

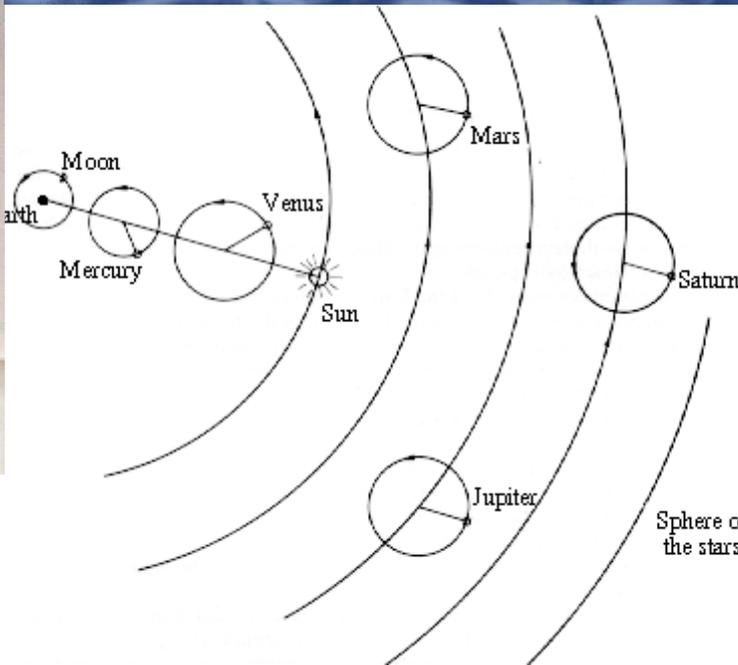
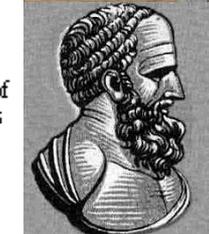
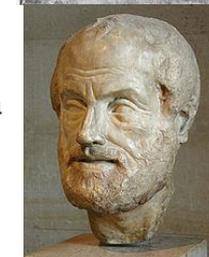
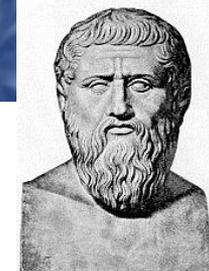
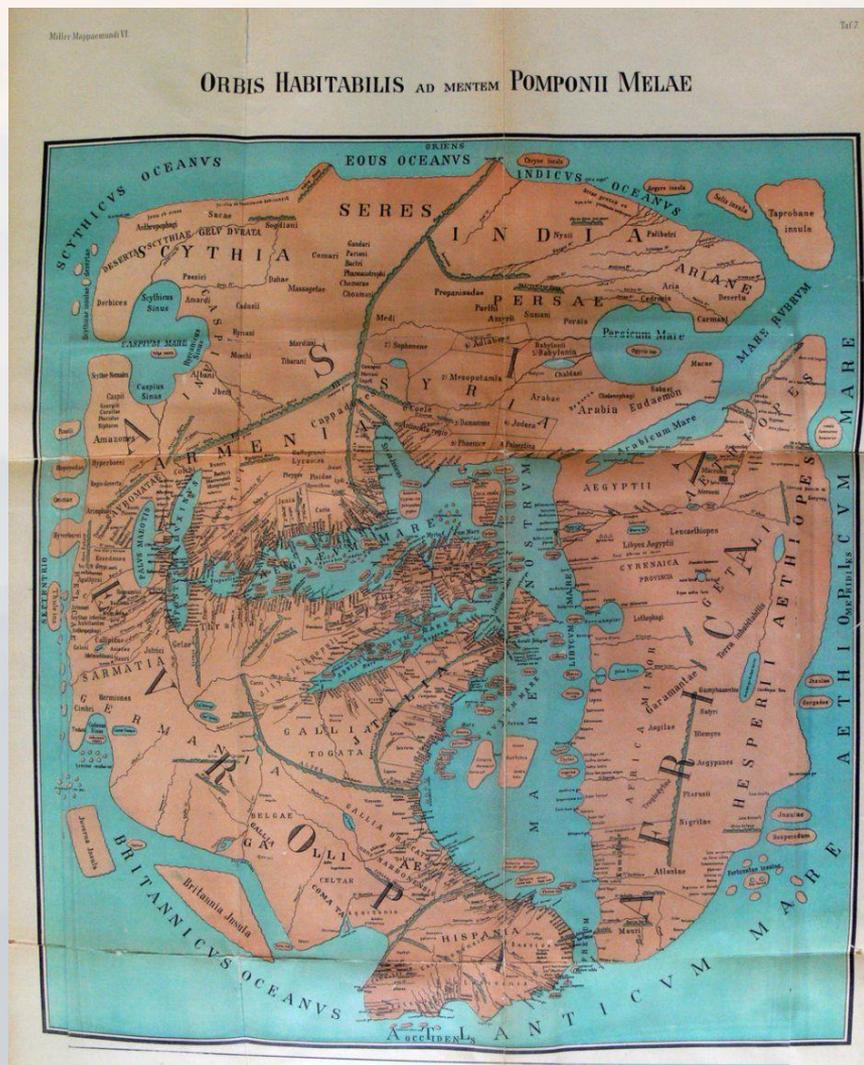
**Z wizytą u Plutona.  
W poszukiwaniu nowych horyzontów.**

Tomasz Mrozek  
Instytut Astronomiczny UW  
Zakład Fizyki Słońca CBK PAN

*A co jest za tą górą, zakretem, morzem?*

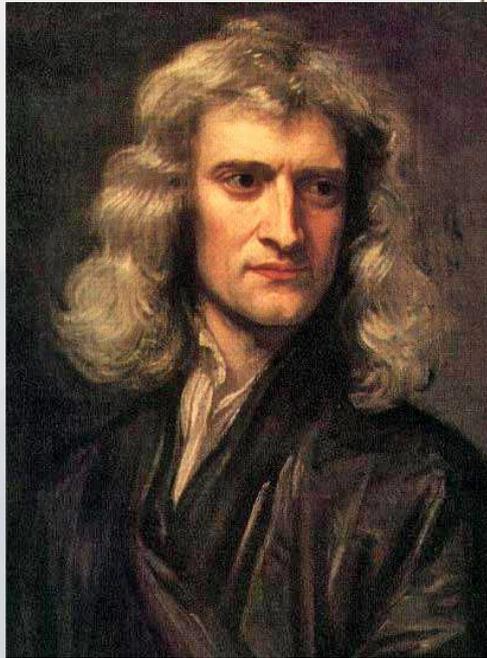


# Jak wygląda Świat?

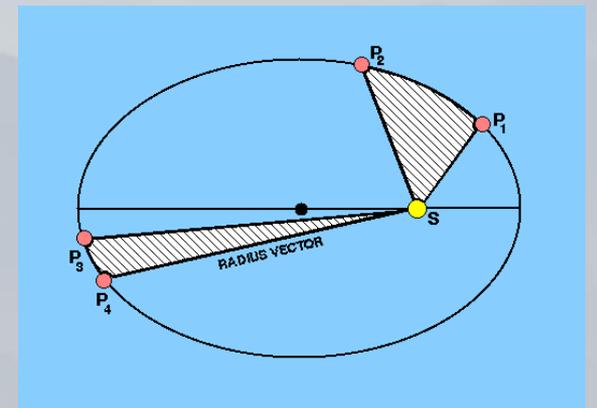


Mapa świata z roku 43 - przedruk mapy narysowanej przez Pomponiusza Melę - rzymskiego uczonego uznawanego za ojca geografii. Mapa zrekonstruowana w 1898 r. przez Konrada Millera

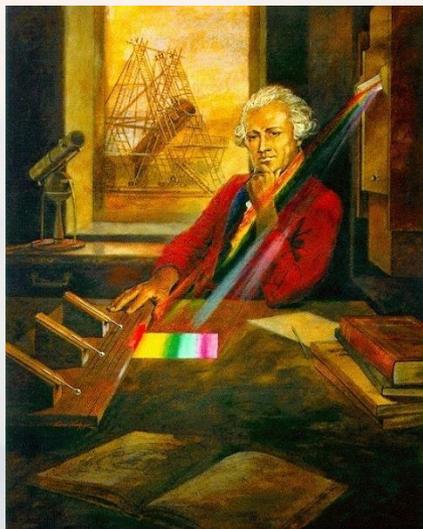
# Horyzont Układu Słonecznego



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



# Horyzont Układu Słonecznego



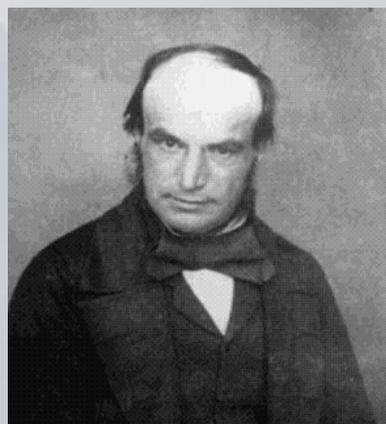
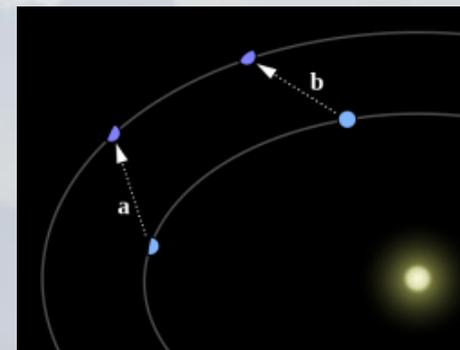
Sir William Herschel



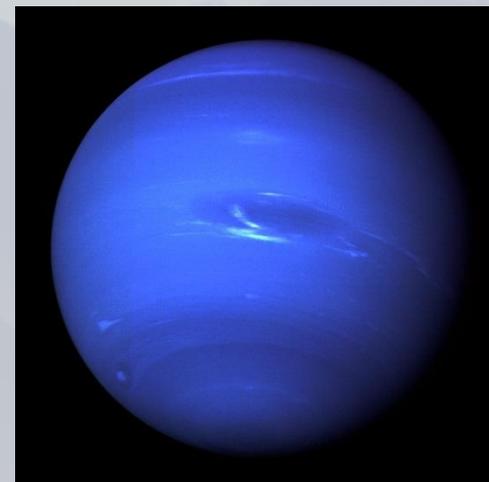
Urbain Jean Le Verrier



Johann Gottfried Galle



John Couch Adams







# Pluton czy Rover?



Chain Gang, wrzesień 1930

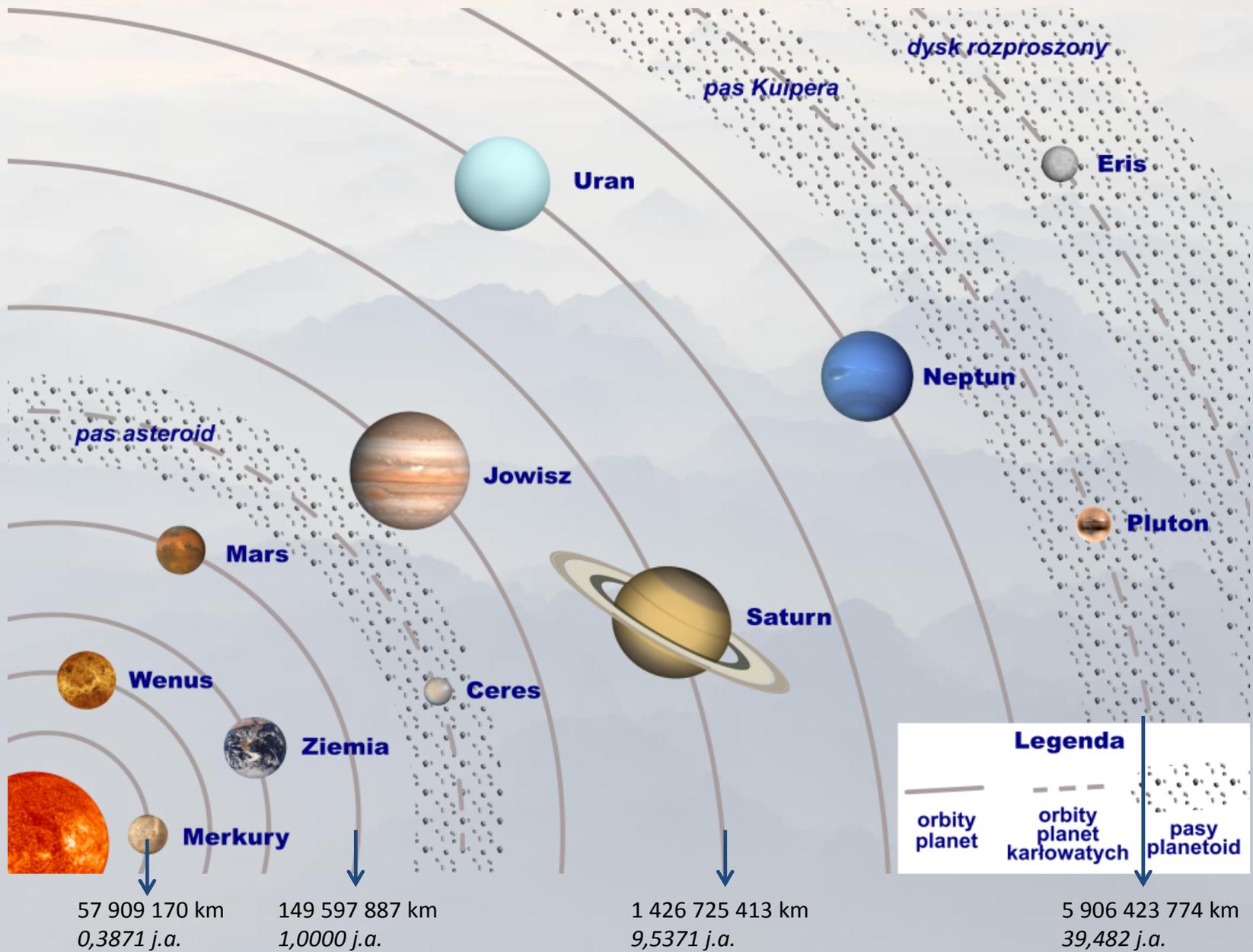


24 marca 1930 r.

