

В. Г. Сурдин
ГАИШ МГУ

Карлик
ПЛУТОН
и его свита



Меркурий

Венера

Земля

Марс

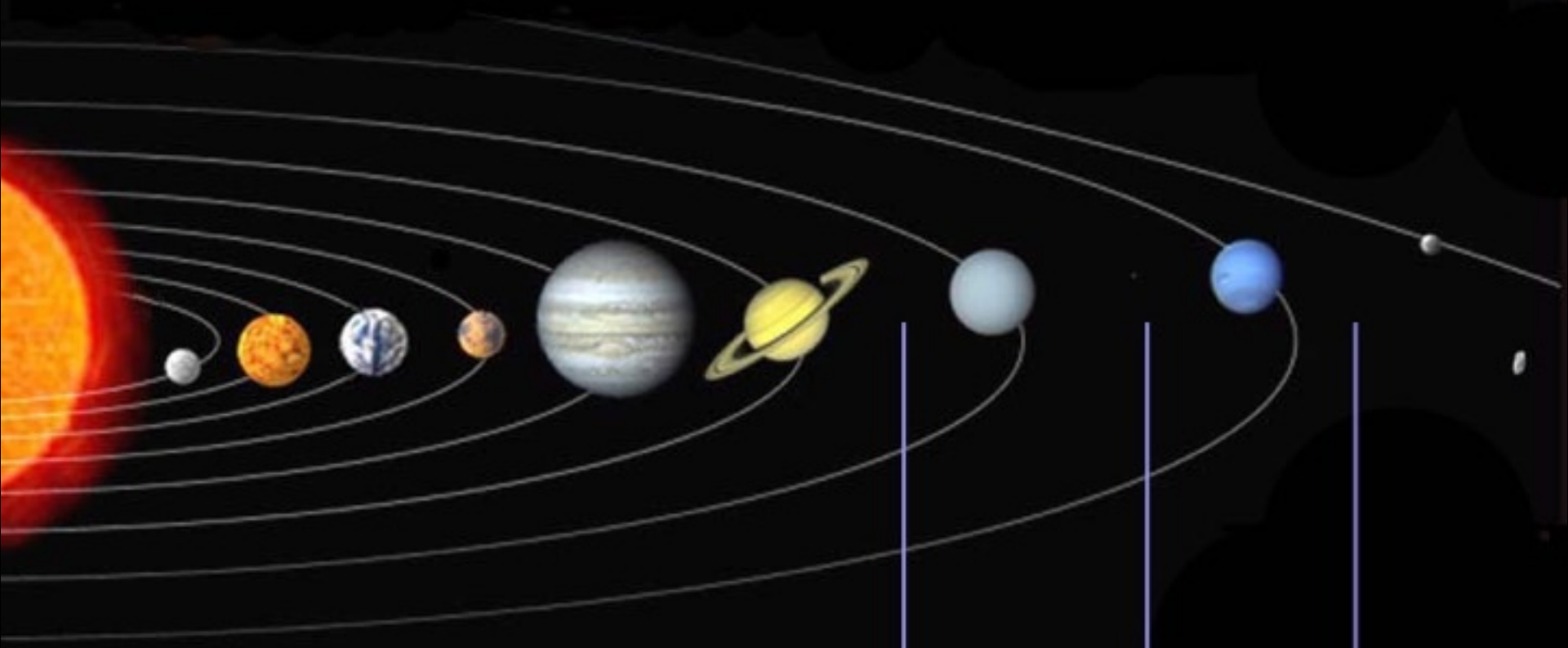
Юпитер

Сатурн

Уран

Нептун

Плутон



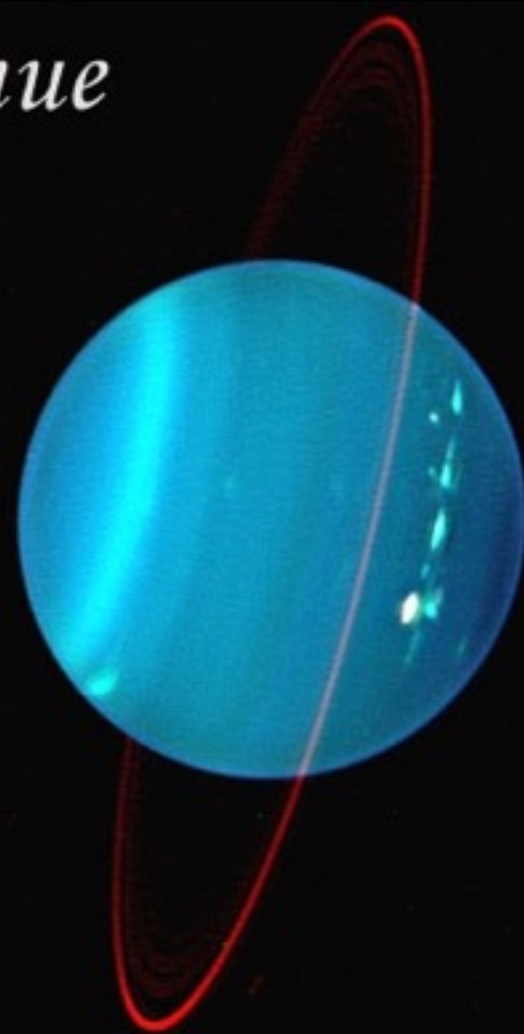
“Классические” планеты

XVIII век

XIX век

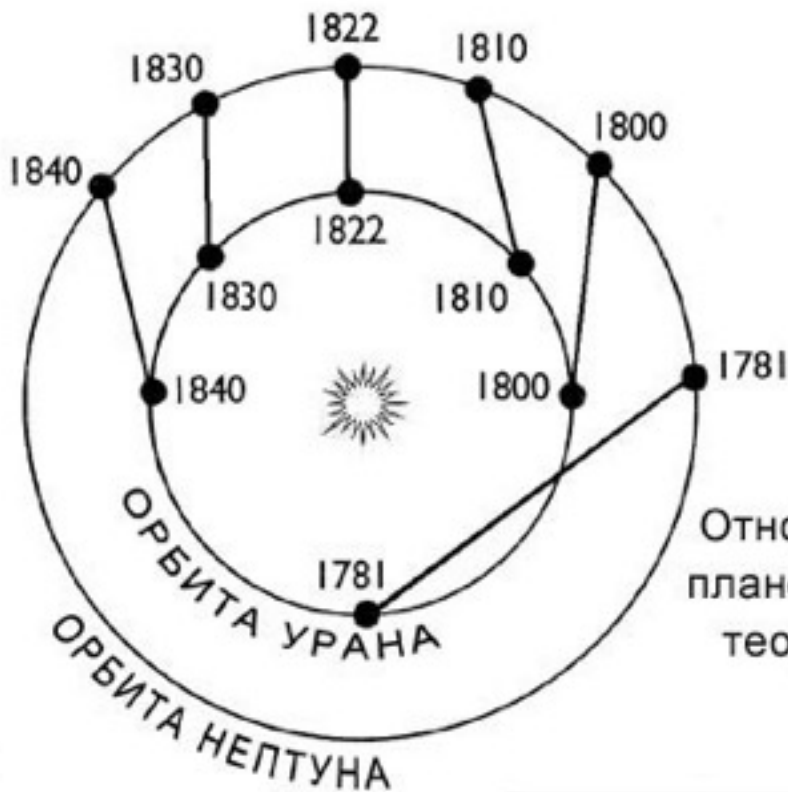
XX век

Астрономическое открытие



Вильям Гершель,
“прочесывая” небо,
13 марта 1781 года
случайно открыл Уран

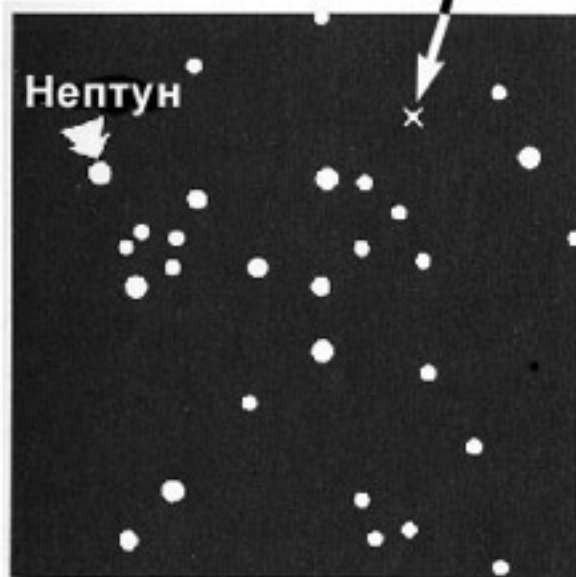
Теоретический прогноз (Математическое открытие)



Относительное положение планет благоприятствовало теоретическому анализу



Урбен Леверье



Положение Нептуна, предвычисленное Леверье в 1846 г.

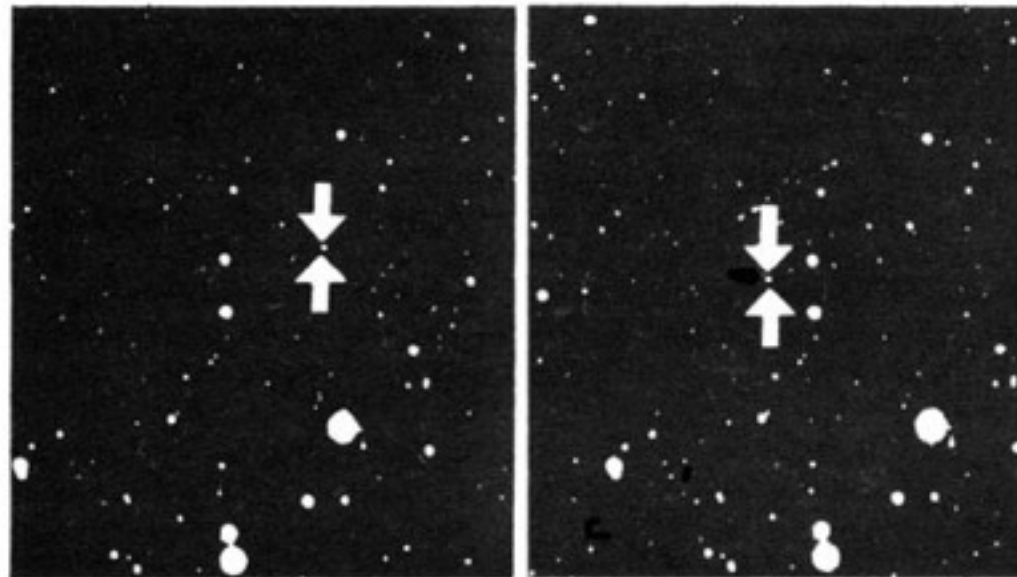
Узнав прогноз, Галле и Д'Арре в первую же ночь обнаружили планету 24 сентября 1846 г. (слева)

*Теоретический прогноз,
стимулировавший случайное
астрономическое открытие*

Прогноз Персиваля Ловелла о существовании массивной планеты за Нептуном был неверен. Однако Плутон всё же был открыт и 75 лет считался полноценной планетой.



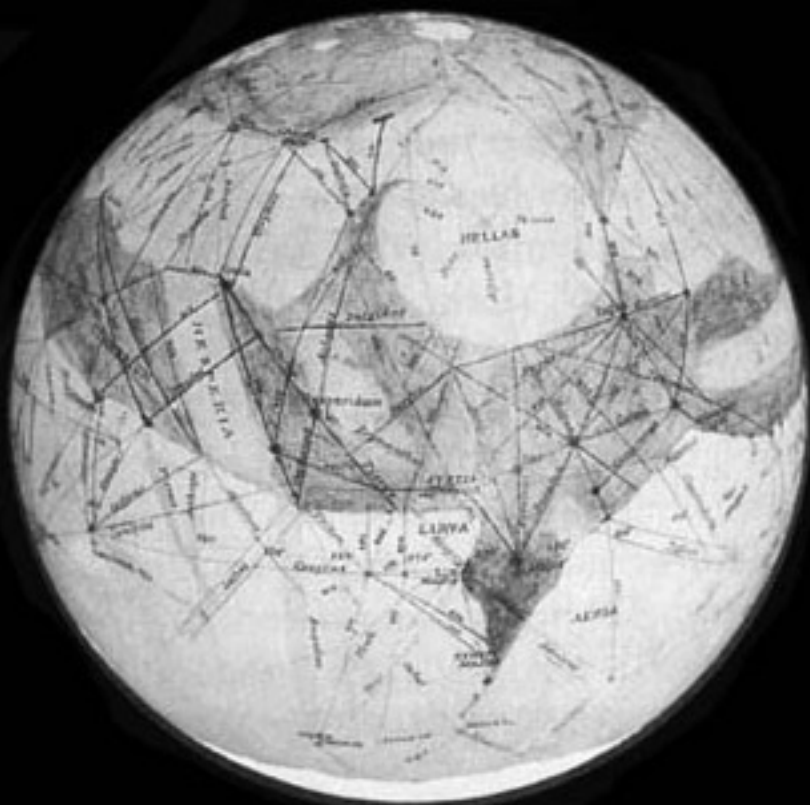
Клайд Томбо



Фотографии области Плутона,
полученные Клайдом Томбо
23 и 29 января 1930 г.



Персиваль Ловелл (Лоуэлл), 1855-1916, член знатной американской семьи, выпускник Гарварда, бизнесмен, дипломат, востоковед (Корея, Япония), писатель.



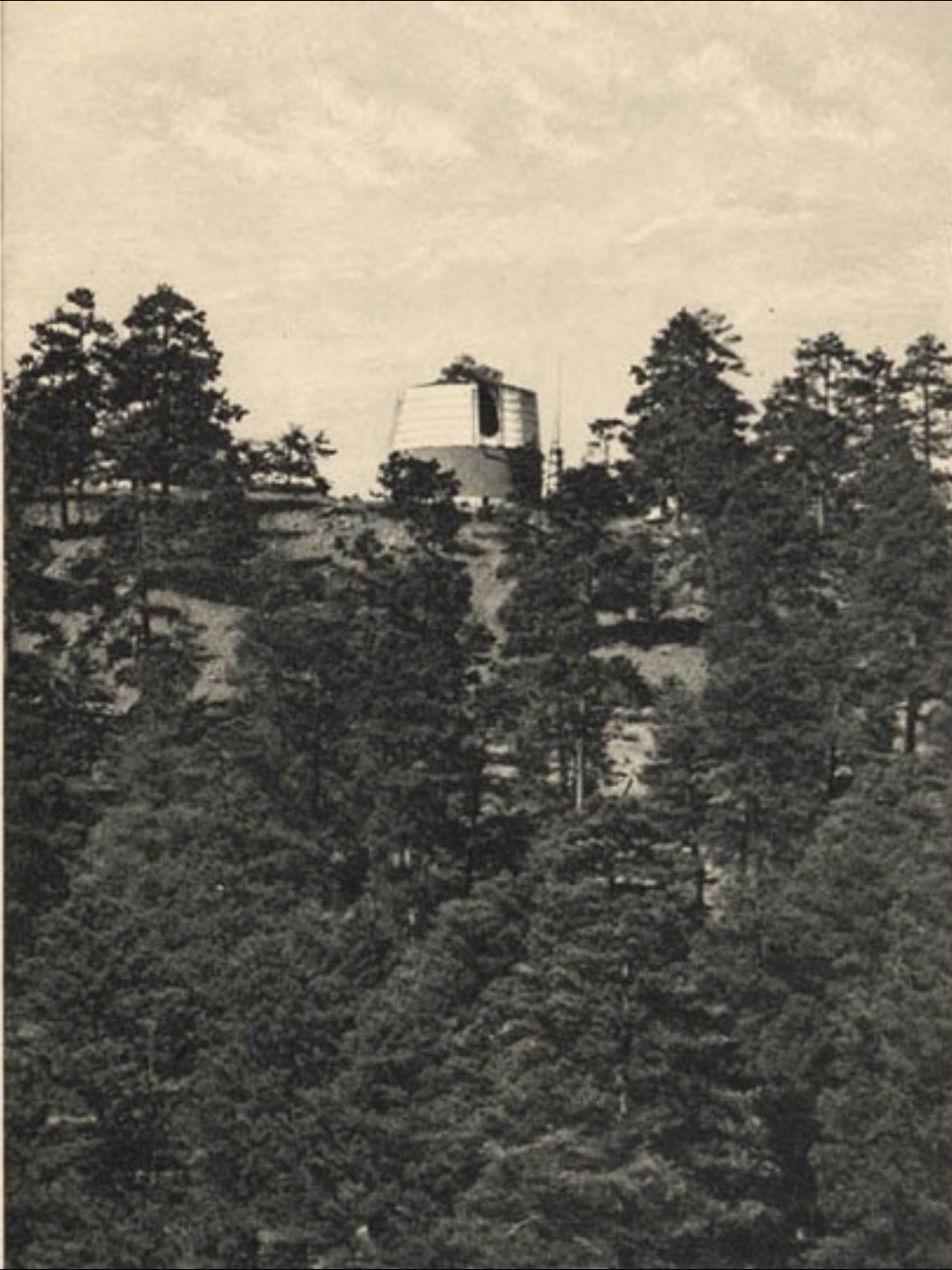
Американский бизнесмен, дипломат,
путешественник и журналист
Персиваль Ловелл,
вдохновленный идеей об искусственных
каналах, построил первоклассную
обсерваторию для изучения Марса



Percival Lowell
(1855-1916)



ON THE ROAD TO THE OBSERVATORY, FLAGSTAFF, ARIZONA

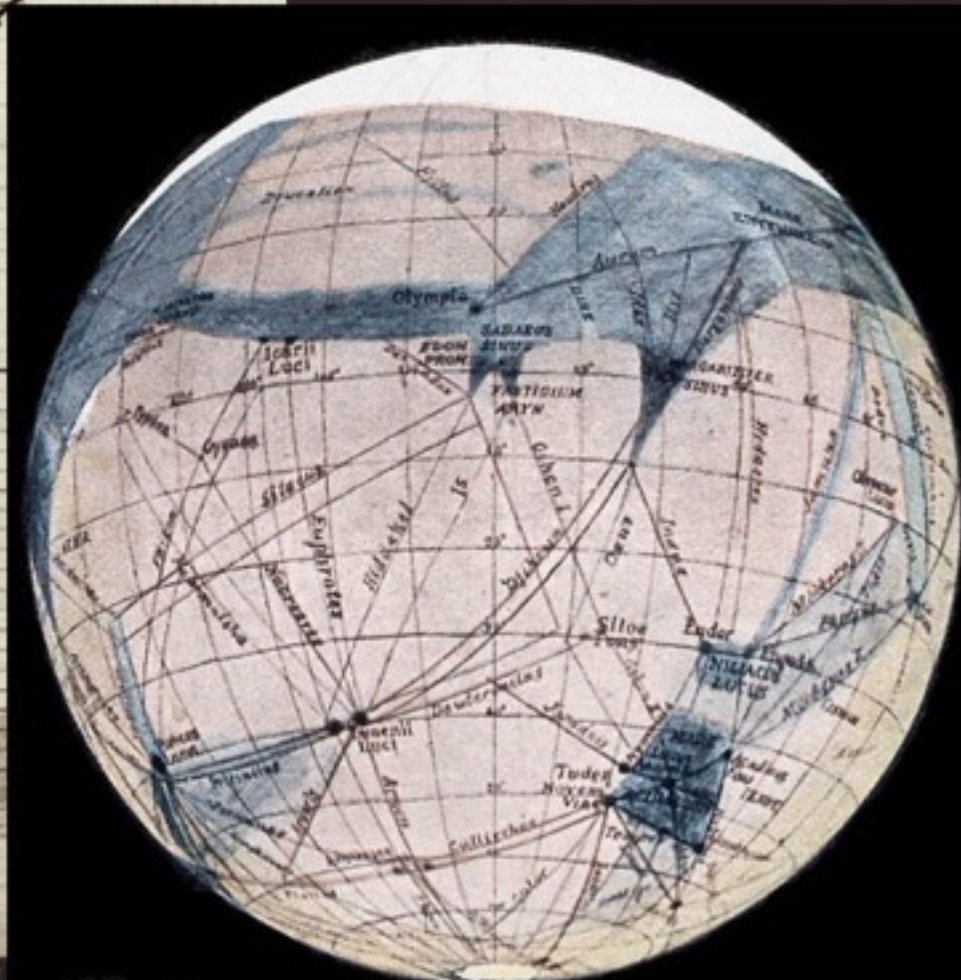


Mars' Hill

*Ловелловская
обсерватория,
построенная
в 1893-94 гг.
во Флагстаффе,
шт. Аризона*



Ловелл составил самые
детальные карты
марсианских каналов



Марс

Ловелл, 1905



12

После открытия Нептуна (1846 г.) астрономы продолжали наблюдать за движением Урана и выяснили (как тогда считалось), что особенности этого движения не полностью объясняются возмущениями от Нептуна.

В 1894 г. Персиваль Ловелл начал активные поиски 9-й планеты, названной им "Планета Икс"
Planet X

Эти поиски закончились в 1930 г. открытием Плутона.

Но позже выяснилось, что его изображения были на пластинках 1909 г. Йеркской обсерватории и 1915 г. Ловелловской обсерватории. Персиваль Ловелл умер в 1916 г.



Клайд Томбо (*Clyde William Tombaugh*) 1906-1997

Клайд с детства увлекся астрономией, сделал несколько линзовых и зеркальных телескопов (монтаж последнего собран из осей старого Форда), собирался поступить в колледж, но сильный град, разрушивший все посевы на их ферме, разрушил и его планы.

Он систематически наблюдал планеты и послал свои рисунки Юпитера и Марса в Ловелловскую обсерваторию. Его пригласили работать наблюдателем, чем он и занимался с 1929 по 1945 г.

После открытия Плутона (1930 г.) он поступил в Канзасский университет и закончил его в 1938 г.



