
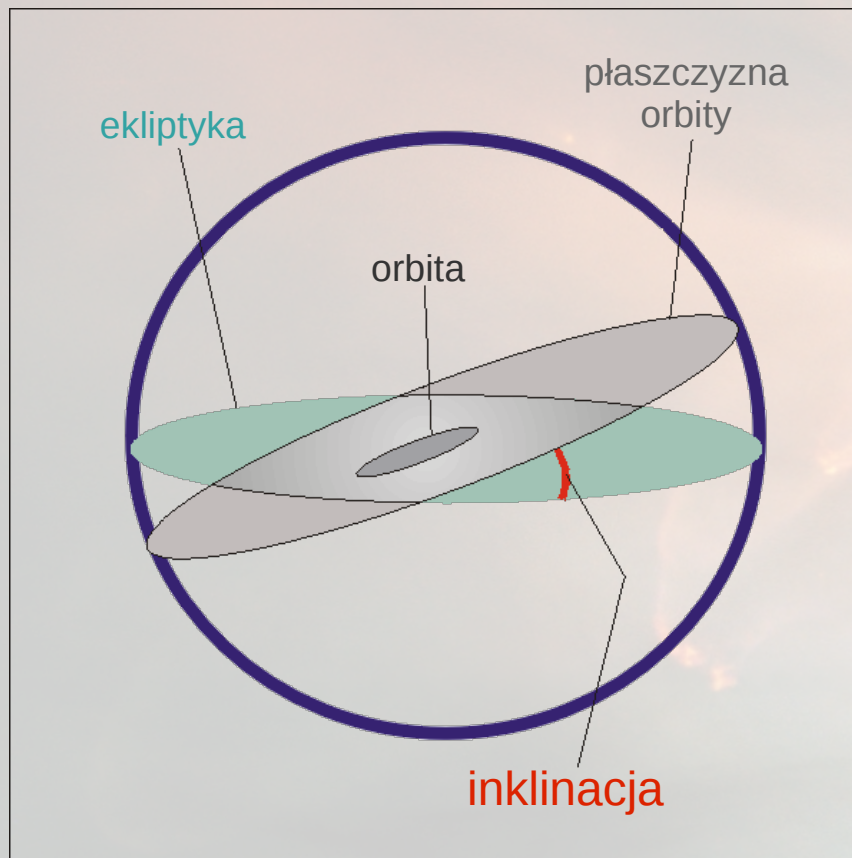


Granice Układu Słonecznego



Marek Stęślicki
IA UW

jednostka astronomiczna [AU] (odl. Ziemia - Słońce)
1 AU = 150 mln km



Skala jasności

- ★ 1^m
- ★ 2^m
- ★ 3^m
- ★ 4^m
- ★ 5^m
- ★ 6^m

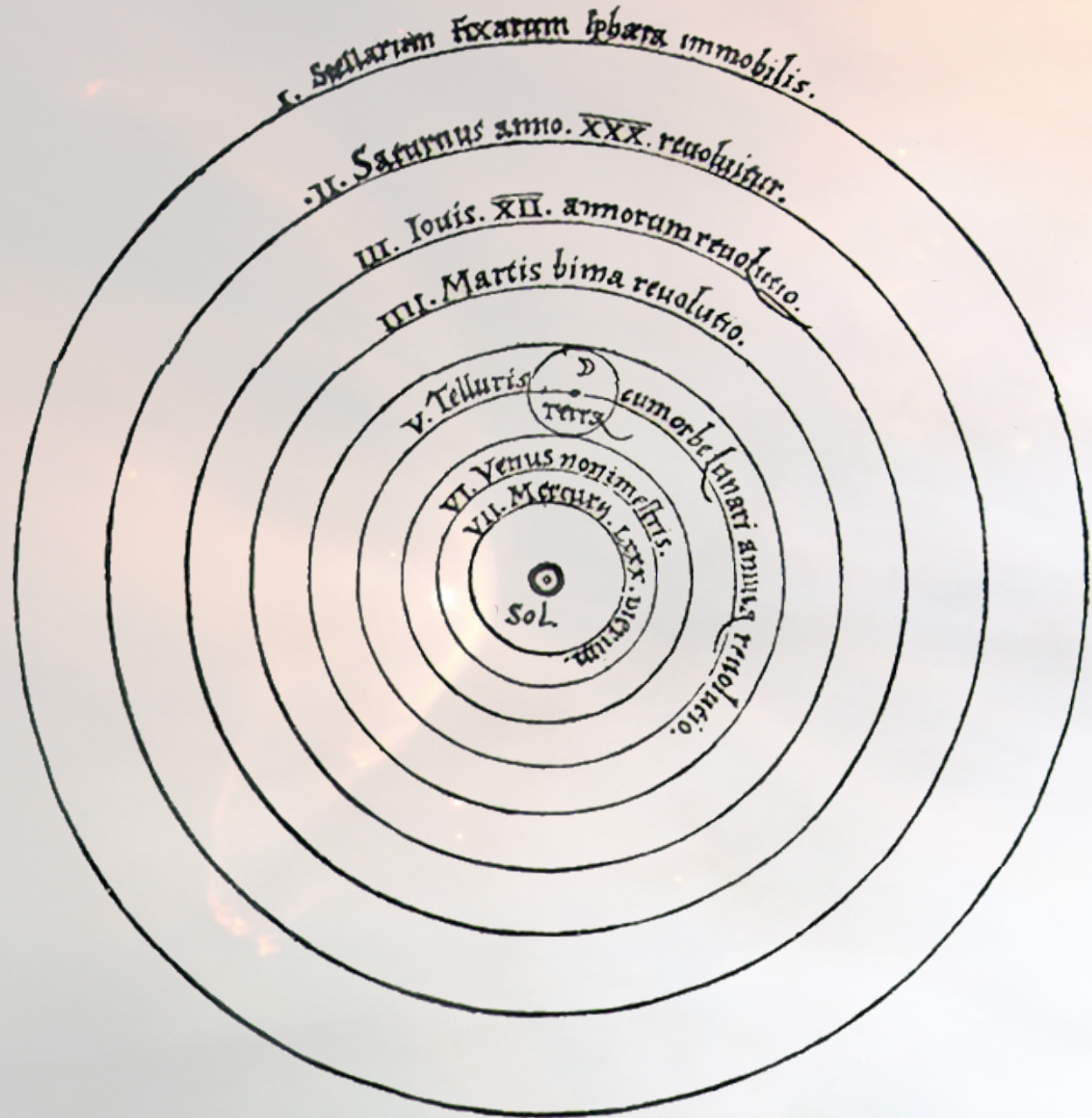
Wszechświat kopernikański



Nicolaus Copernicus (1473-1543)



Johannes Kepler (1571-1630)



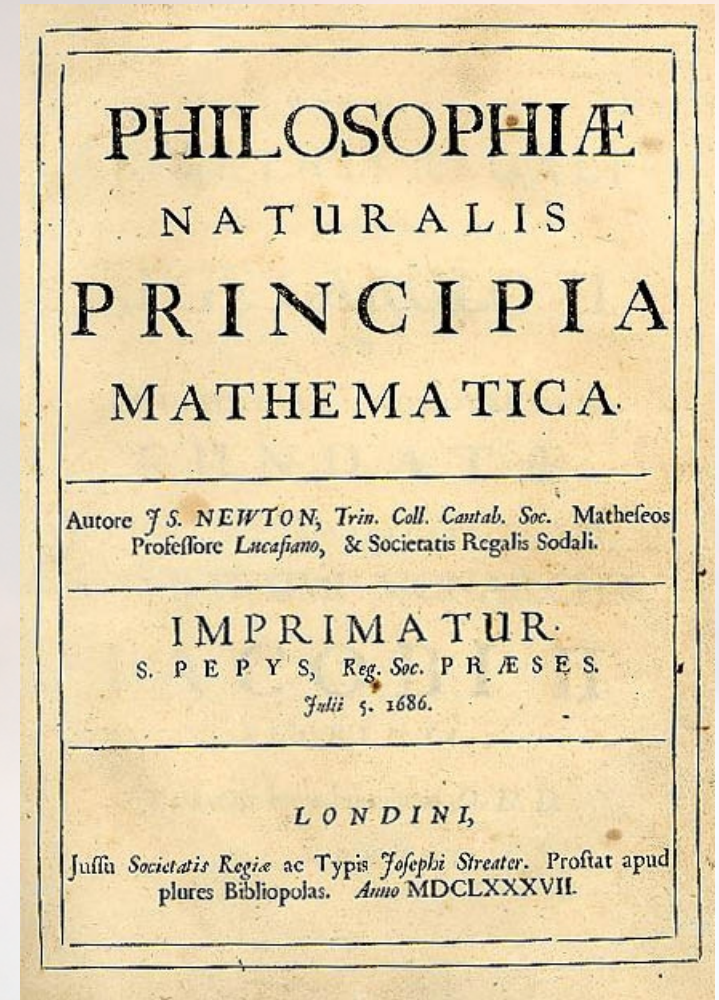


$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

5 czerwca roku 1686 ukazuje się
Philosophiae Naturalis Principia Mathematica

Prawa Keplera zostają uzasadnione fizycznie.

Od tego momentu następuje gwałtowny rozwój metod analitycznych służących również badaniu ruchu planet i innych obiektów w Układzie Słonecznym



Odkrycie Urana



Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822)

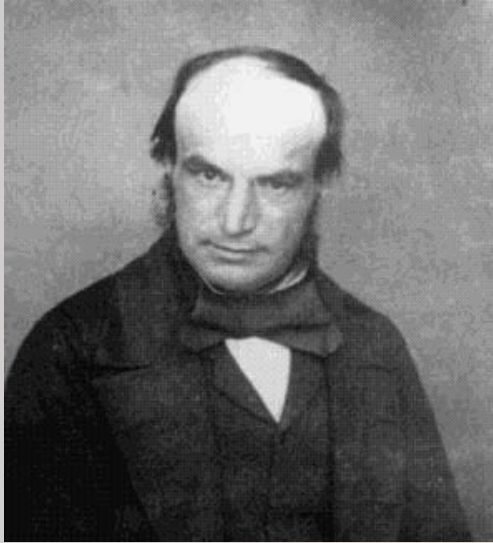
1781



Sir William Herschel dostrzegł Urana 13 marca 1781 roku (początkowo uznał go za kometę) swoje odkrycie ogłosił 26 kwietnia 1781. Nazwał obiekt Georgium Sidus (Gwiazda Jerzego).