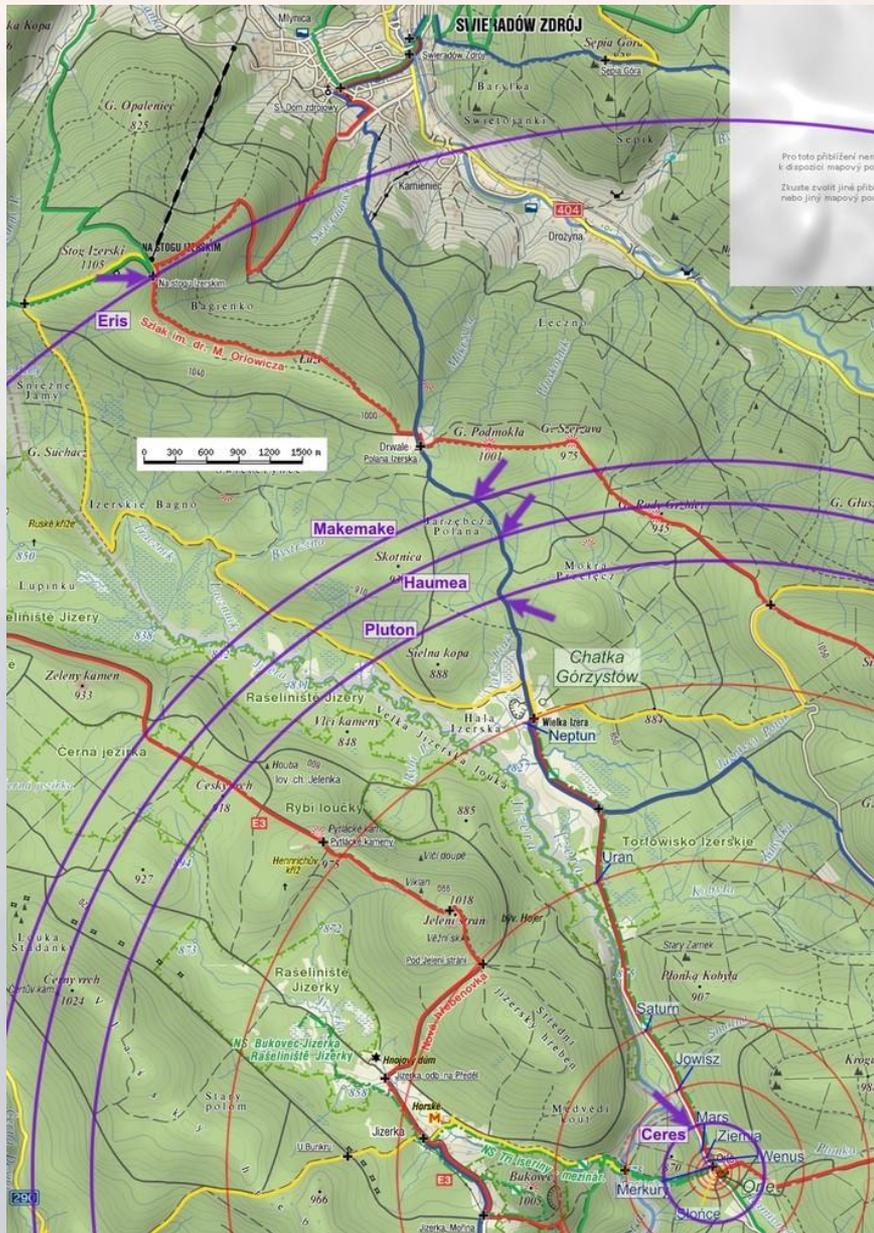


Moose Hunt, kwiecień 1931 r.

# Daleko on jest?



# Daleko on jest?



Skala 1:1mld

Słońce: 140 cm

Ziemia-Księżyc: 38 cm

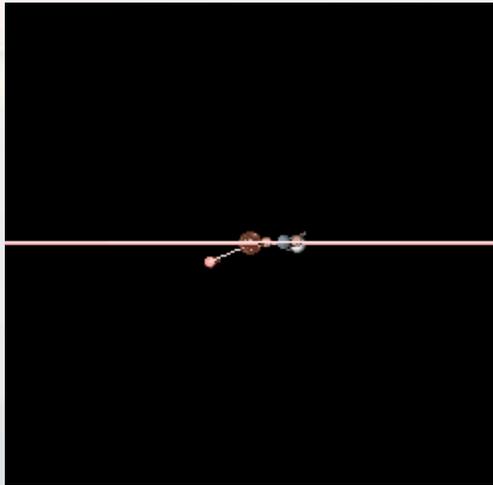
Ziemia-Pluton: 6 km

Pluton: 0.24 cm

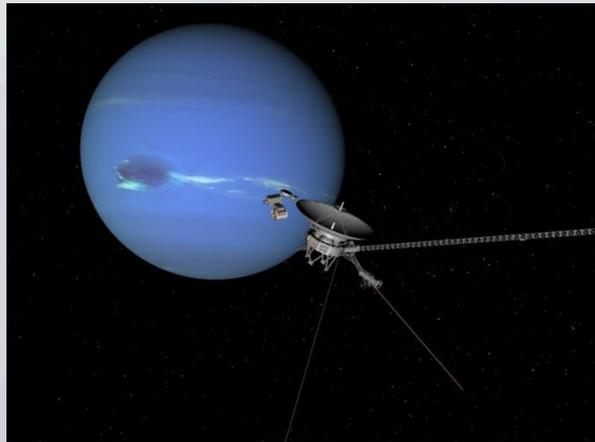
Pluton-Charon: 2 cm



# Malejący Pluton, odkrycie Charona. Niepotrzebna planeta.



James Christy

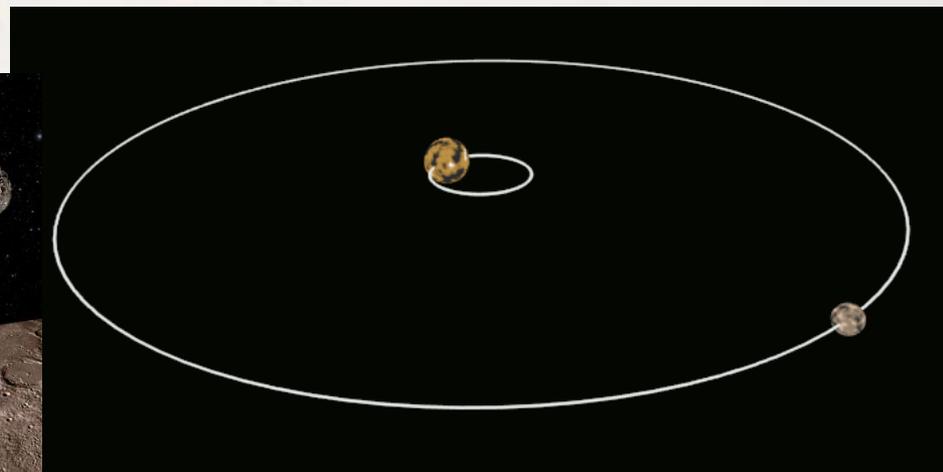
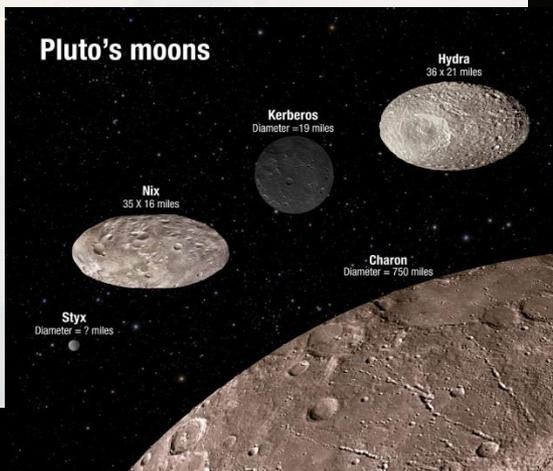
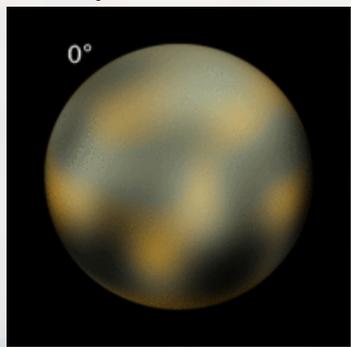


Dokładne wyznaczenie masy Neptuna podczas przelotu Voyagera 2

Rok	Masa (w masach Ziemi)	Autor oszacowania
1915	7	Lowell (przewidywana masa planety X)
1931	1	Nicholson i Mayall
1948	0.1 (1/10)	Kuiper
1976	0.01 (1/100)	Cruikshank, Pilcher i Morrison
1978	0.0015 (1/650)	Christy i Harrington
2006	0.00218 (1/459)	Buie i in.

# Pluton – cel misji międzyplanetarnej.

Obraz Plutona z teleskopu Hubble'a.



Pluto ■ July 7, 2012  
HST WFC3/UVIS F350LP

Pluton i Charon są cały czas zwrócone do siebie tymi samymi stronami.

Aphelium 49.319 j.a. (7311000000 km)

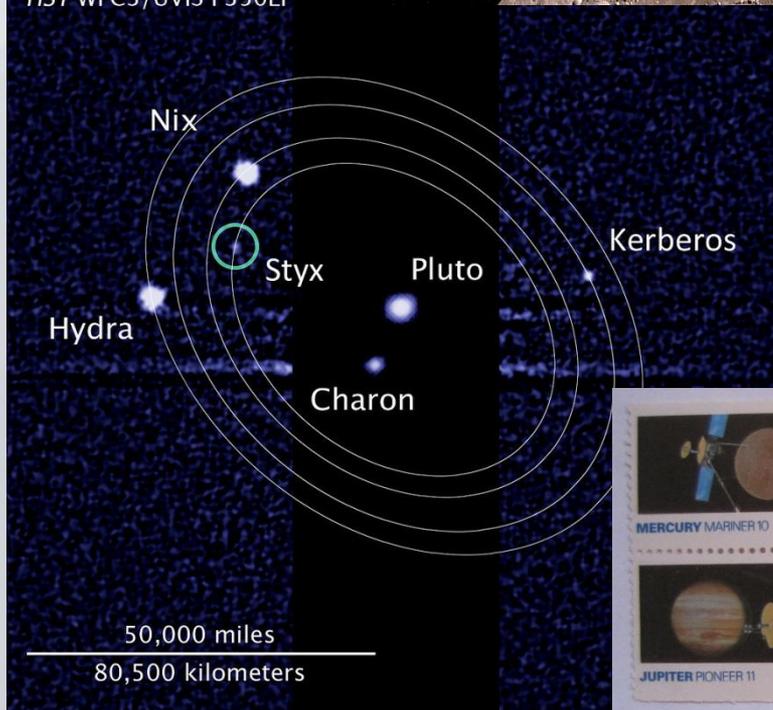
Peryhelium 29.656 j.a. (4437000000 km)

Półoś wielka 39.487 j.a. (5874000000 km)

Okres orbitalny 247.94 lat

Średnia prędkość orbitalna 4.67 km/s

Nachylenie orbity 17.1405°



## Misja do Plutona

Wiele misji planowanych  
było od końca lat 80-tych  
XX w.:

Pluto Underground

Pluto 350

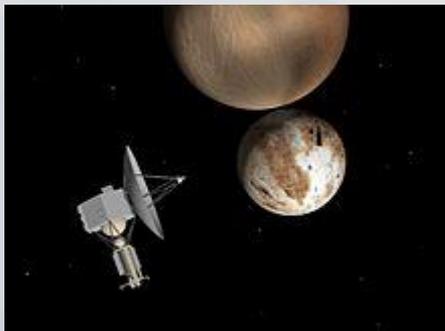
Mariner Mark II

Pluto Fast Flyby

Pluto Kuiper Express



Alan Stern

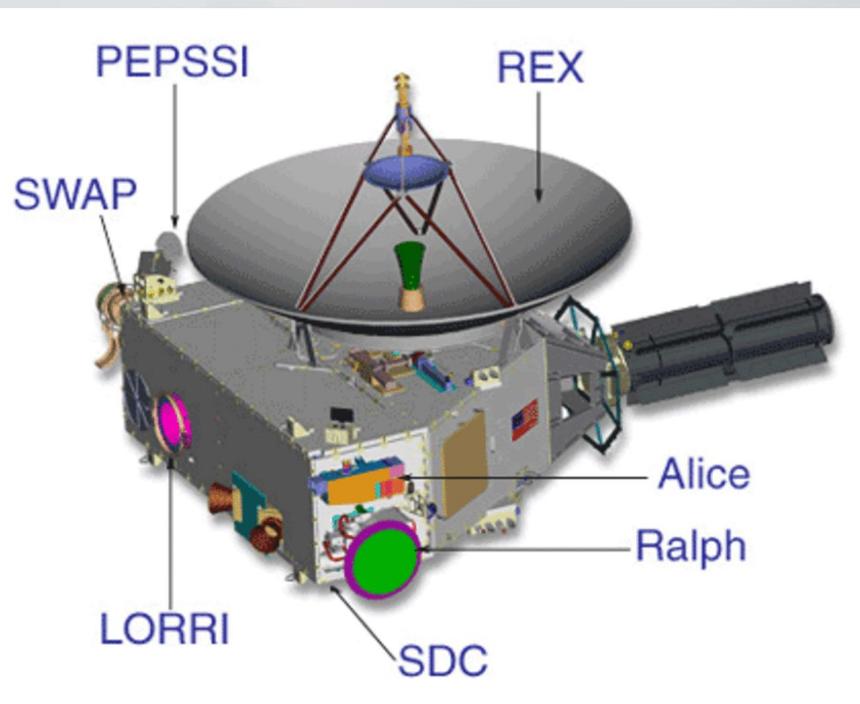


W grudniu 2000 r. NASA ogłasza konkurs w ramach nowego przedsięwzięcia New Frontiers.