Поле зрения телескопа

Широкоугольная
камера Шмидта

Диаметр поля 6°

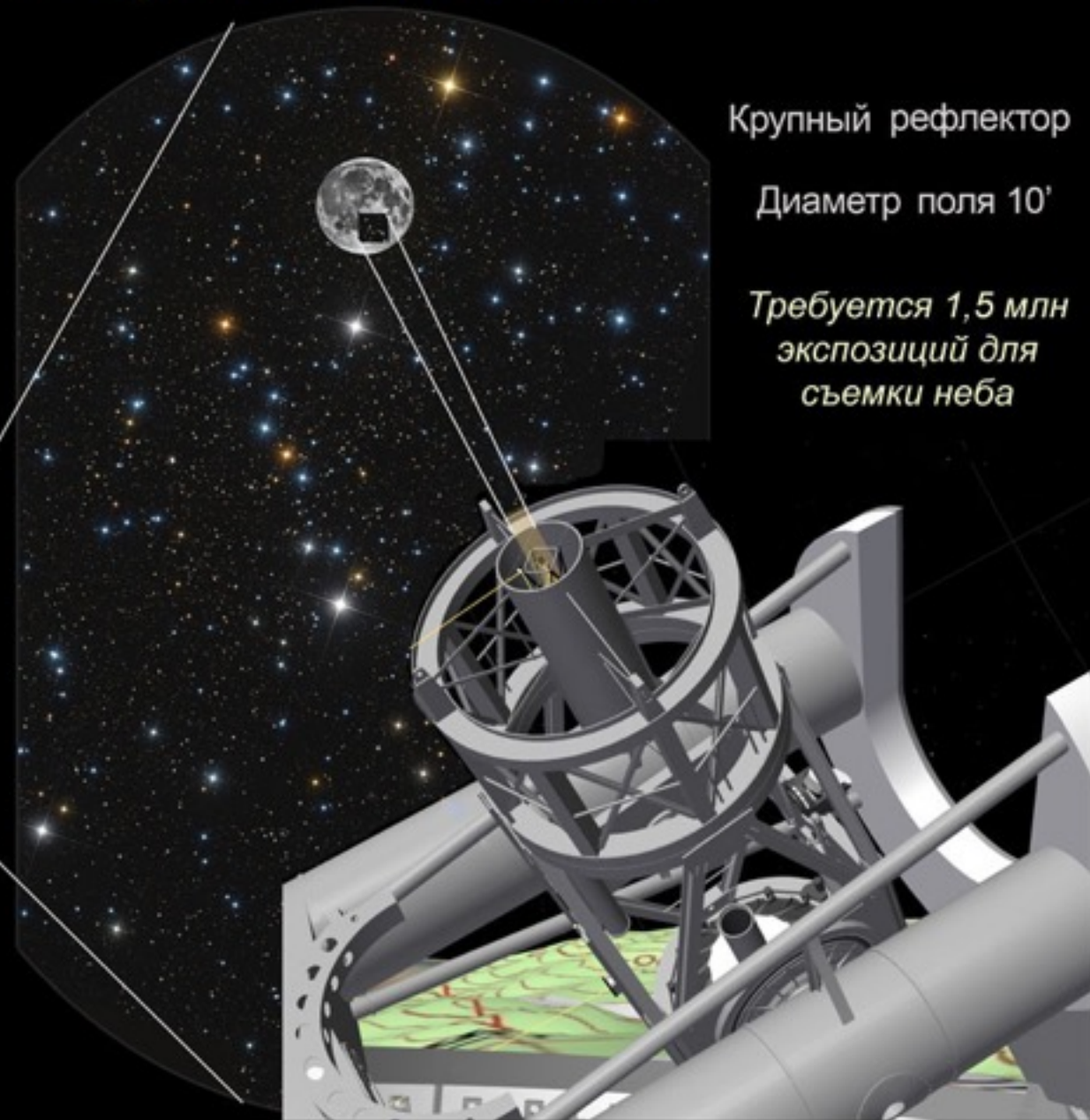
*Требуется
1200 экспозиций
для съемки неба*



Крупный рефлектор

Диаметр поля $10'$

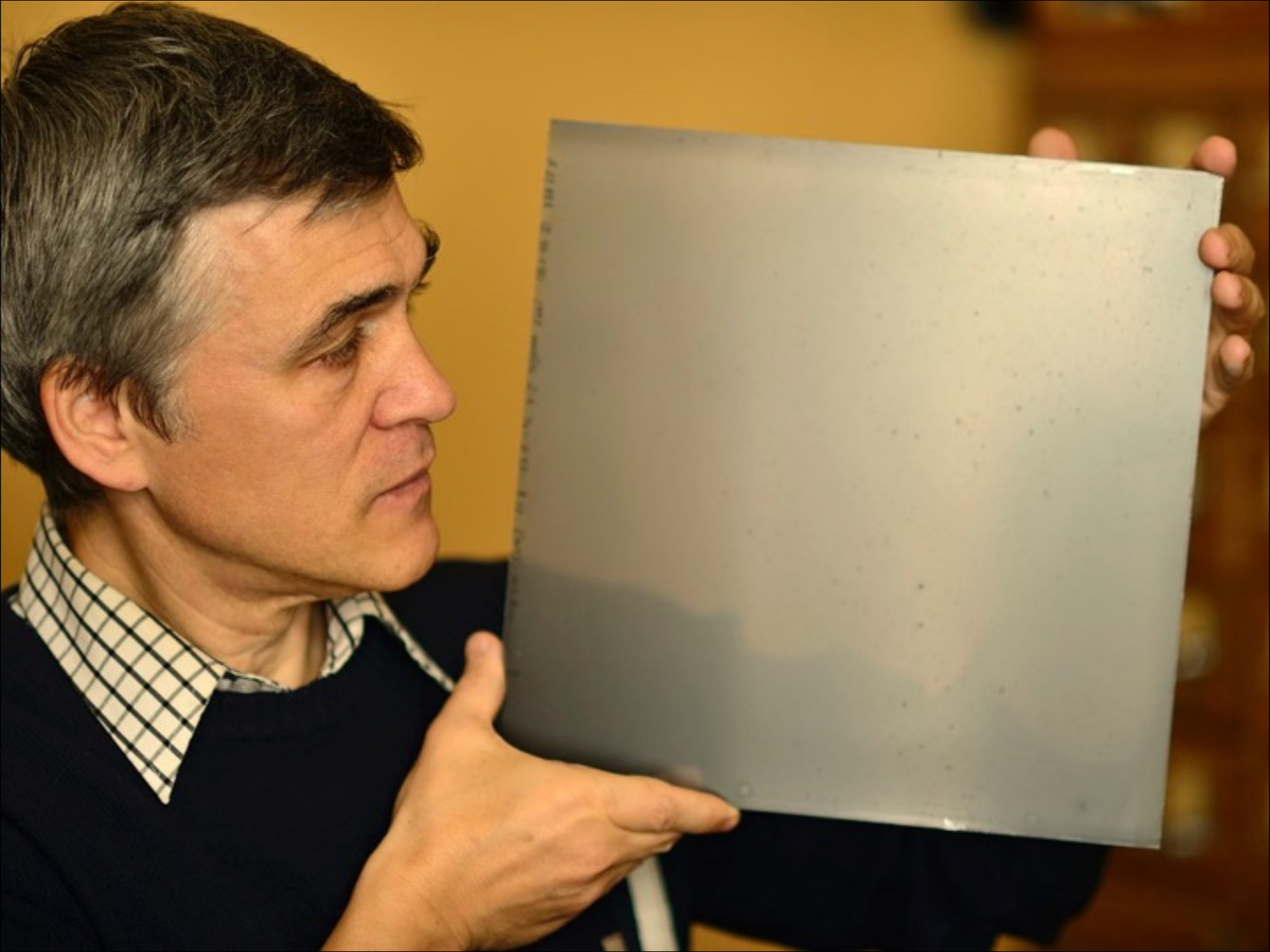
*Требуется 1,5 млн
экспозиций для
съемки неба*



Площадь небесной сферы 41 253 кв. градуса



13" = 33 cm



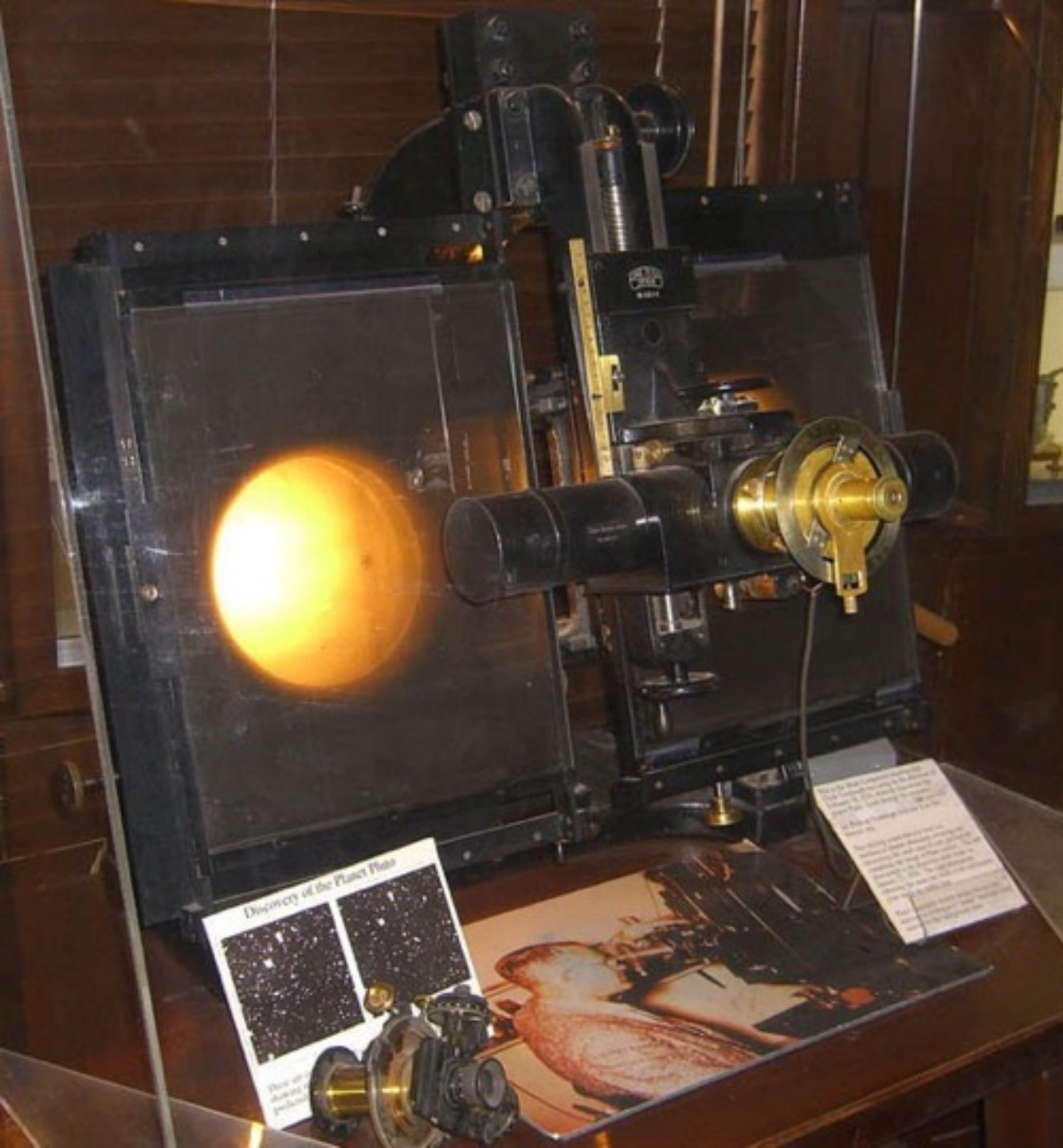


Фототека Гарвардской обсерватории, конец XIX в.



Фототека Гарвардской обсерватории, конец XX в.

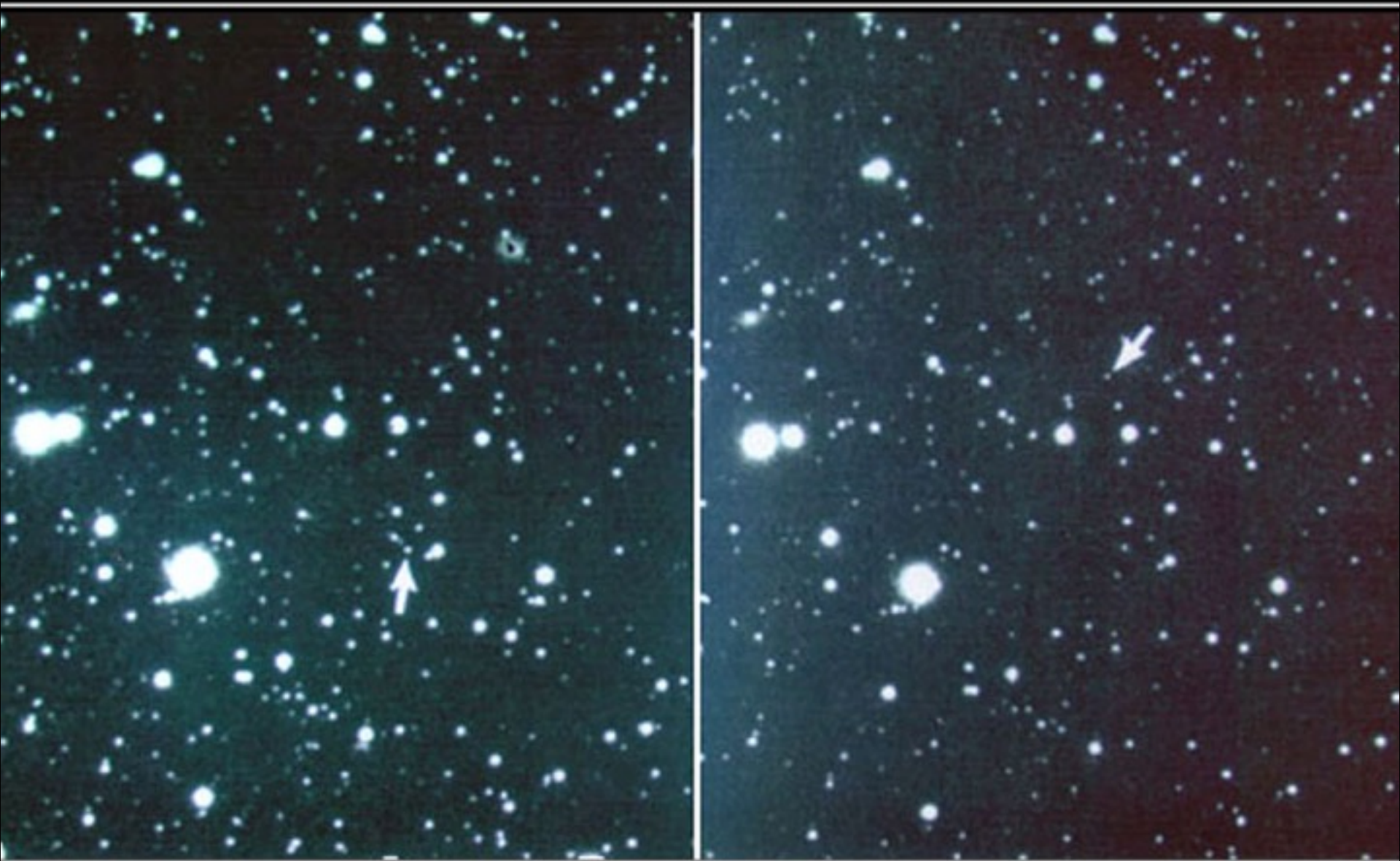




Фотопластинки
13-дюймового
астрографа
размером 36 x 43 см
покрывают поле
размером $12^\circ \times 14^\circ$

*Блинк-компаратор
Ловелловской
обсерватории,
на котором был
открыт Плутон*



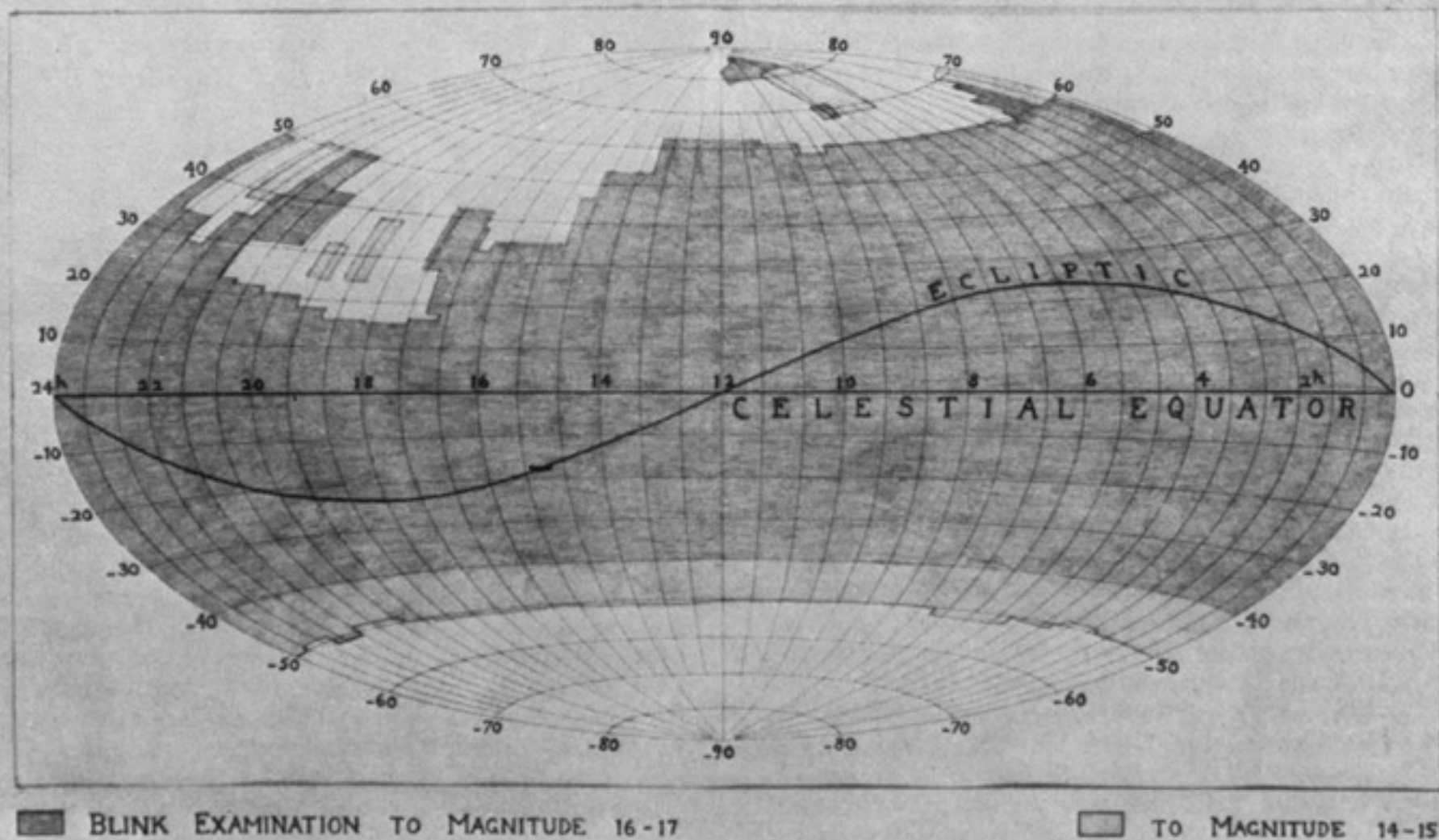


Фотопластинки с изображением Плутона, 1930 г.



THE TRANS - SATURNIAN PLANET SEARCH

LOWELL OBSERVATORY 1929 - 1945



Lowell Observatory's search for faint outer planets continued through the 1930's. This chart shows the portions of the sky covered in that survey. (Illustration courtesy of Clyde W. Tombaugh.)



Copyright 1996 J. Kelly Beatty
Клайд Томбо (1906-1997)

Для названия Планеты Икс было предложено более 1000 вариантов.



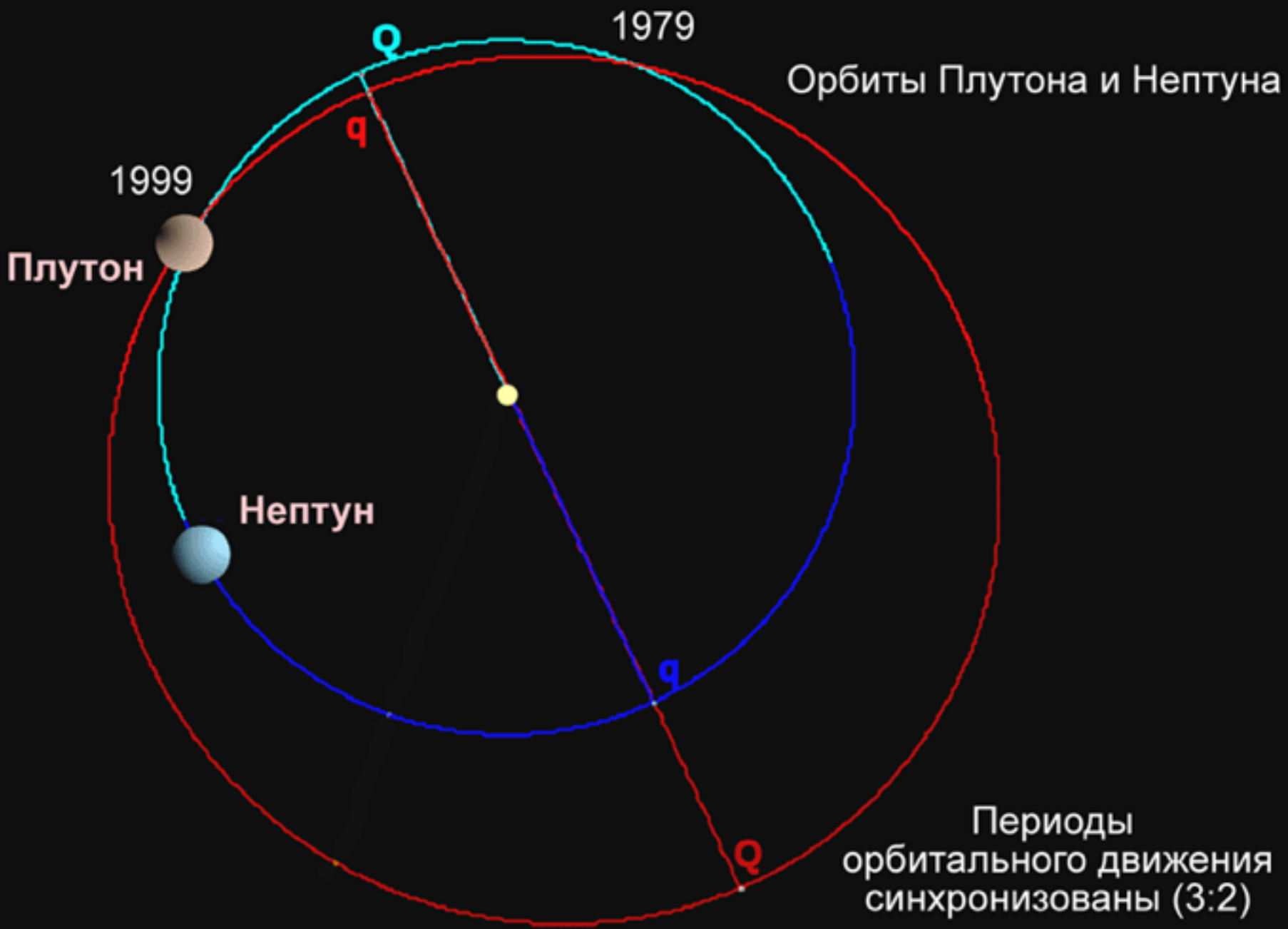
Победил вариант “Плутон”, предложенный 11-летней школьницей из Оксфорда (Англия) Венецией Берни и её дедушкой - библиотекарем Оксфордского университета.

Во-первых, Плутон - бог подземного царства, соответствует далекой от Солнца планете и хорошо вписывается в пантеон других богов, именами которых названы планеты.

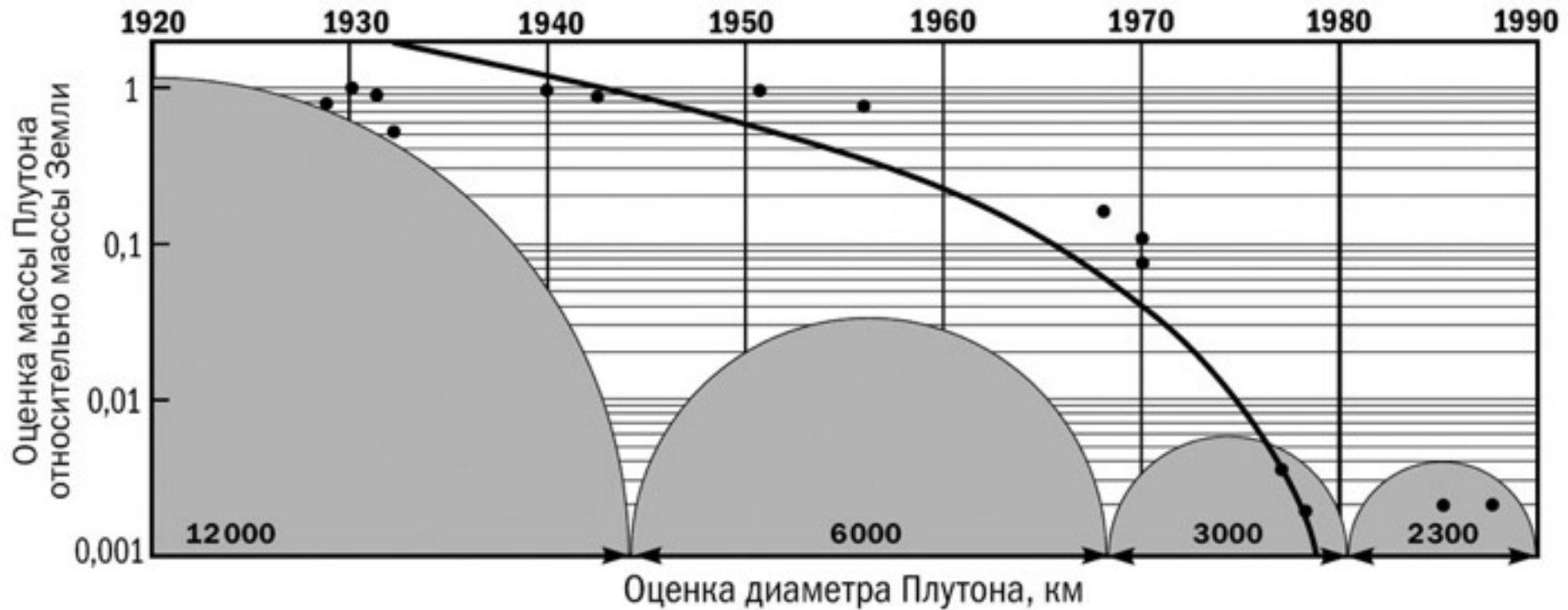
Во-вторых, астрономический знак новой планеты, сконструированный из первых букв её имени PLUTO, соответствует инициалам Персиваля Ловелла, благодаря которому планета была открыта.