Odkrycie Neptuna

Obliczenia teoretyczne:

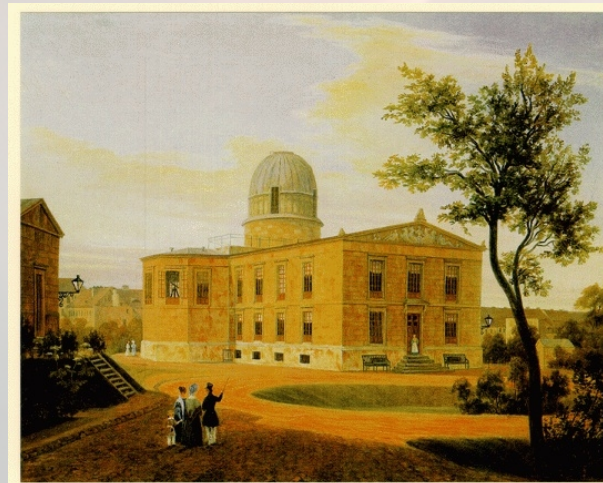


John Couch Adams

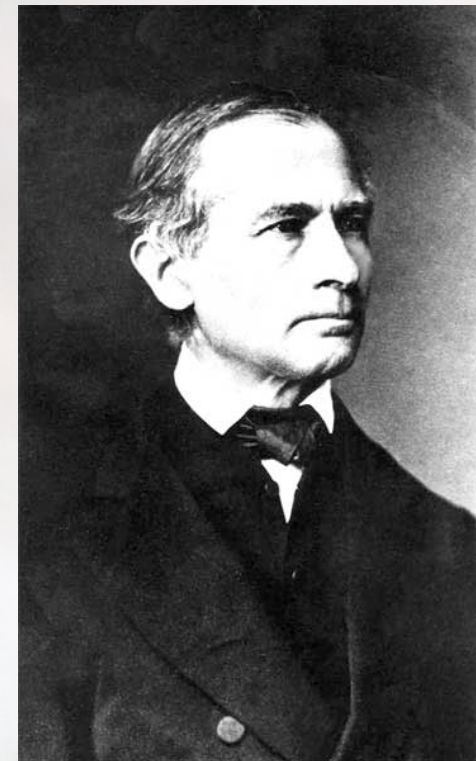


Urbain Le Verrier

1846 r.