W listopadzie 2001 r. wyłoniony zostaje zwycięzca: New Horizons.

## New Horizons – wystrzelenie.

- Long-Range Reconnaissance Imager (LORRI)
- Solar Wind At Pluto (SWAP)
- Pluto Energetic Particle Spectrometer Science Investigation (PEPSSI)
- Alice (spektrometr obrazujący w zakresie UV)
- Ralph telescope
- Venetia Burney Student Dust Counter (VBSDC)
- Radio Science Experiment (REX)



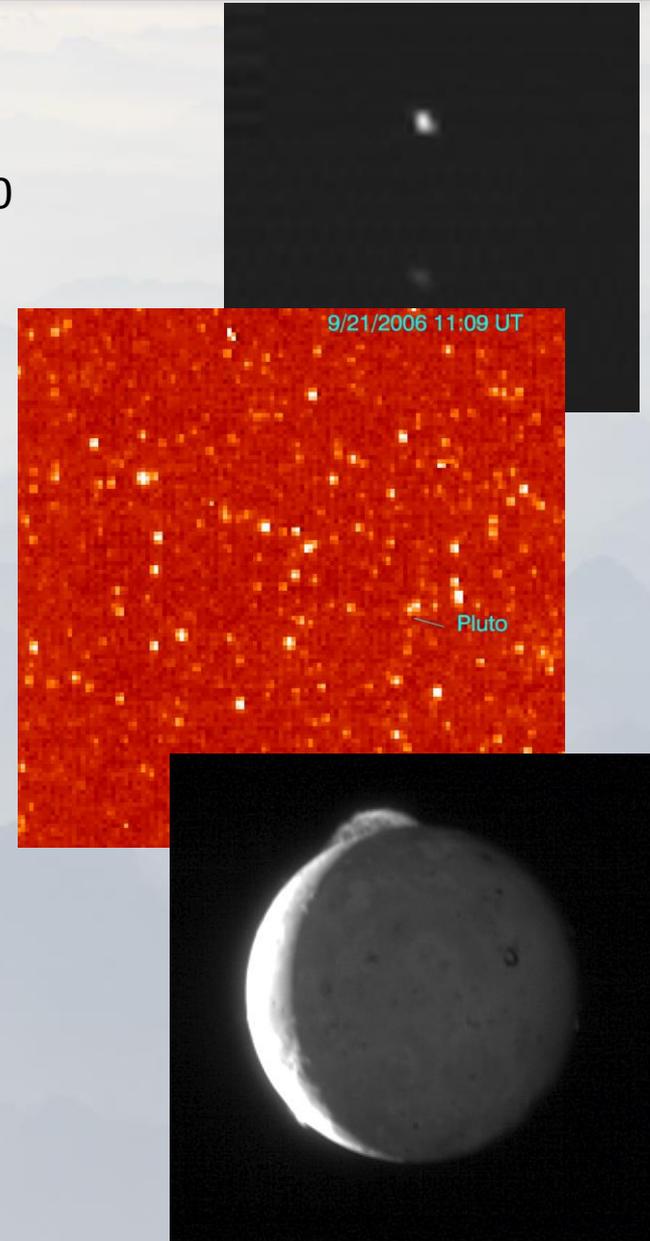
Wystrzelenie na rakiecie Atlas V 19 stycznia 2006 r.

Sonda rozpędzona została do 59000 km/h

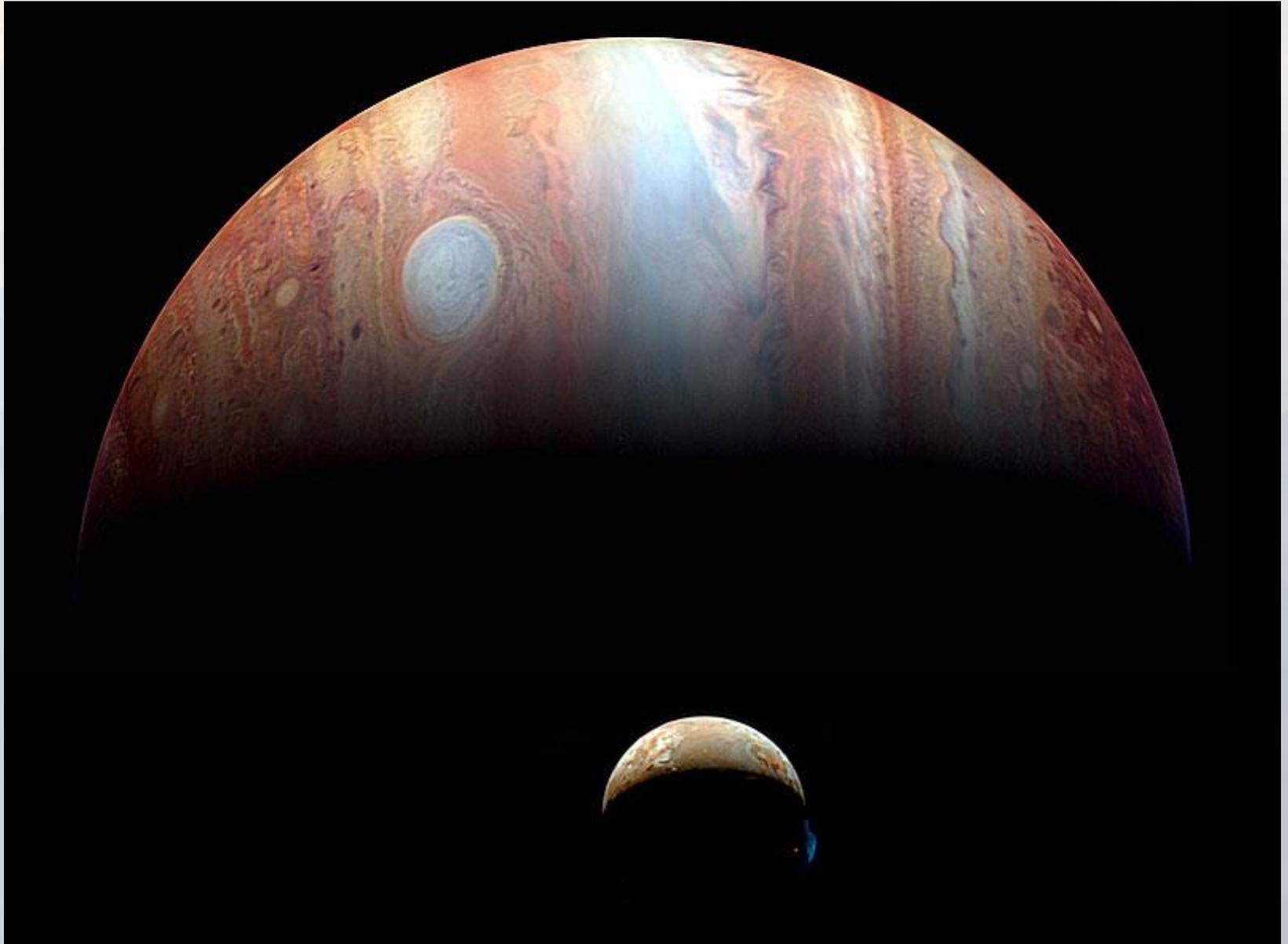
Trzeci człon rakiety Star 48B także osiągnął prędkość ucieczki.

## *New Horizons – podróż międzyplanetarna.*

- 7 kwietnia 2006 r. – orbita Marsa
- 13 czerwca 2006 r. – przelot w odległości około 100 000 km od planetoidy 132524 APL. Test teleskopu Ralph.
- 21-24 września 2006 r. – pierwszy obraz Plutona uzyskany w ramach testu instrumentu LORRI
- 28 lutego 2007 r. – największe zbliżenie do Jowisza (2.3 mln km), zwiększenie prędkości o 4 km/s.

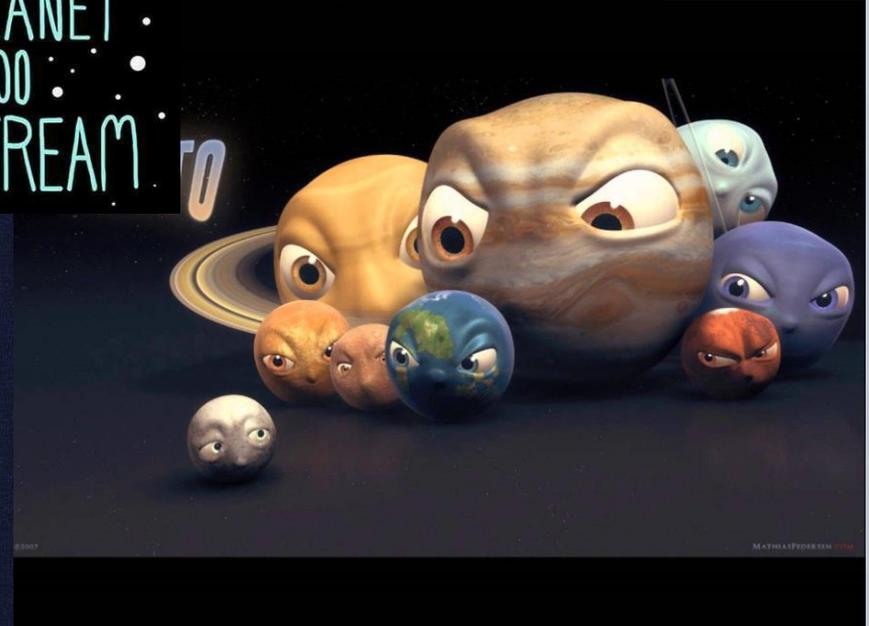
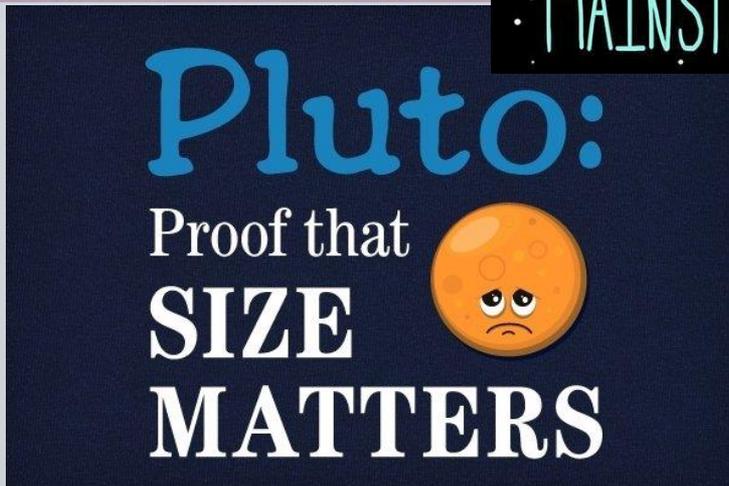
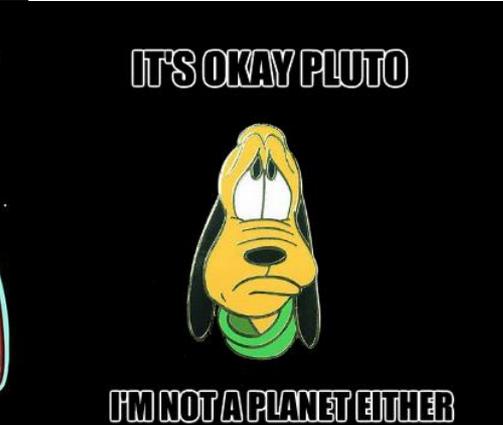
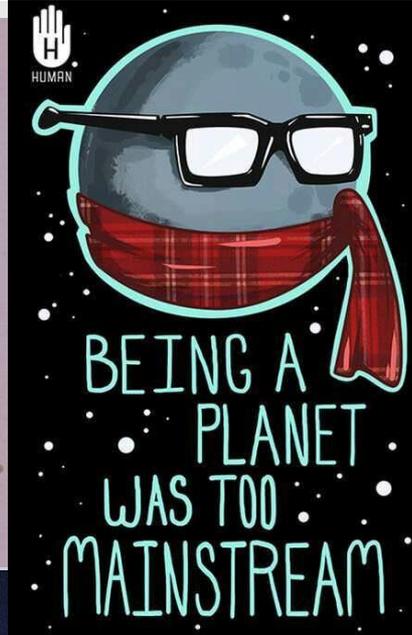
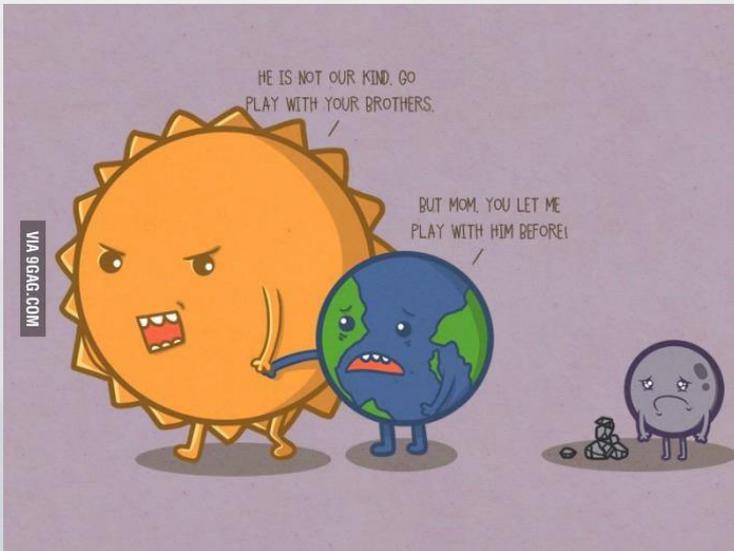


*New Horizons – podróż międzyplanetarna.*



## Degradacja.

24 sierpnia 2006 r. Międzynarodowa Unia Astronomiczna uchwaliła rezolucję dotyczącą wprowadzenia nowego typu obiektów: „planeta karłowata”. Pluton przestał być dziewiątą planetą Układu Słonecznego.