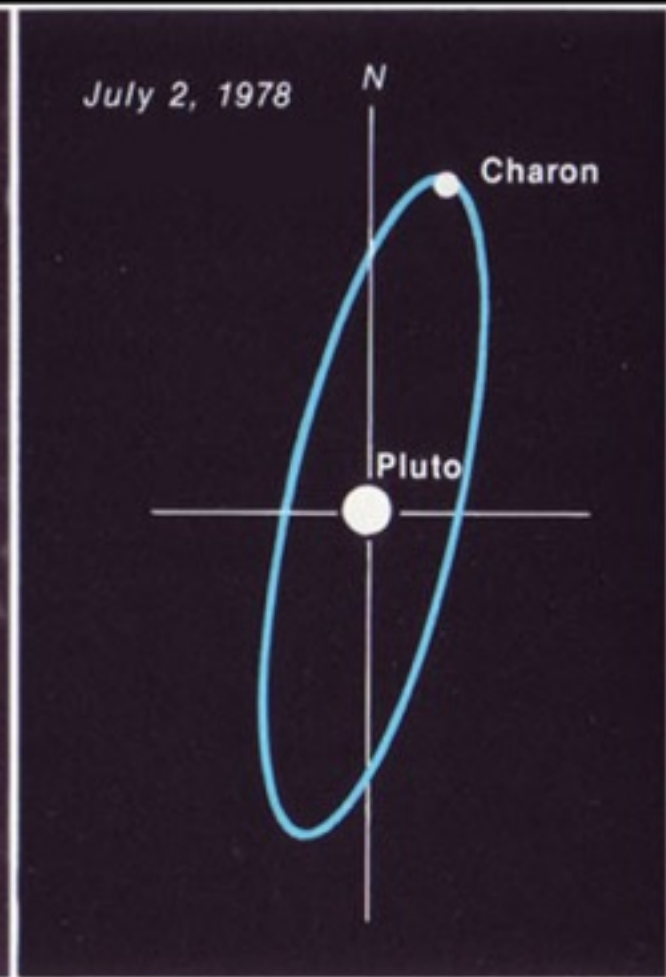
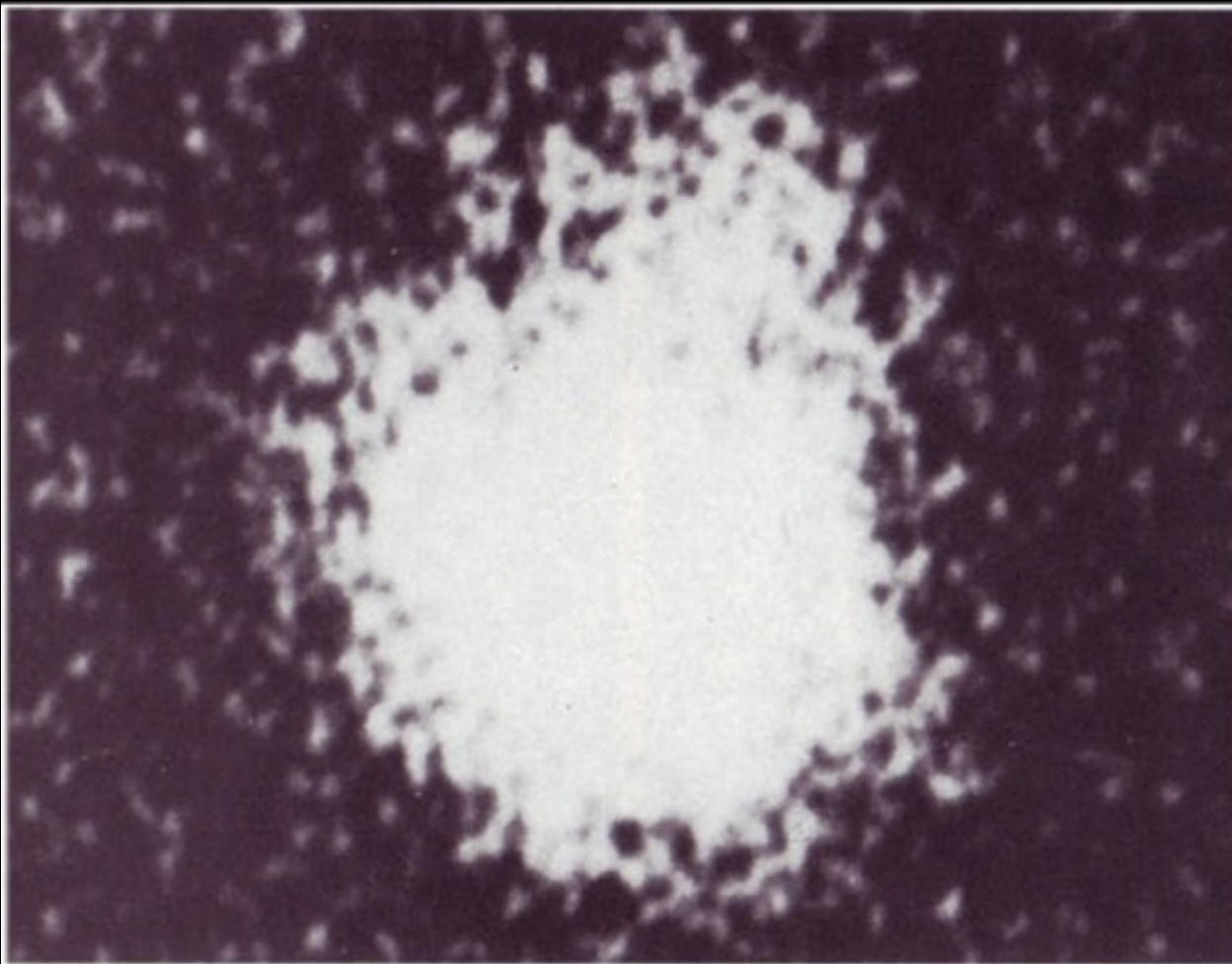


Масса и размер Плутона



Оценки массы (черные точки) и размера Плутона первоначально были завышены, поскольку ошибочно предполагалось, что притяжение к Плутону возмущает движение Урана и Нептуна. После неоднократных переоценок в сторону уменьшения массы возникла даже шутка, что если экстраполировать кривую на будущее, то получится, что планета должна совсем исчезнуть в 1980 г.! В итоге анализ орбиты спутника Плутона, Харона, выявил истинную массу этой системы: около $1/400$ массы Земли.

ОТКРЫТИЕ ХАРОНА, СПУТНИКА ПЛУТОНА



ОТКРЫТ АМЕРИКАНСКИМ АСТРОНОМОМ ДЖЕЙМСОМ КРИСТИ 22 июня 1978 года на снимке, полученном в Военно-морской обсерватории США, Флагстафф, Аризона. ПЛУТОН НА СНИМКЕ СЛЕГКА ПРОДОЛГОВАТОЙ ФОРМЫ, ХОТЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗВЁЗД КРУГЛЫЕ.



**Киладзе Р.И. (Абастуманская астрофизическая обсерватория, Грузия)
предсказал существование спутника Плутона за год до его открытия**

