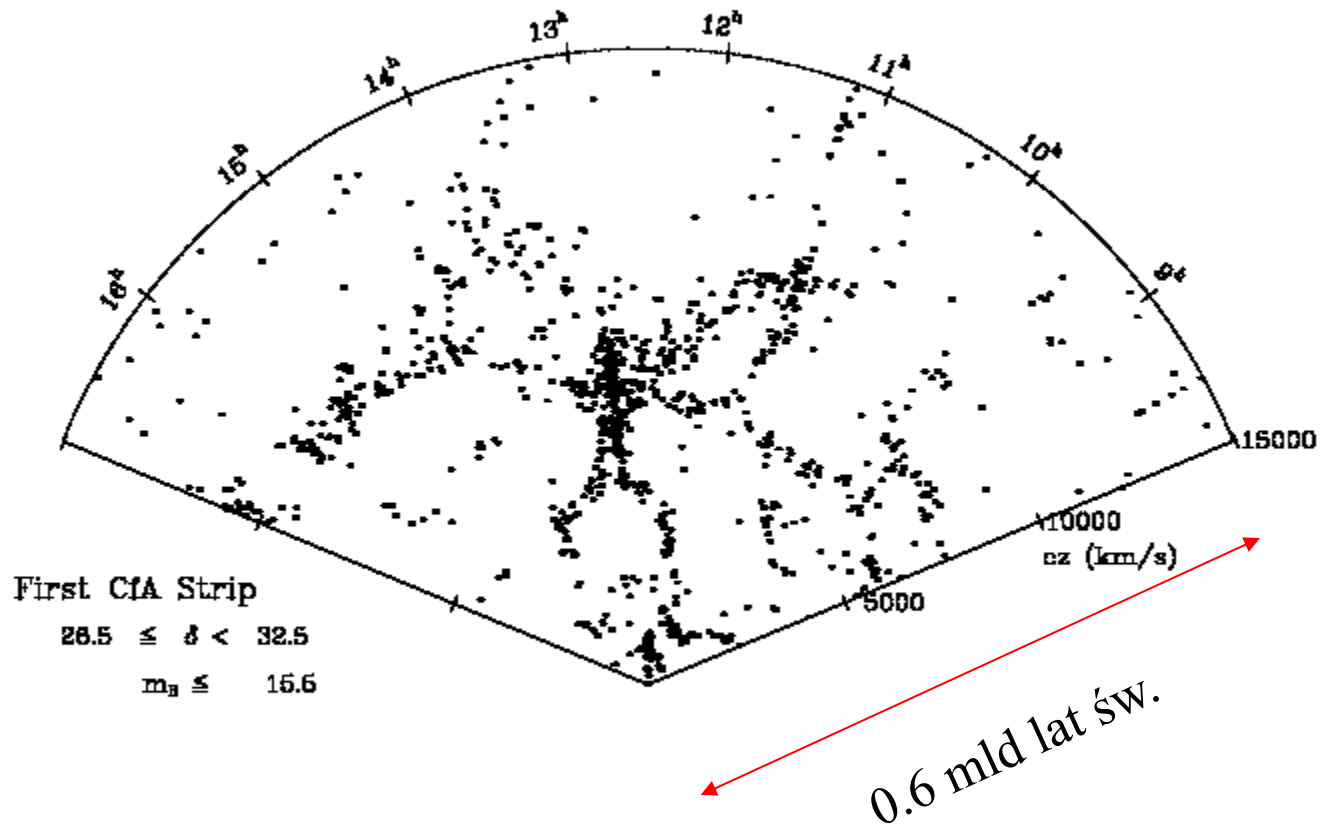
$$1 + z = \left(1 + \frac{v}{c}\right) \gamma$$