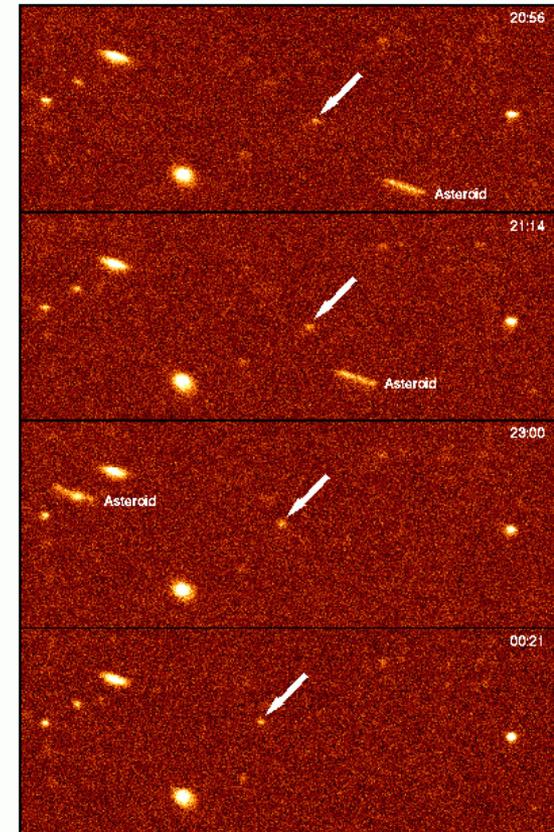
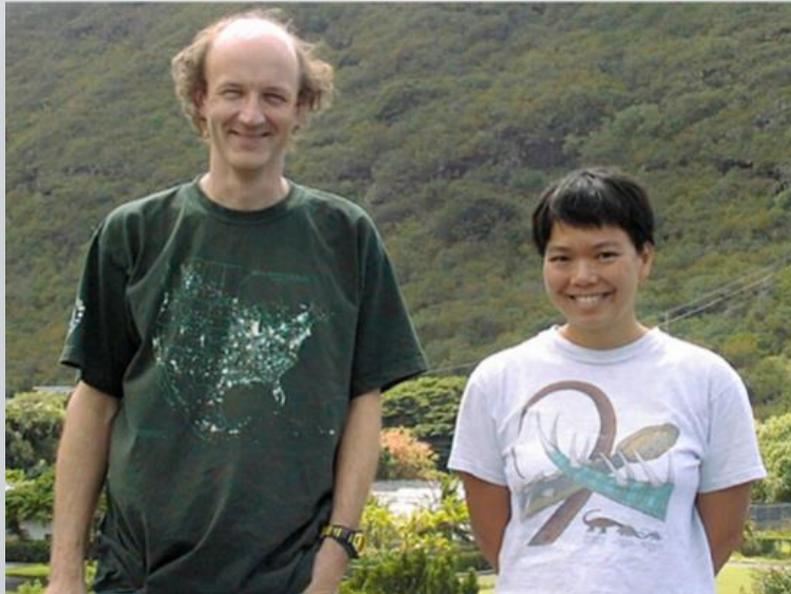
## *Trans-Neptunian Objects (TNO)*

Edgeworth(1943) i Leonard (1930): W okolicach Plutona znajduje się duża liczba drobnych ciał stanowiących rezerwar komet krótkookresowych.

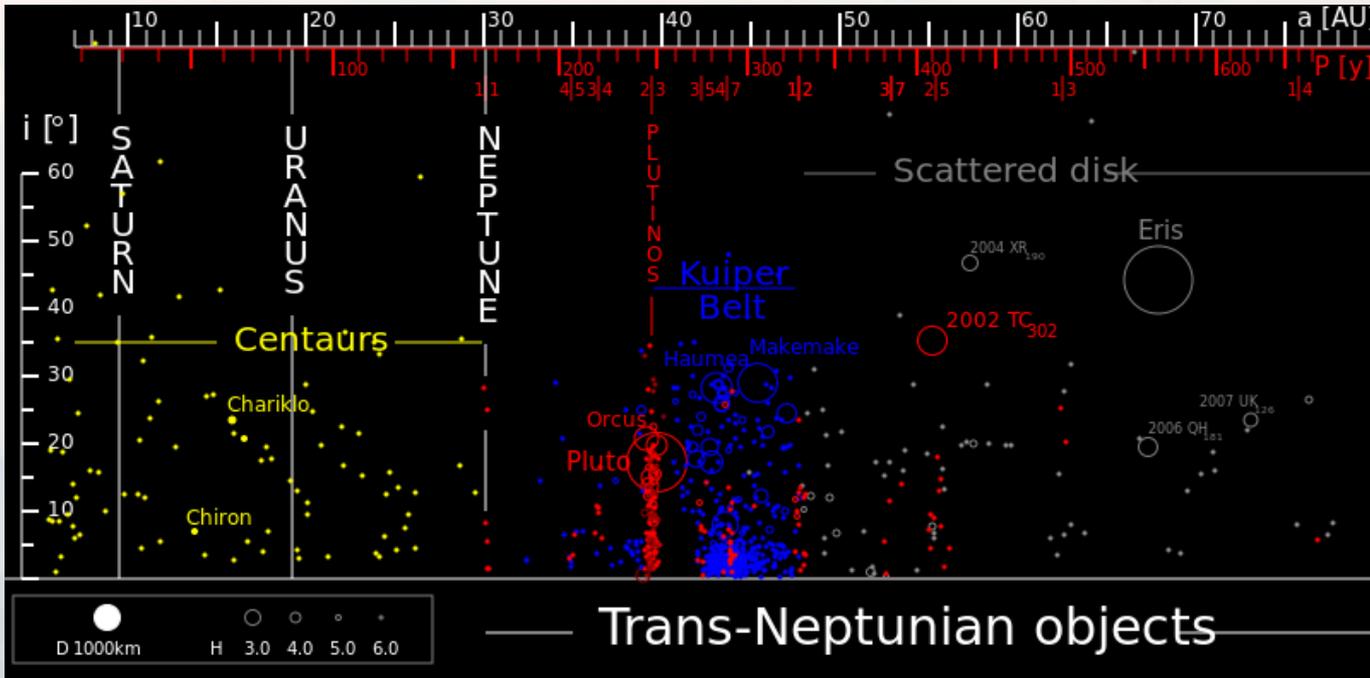
Kuiper (1951): Pluton jest tak masywny, że w jego otoczeniu nie ma innych obiektów.

30 sierpnia 1992 David C. Levitt i Jane Luu odkrywają planetoidę (15760) 1992 QB<sub>1</sub>, która obiega Słońce w średniej odległości 44 j.a.

Do dzisiaj odkryto już 1650 obiektów poza orbitą Neptuna



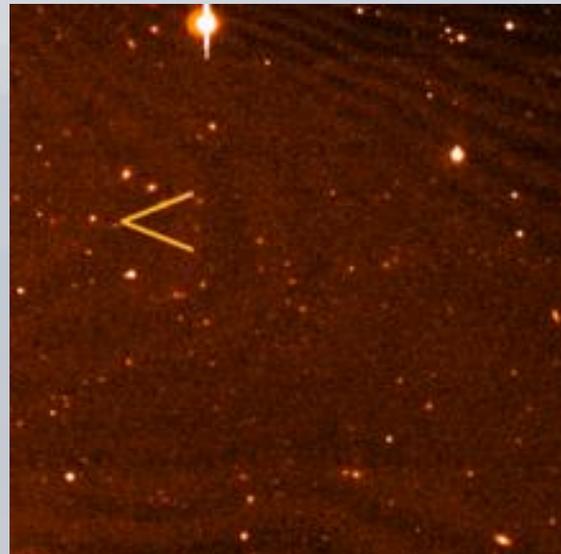
# Degradacja Plutona.



5 stycznia 2005 r. odkryta została Eris. Obiekt większy od Plutona.

Coraz trudniej było bronić pozycji Plutona jako planety.

## Largest known trans-Neptunian objects (TNOs)



W końcu Plutona zdegradowano, ale cała sytuacja przypominała wydarzenia sprzed 150 lat...

## Historia lubi się powtarzać.



Szukano kolejnej planety, bo „brakowało” jej między Marsem i Jowiszem.

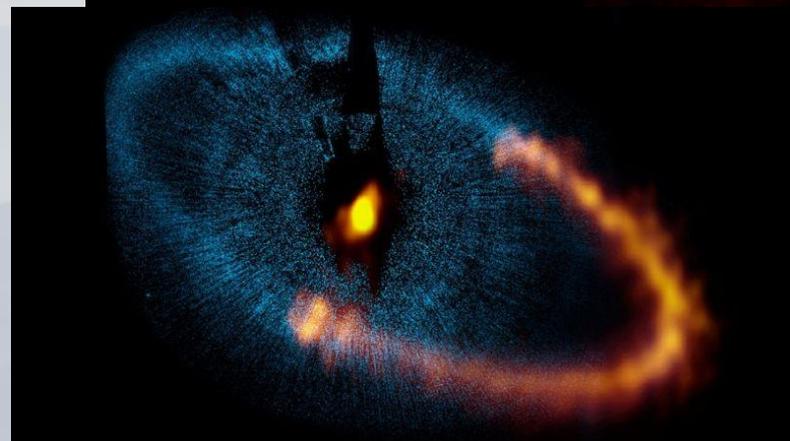
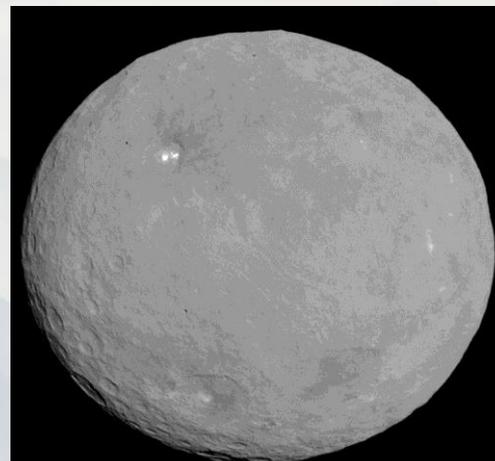
Giuseppe Piazzi odkrywa nowy obiekt (planetę)  
1 stycznia 1801 r.

### THE PLANET HYGEEA.

M. GASPARIS, of Naples, who discovered this planet on April 12, 1849, has furnished the following elements of its orbit, derived from several observations : —

Epoch, May 1, 1849.	
Mean anomaly, . . . . .	326 34 22.44
Longitude of perihelion, . . . . .	242 47 3.44
“ node, . . . . .	285 32 29.72
Inclination, . . . . .	3 46 51.27
Mean daily motion, . . . . .	590".3784

This newly discovered planet belongs to the same group with *Astræa*, *Hebe*, *Iris*, *Flora*, and *Metis*, all of which are, as will be seen below, of very recent discovery. The planets known from high antiquity are *Mercury*, *Venus*, *Earth*, *Mars*, *Jupiter*, and *Saturn*. To these, in 1781, was added *Uranus*, or *Herschel*, as it is sometimes called, from the name of its discoverer. Early in the present century, astronomers became convinced that a planet existed between Mars and Jupiter, and an association of twenty-four observers was formed to examine the whole heavens. But, early in January, 1801, the present planet *Ceres* was accidentally discovered by Piazzi, in Sicily. In March, 1802, *Pallas* was discovered by Olbers, in Bremen, and this was followed, in 1804, by the discovery of *Juno*, and, in 1807, by that of *Vesta*. On December 8, 1845, *Astræa* was discovered by Professor Hencke, and on July 1, 1847, he also discovered *Hebe*. *Iris* was discovered August 13, 1847, and *Flora*, October 18 of the same year, both by Mr. Hind. *Metis* was, we believe, discovered by Mr. Graham, in Ireland, on April 25, 1848. The recent extraordinary discovery of *Neptune* is familiar to all. The total number of primary planets discovered, up to the present time, is, it will be seen, 18. Many of them are never visible to the naked eye. — *Editors*.