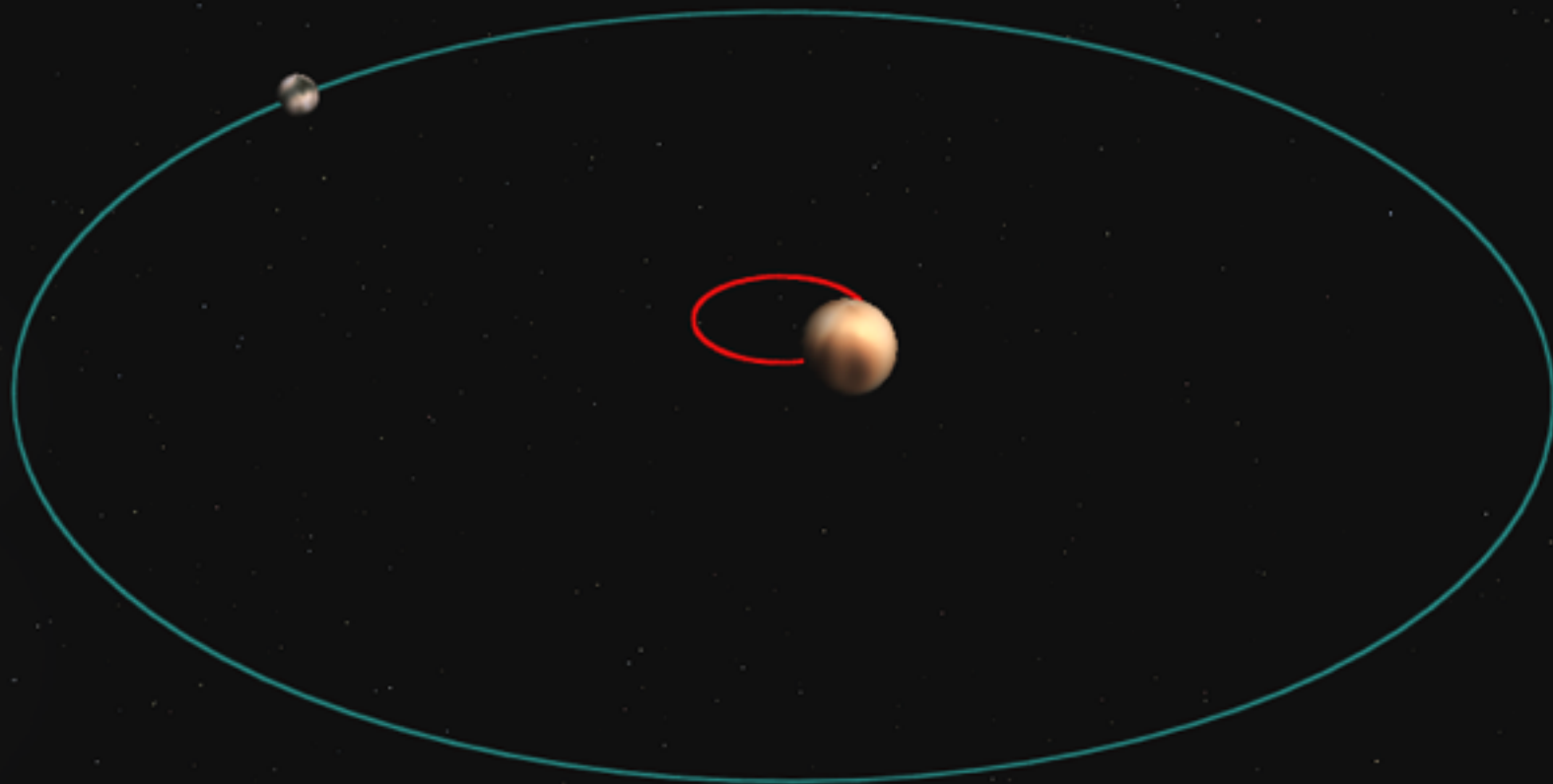
Плутон + Харон

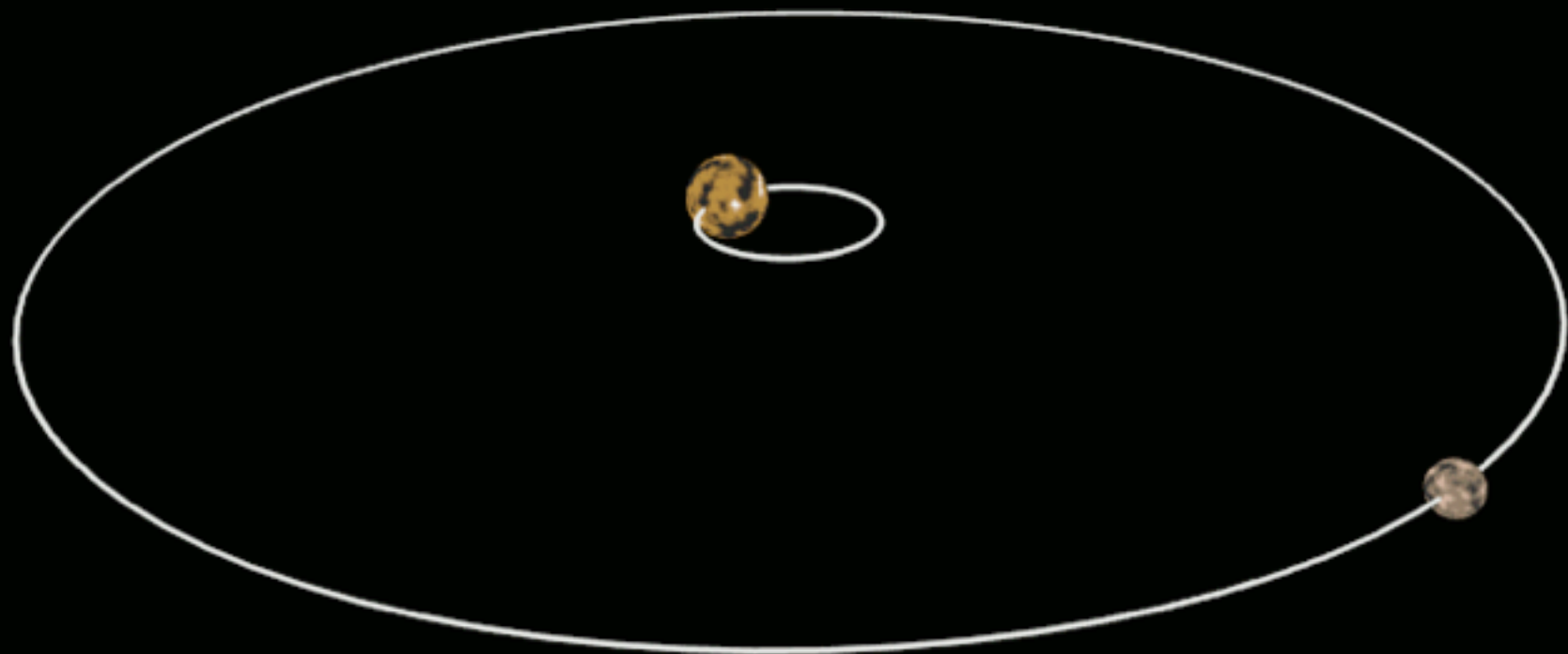


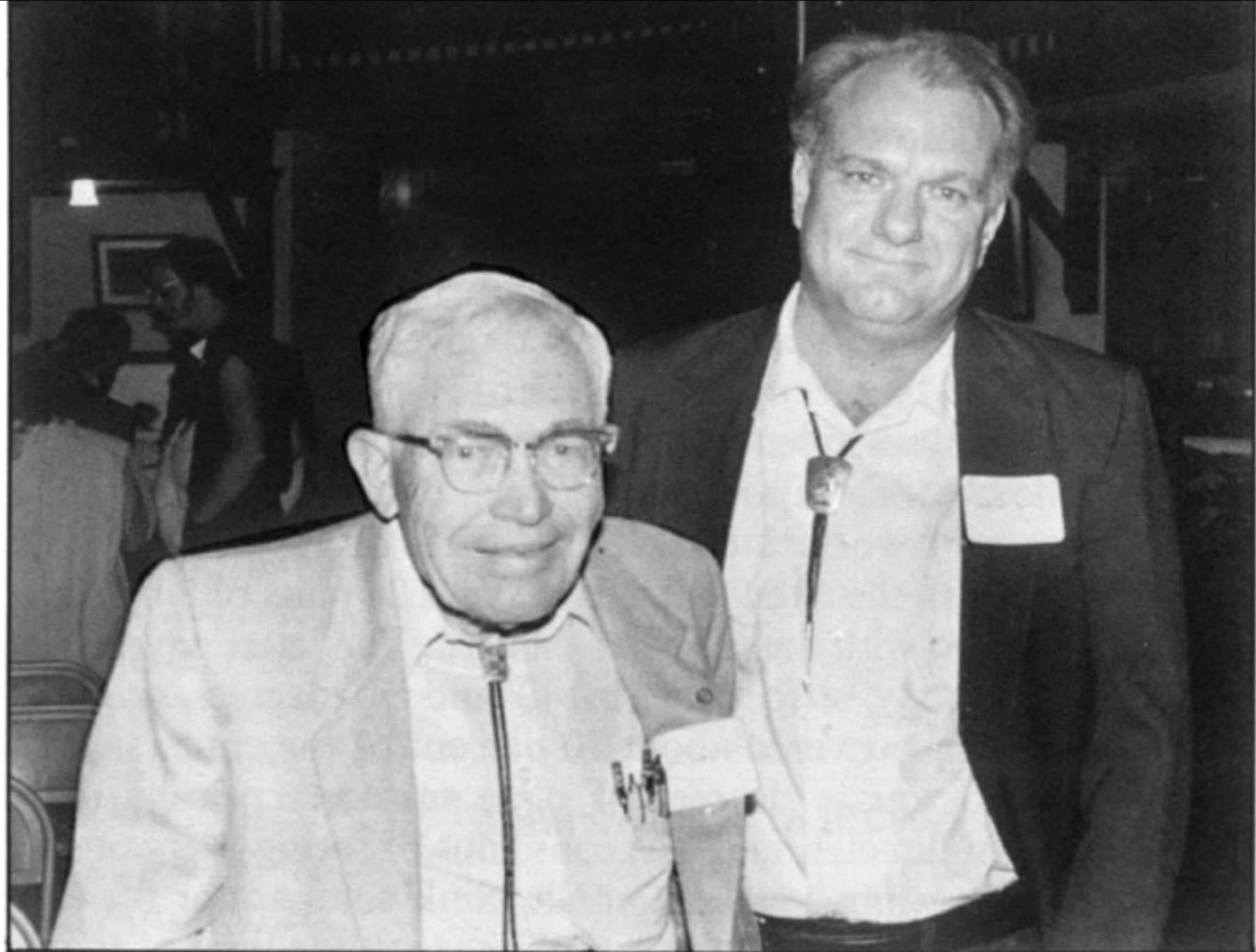
HST

Плутон + Харон

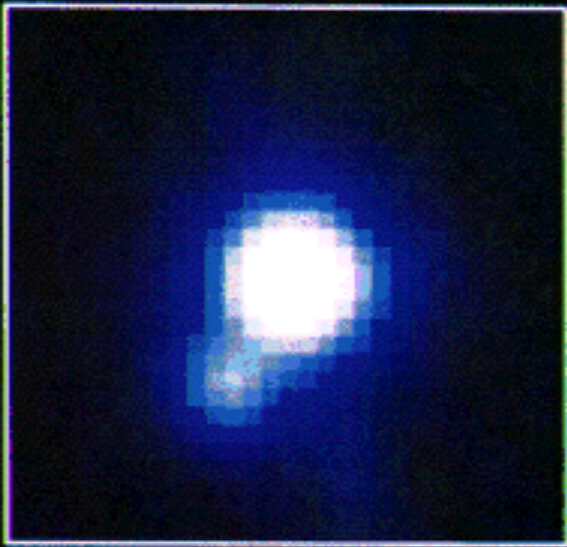
$P = 6,39$ сут







Clyde Tombaugh (left) and James Christy at the 1985 A.S.P. meeting



Снимок с Земли

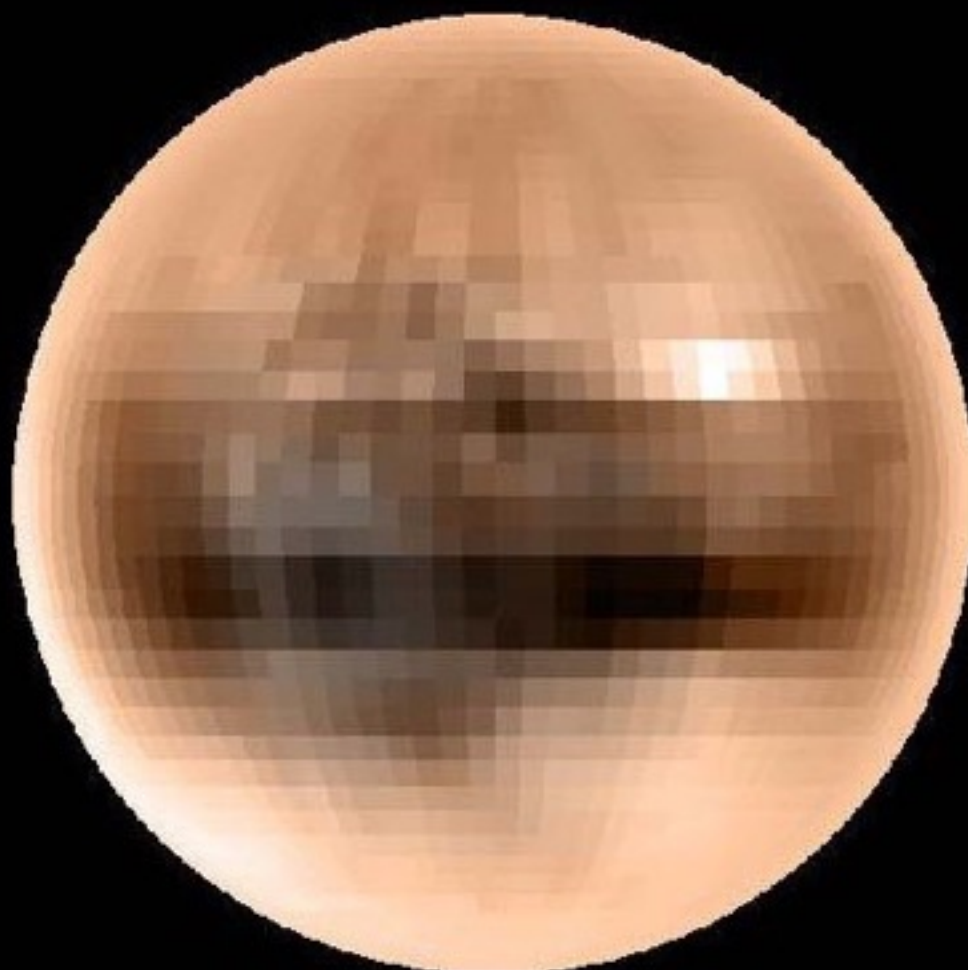


HST



Плутон

Pluto



Масса: 0,002 земной = 0,18 лунной

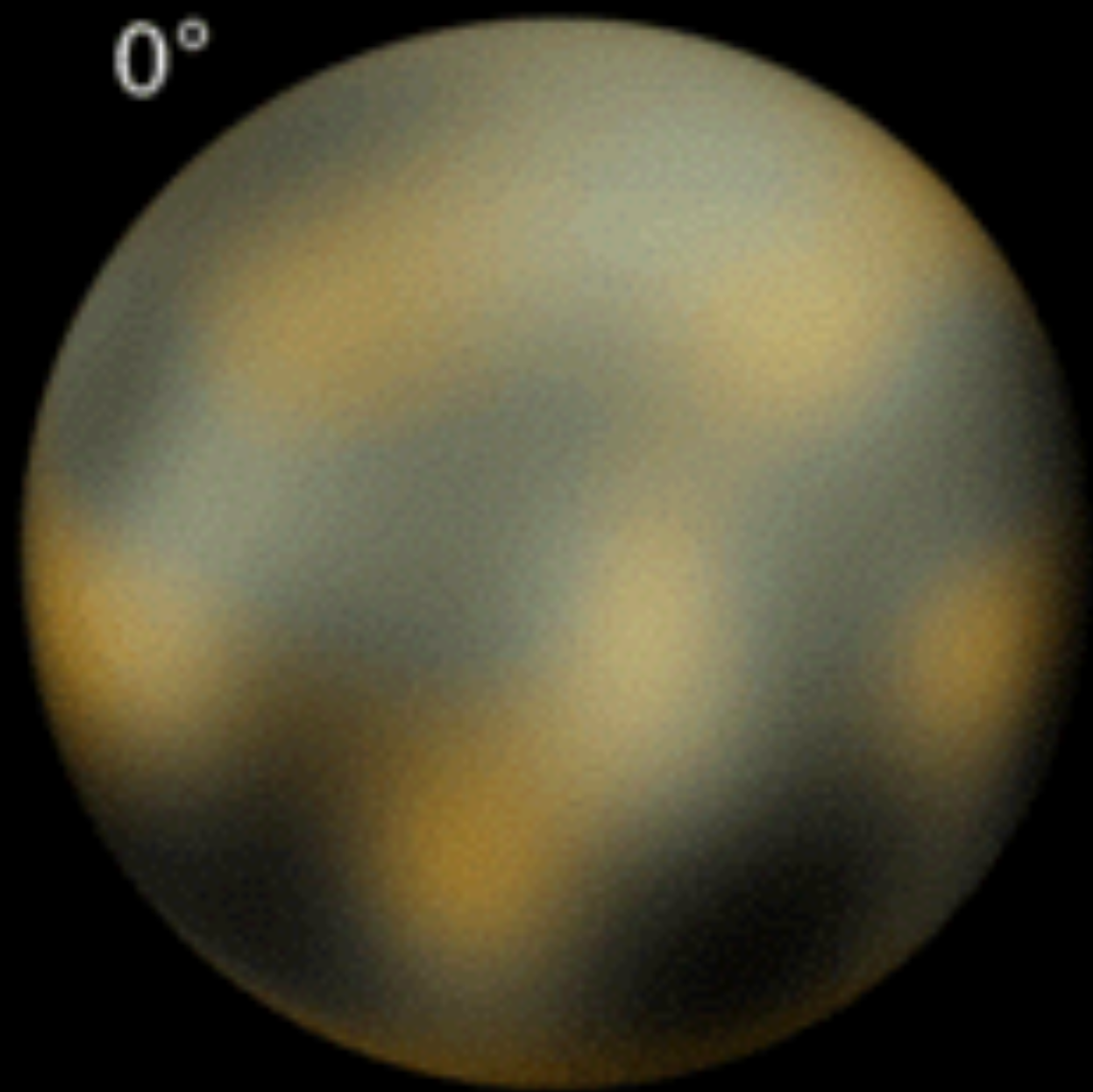
Плотность: 2 г/см³

Сила тяжести: 1/15 земной

Температура: -230 °C

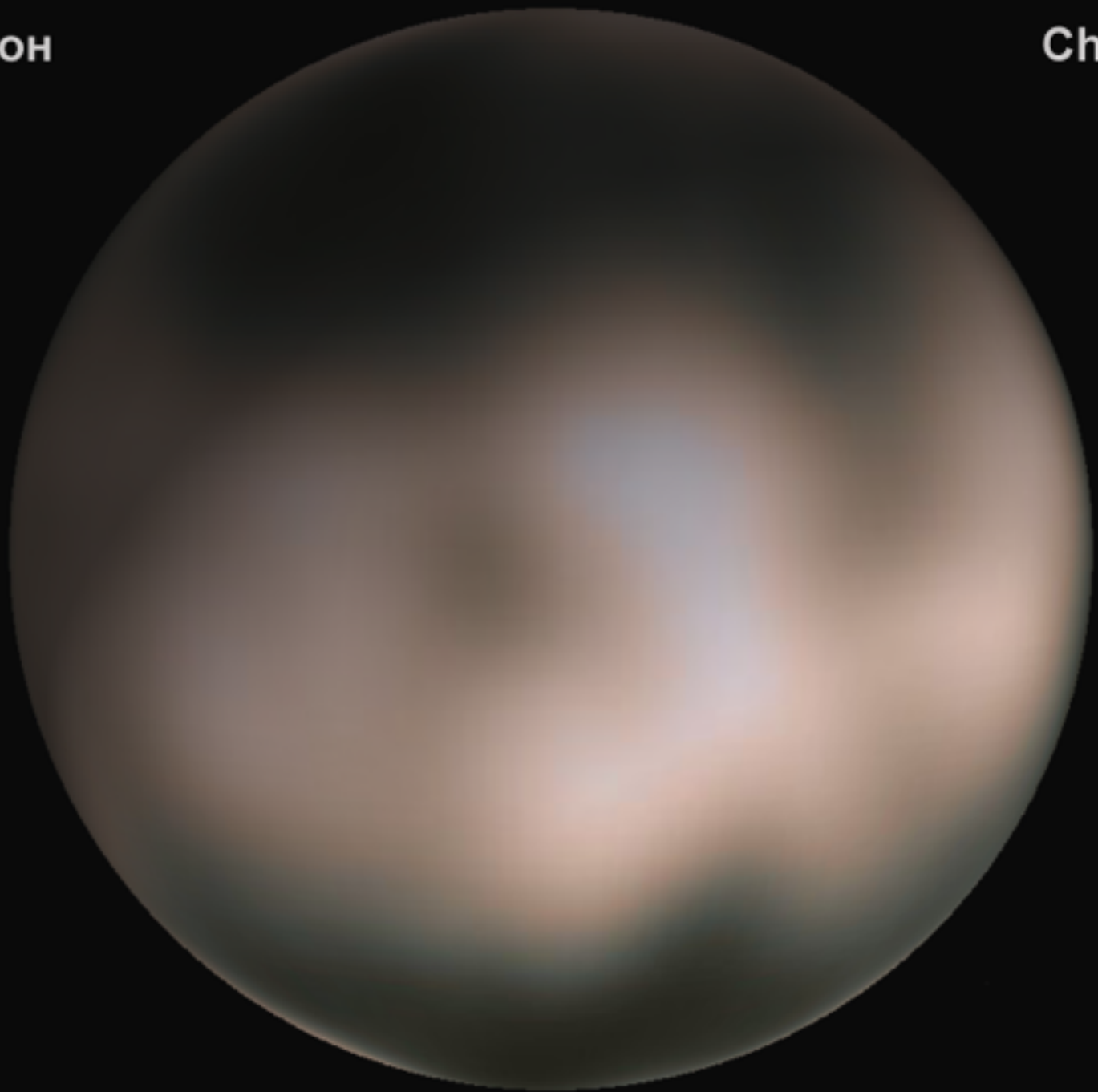
Атмосфера: N₂, CH₄, CO

0°

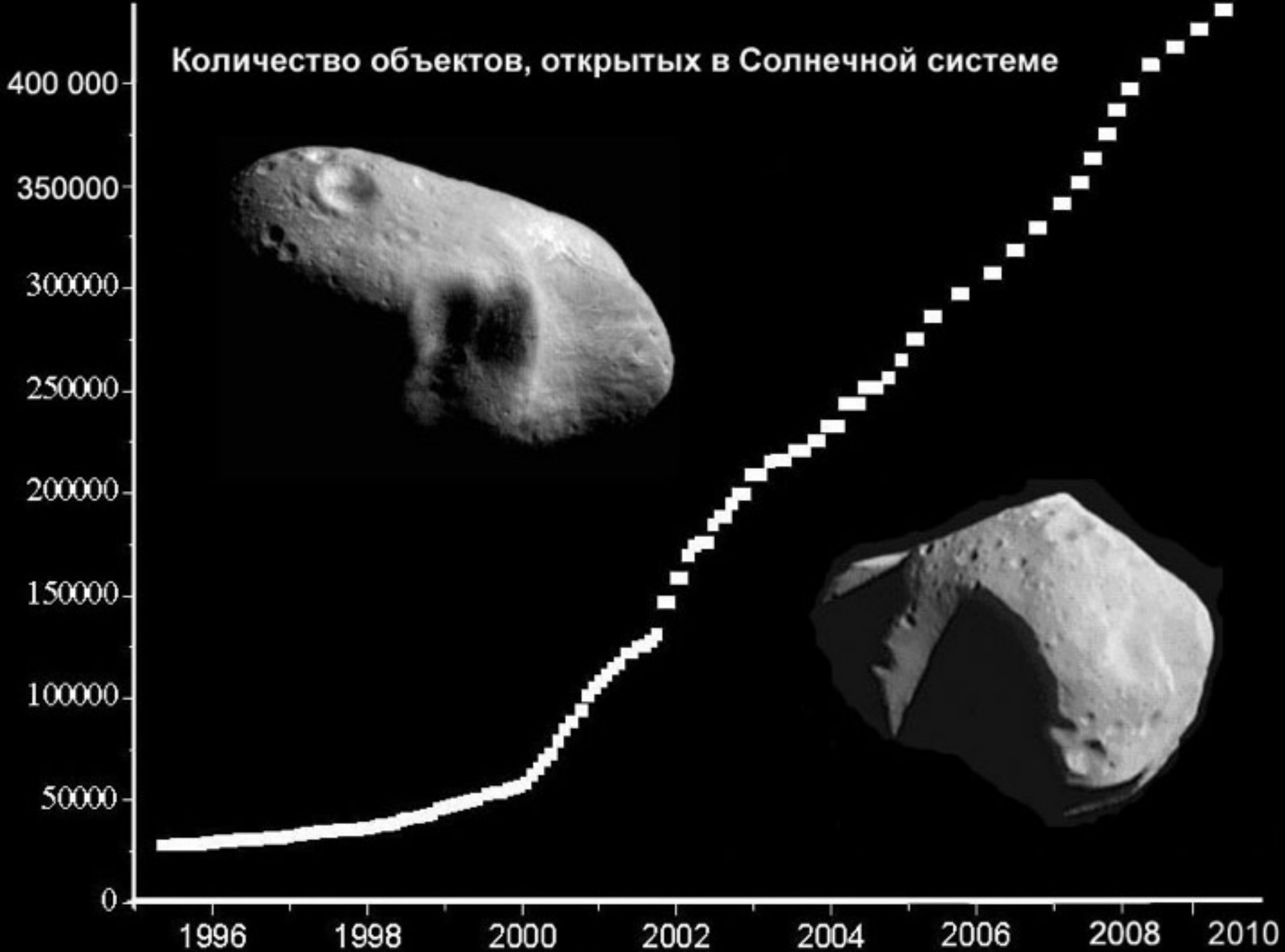


Харон

Charon



Количество объектов, открытых в Солнечной системе



В 1992 г. открыт первый
транснептуновый объект,
орбита которого целиком
лежит за орбитой Нептуна

(15760) 1992 QB1

открыт Дэвидом Джовиттом и Джейн Лу



David C. Jewitt



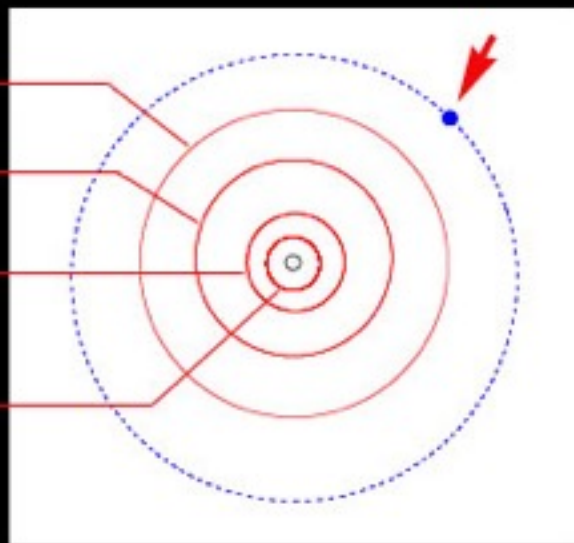
Jane Luu

Нептун

Уран

Сатурн

Юпитер



1992 QB1
стал прототипом
классических
объектов
пояса Койпера -
кьюбивано
(англ. cubewano)

Кьюбивано - объект пояса Койпера, орбита которого расположена за орбитой Нептуна и не находится в явно выраженном орбитальном резонансе с этой планетой



Gerard Peter Kuiper (1905-1973)





MOON PICTURE ANALYSIS -- Dr. Gerard Kuiper, head of a team of five U.S. scientists evaluating the 7,000 pictures of the Moon's surface received February 20 from Ranger VIII, compares a view of Delambre crater taken from an altitude of 750 kilometers with a lunar photograph taken through an earth telescope.



Классификация малых тел Солнечной системы за пределом орбиты Юпитера

Cis-Neptunian objects

Centaurs

Neptune trojans

Trans-Neptunian objects (TNOs)

Kuiper belt objects (KBOs)

Classical KBOs (Cubewanos)

Resonant KBOs

Plutinos (2:3 resonance)

Scattered disc objects (SDOs)

Resonant SDOs

Detached objects

Oort cloud objects (OCOs)

Inner OCOs (Sednoids)

Кентавры

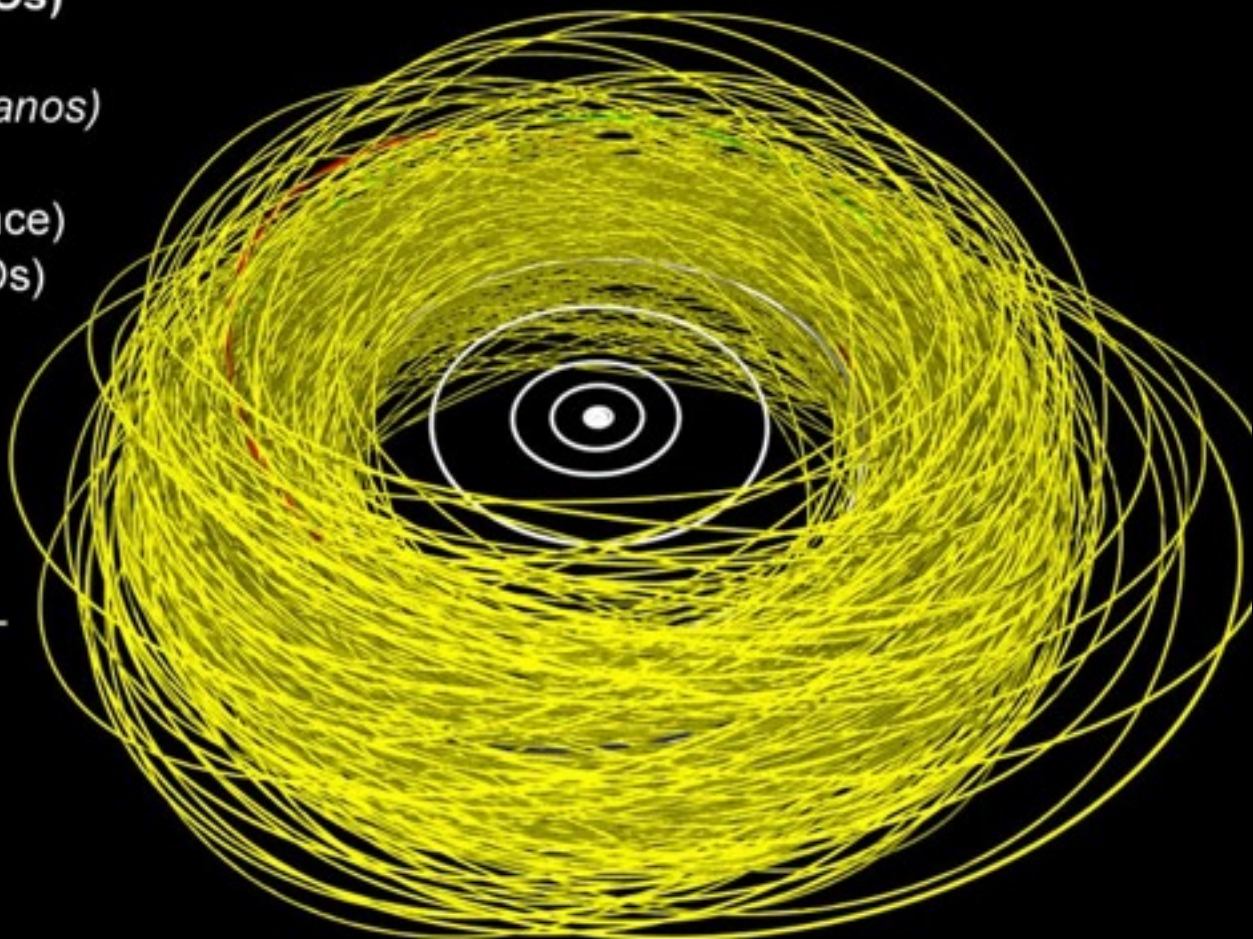
Троянцы Нептуна

Объекты пояса Койпера

Объекты рассеянного диска

Отдельные объекты

Объекты облака Оорта



Пояс Койпера

40

20

0

20

40

40

20

0

20

40

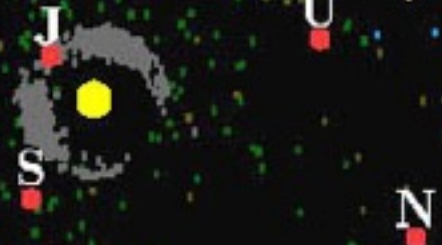
а. е.

Исторически точнее:
пояс
Эджворта-Койпера
Edgeworth-Kuiper belt

Обнаружено уже
более 1500 тел.

По оценкам
там не менее
100 000 тел
размером
более 100 км

Недостаток тел
на 5 и 11 час
связан с
проекцией на
Млечный Путь



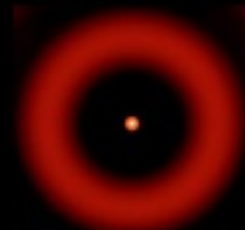
Внешний пояс малых тел характерен для звёзд солнечного типа

Vega System

Cool Outer Belt

Warm Inner Belt

Planets?



Solar System
(to scale)

Solar System (4x Scale)

Cool Kuiper Belt

Warm Asteroid Belt

Jupiter

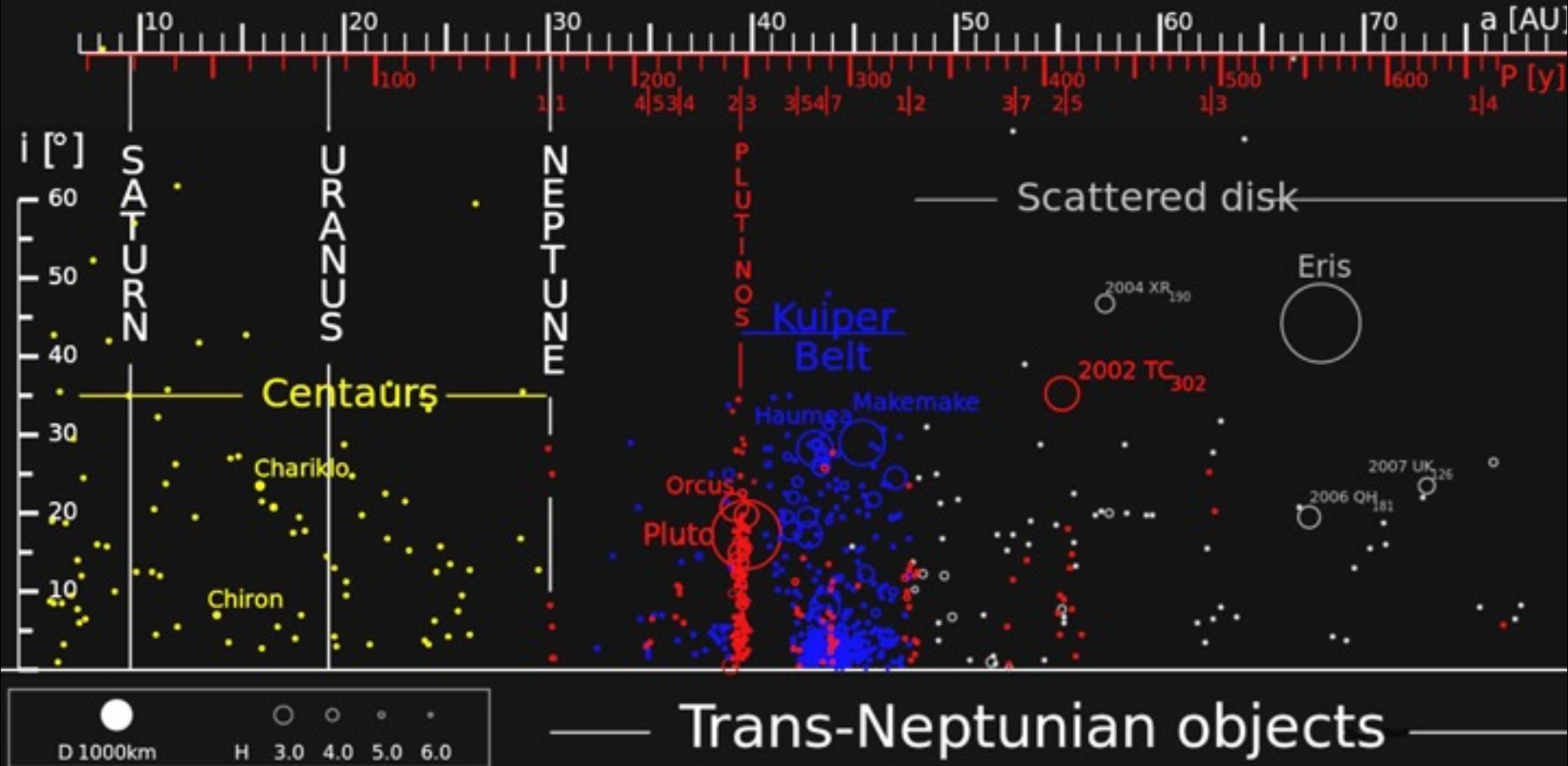
Saturn

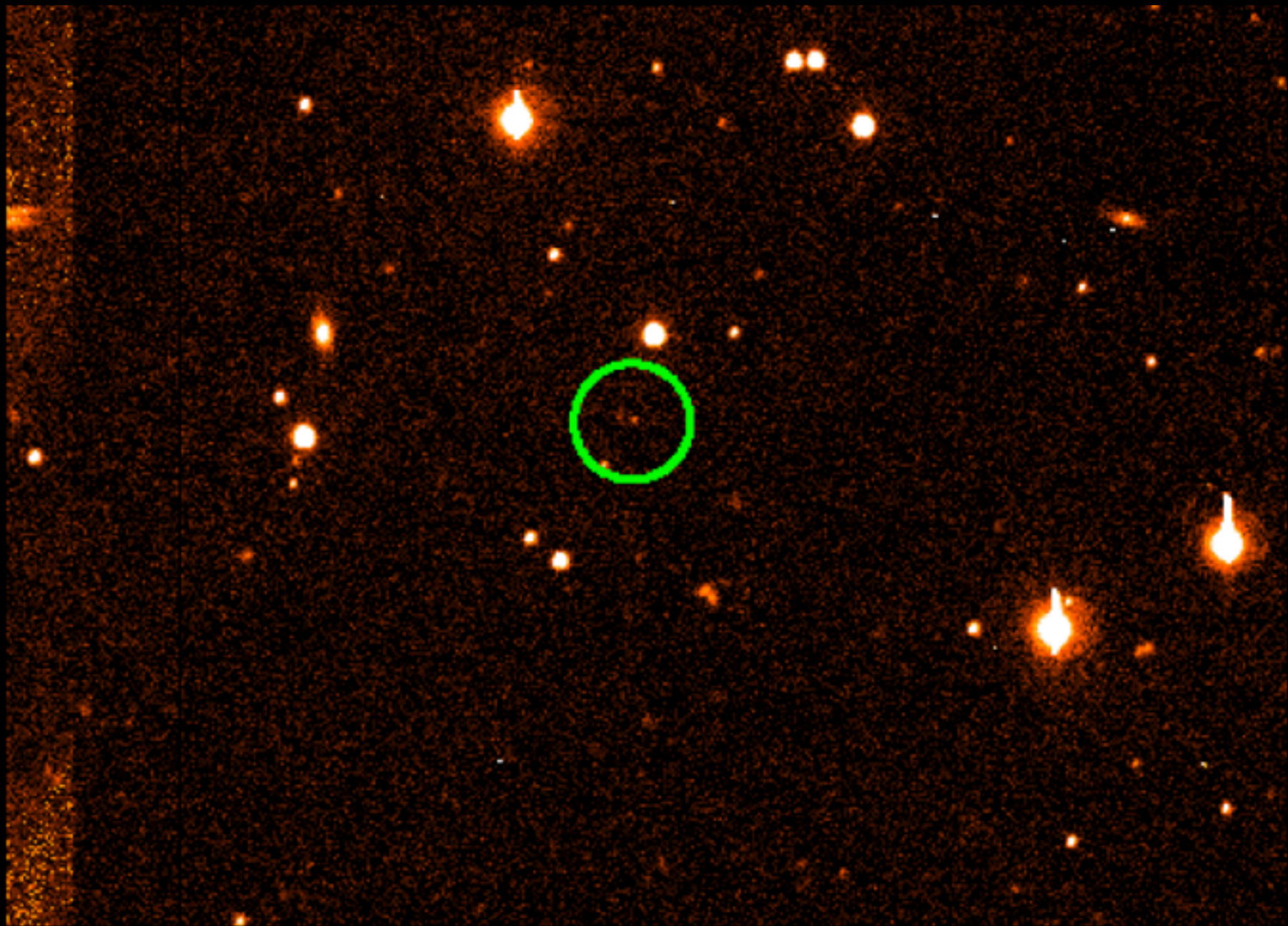
Uranus

Neptune



Распределение трансютитерианских объектов с большими полуосями орбит в пределах 78 а. е.