Berlińskie obserwatorium



Johann Gottfried Galle

W poszukiwaniu Planety X



Jacques Babinet

Hipotetyczna planeta – Hyperion



Percival Lowell

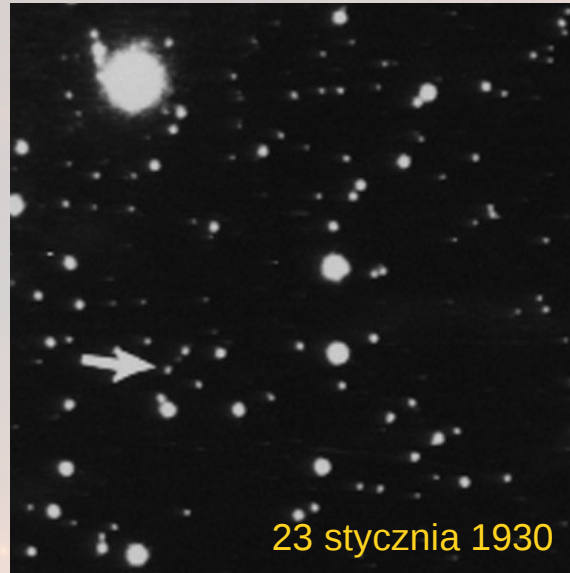


William H. Pickering

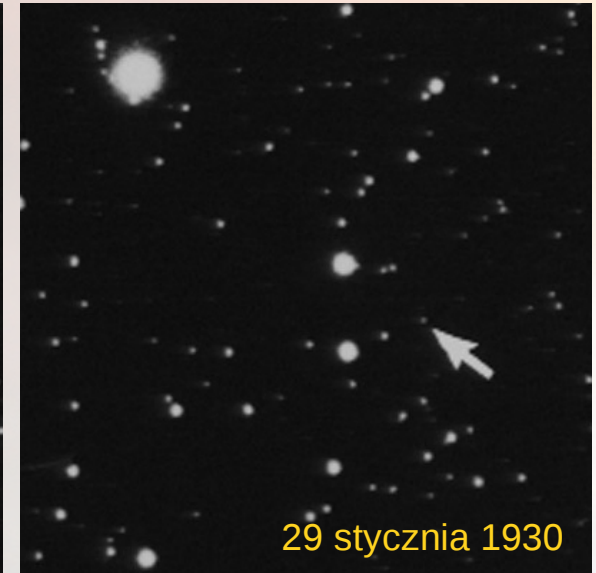
Odkrycie Plutona



Clyde William Tombaugh

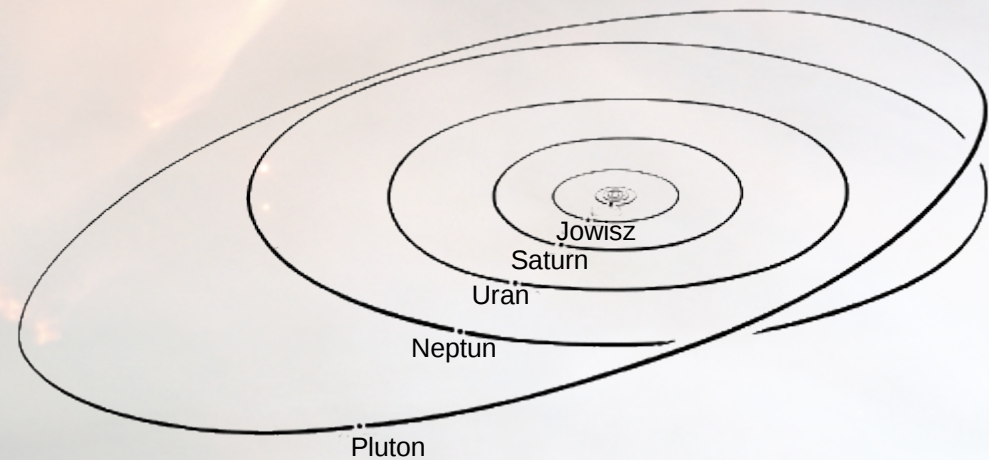


23 stycznia 1930



29 stycznia 1930

Jasność 15,4 mag

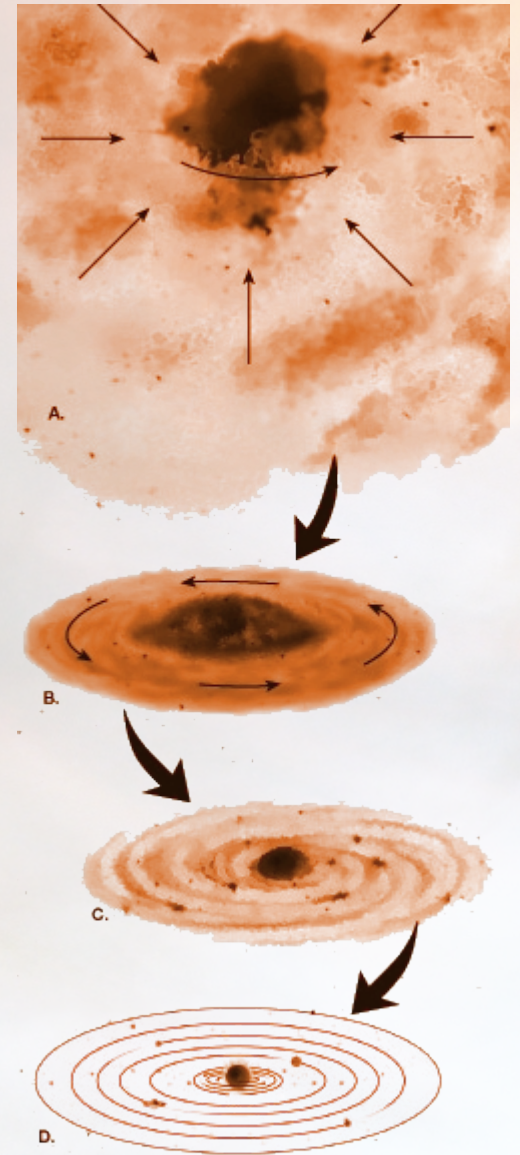
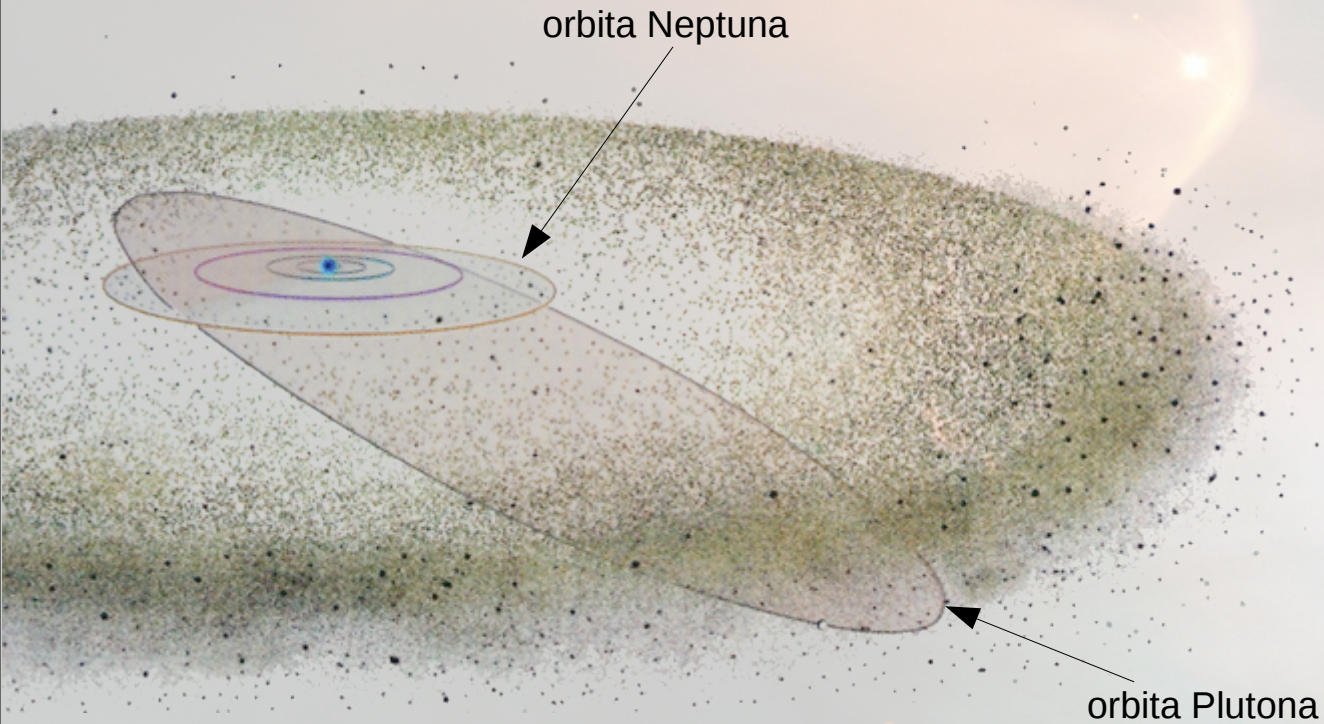
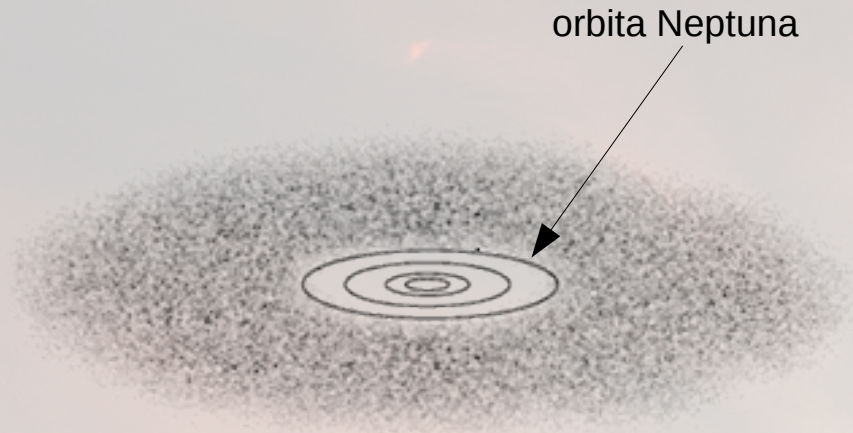


szacowana masa Plutona $\approx 1 M_Z$

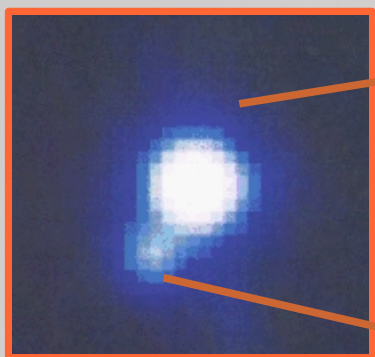
Pas Kuipera



Gerard Kuiper



Księżyc Plutona – Charon



masa Plutona = $0,002 M_Z$

Ziemia



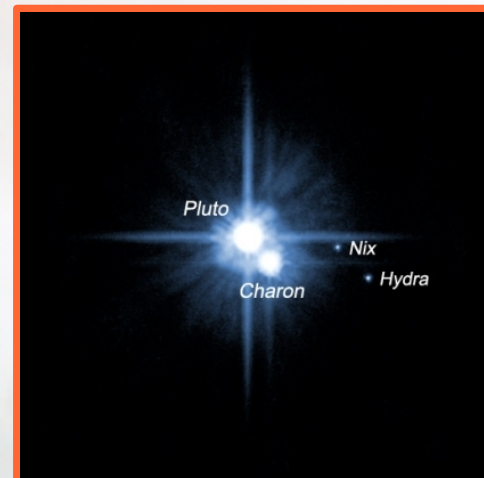
Księżyc



Pluton



Charon



Co dalej z Planetą X?



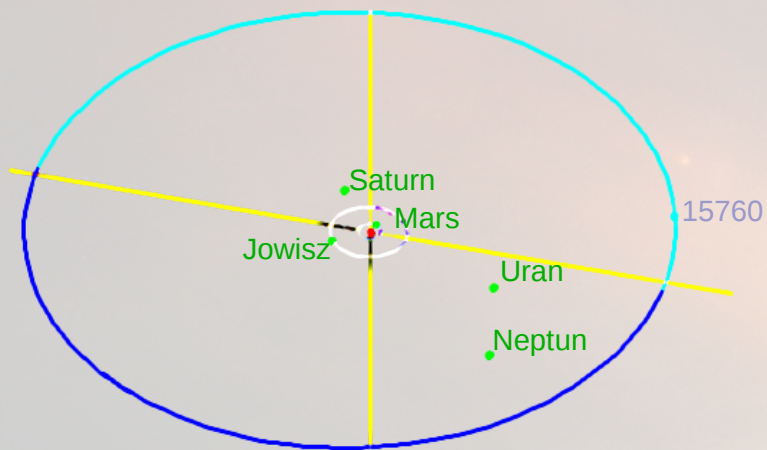
Przelot Voyagera 2 w pobliżu Neptuna (w 1989 r.) pozwolił lepiej oszacować jego masę.

Aby wyjaśnić perturbacje orbit Urana i Neptuna nie jest potrzebna Planeta X

Obiekty poza orbitą Neptuna – „transneptunowce”
ang. *trans-Neptunian object* – TNO

(15760) 1992 QB1

pierwszy (poza Plutonem i Charonem) obiekt odkryty poza orbitą Neptuna



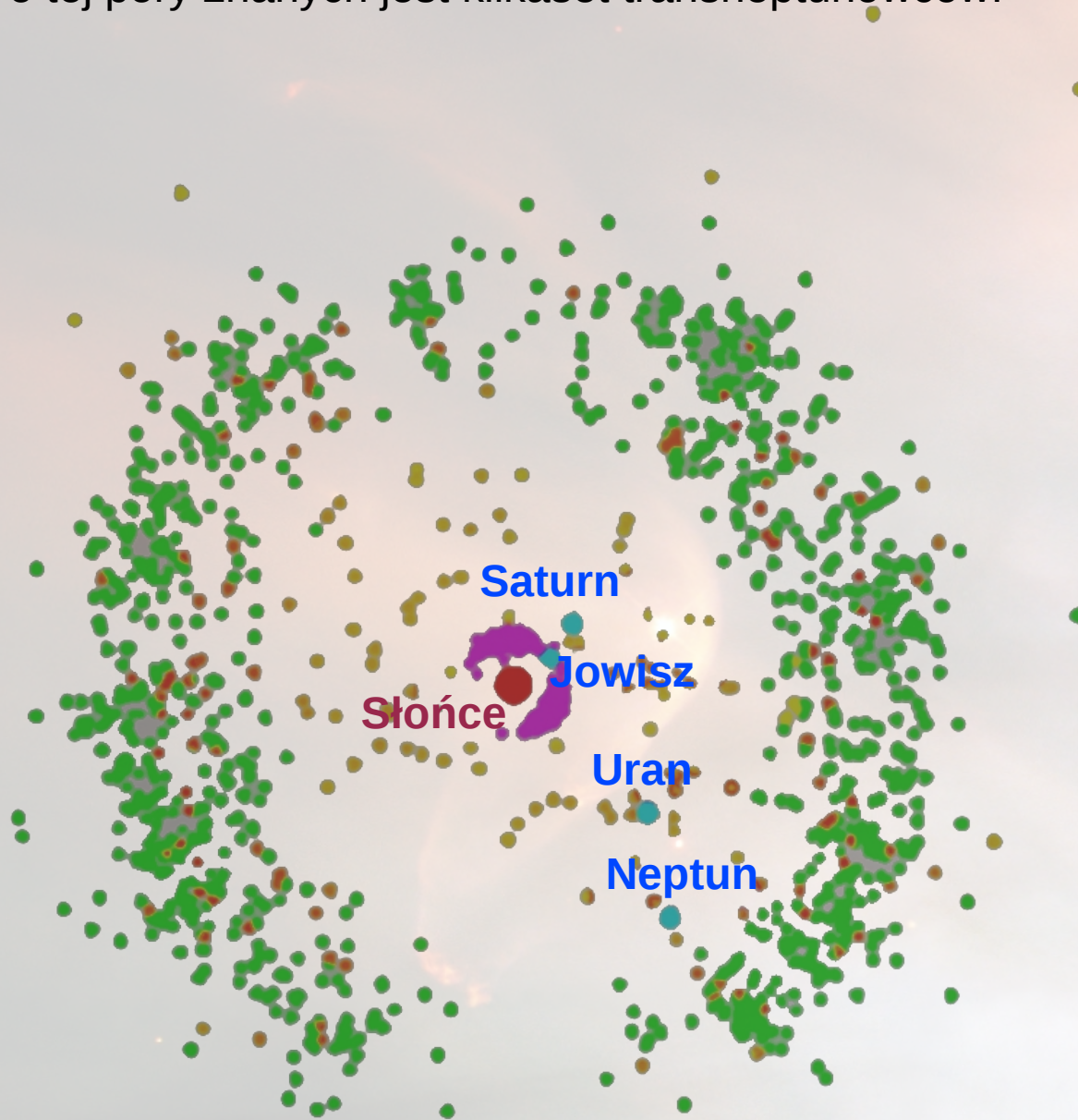
średnica ~ 150 km



Mauna Kea Observatory

Pas Kuipera – obserwacje

Do tej pory znanych jest kilkaset transneptunowców!