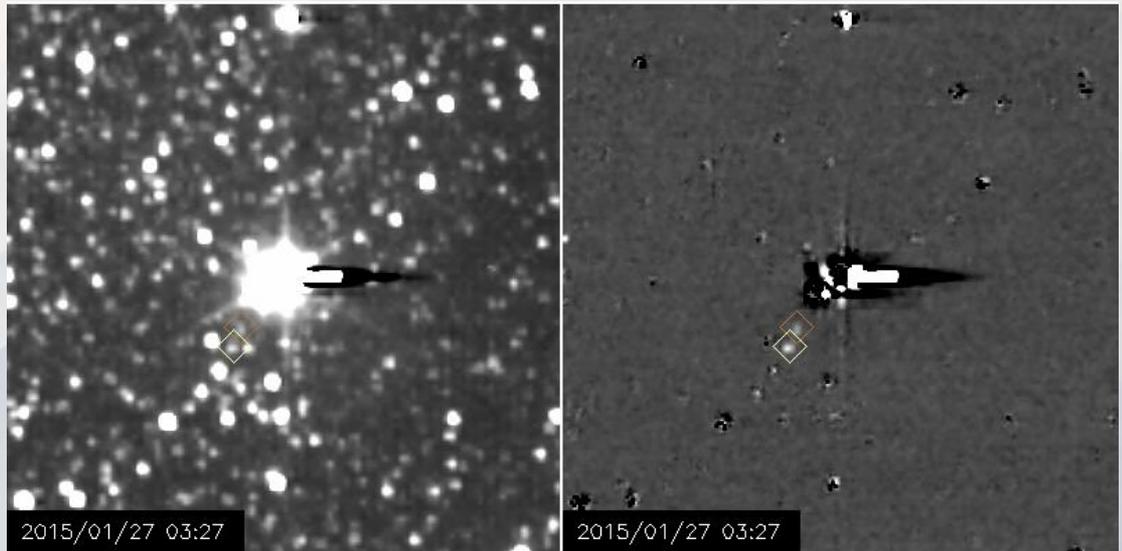


W 1849 odkryto dziesiąty obiekt między Marsem i Jowiszem.

Dziś znamy ich kilkaset tysięcy...

## *New Horizons – zbliżanie do celu.*

6 grudnia 2014 r. – ostateczne wybudzenie satelity przed zbliżeniem do Plutona.



NH LORRI OPNAV CAMPAIGN 2  
2015-01-25 02:01:00 UTC  
DISTANCE TO PLUTO: 202976224 km  
(PROPER MOTION)

15 stycznia 2015 r., po zakończeniu serii manewrów korygujących orbitę, można już było określić kalendarz wydarzeń na następne miesiące.



Układ Pluton-Charon sfotografowany 29 czerwca 2015 r.

# New Horizons – z wizytą u Plutona

Trzy dni (połowa okresu orbitalnego układu Pluton-Charon) przed zbliżeniem rozpoczęto mapowanie powierzchni z wysoką rozdzielczością (do 40 km/piksel). Każdy obszar był fotografowany dwa razy w poszukiwaniu oznak aktywności powierzchniowej.

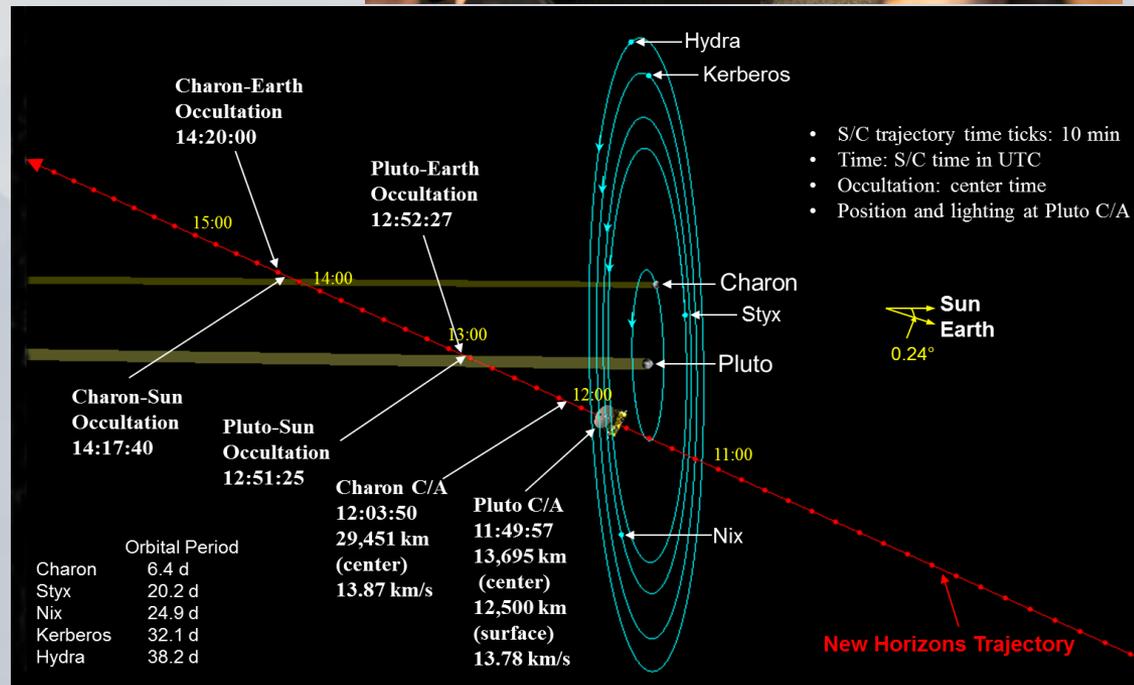
Najlepsza rozdzielczość obrazów z LORRI powinna osiągnąć 50 m/piksel.



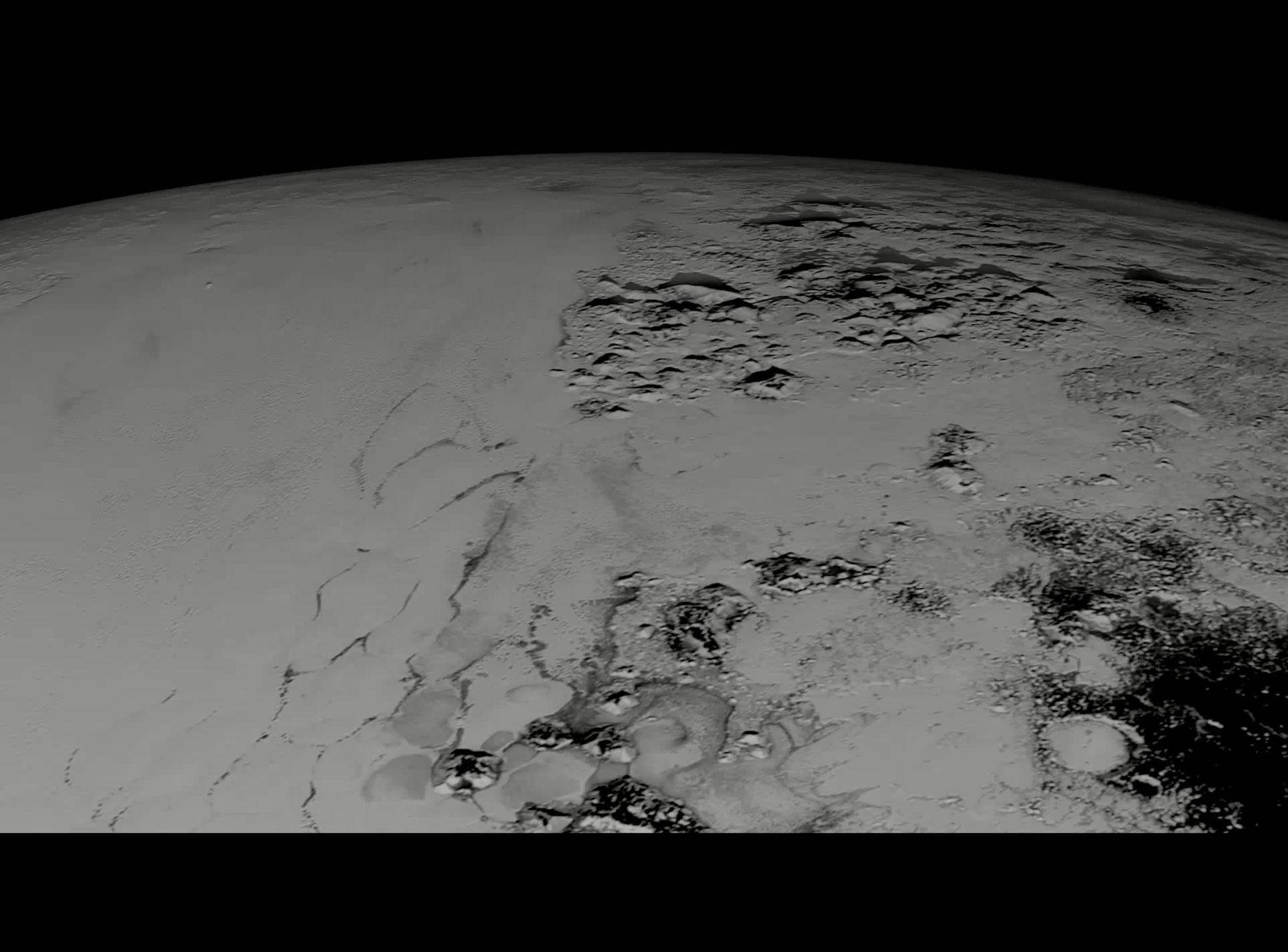
14 lipca 2015 r. o 11:49 UTC sonda New Horizons przeleciała w odległości 12 472 km od powierzchni (13 658 km od centrum) Plutona.

Najmniejsza odległość do Charona: 28 800 km.

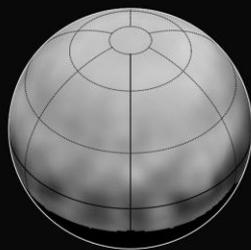
Względna prędkość wynosiła 13.78 km/s



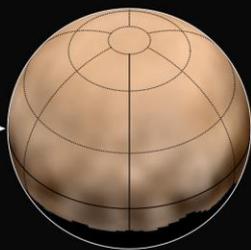




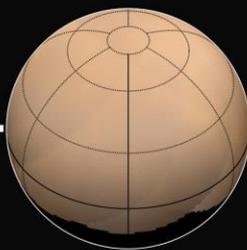
# Powierzchnia



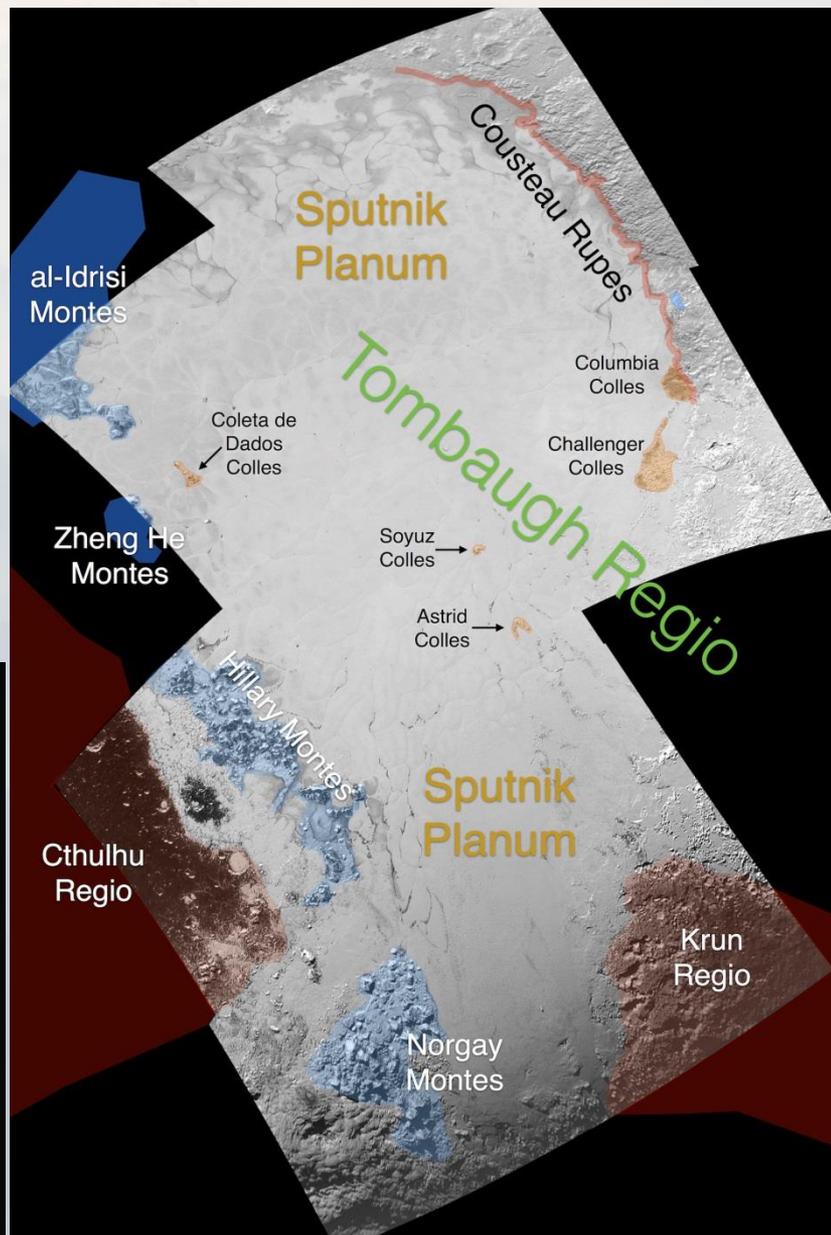
Reflectance Map  
(LORRI)



Combined Map



Natural Color Map  
(Ralph)