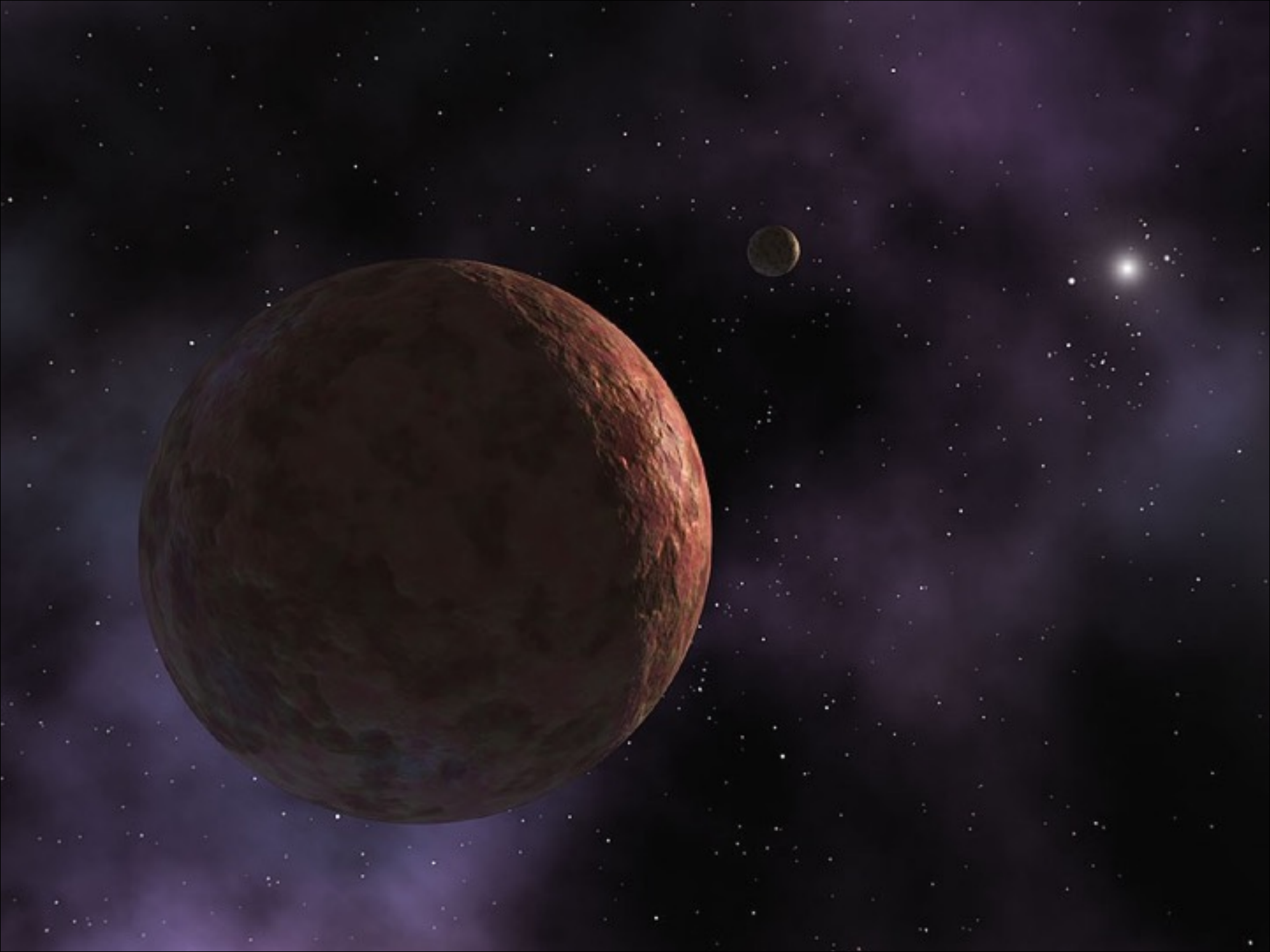
Plutoids



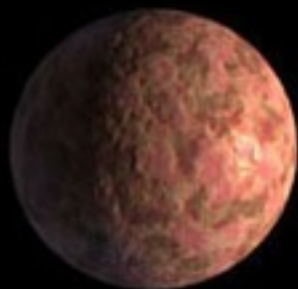
Плутон



Эрида



2002 => 2005 гг.



Квавар

Седна



Эрида

Плутон

Луна

Земля

В 2006 г. решением Международного астрономического союза
Плутон был лишен статуса планеты

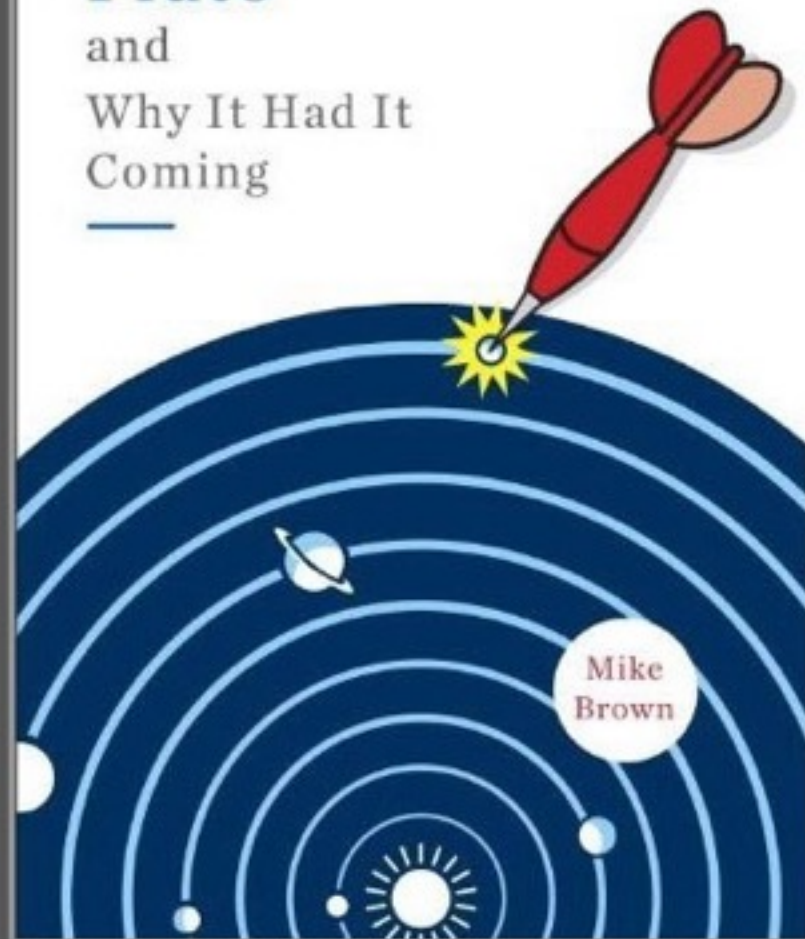
POOR
PLUTO



Но Плутон — не изгнанник, а прототип (родоначальник)
нового класса небесных тел — **планет-карликов**

“Dwarf planet”

How I Killed
Pluto
and
Why It Had It
Coming



Mike Brown

Professor of Planetary Astronomy
California Institute of Technology

“Dwarf planet”



Mike Brown

Professor of Planetary Astronomy
California Institute of Technology

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

Е. Л. КРИНОВ

**ПЛАНЕТЫ-КАРЛИКИ
(АСТЕРОИДЫ)**



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1951

Научно-просветительная
библиотека

Е.Л.Кринов

**ПЛАНЕТЫ
КАРЛИКИ**



**Евгений Леонидович
Кринов (1906-1984)**

Планеты-карлики

2015 г.



Хаумеа



Макемаке



Церера



Эрида



Плутон



Луна



WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer, NASA)

запущен 14 декабря 2009 г.

До октября 2010 г. наблюдал в диапазонах 3, 5, 12 и 22 мкм в холодном режиме (жидкий водород) и до 17 февраля 2011 г. - в тёплом режиме.

Телескоп диаметром 40 см и новые приемники обеспечили чувствительность до 1000 раз более высокую, чем у ранее созданных спутников (IRAS, COBE и др.)

Провел полный обзор неба.

Обнаружил более 33 500 новых астероидов и комет, а также звёзды нового типа - холодные коричневые карлики спектрального класса Y.

В тёплом режиме открыл астероид 2010 SO16 на подковообразной траектории вдоль орбиты Земли (период колебаний 350 лет), а также первый троянский астероид Земли 2010 TK7, о чём было объявлено 27 июля 2011 г.



Планета-карлик Эрида (Eris)

Диаметр 2326 ± 12 км (по покрытию звезды)

Поверхность Эриды отражает 96% света, значит, она покрыта свежим снегом (вода, азот, метан?)

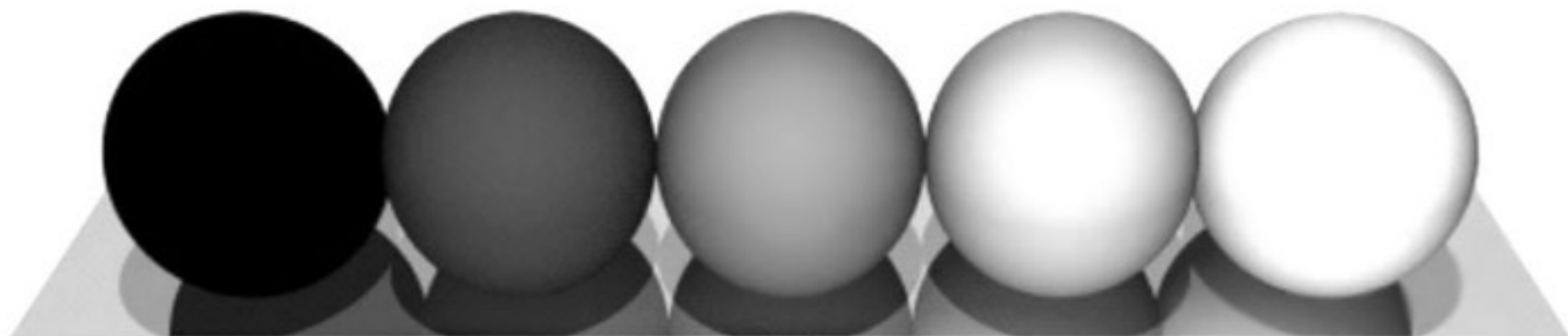
Орбита вытянута, возможно, снег иногда возгоняется и у планеты возникает атмосфера.

Средняя плотность Эриды 2,52 г/куб.см на четверть выше, чем у Плутона.



Альбедо:

доля солнечного света,
отраженная поверхностью



$A = 0.99$



$A = 0.31$



$A = 0.11$



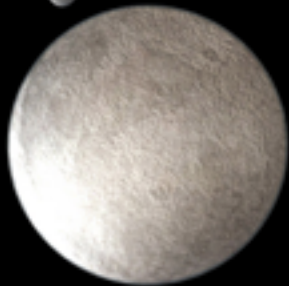
$A = 0.05$



Крупнейшие из известных транснептуновых объектов (ТНО)

Планеты-карлики

Дисномия



Эрида

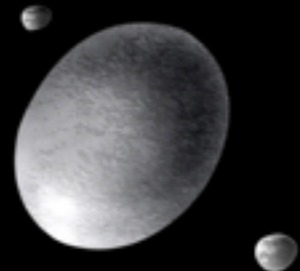


Плутон

Харон



Макемаке



Хаумеа

Кандидаты

Актея



Седна

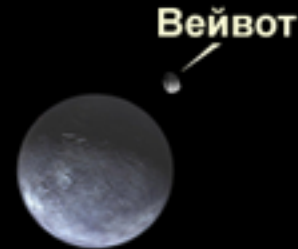


Салация

Вант



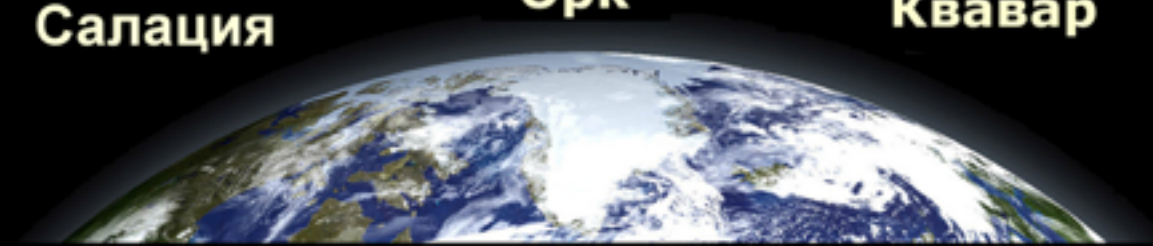
Орк



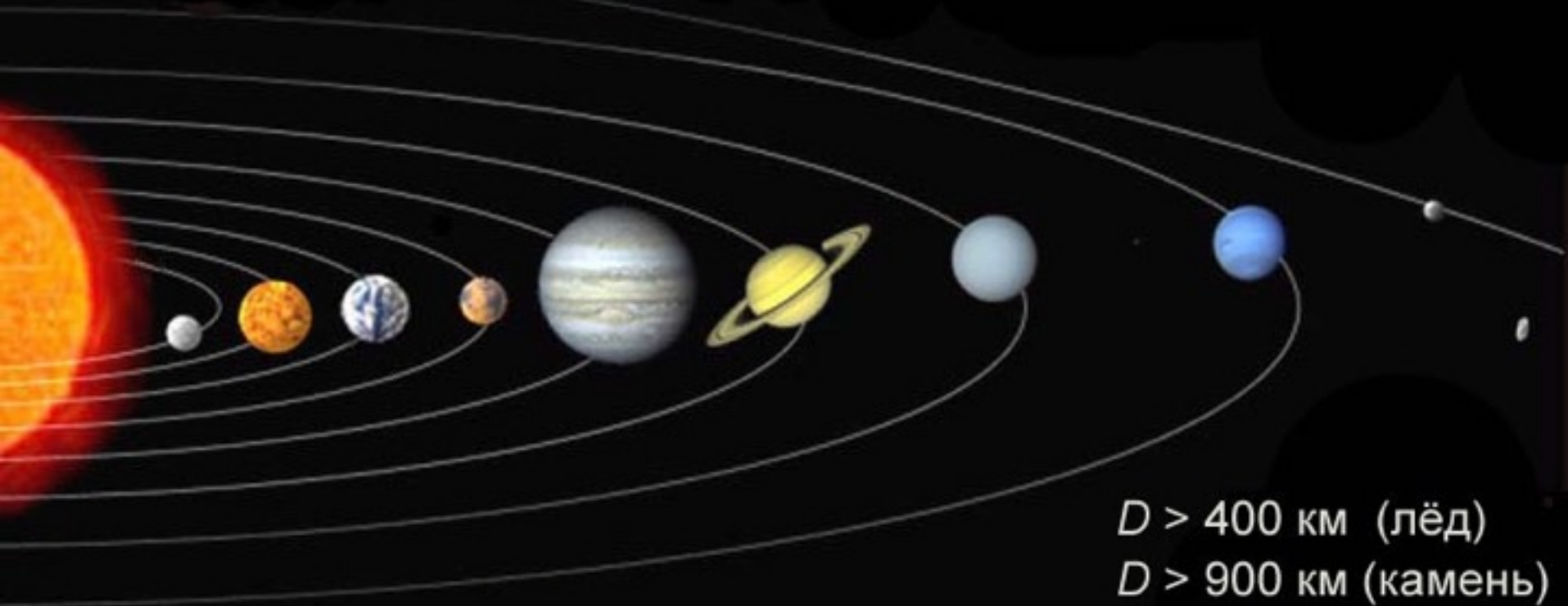
Квавар



2007 OR₁₀



Сколько планет-карликов в Солнечной системе?



$D > 400$ км (лёд)

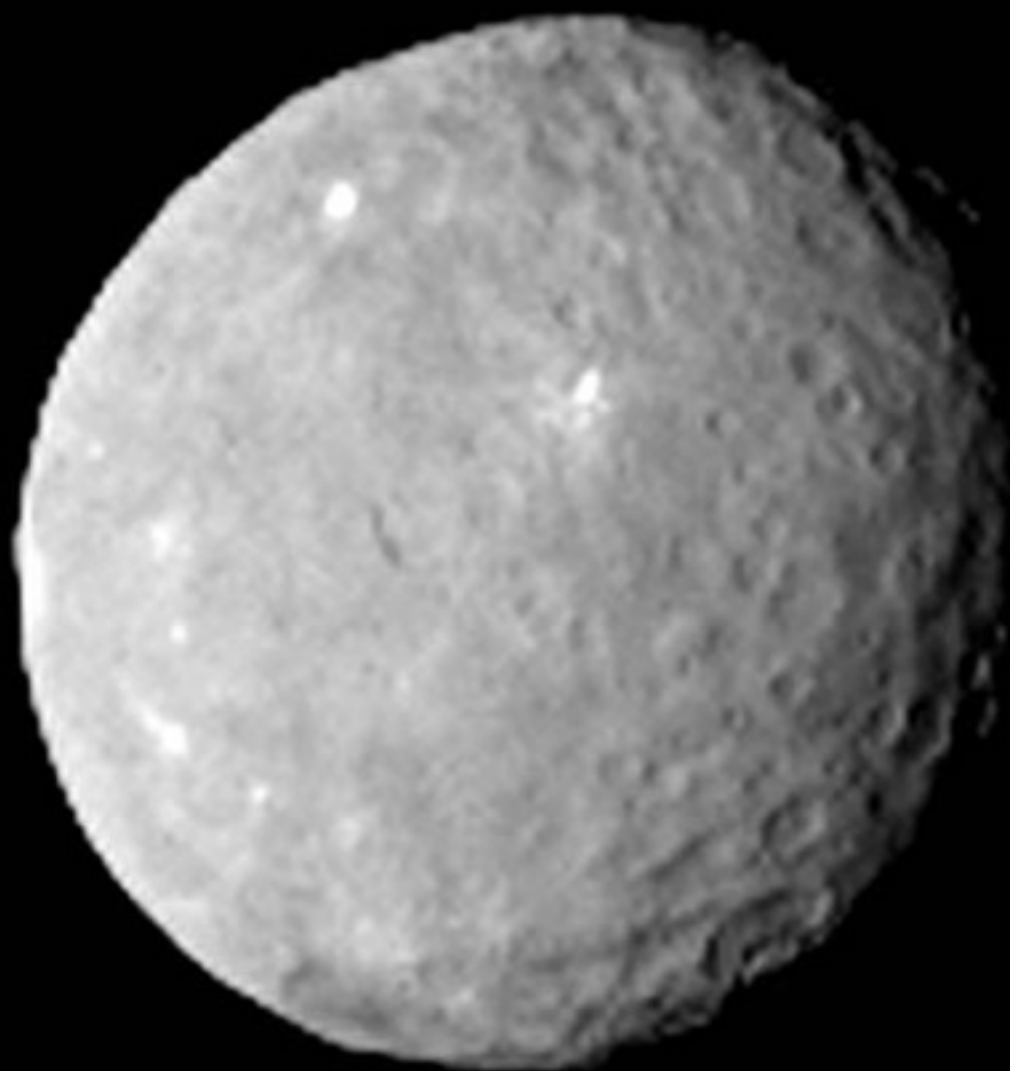
$D > 900$ км (камень)

Mike Brown

10 objects which are nearly certainly dwarf planets,
26 objects which are highly likely to be dwarf planets,
49 objects which are likely to be dwarf planets,
86 objects which are probably dwarf planets, and
371 objects which are possibly dwarf planets.

(Feb 23 2015)