Duże obiekty poza orbitą Neptuna

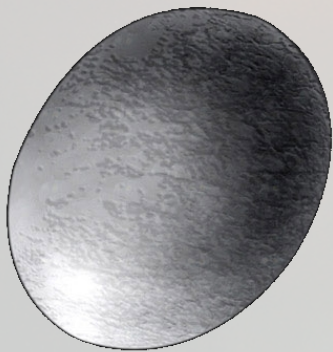


Michael E. Brown

lata 2003 – 2005



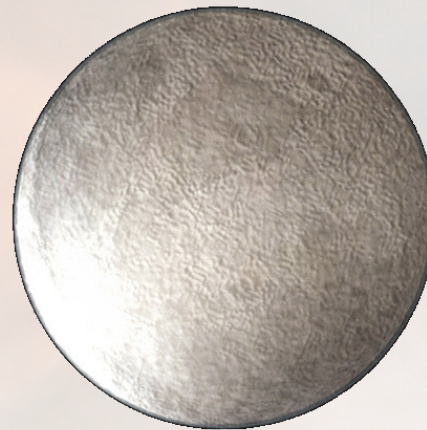
Mauna Kea Observatory



Haumea



Sedna

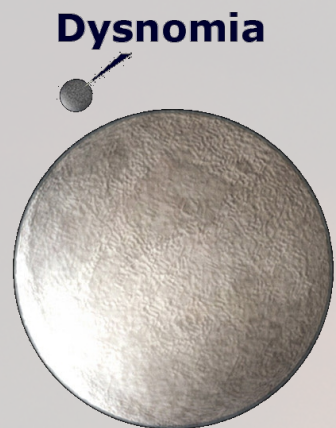


Eris



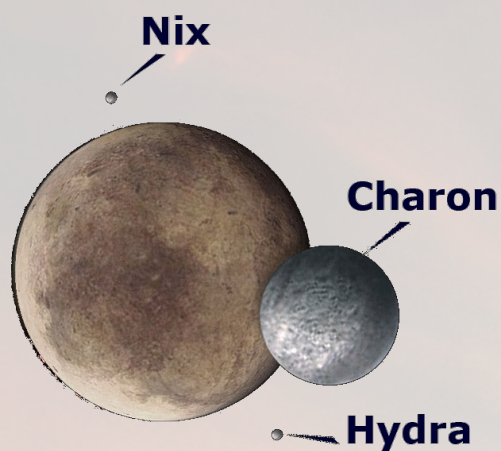
Pluton i Charon

Ostatnie odkrycia „dużych” obiektów poza orbitą Neptuna



Dysnomia

Eris



Nix

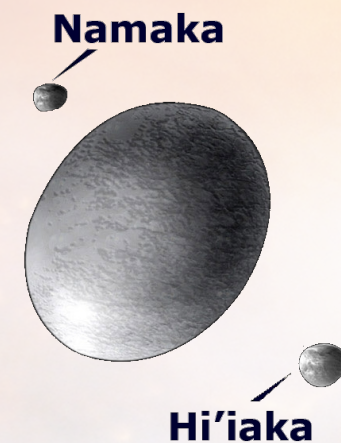
Charon

Hydra

Pluto



Makemake



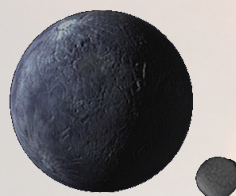
Namaka

Hi'iaka

Haumea



Sedna



Orcus

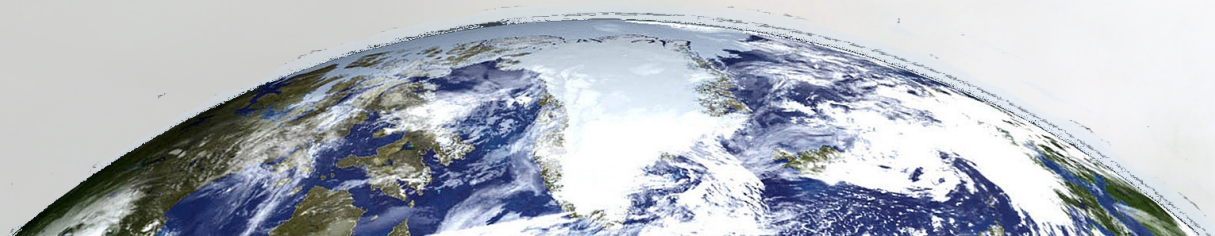


2007 OR₁₀



Weywot

Quaoar





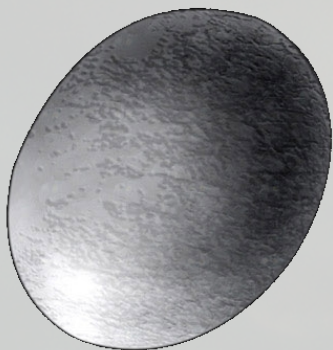
Praga 2006

Planeta:

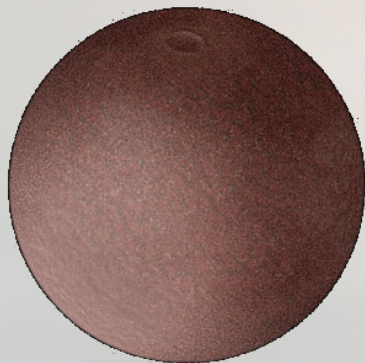
- Znajduje się na orbicie wokół Słońca
- Ma kształt odpowiadający równowadze hydrostatycznej (kulisty).
- Oczyszczyła sąsiedztwo swojej orbity z innych względnie dużych obiektów.

Planeta karłowata:

- Znajduje się na orbicie wokół Słońca.
- Ma kształt odpowiadający równowadze hydrostatycznej (kulisty).
- Nie oczyszczyła sąsiedztwa swojej orbity z innych względnie dużych obiektów.
- Nie jest satelitą planety lub innego obiektu niegwiazdowego.