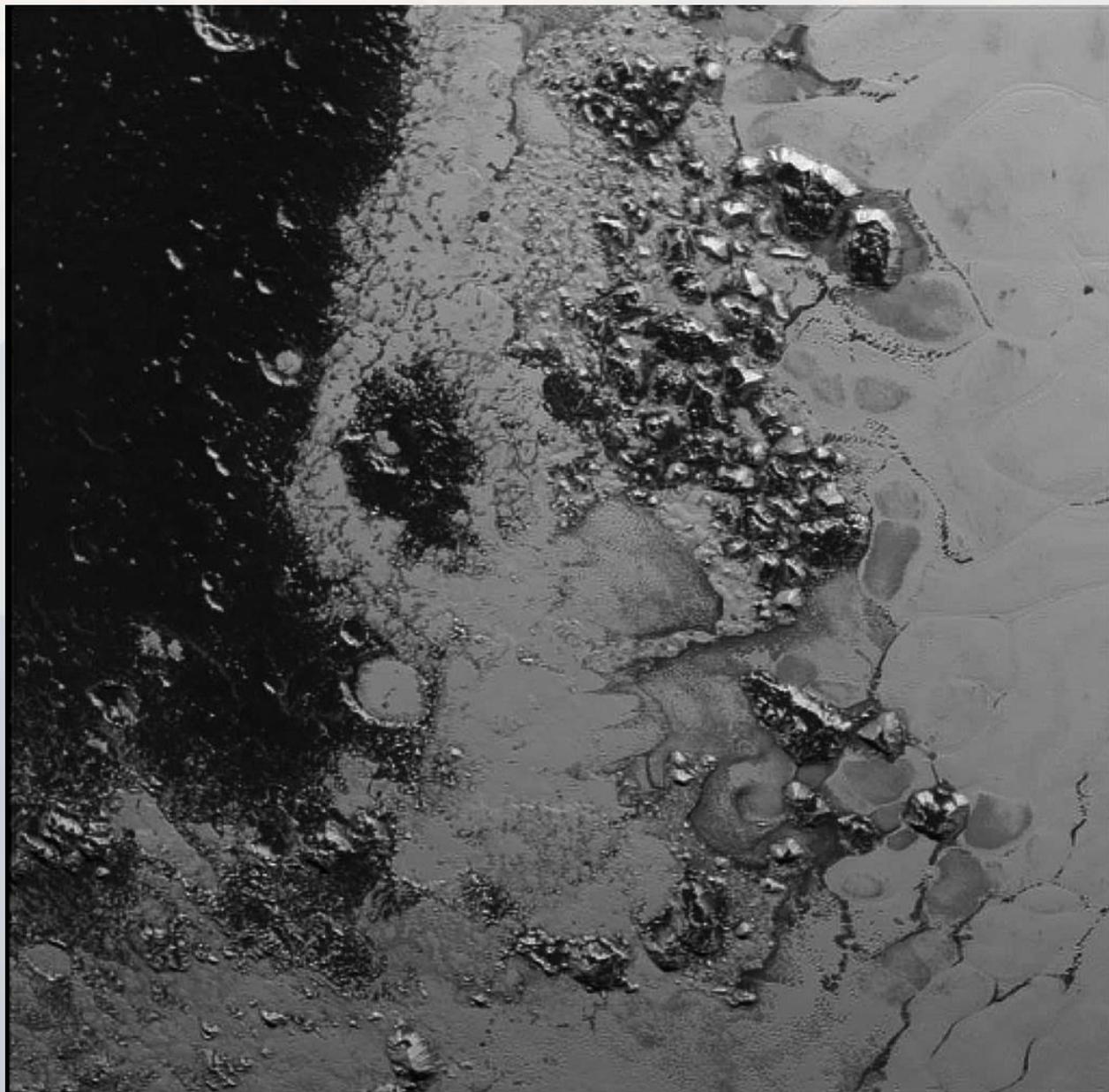


## *Powierzchnia*

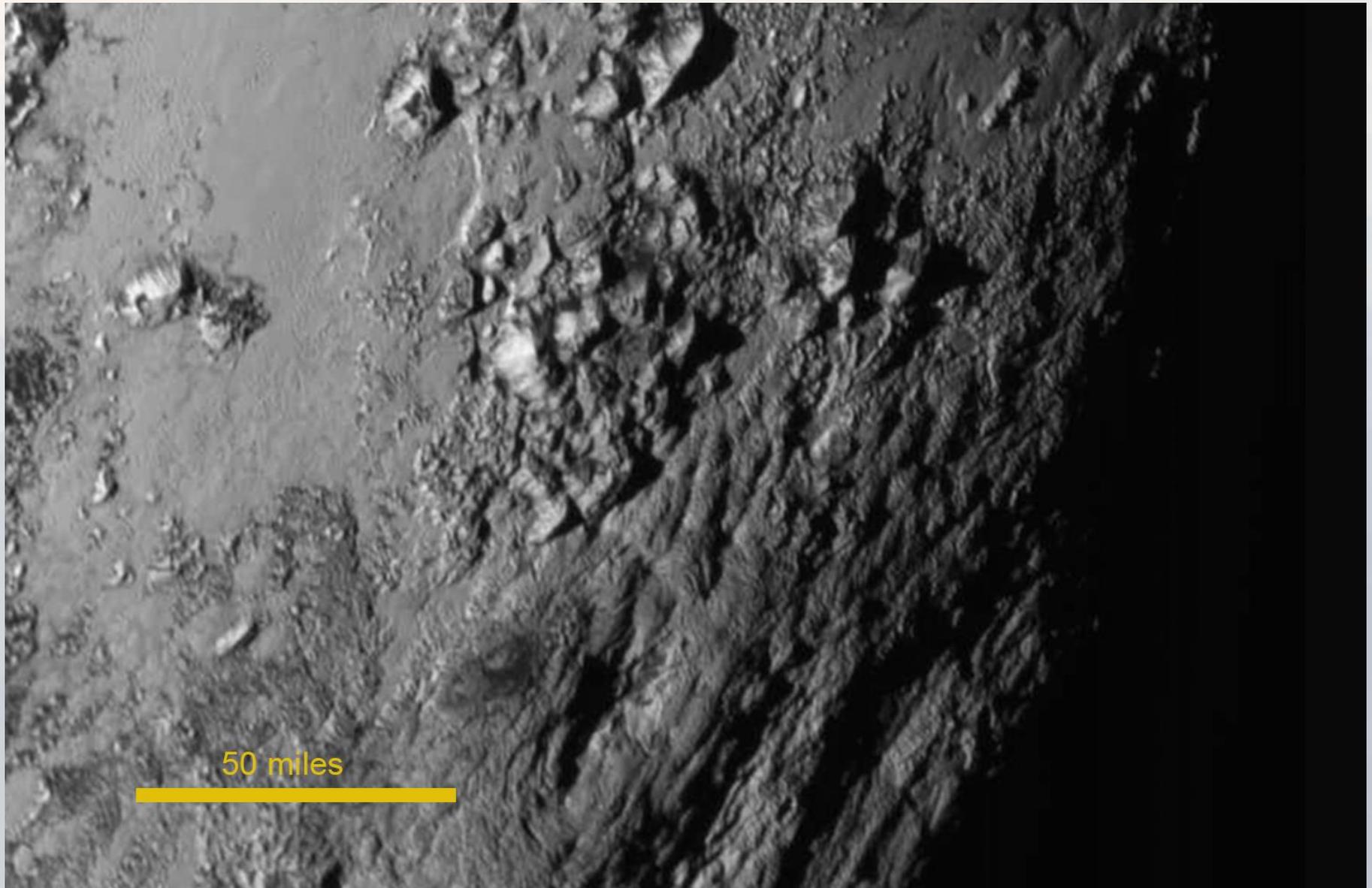
Widoczne są obszary o różnym wieku.

Równina Sputnika ma około 100 mln lat, podczas gdy pokryte kraterami obszary mają parę mld lat.

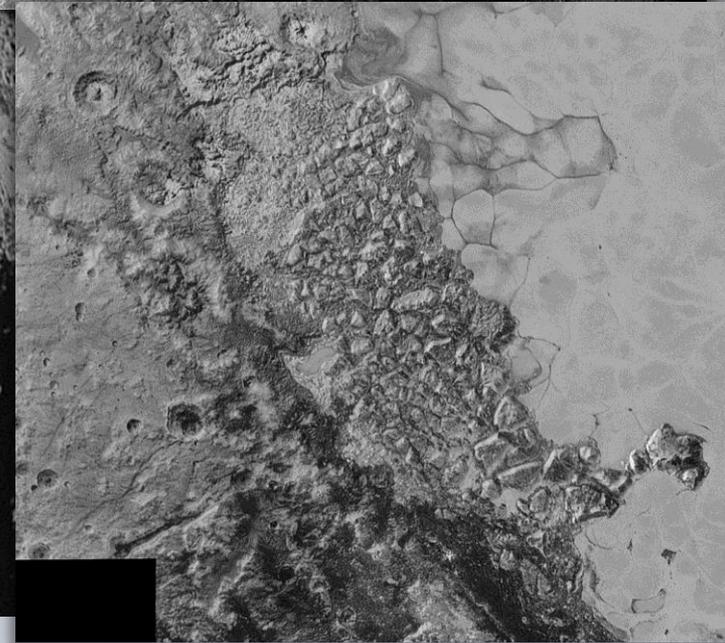
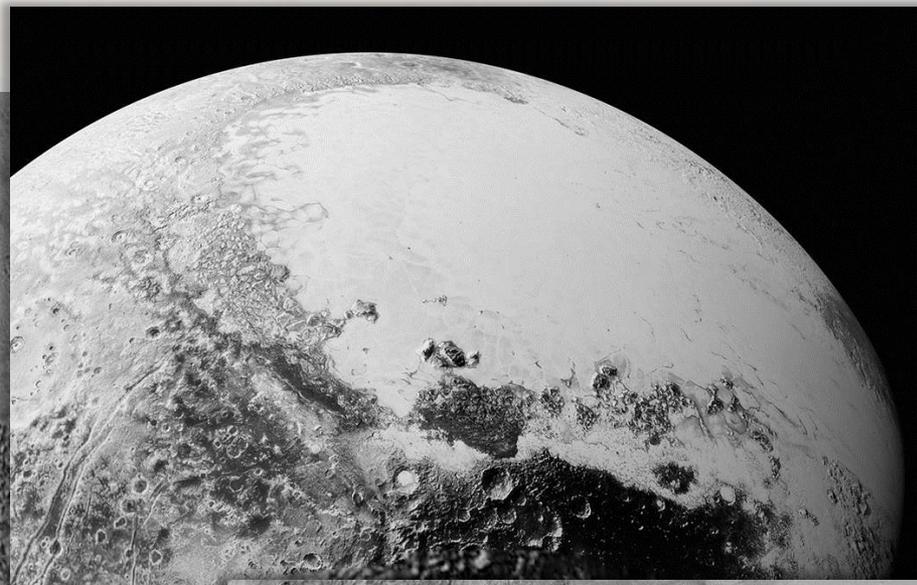
Widoczne są wyraźne ślady osadzania się, na górzystych obszarach, lodu azotowego z mgieł.