Церера

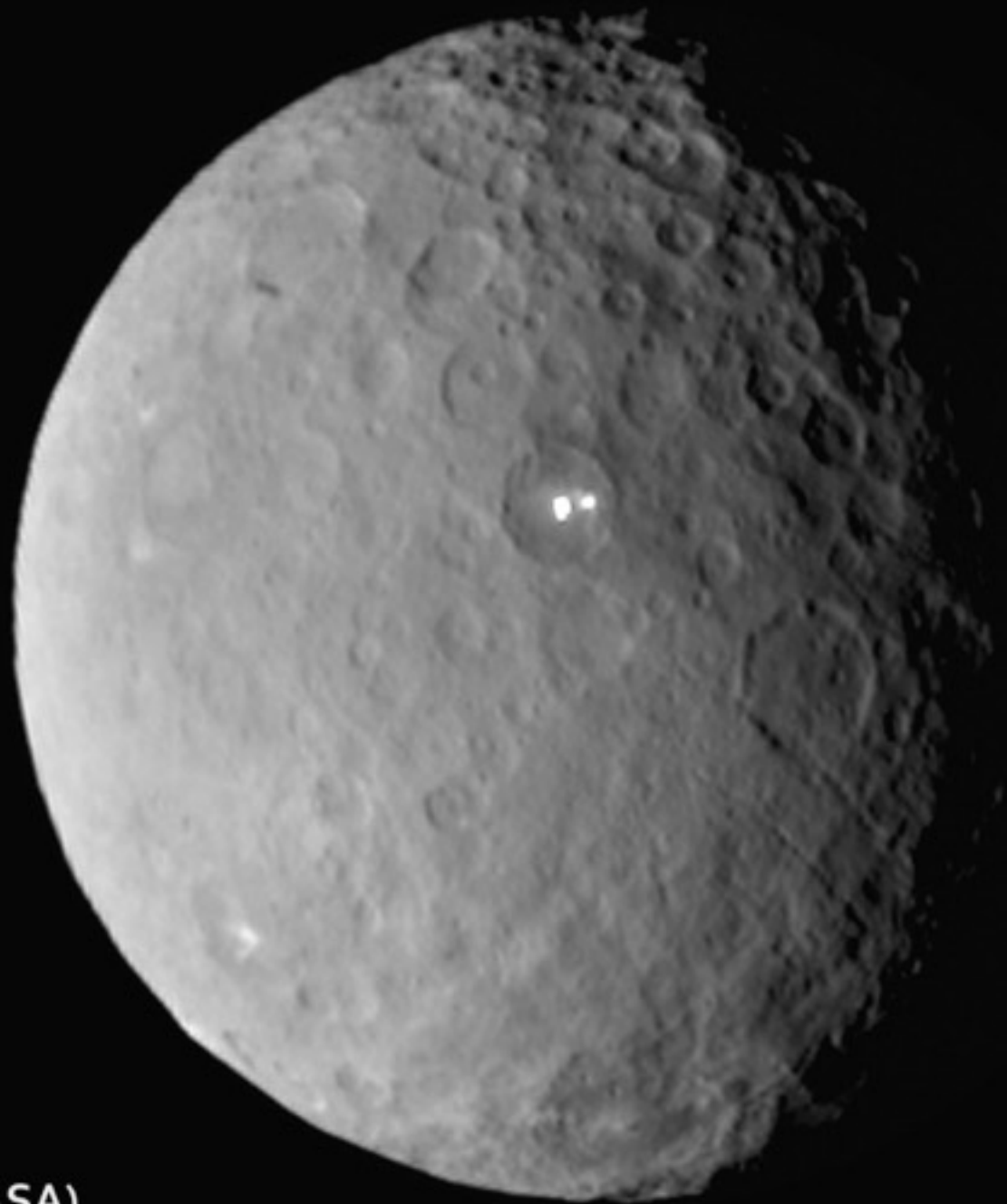


Dawn (NASA), 12 Feb 2015



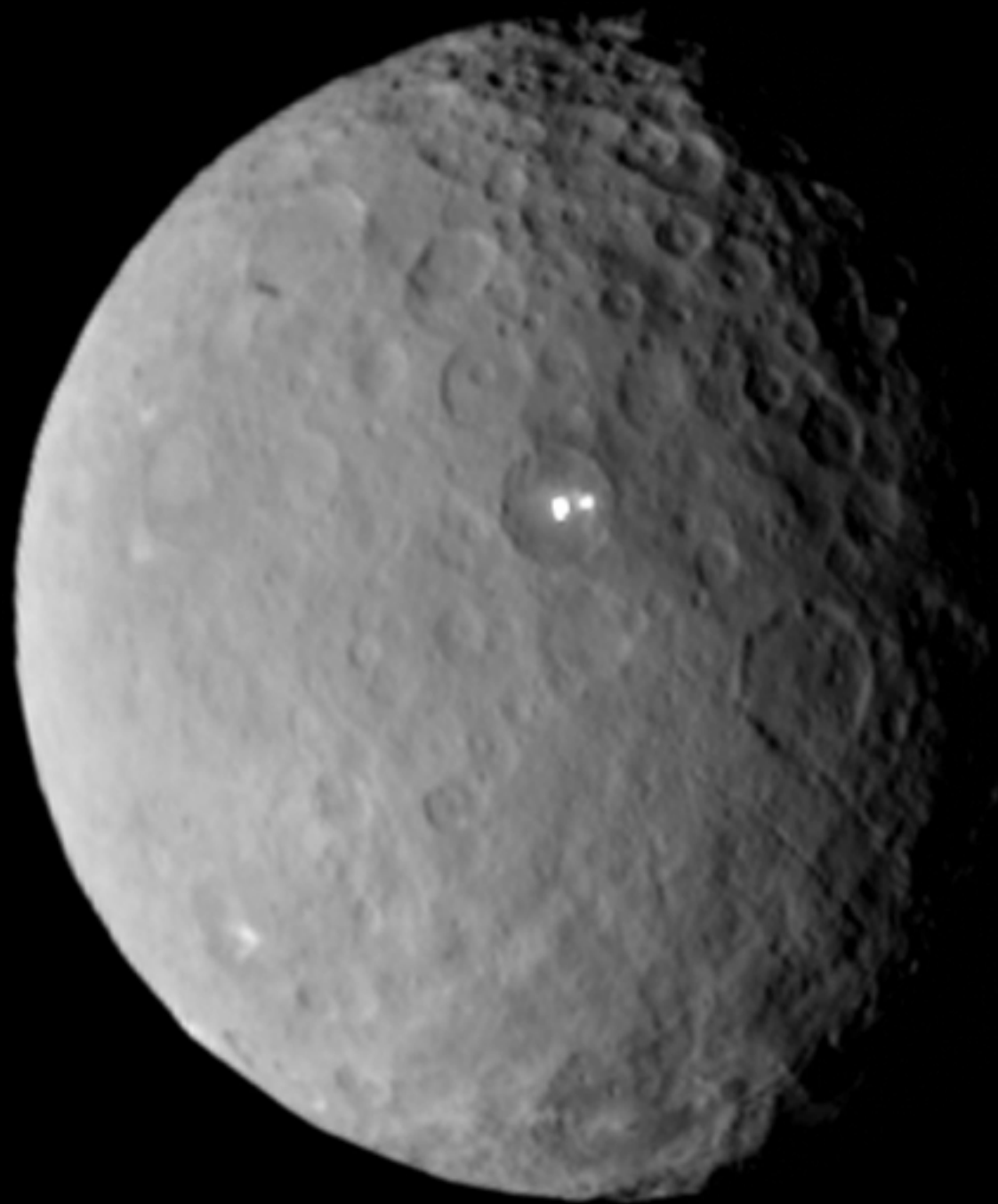
Веста

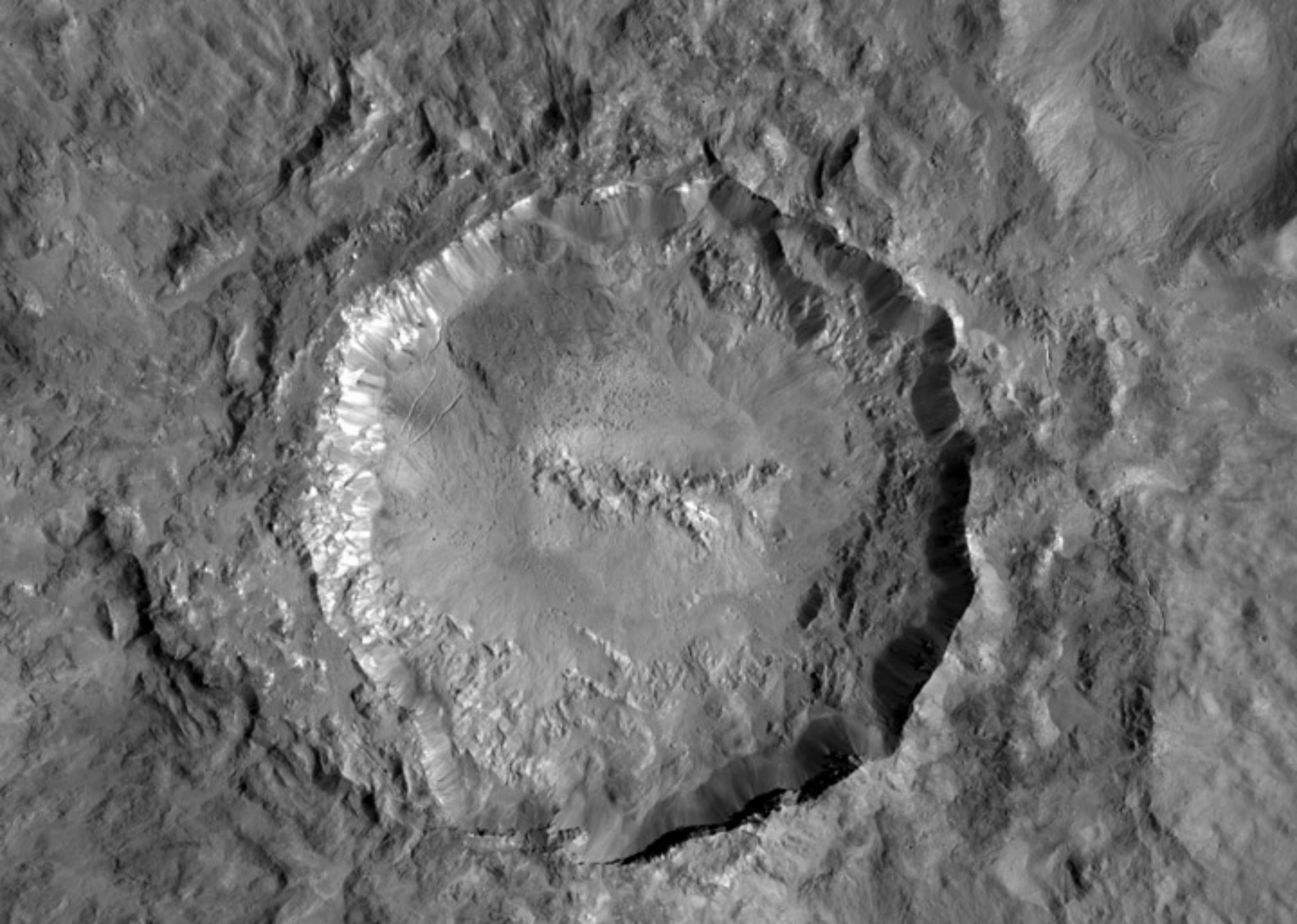
Церера



Dawn (NASA)

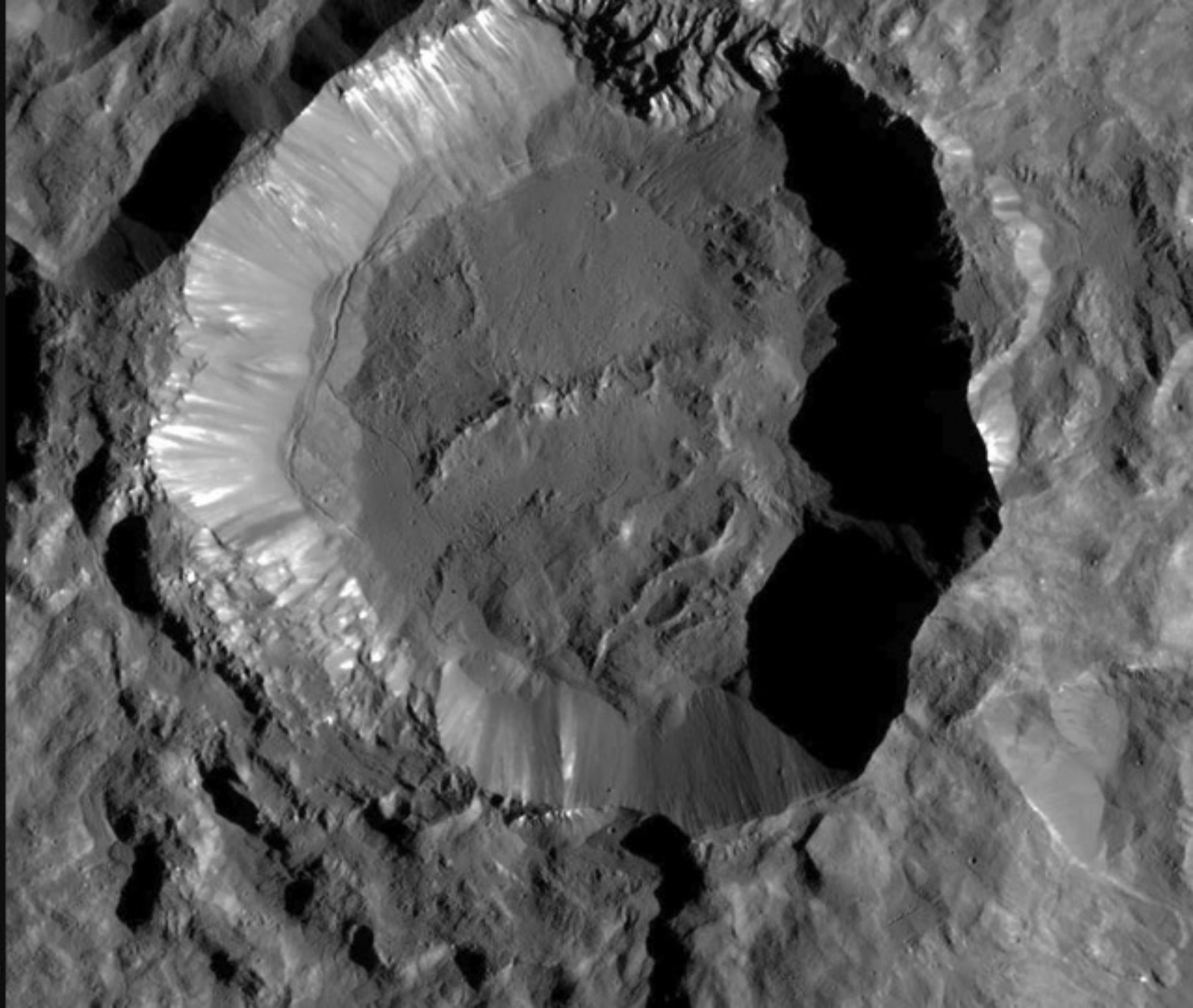
19 Feb 2015





Церера, кратер Хаулани диаметром 34 км

Церера



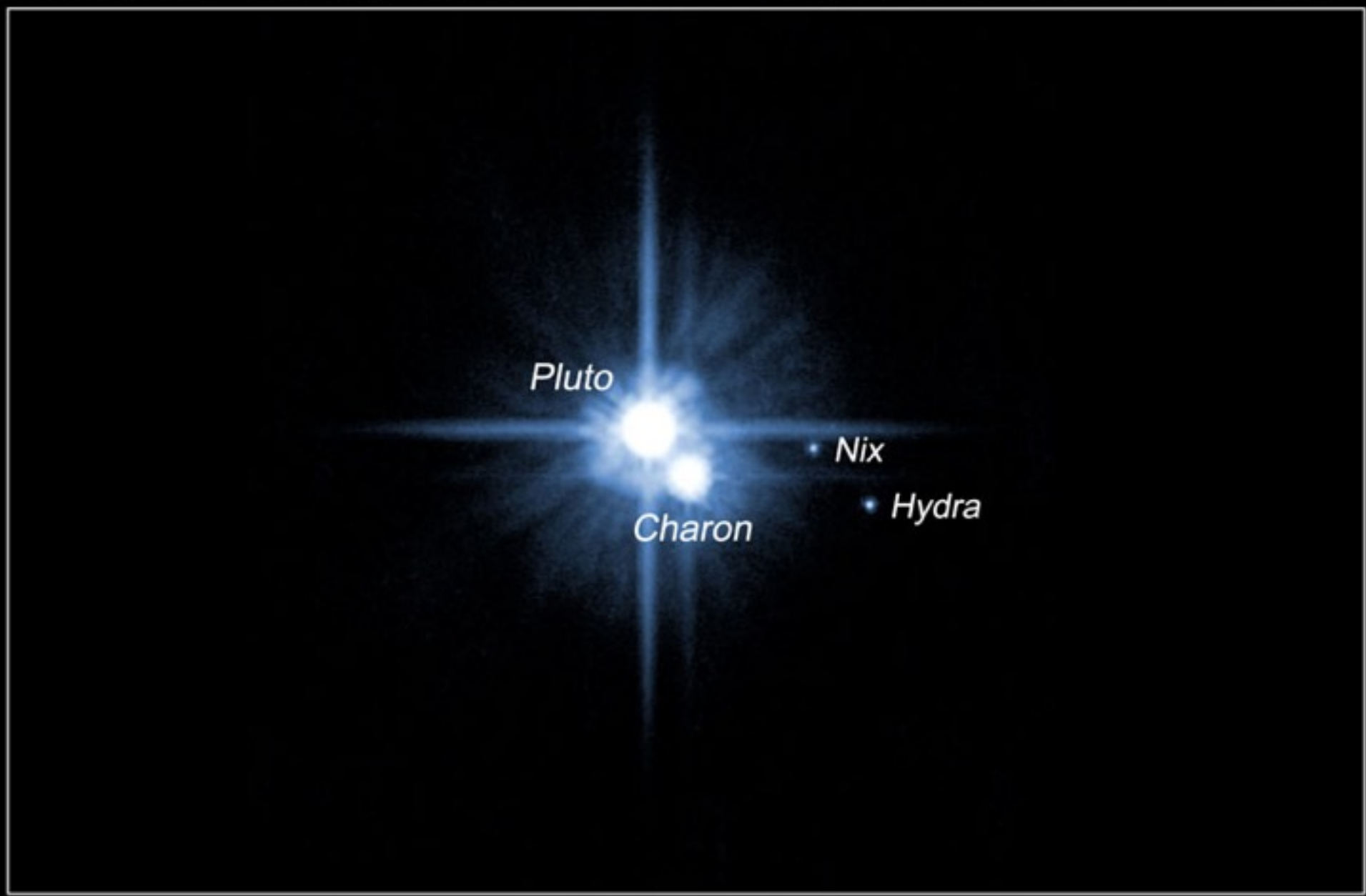
NASA «Dawn»
19-23 дек 2015
Кратер Кирало
с высоты 385 км



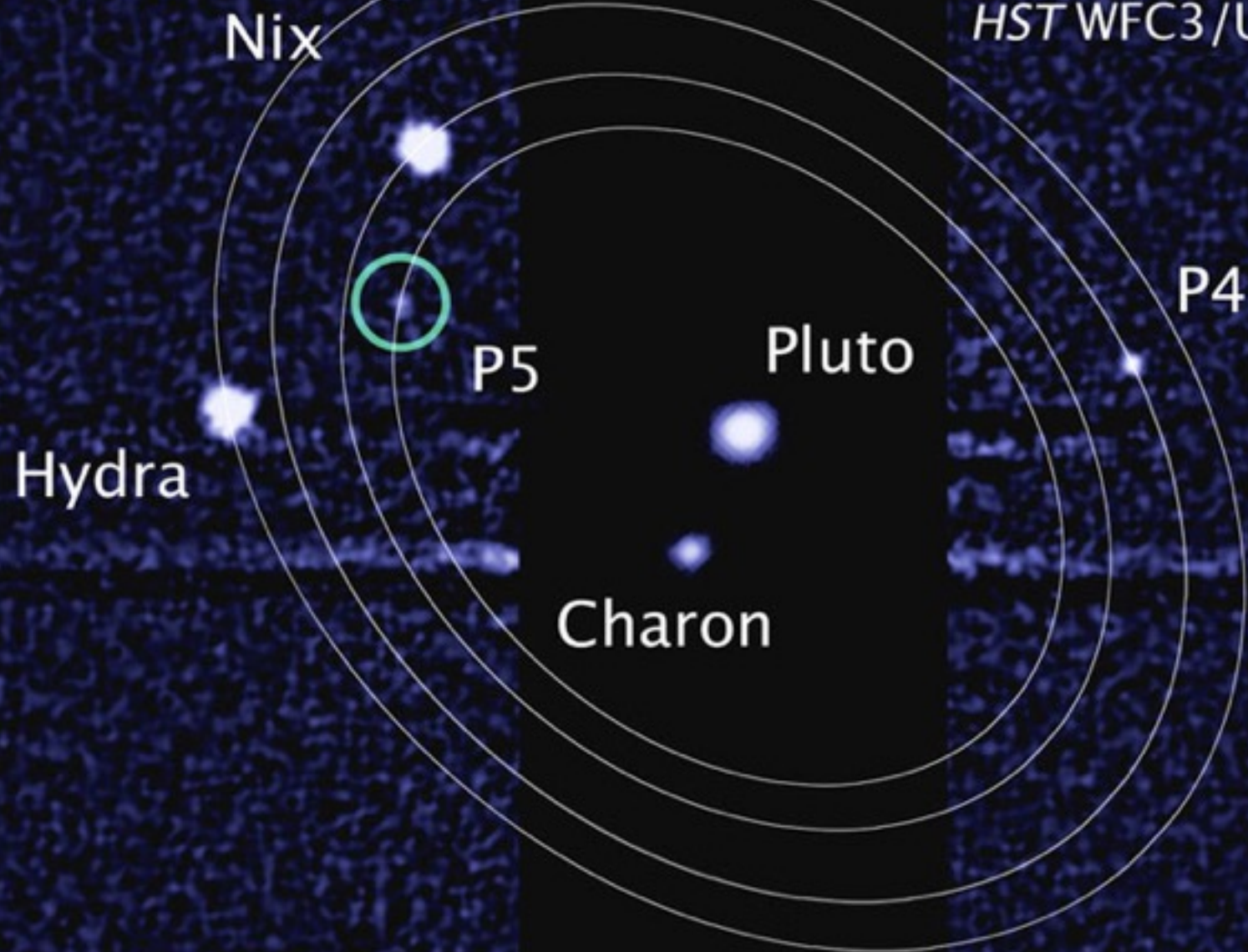
Церера

Гора высотой 6 км

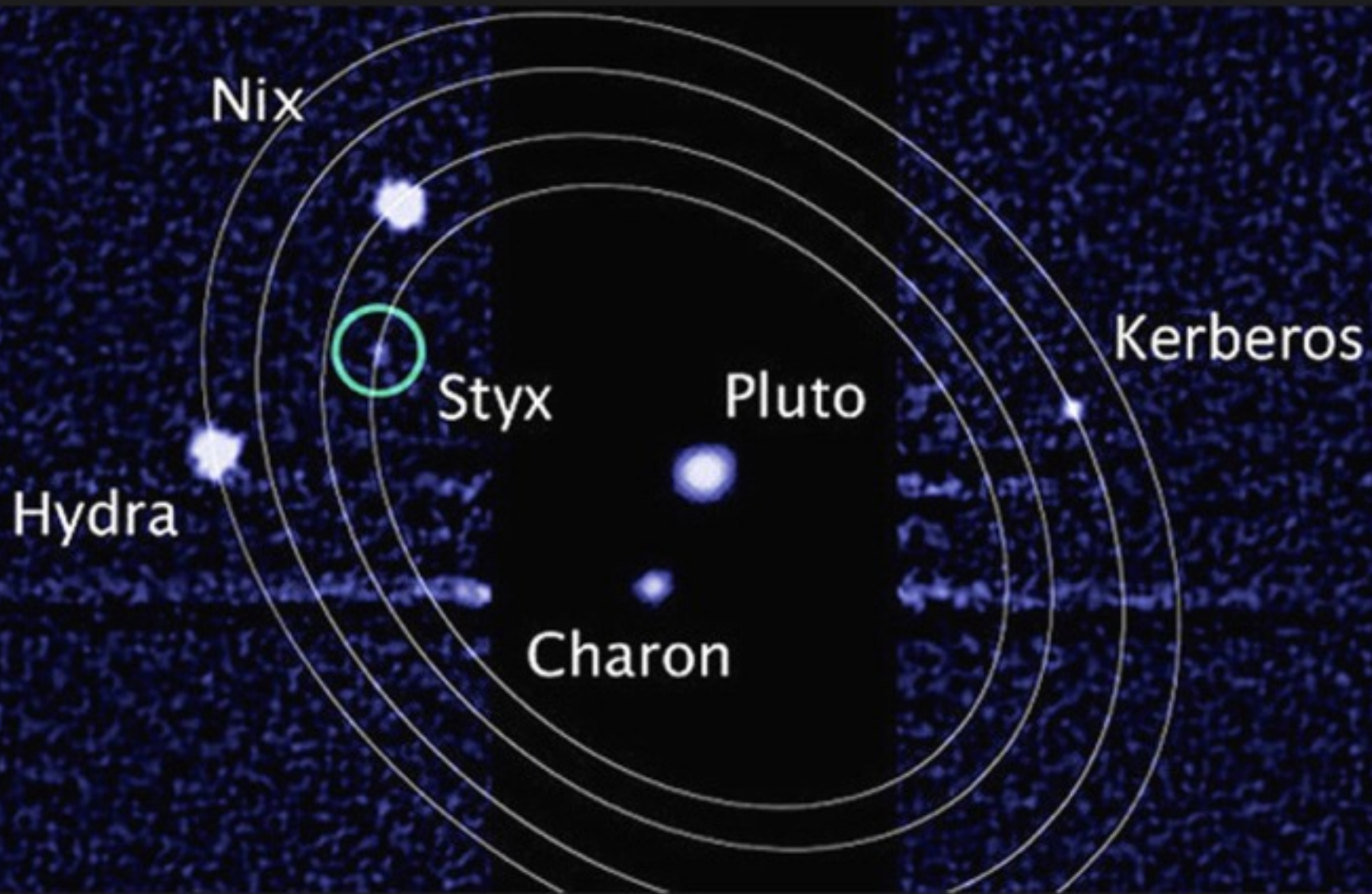
Dawn (NASA) 2015



Pluto ■ July 7, 2012
HST WFC3/UVIS F350LP

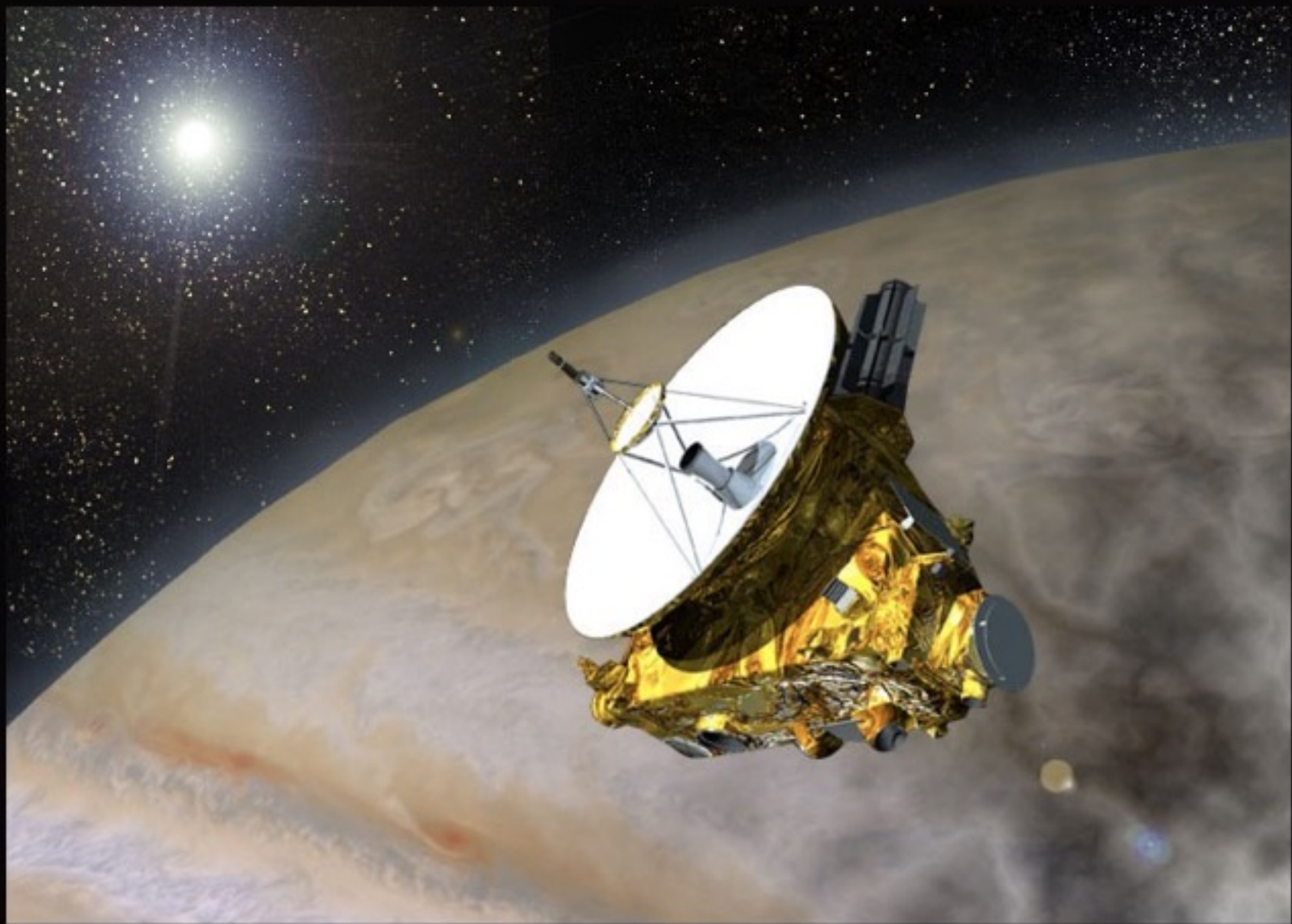


80,500 kilometers



New Horizons (NASA) запущен 19 янв 2006 г.