Haumea



Makemake

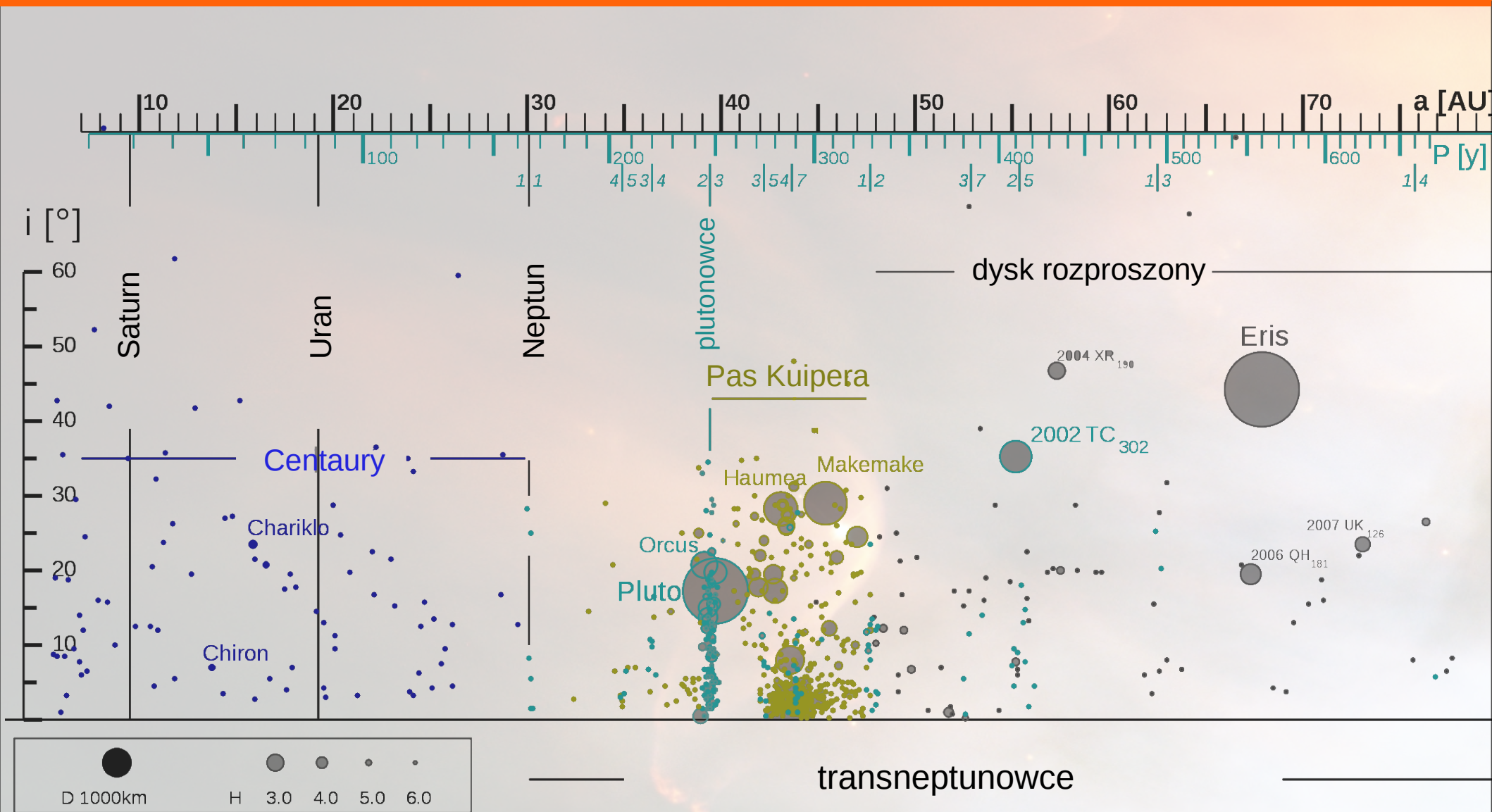


Eris



Pluton

Pas Kuipera – obserwacje



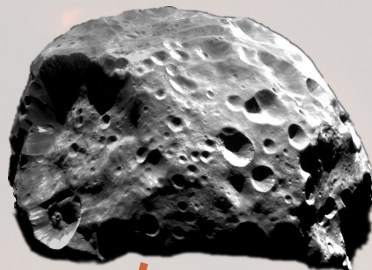
Księżyce nieregularne

Księżyce Saturna

21 regularnych
26 nieregularnych

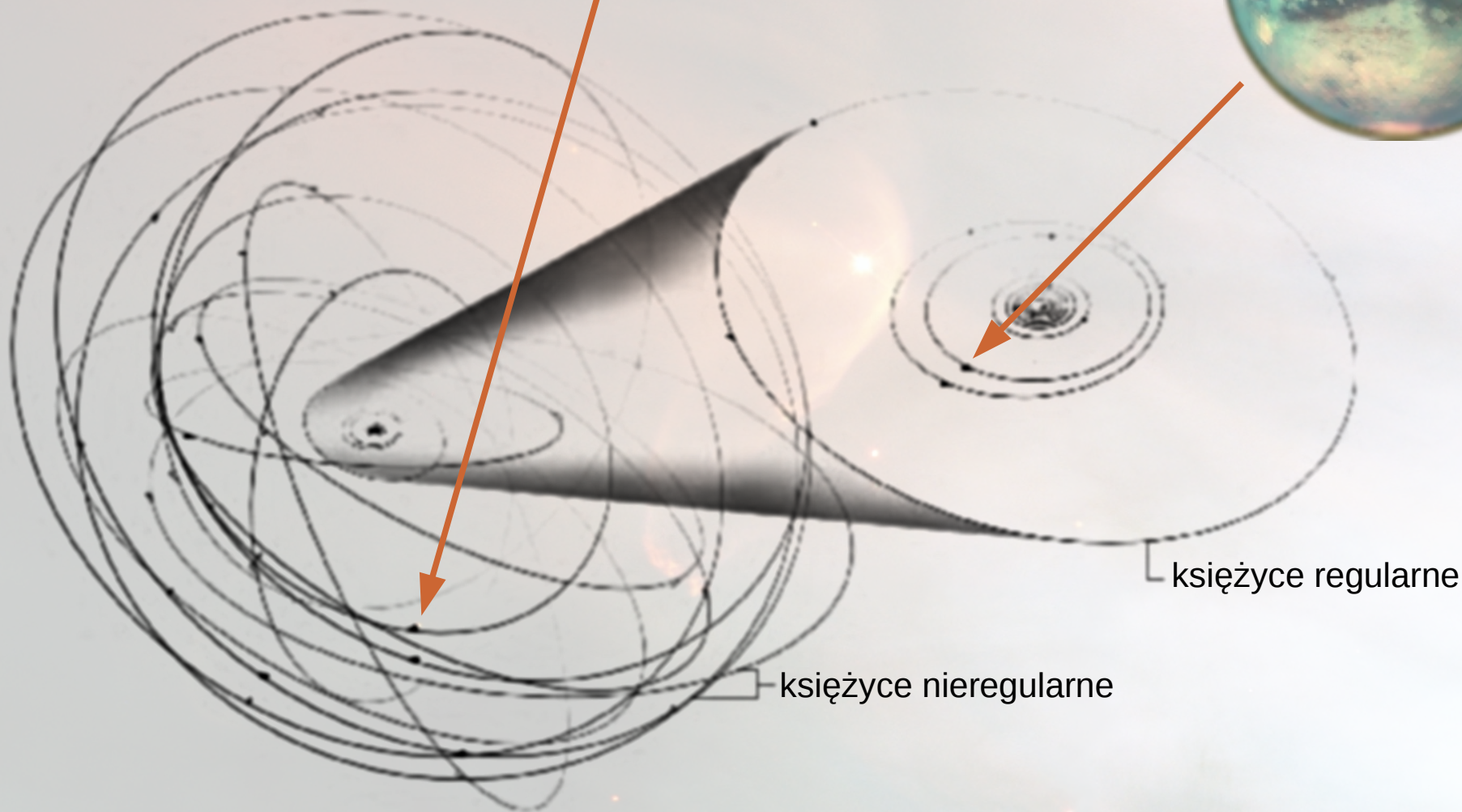
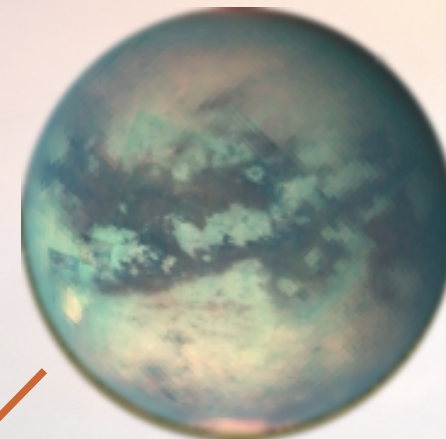
Febe