# *Powierzchnia*



# *Powierzchnia*

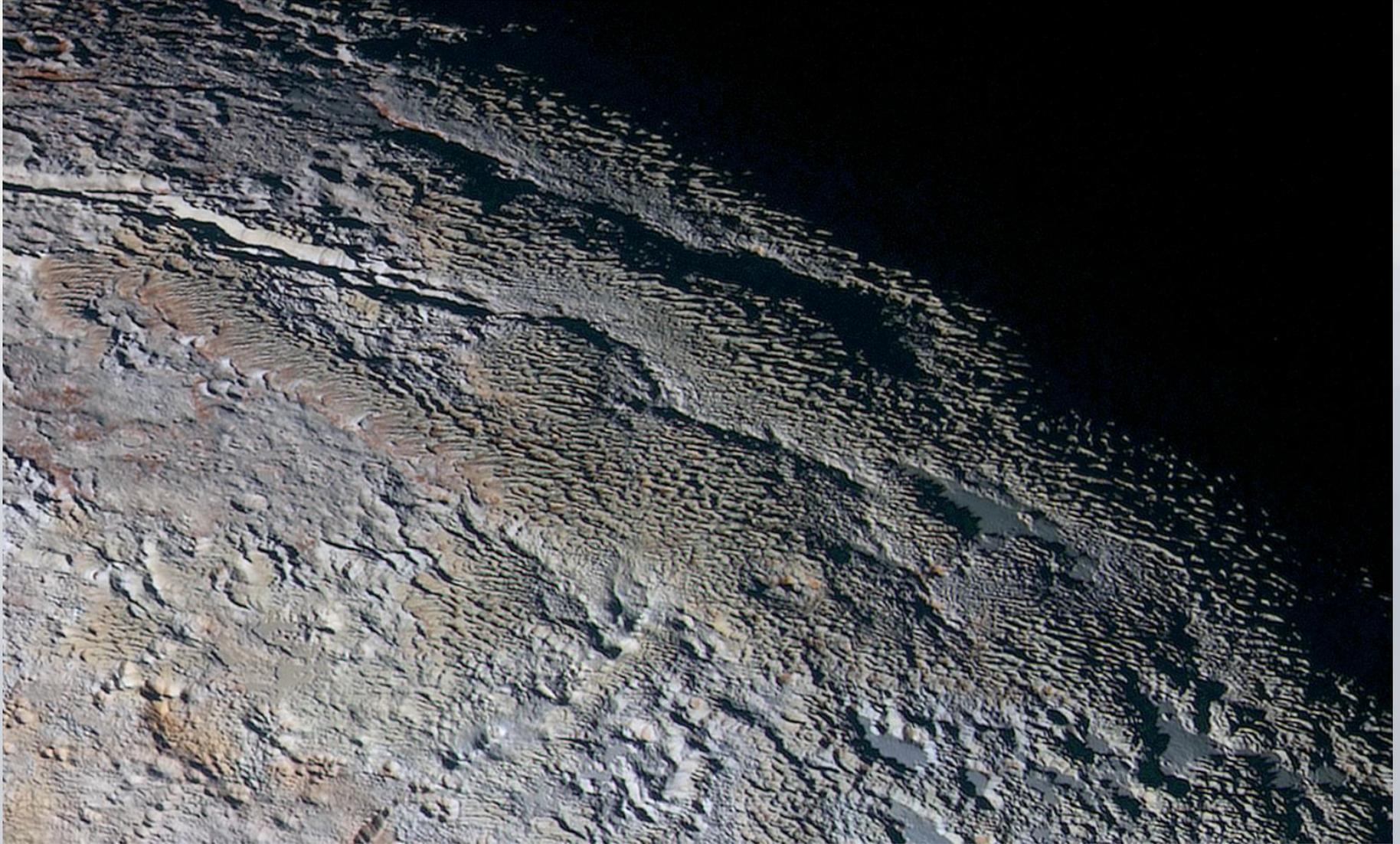


# *Powierzchnia*



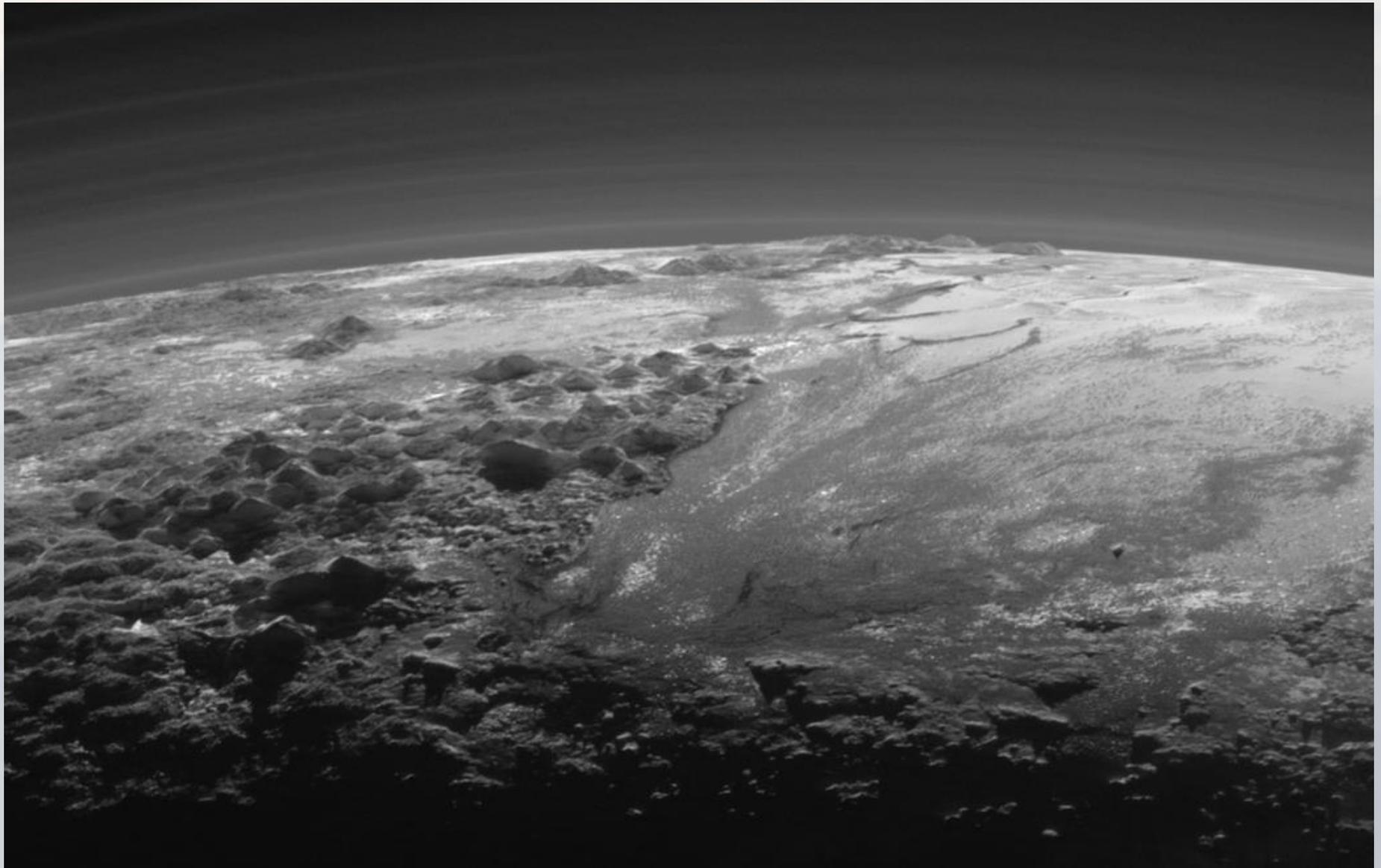
Rozdzielczość 270 m

## *Powierzchnia*



Rozdzielczość 1.3 km

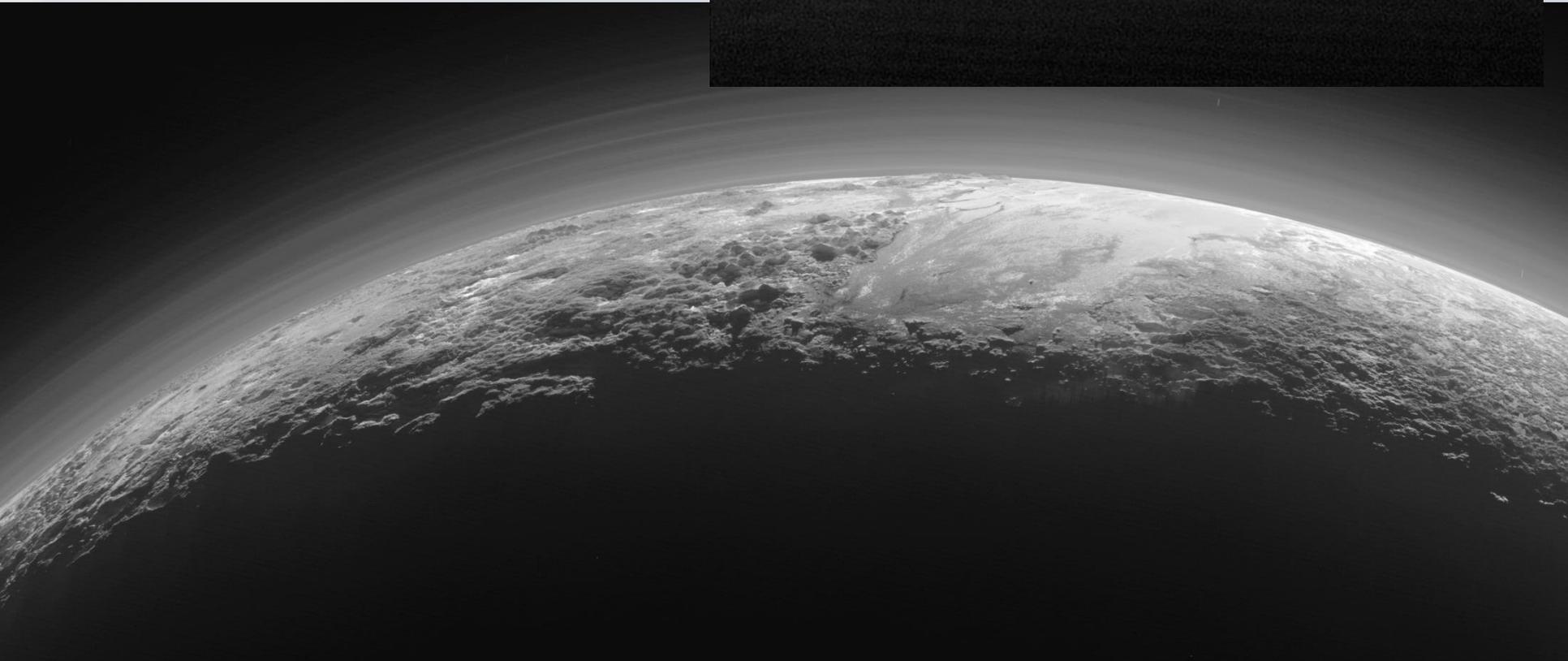
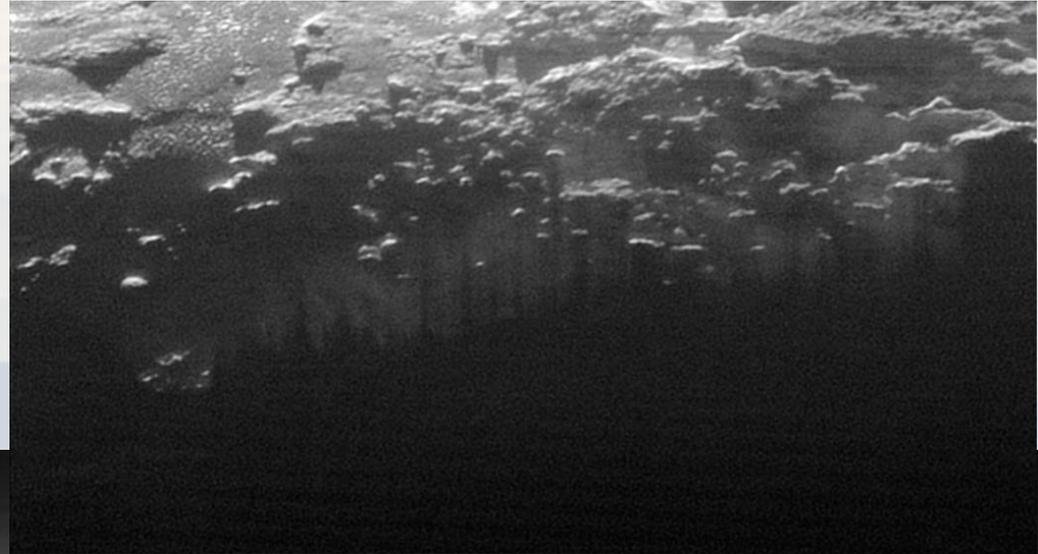
# *Powierzchnia*



## Azotowe mgły

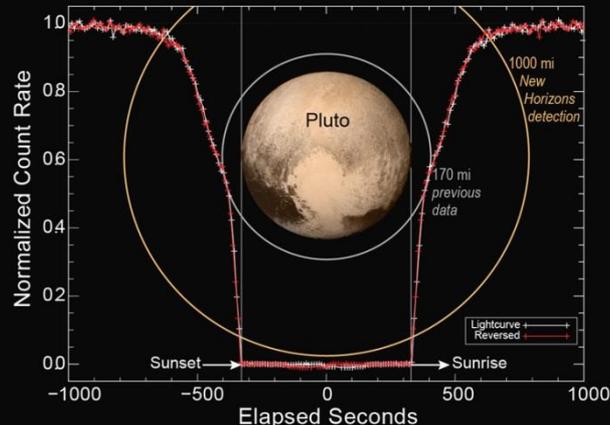
Temperatura powierzchni:  
33 – 55 K, średnio 44 K (-229 °C)

Temperatura topnienia azotu: -210 °C



# Atmosfera

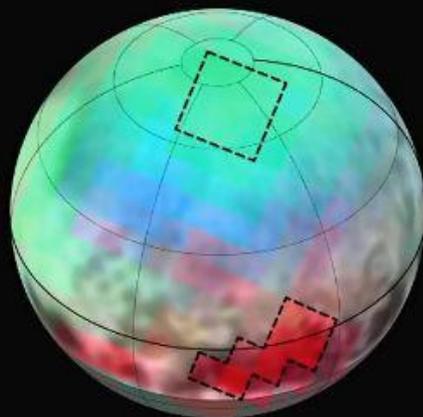
### Alice Solar Occultation



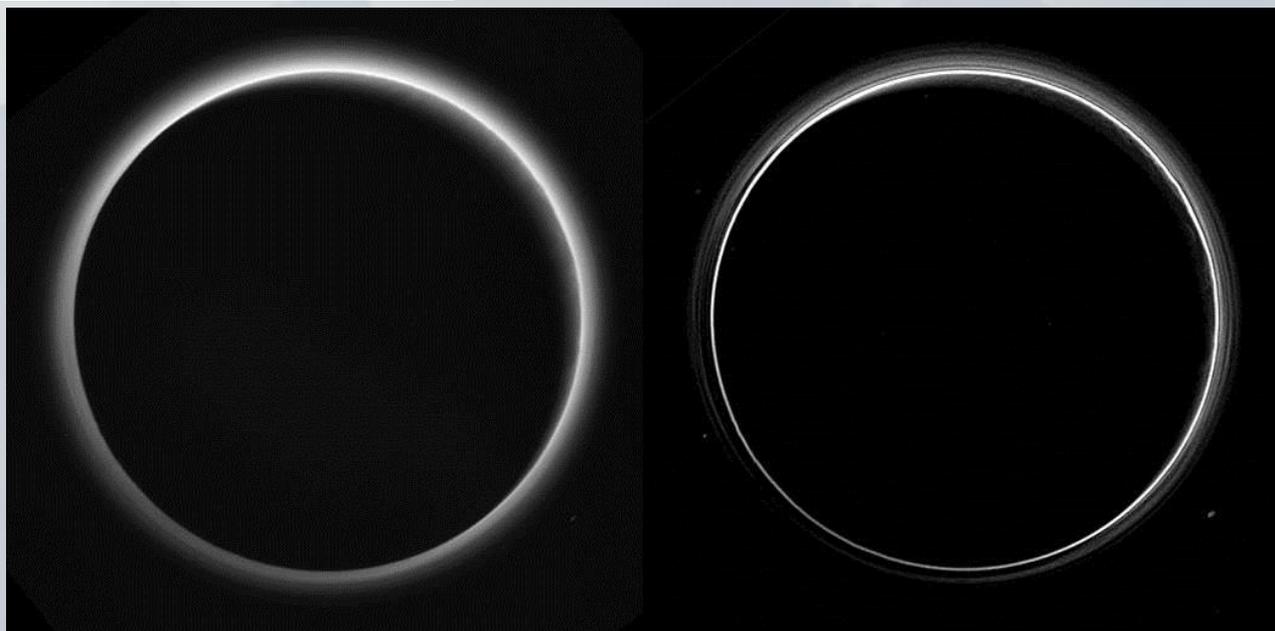
W najwyższych warstwach atmosfery światło jest absorbowane głównie przez cząsteczkowy azot. Bliżej powierzchni pojawia się wpływ metanu i inne węglowodory.