Прошел Юпитер 28 фев 2007 г. Сближение с Плутоном 14 июля 2015

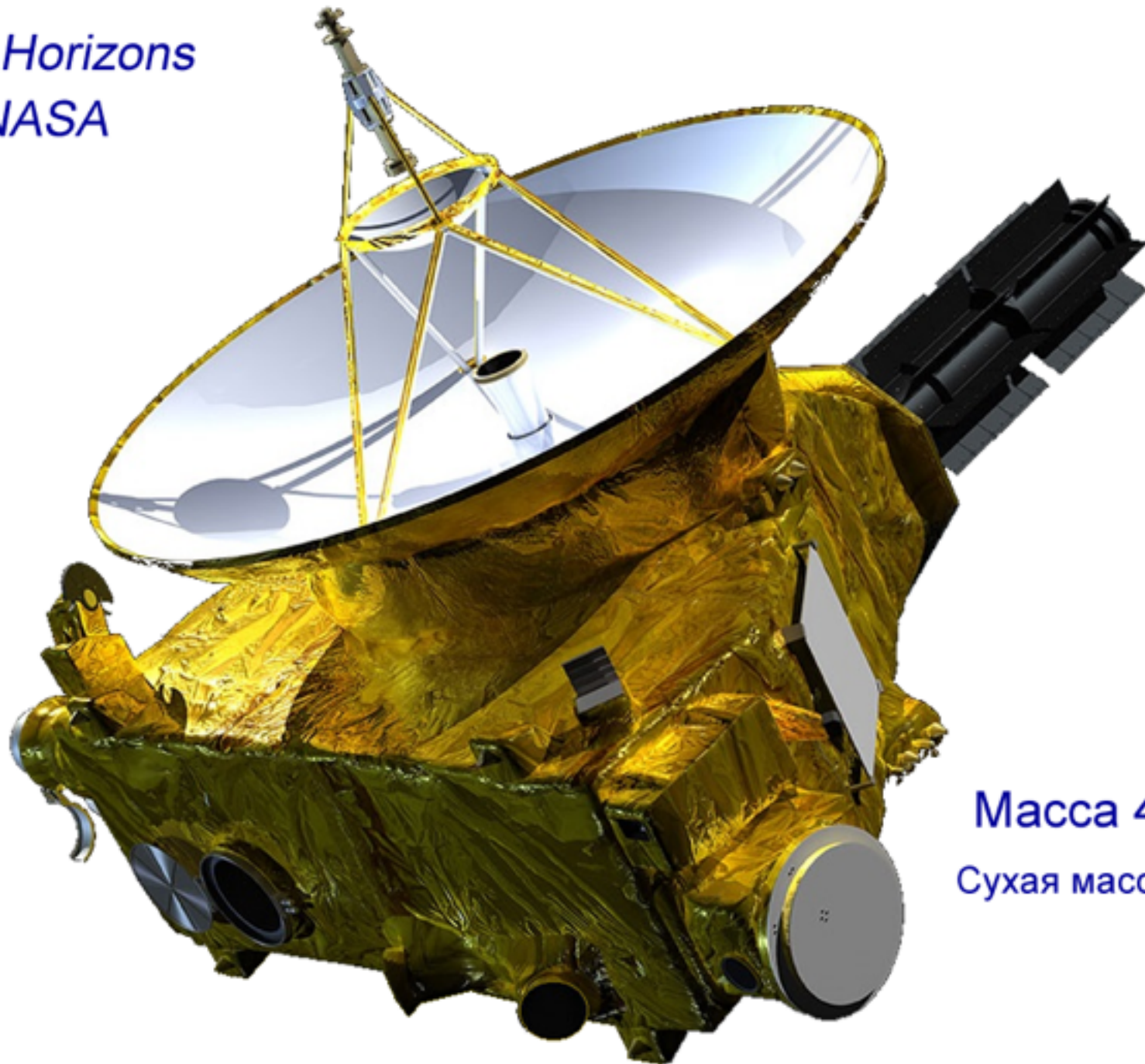


Voyager (NASA, 1977)

722 кг



New Horizons
NASA



Масса 478 кг
Сухая масса 401 кг

Радиоизотопный термоэлектрический генератор на оксиде плутония Pu-238

$W = 250 \text{ Вт}$ на старте
и 200 Вт у Плутона



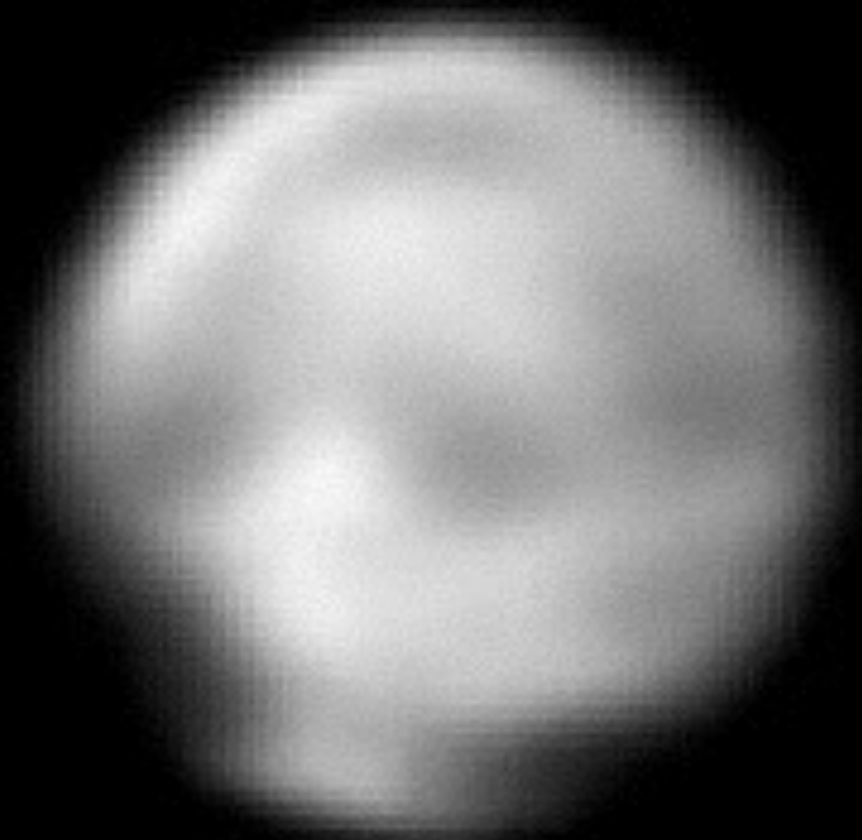


NH LORRI OPNAV CAMPAIGN 2

2015-01-25 02:01:00 UTC

DISTANCE TO PLUTO: 202976224 km

(PROPER MOTION)



Плутон
18 июня 2015
New Horizons

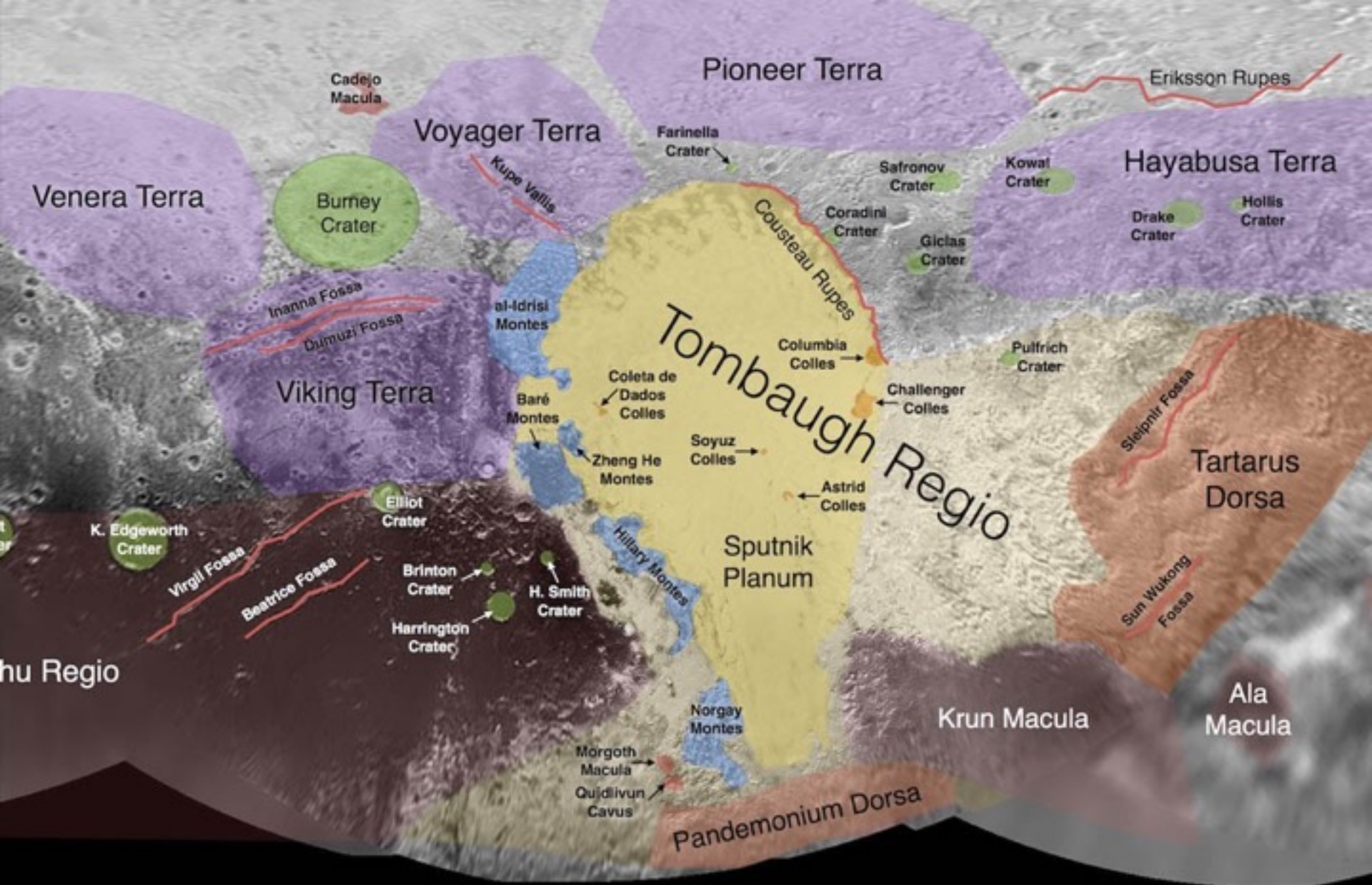
Плутон



New Horizons, NASA, 2015



Informal Names for Features on Pluto



Informal Names for Features on Pluto

Атмосфера Плутона



Азот



Монооксид
углерода



Метан

$$P = (0,65 - 2,4) \text{ Pa}$$

$$\sim 10^{-5} \text{ атм}$$

**Давление (т. е. масса)
атмосферы существенно
меняется в течение года
из-за большого
эксцентриситета орбиты**

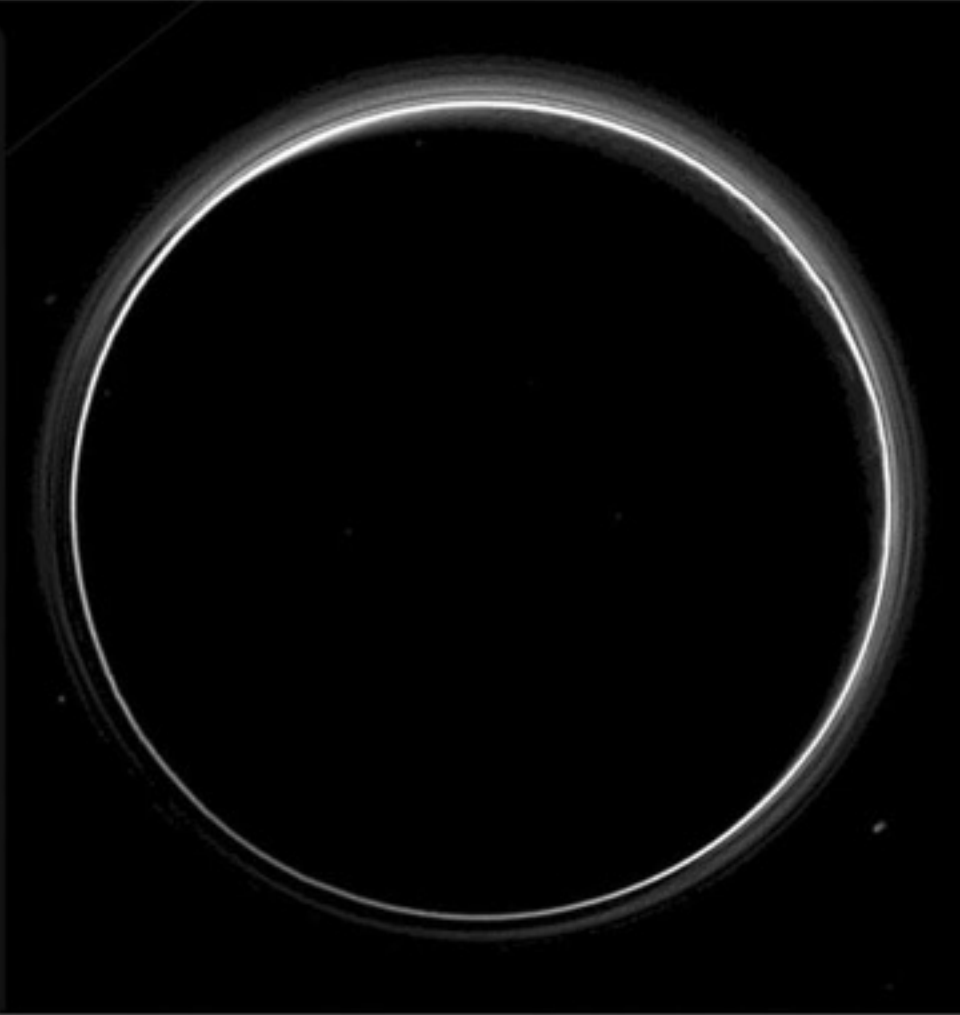
В области перигелия происходит интенсивная сублимация твердого азота, покрывающего поверхность

В атмосфере присутствуют толины (греч. толос - мутный), полимерные соединения $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z$ массой до 8000 а. е. м., придающие рассеянному свету оранжевый оттенок (Титан), а проходящему - голубой. Фото: New Horizons, NASA, 2015

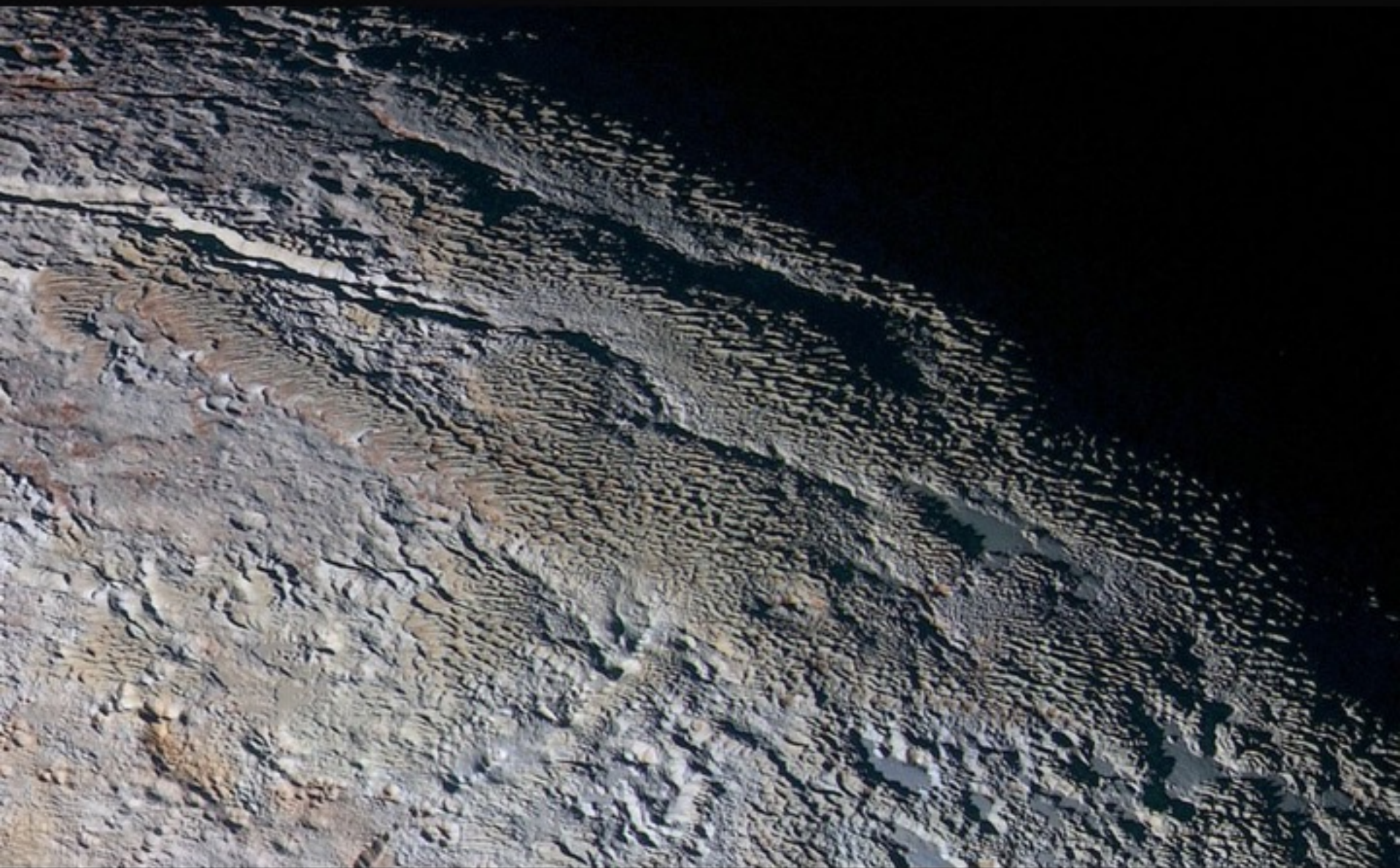
Исходное изображение



Усиленный контраст



При съемке в контровом освещении (Солнце скрыто за Плутоном) и усилении контраста изображения отчетливо видно слоистое строение атмосферы Плутона



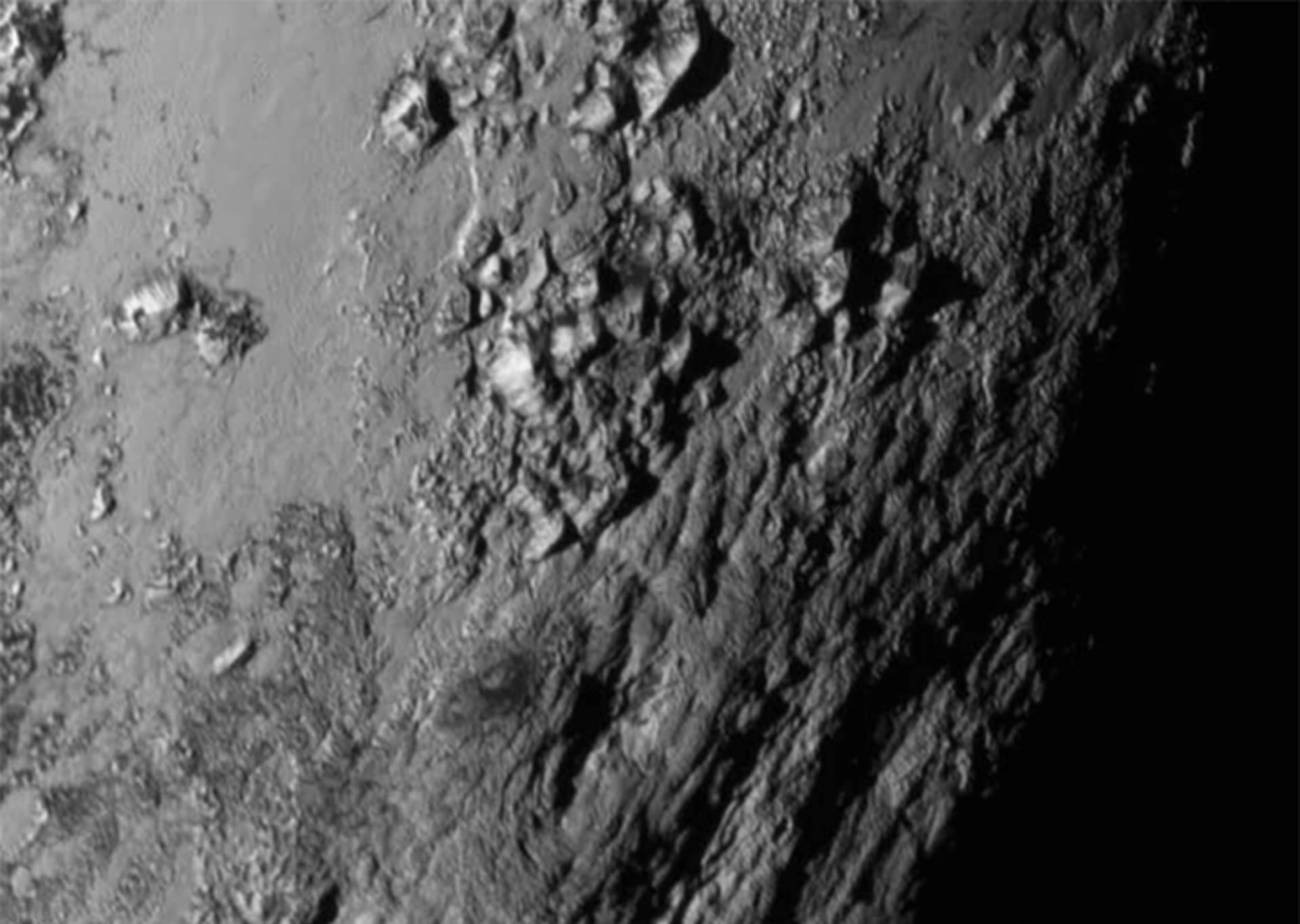
Дюны на Плуtone? Признак динамики атмосферы.

New Horizons, NASA, 2015

Плутон



New Horizons, NASA, 2015



Ледяные горы на Плутоме достигают в высоту 3,5 км.

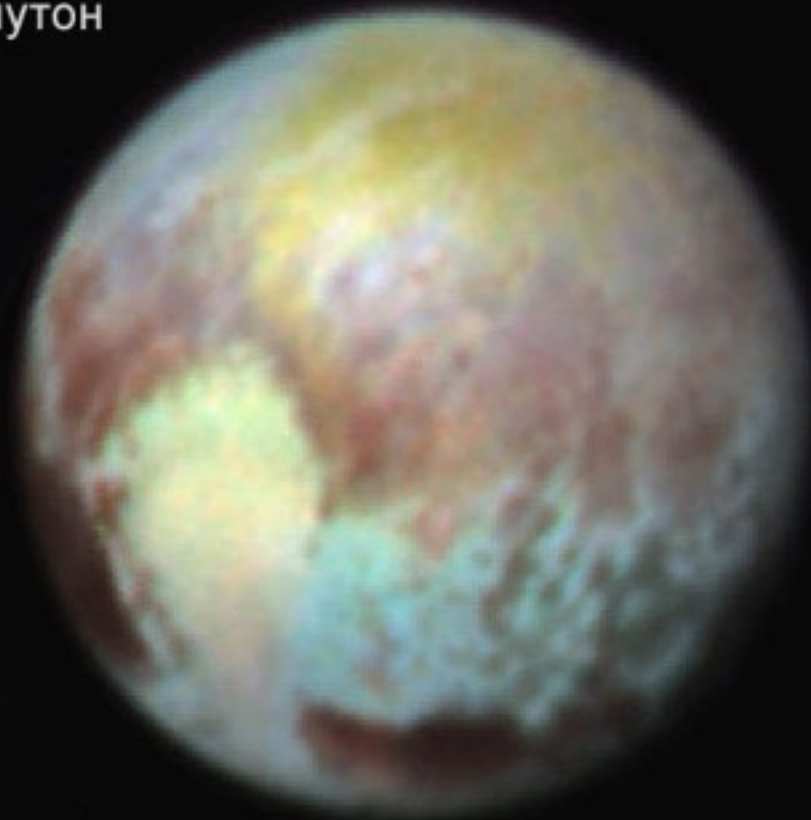
New Horizons, NASA, 2015

Плутон + Харон

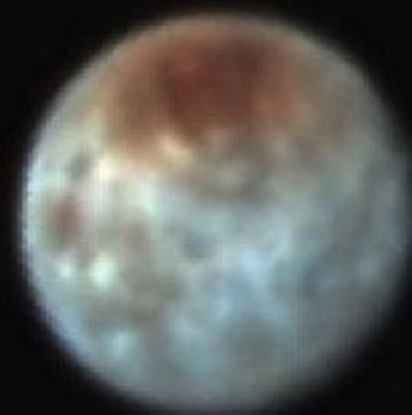


New Horizons, NASA, 2015

Плутон

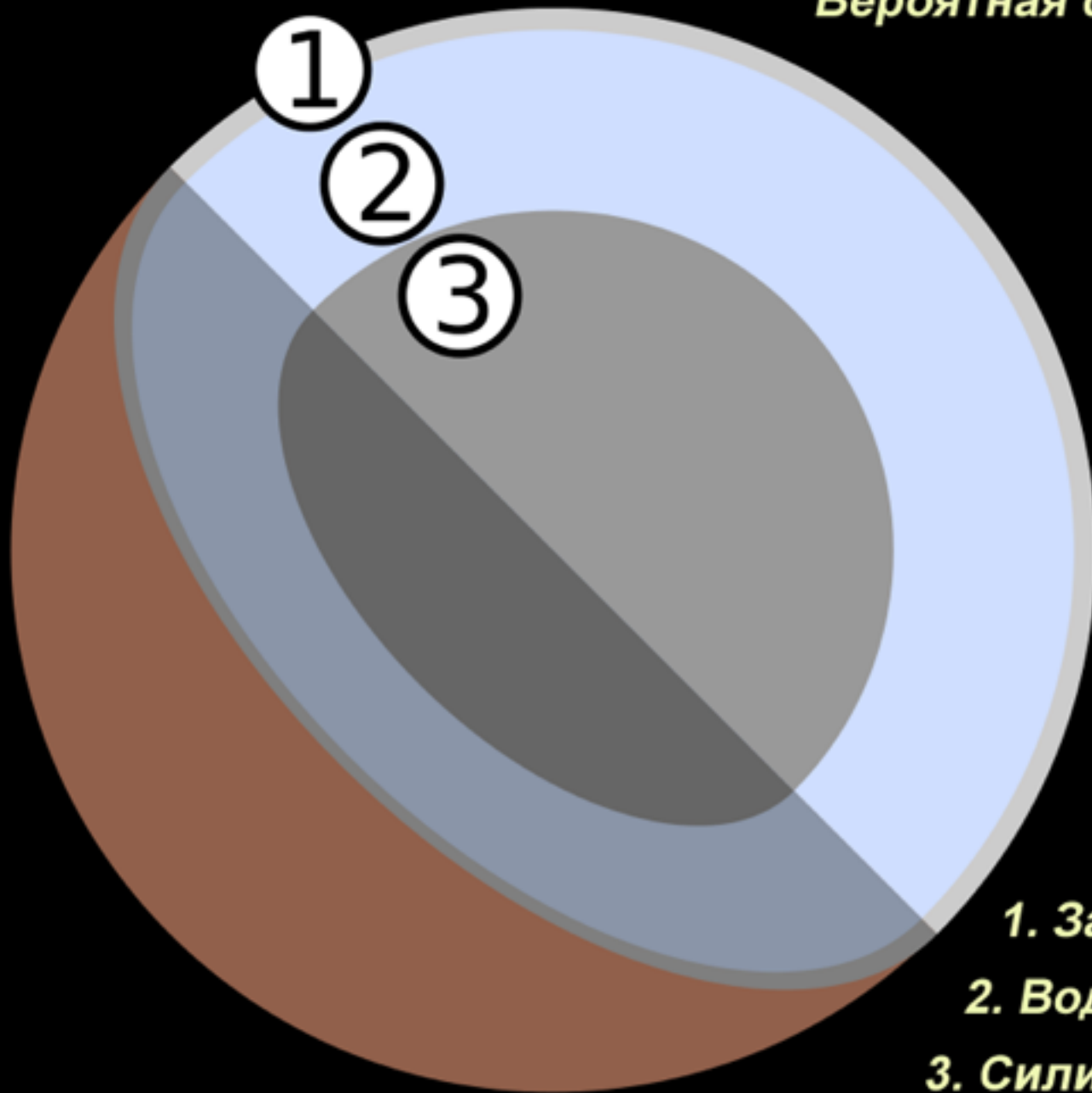


Харон



| | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| Радиус | 1190 км | 606 км |
| Средняя плотность | 1,9 г/см ³ | 1,7 г/см ³ |
| Сила тяжести | g / 16 | g / 34 |
| Скорость убегания | 1,2 км/с | 0,6 км/с |
| Альбедо | 0,5 - 0,7 | 0,2 - 0,5 |
| Температура | -229 °С | -220 °С |
| Поверхность | лёд N ₂ | лёд H ₂ O |