średnica ~ 220 km



Tytan

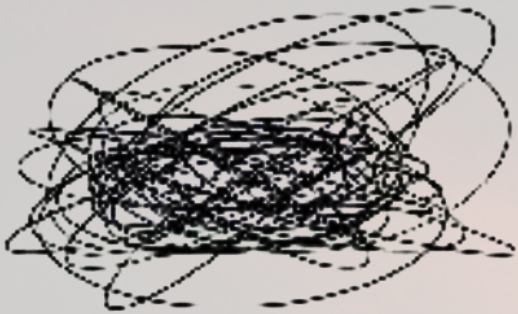
Średnica ~ 5 150 km



Księżycy nieregularne

Księżycy Jowisza

8 regularnych
55 nieregularnych



Księżycy Urana

18 regularnych
9 nieregularnych



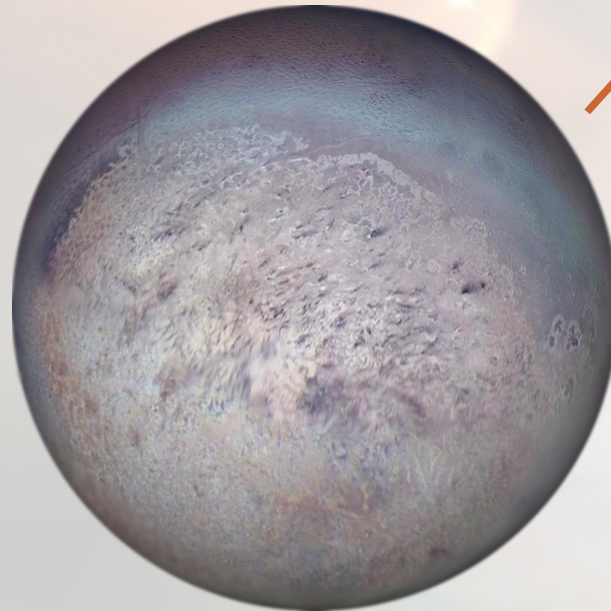
Księżycy Neptuna

6 regularnych
7 nieregularnych

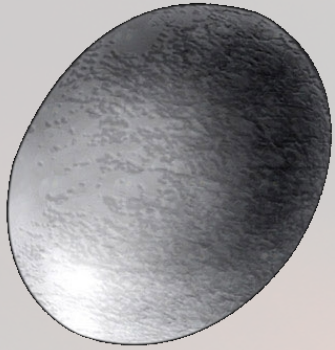


Tryton

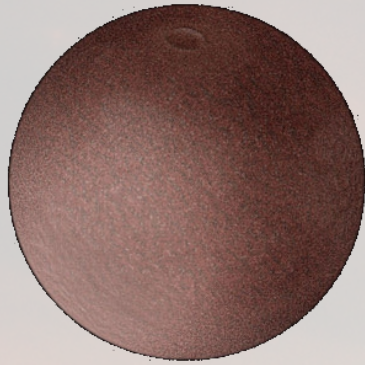
Średnica ~ 2 700 km



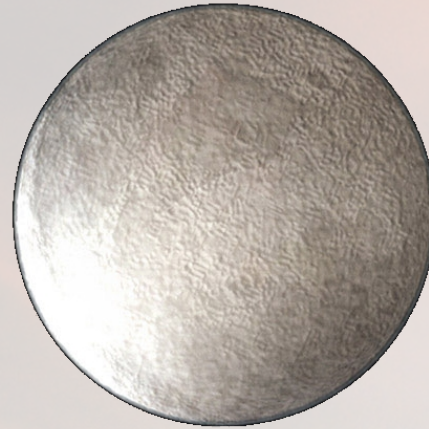
Planety karłowate i Tryton



Haumea



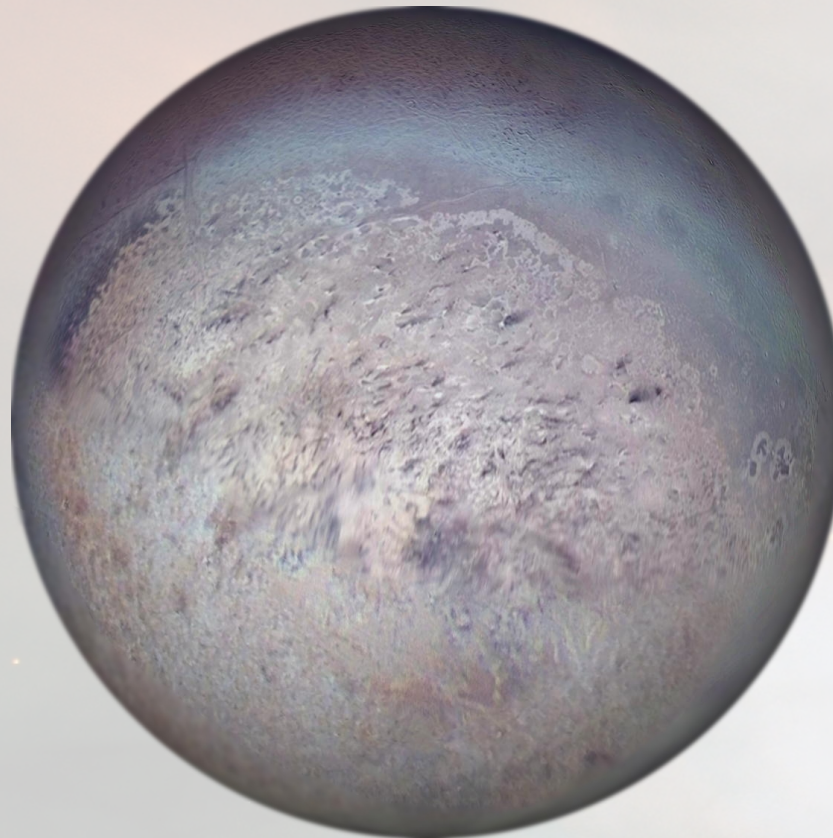
Makemake



Eris

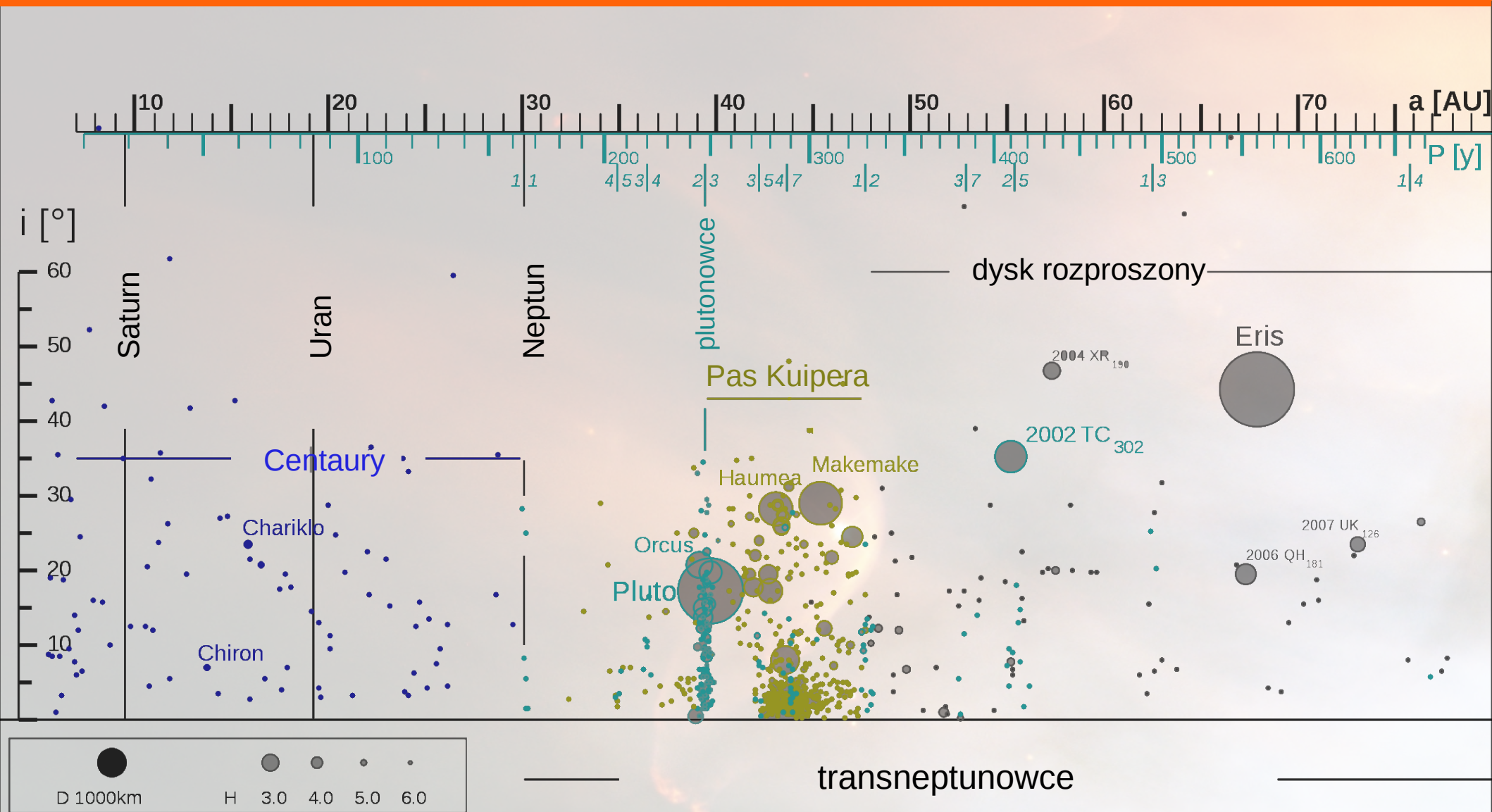


Pluton



Tryton

Sedna?



Sedna – najdalszy obiekt Układu Słonecznego?

orbita Neptuna



Sedna

Okres orbitalny $\approx 12\ 000$ lat

Jasność w aphelium $\approx 27^m$

Dwa rodzaje komet:

krótkookresowe
 $P < 200$ lat



Kometa Halleya

$P \approx 75$ lat



Ernst Öpik



Jan Hendrik Oort

długookresowe
 $P \sim$ kilka tys. lat

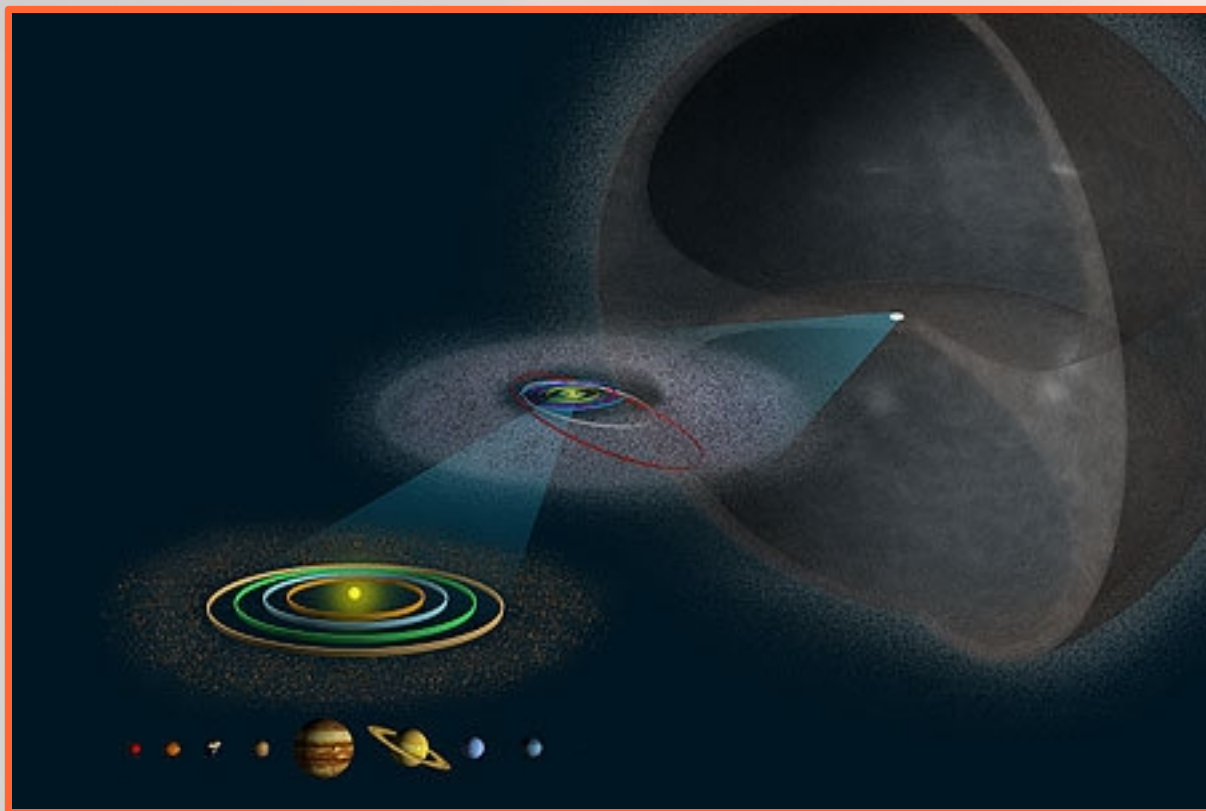


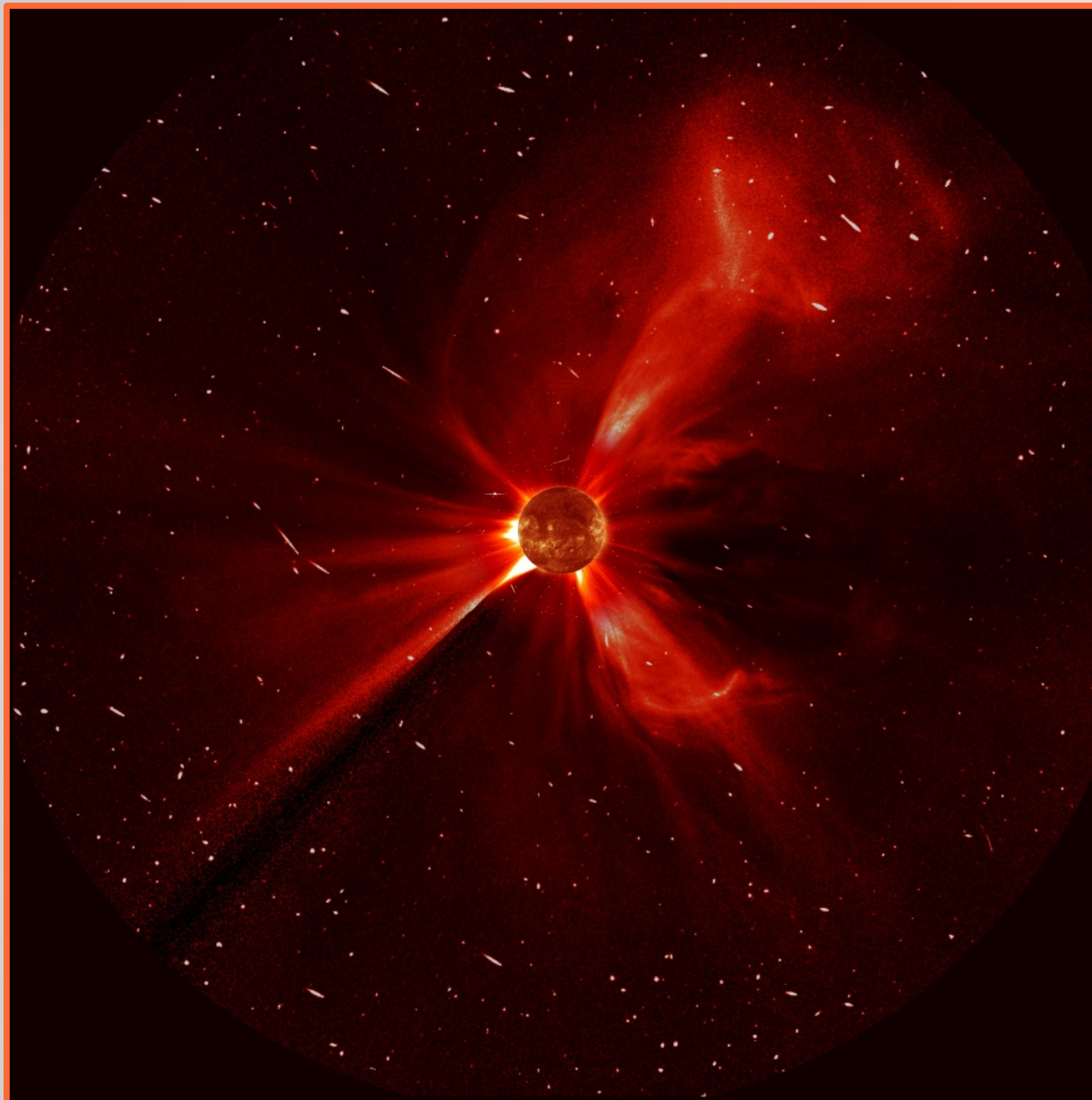
Kometa Hale'a-Boppa

$P \approx 2\ 500$ lat

Długookresowe komety pochodzą z obłoku rozciągającego się od 2 000 AU do 50 000 AU (200 000 AU)

Obłok Oorta





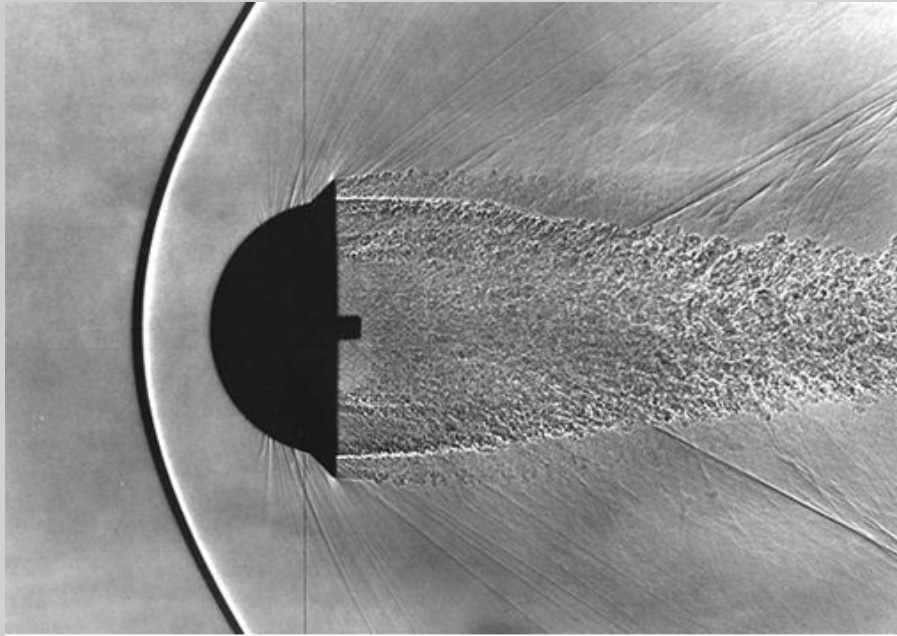
Materia międzygwiazdowa



100 000 lat świetlnych



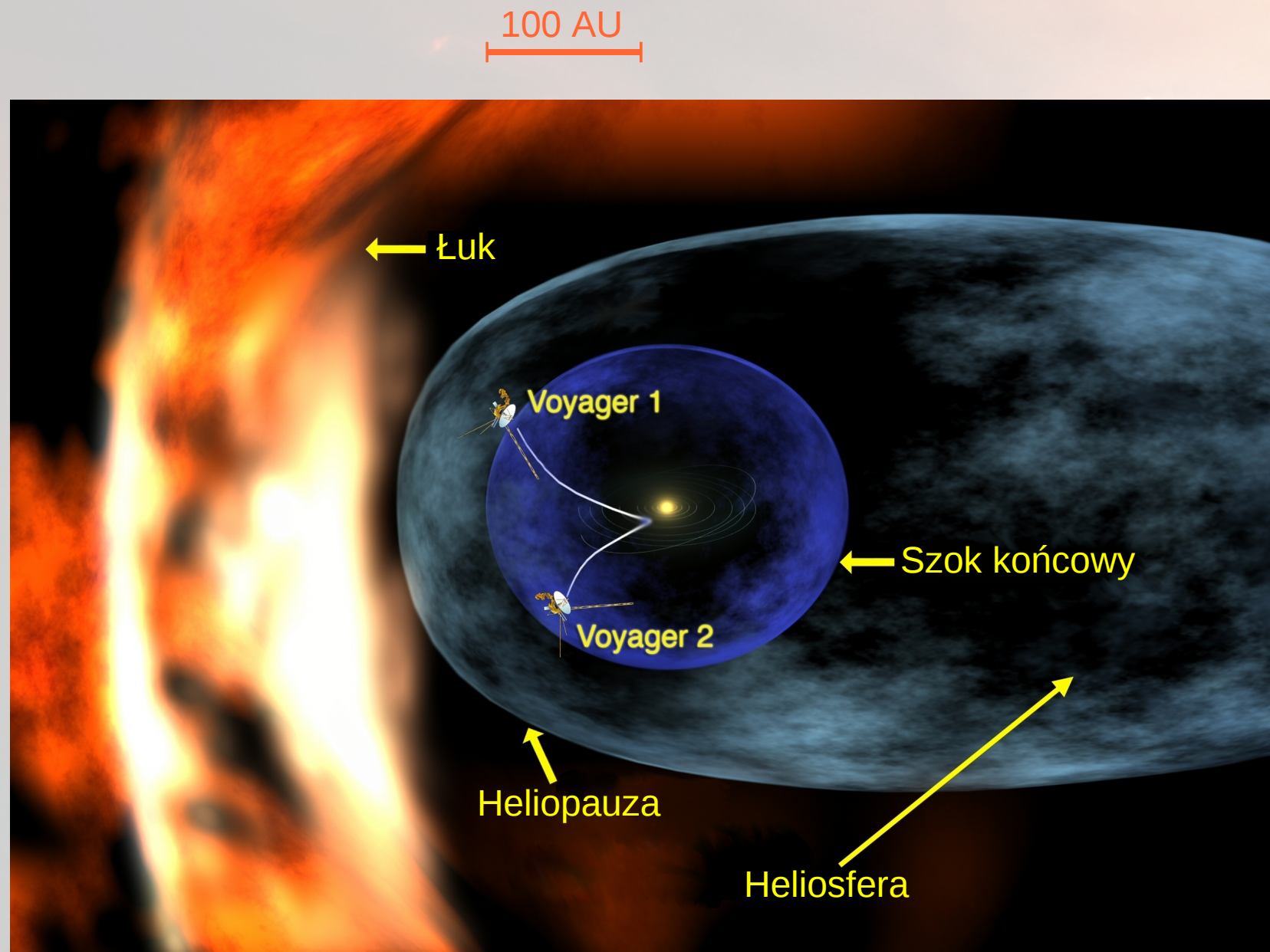
Fale uderzeniowe



(NASA)