## 2MASS Showcase

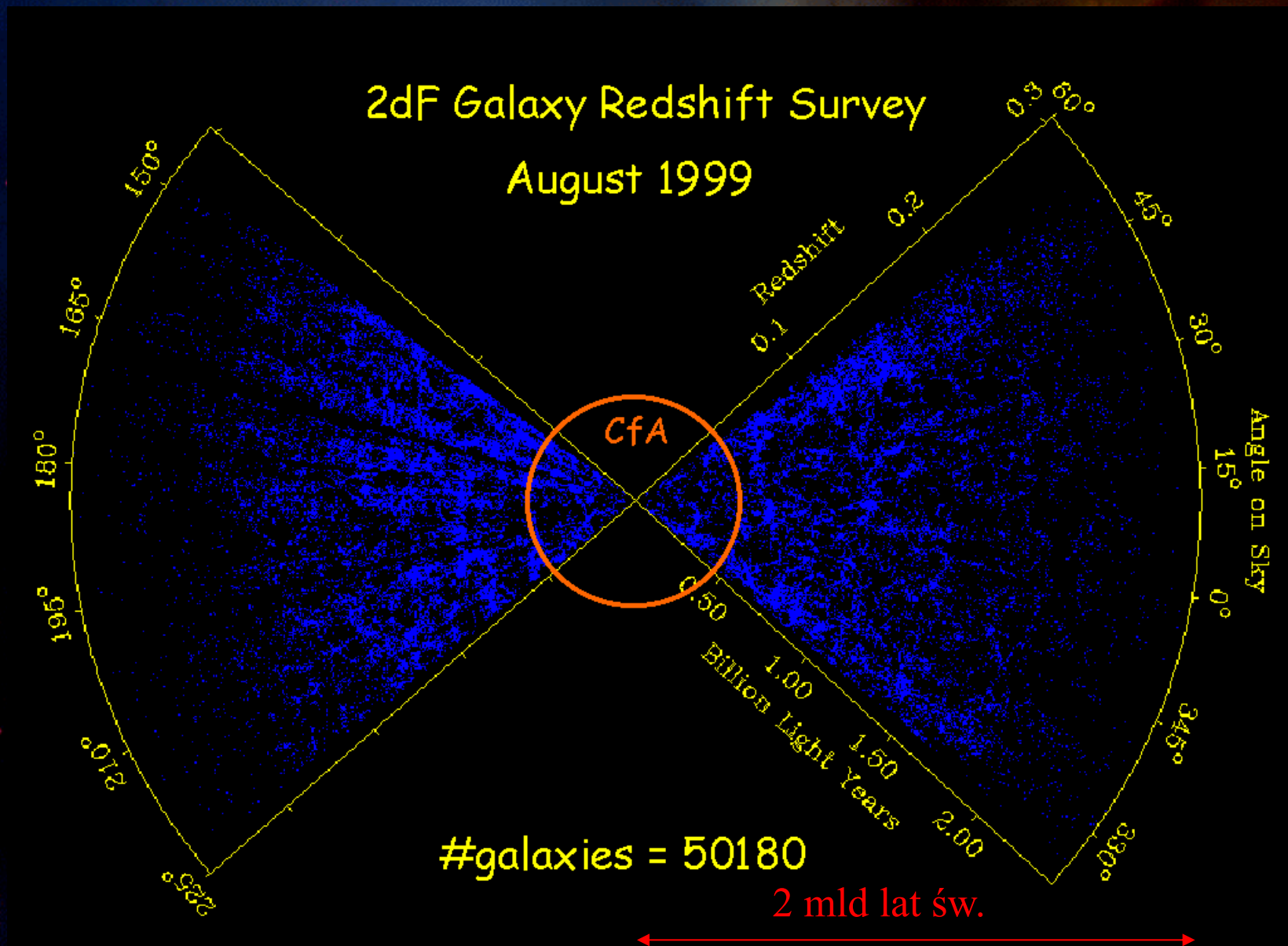


**Galaxies of the Infrared Sky** Near and far structures in the local universe are color-coded by galaxy brightness

# Struktura przestrzenna galaktyk - CfA

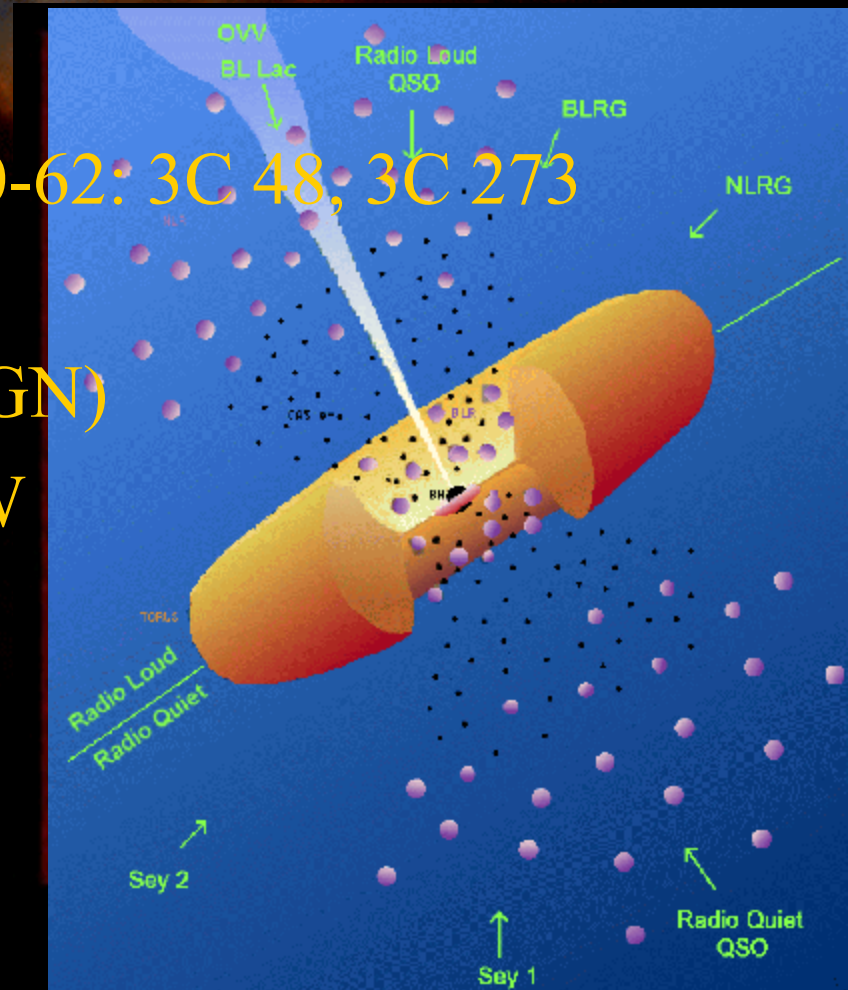


# Struktura przestrzenna galaktyk – 2dF



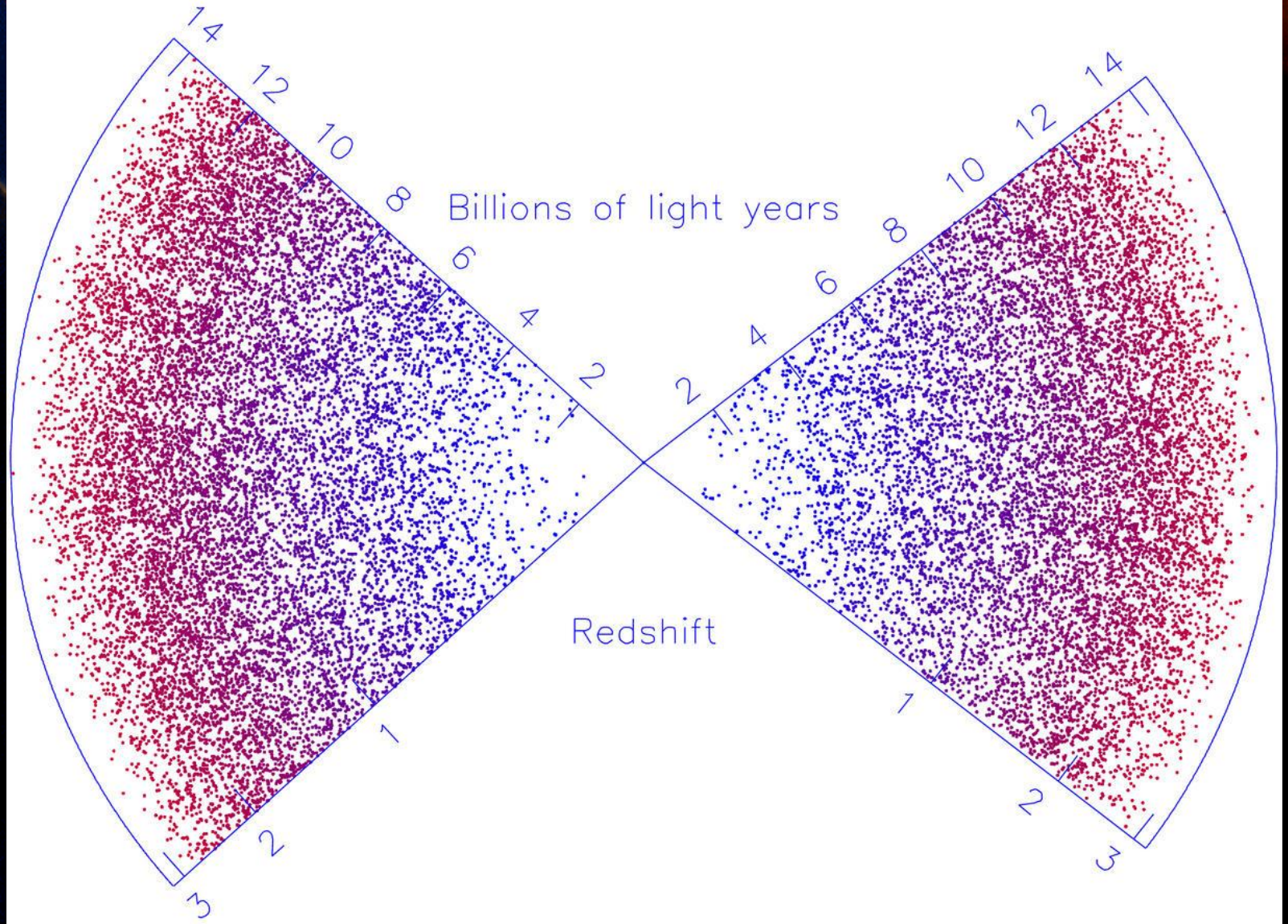
# Kwazary

- **QUASi-stellar radio source**
- mgławice radiowe
- identyfikacja optyczna 1960-62: 3C 48, 3C 273
- dzety (jet)
- aktywne jądra galaktyk (AGN)
- moc promieniowania  $10^{40}$  W
- 3C 273  
 $z = 0,15$  (47,000 km/s)



# Struktura przestrzenna - kwazary

The 2dF Quasar Redshift Survey





# Wszechświat wyspowy

- gwiazdy
- gromady gwiazd
- galaktyki                      Galaktyka 30kpc
- grupy galaktyk                do LMC 50 kpc
  - Lokalna Grupa Galaktyk 2,5 Mpc
- gromady galaktyk
- supergromady galaktyk, pustki
- skala jednorodności ;        500 Mpc



# Mikrofalowe promieniowanie tła

- Przewidywania:
  - 1946 – 1960
  - 4 – 40 K
  - Robert Dickie
  - Jim Peebles
  - David Wilkinson
- Odkrycie – 3 K:
  - Arno Penzias,
  - Robert Wilson
  - 1965
- WMAP – 2.725 K