Atmosfera została zarejestrowana do odległości 1600 km od powierzchni.

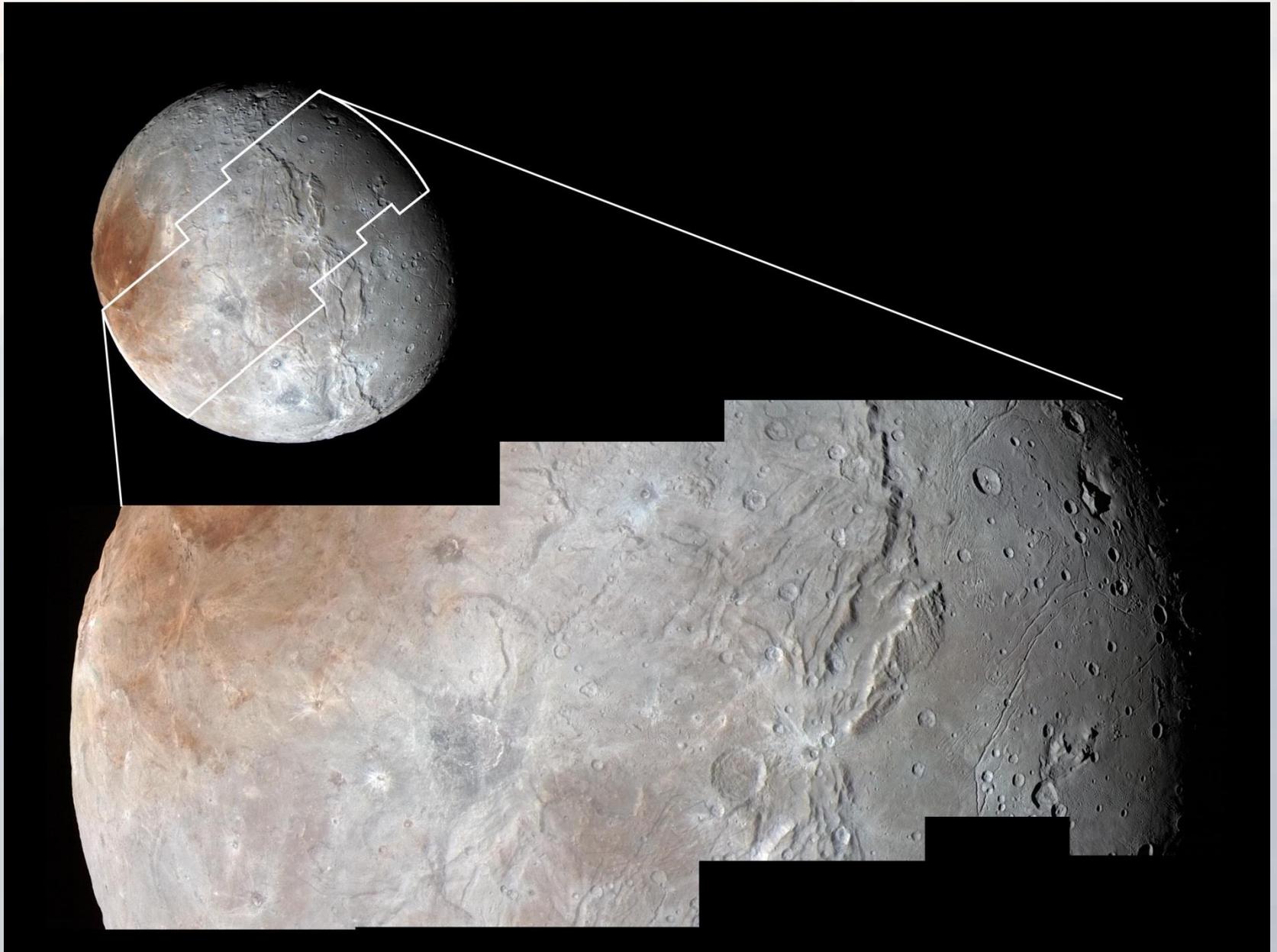
### Methane on Pluto



Infrared Spectral Image



# Charon

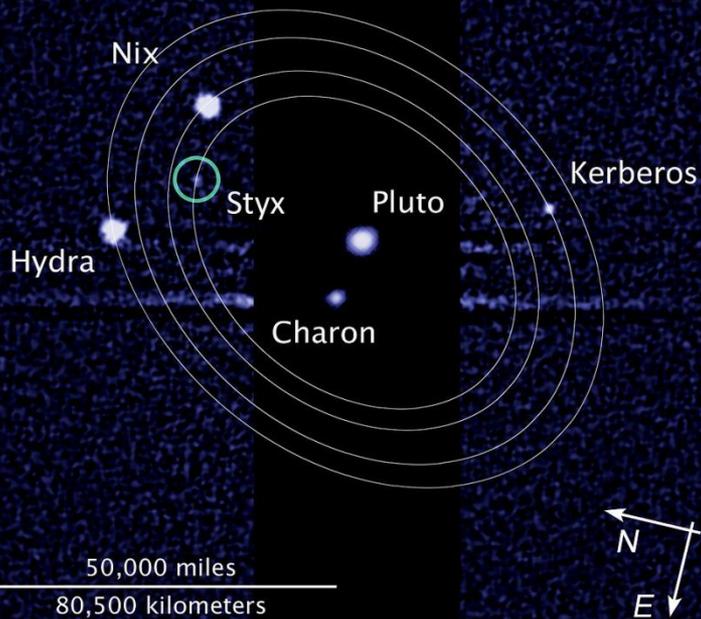


*Dwa światy*



## Pozostałe księżyce

Pluto ■ July 7, 2012  
HST WFC3/UVIS F350LP



Pozostałe księżyce:

Kerberos 31 km

Styx od 8 do 28 km

Hydra 58 × 34 km

Nix 56 × 26 km

## *Przesuwanie horyzontów. Co dalej?*

Clyde Tombaugh 1930

HST 1996

HST 1994

HST 2011

HST 2002-2003

New Horizons 9 kwietnia 2015

New Horizons 12 maja

New Horizons 2 czerwca

New Horizons 15 czerwca

New Horizons 1 lipca

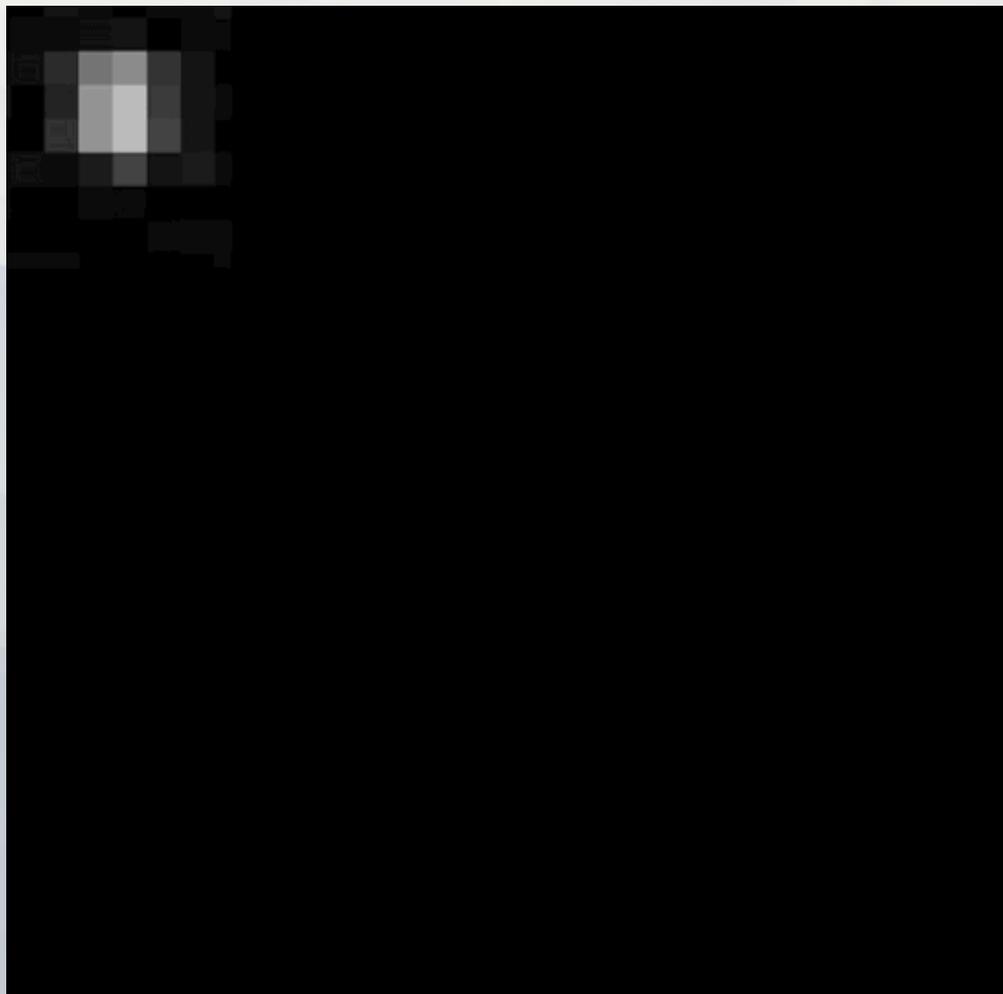
New Horizons 3 lipca

New Horizons 8 lipca

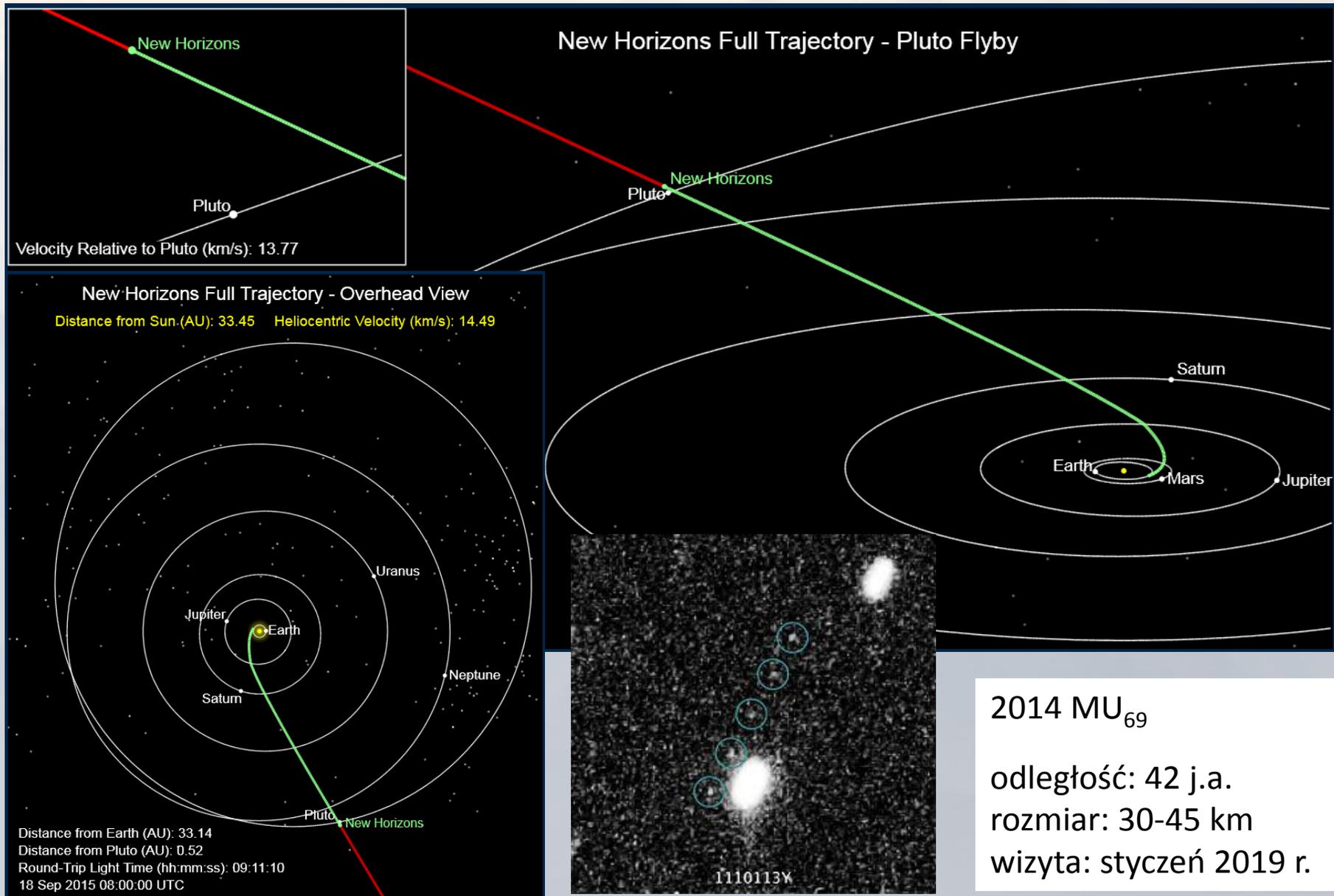
New Horizons 10 lipca

New Horizons 11 lipca

New Horizons 13-15 lipca



# Kolejny cel





*Dziękuję za uwagę*