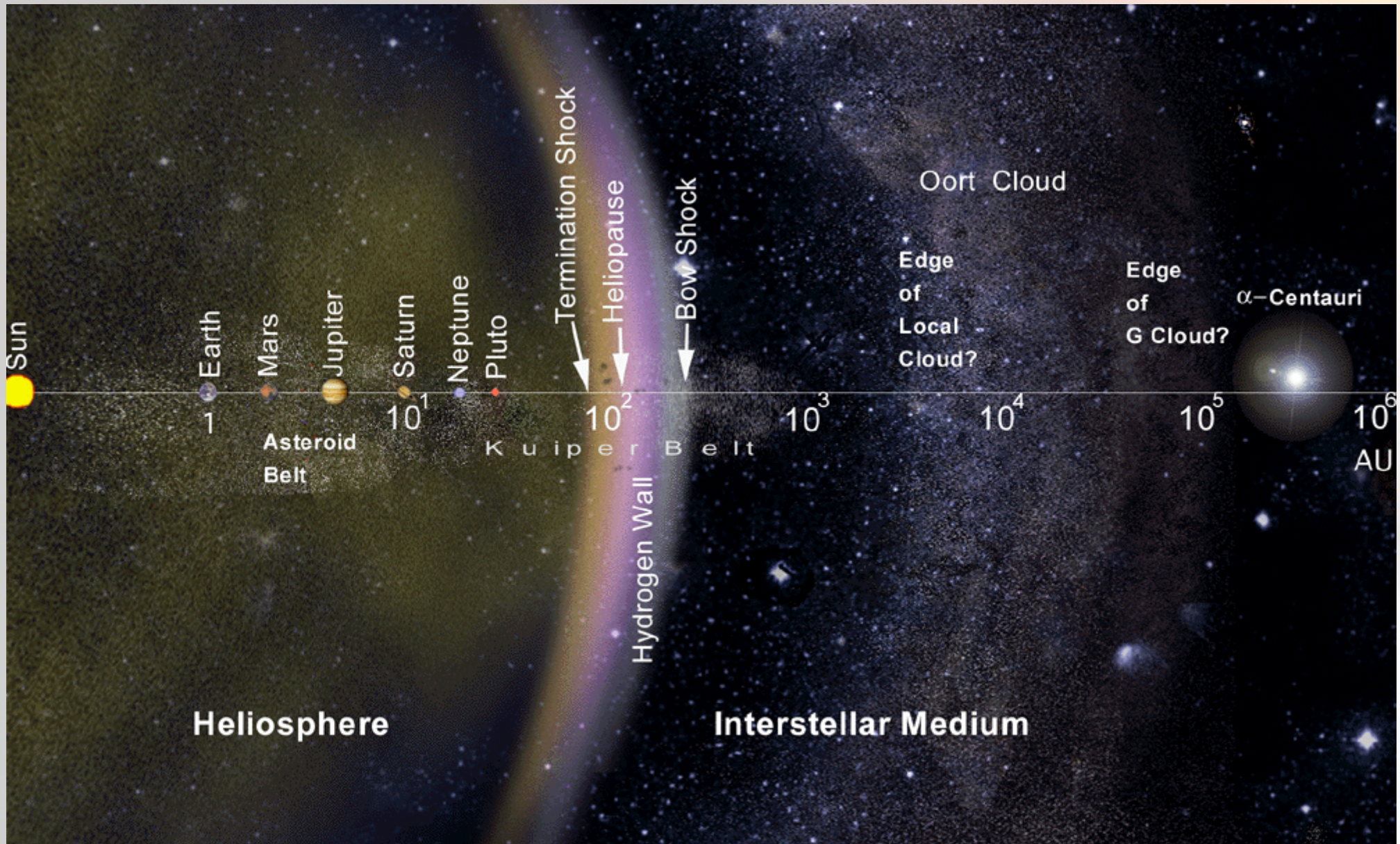


(NavSource Naval History)





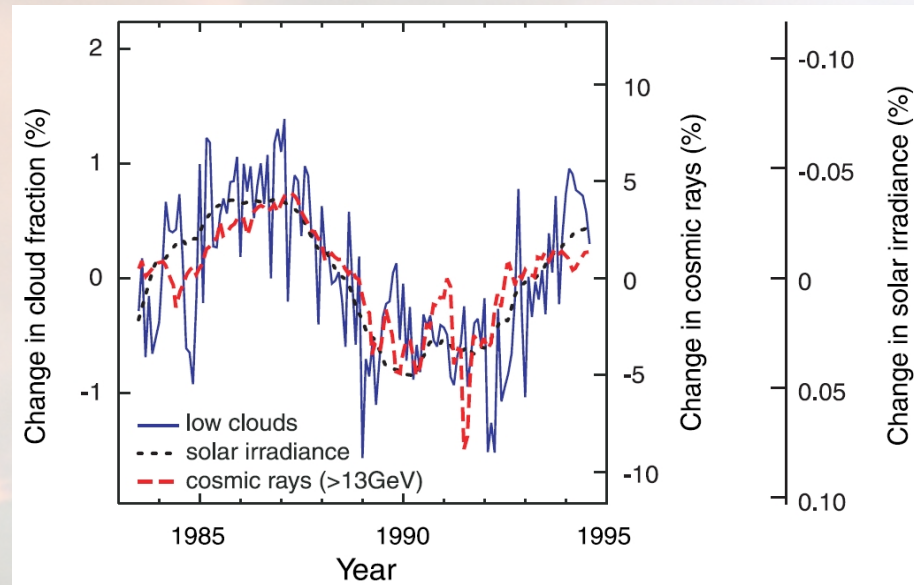
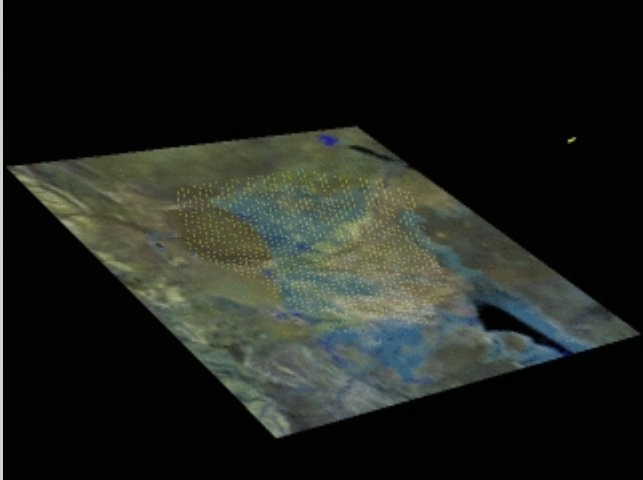
Jak daleko sięga Układ Słoneczny?



Jak daleko sięga Układ Słoneczny?

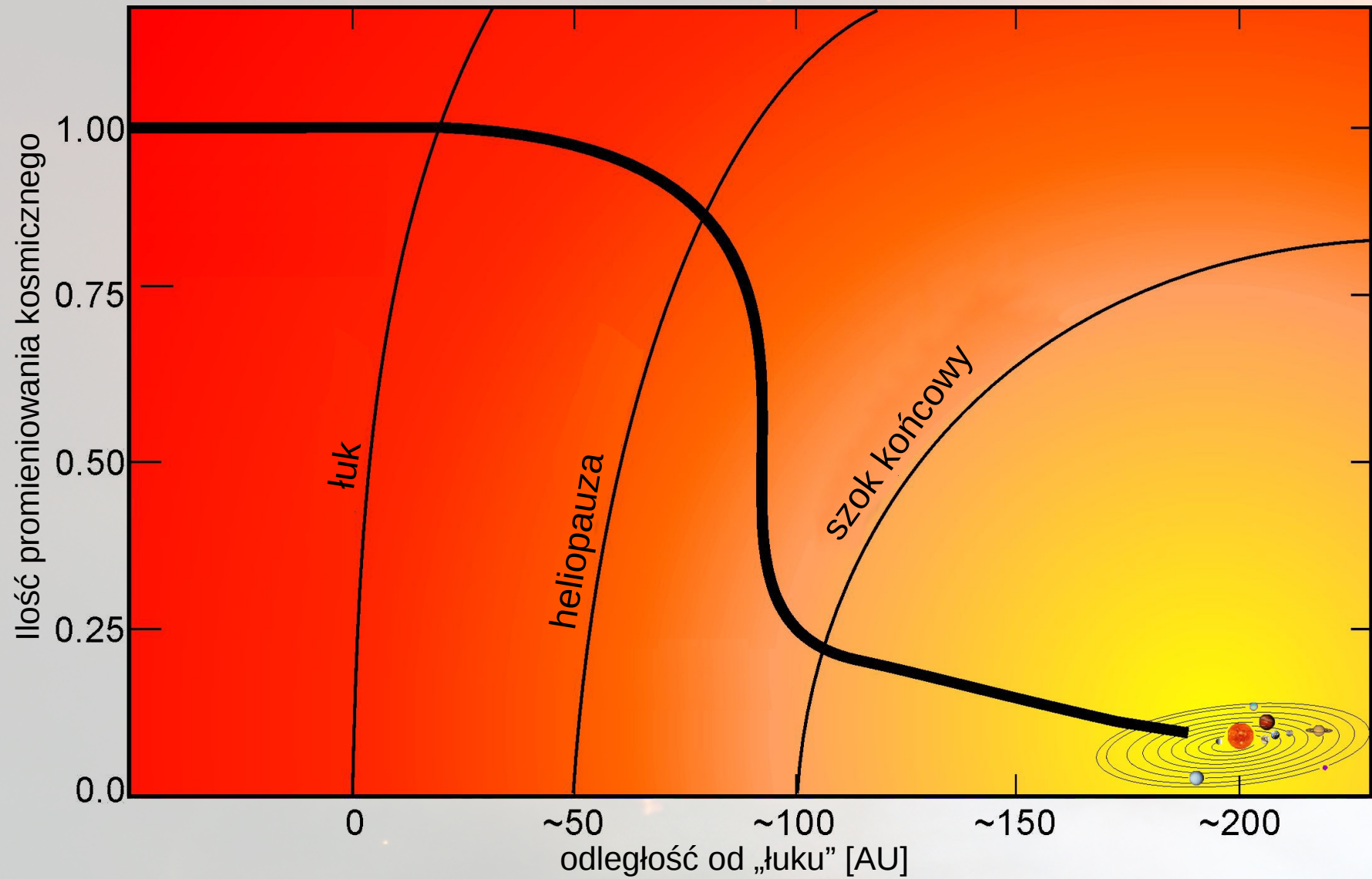


Granice Układu Słonecznego a klimat na Ziemi



K. S. Carslaw, R. G. Harrison i J. Kirkby, Science 298, 1732 (2002)

Granice Układu Słonecznego a klimat na Ziemi



Granice Układu Słonecznego a klimat na Ziemi