Вероятная структура Плутона



1. Замёрзший азот

2. Водный лёд

3. Силикаты и водный лёд

Харон



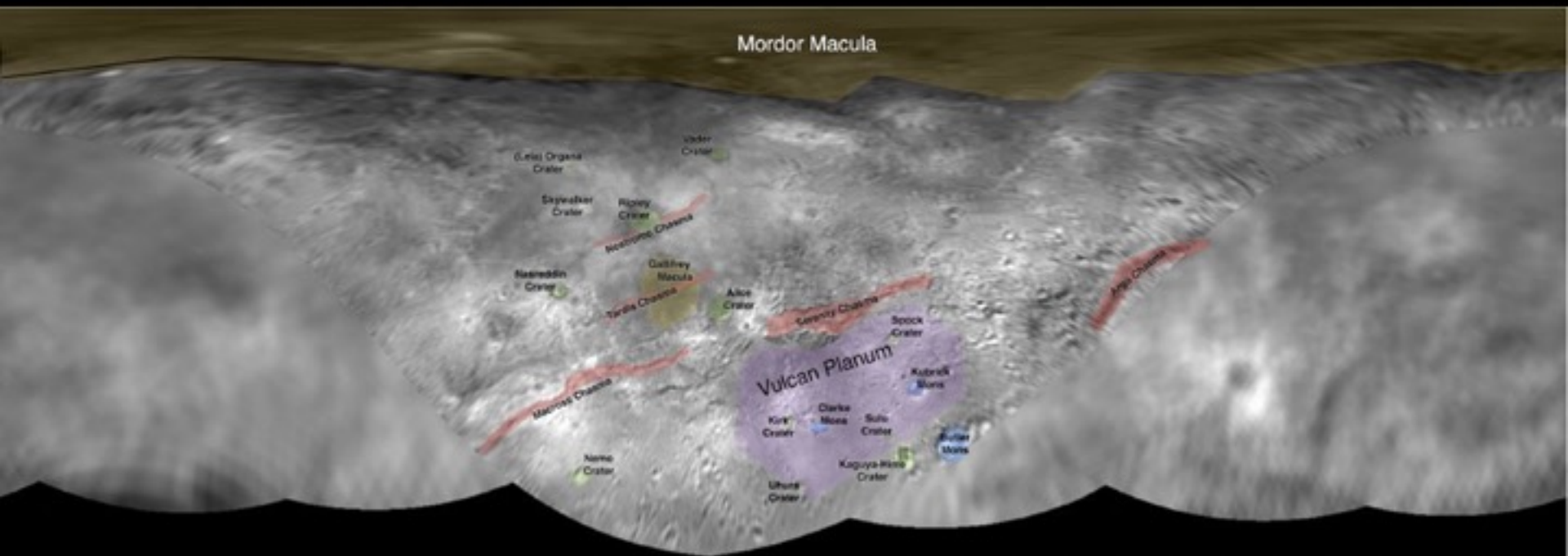
New Horizons, NASA, 2015

ХАРОН

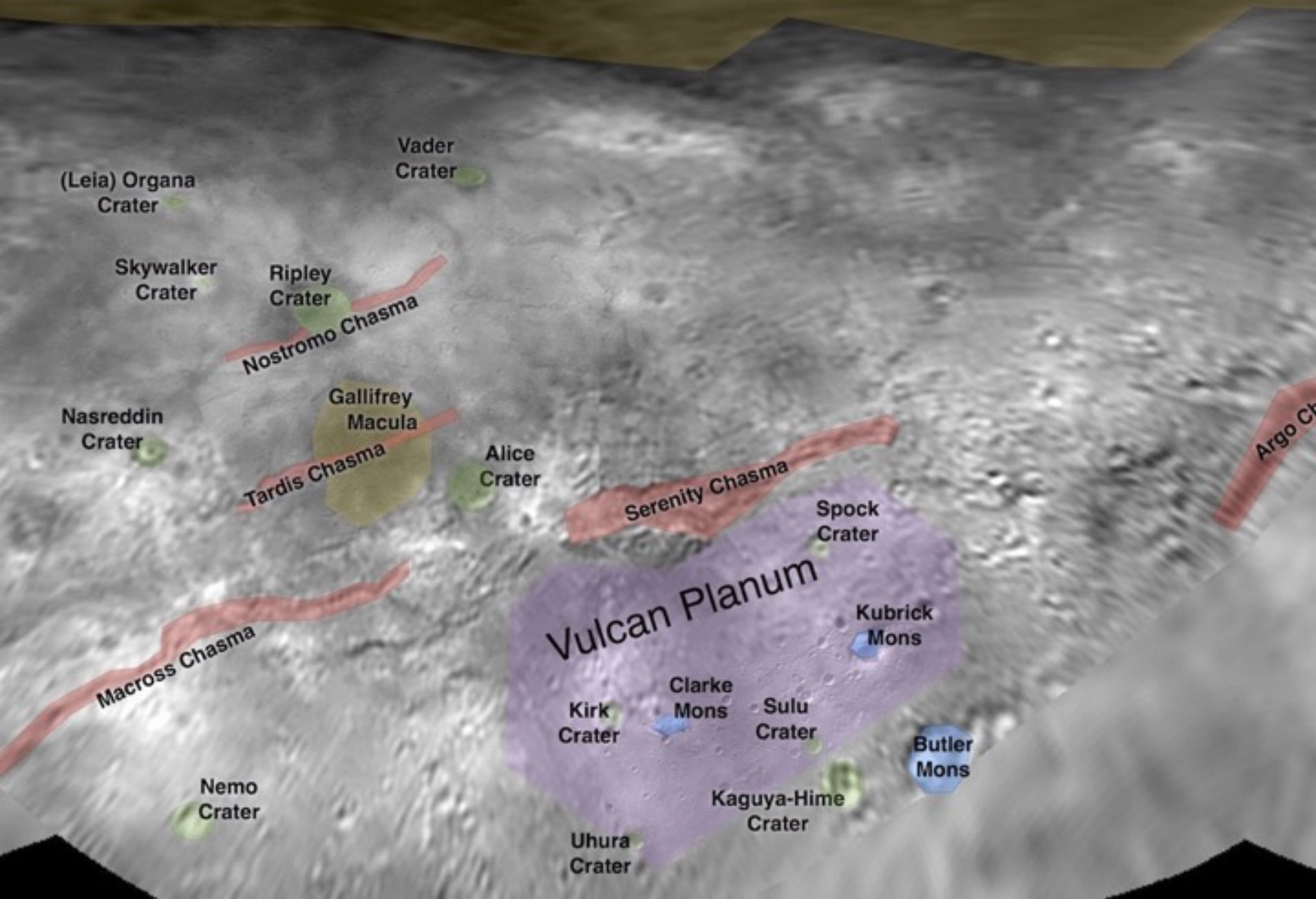


ЦВЕТА ЧАСТИЧНО
ИСКУССТВЕННЫЕ

NEW HORIZONS, NASA, 2015



Informal Names for Features on Charon



(Leia) Organa Crater

Vader Crater

Skywalker Crater

Ripley Crater

Nostromo Chasma

Nasreddin Crater

Gallifrey Macula

Tardis Chasma

Alice Crater

Serenity Chasma

Spock Crater

Argo Chasma

Vulcan Planum

Macross Chasma

Kubrick Mons

Clarke Mons

Kirk Crater

Sulu Crater

Butler Mons

Nemo Crater

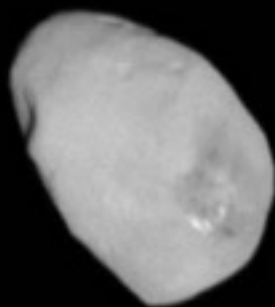
Kaguya-Hime Crater

Uhura Crater

Styx



Nix



Kerberos



Hydra



Charon

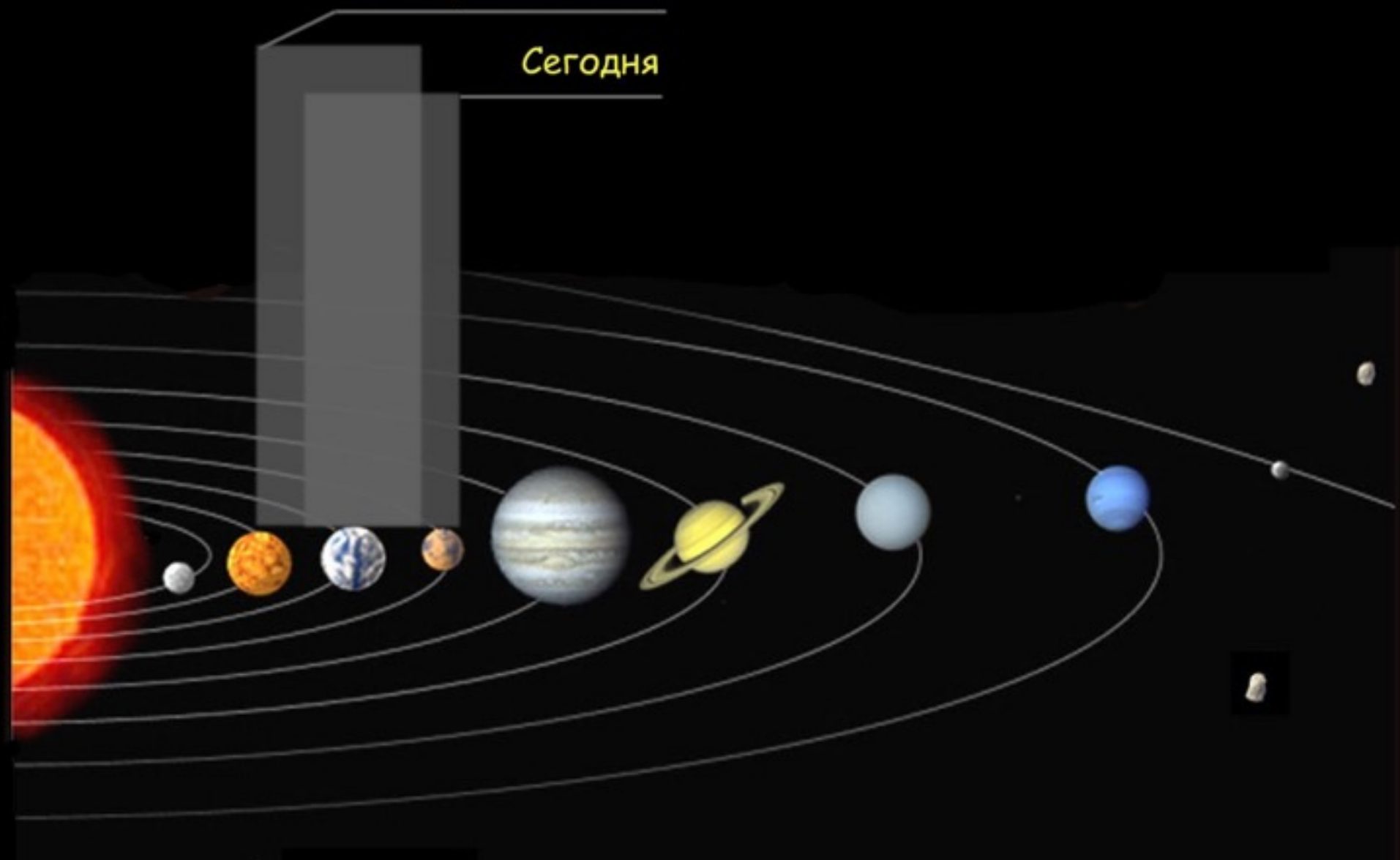
10 km

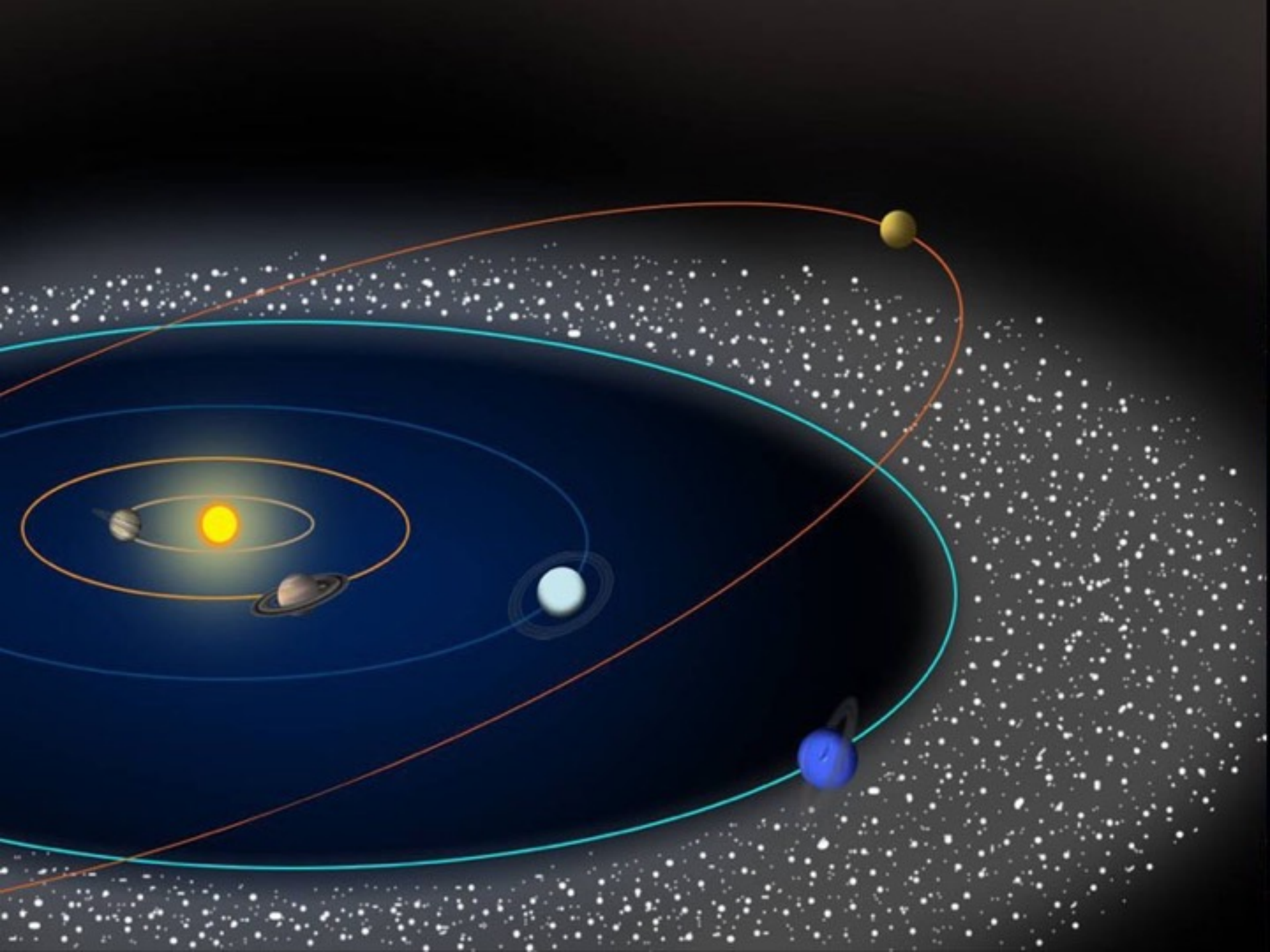


Зона жизни

4,5 млрд лет назад

Сегодня







Сенсация!
20 января 2016 г. астрономы открыли 9-ю планету!



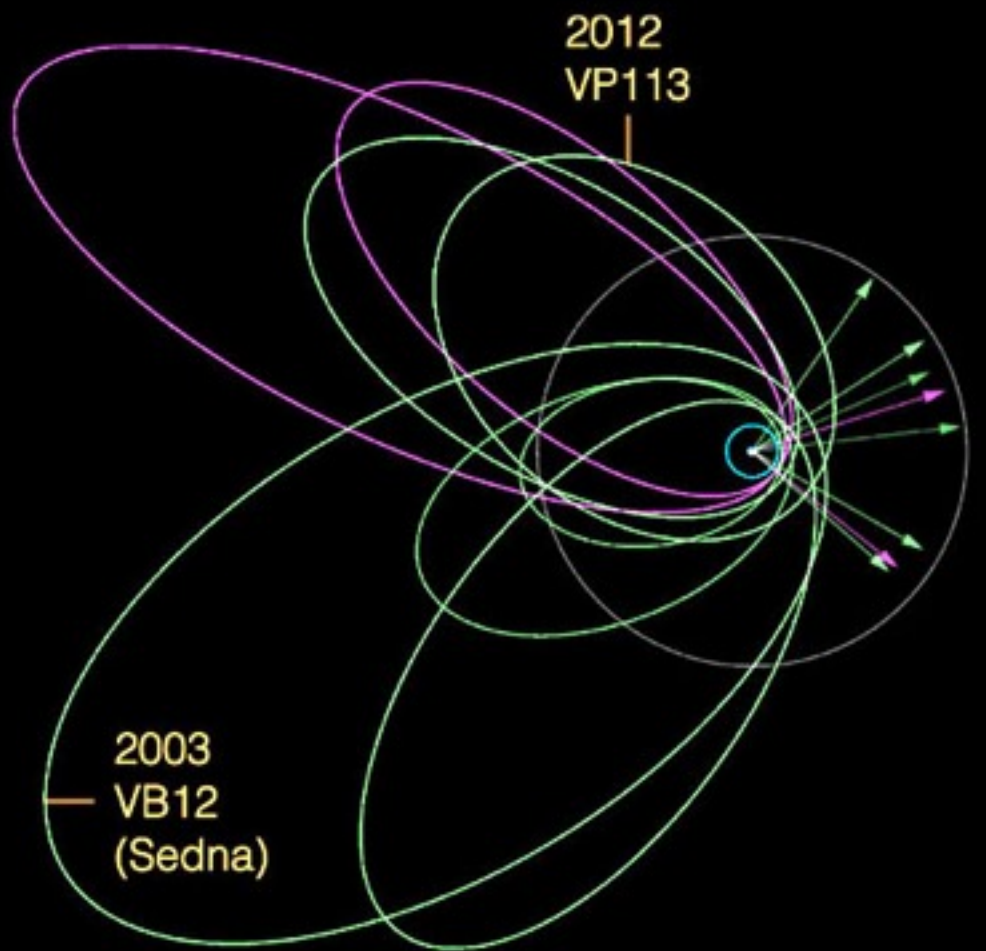
Mike Brown and Konstantin Batygin

CalTech, 2016, Jan 20

EVIDENCE FOR A DISTANT GIANT PLANET
IN THE SOLAR SYSTEM

Astronomical Journal

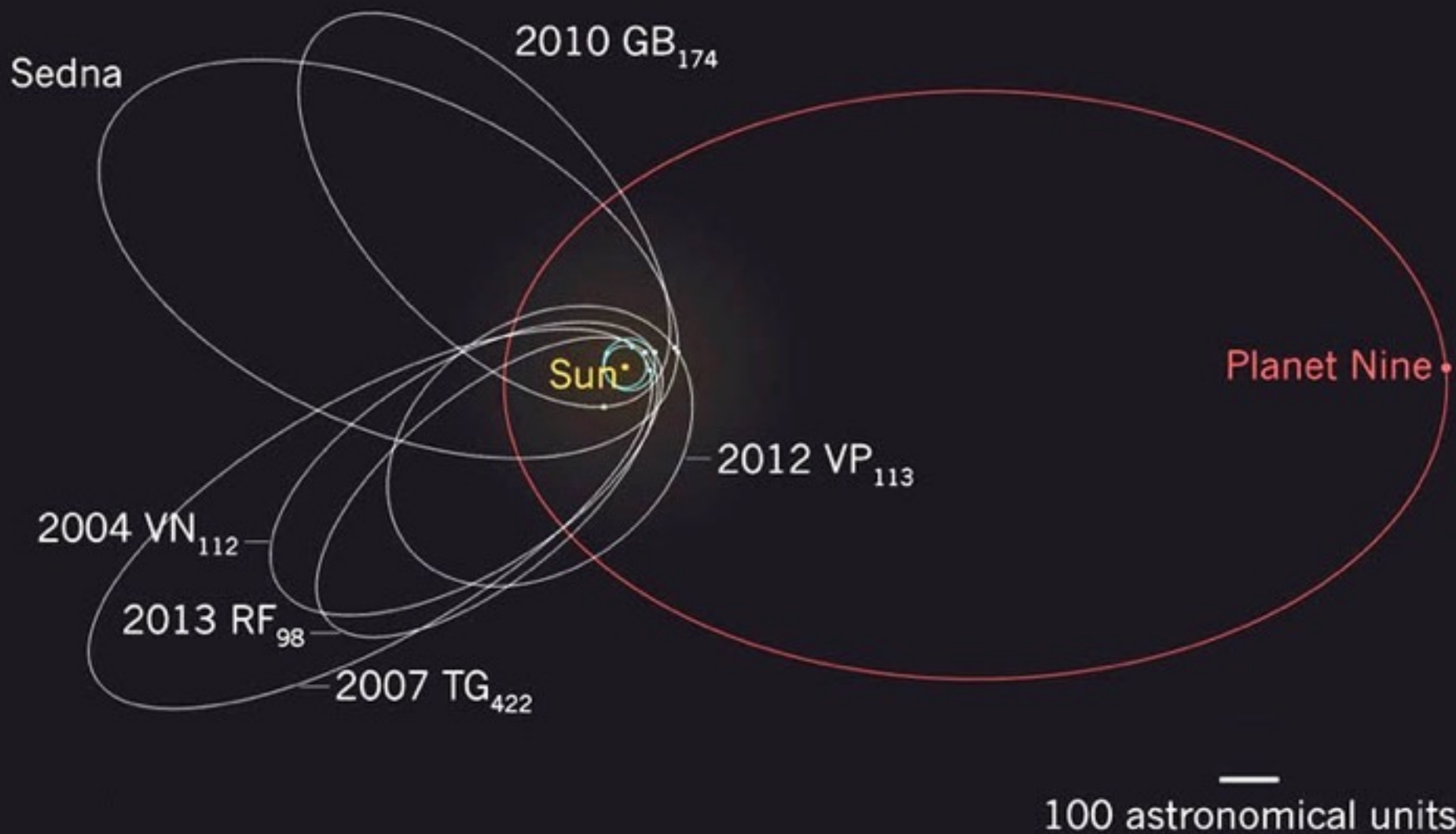
Volume 151, Number 2



250 AU

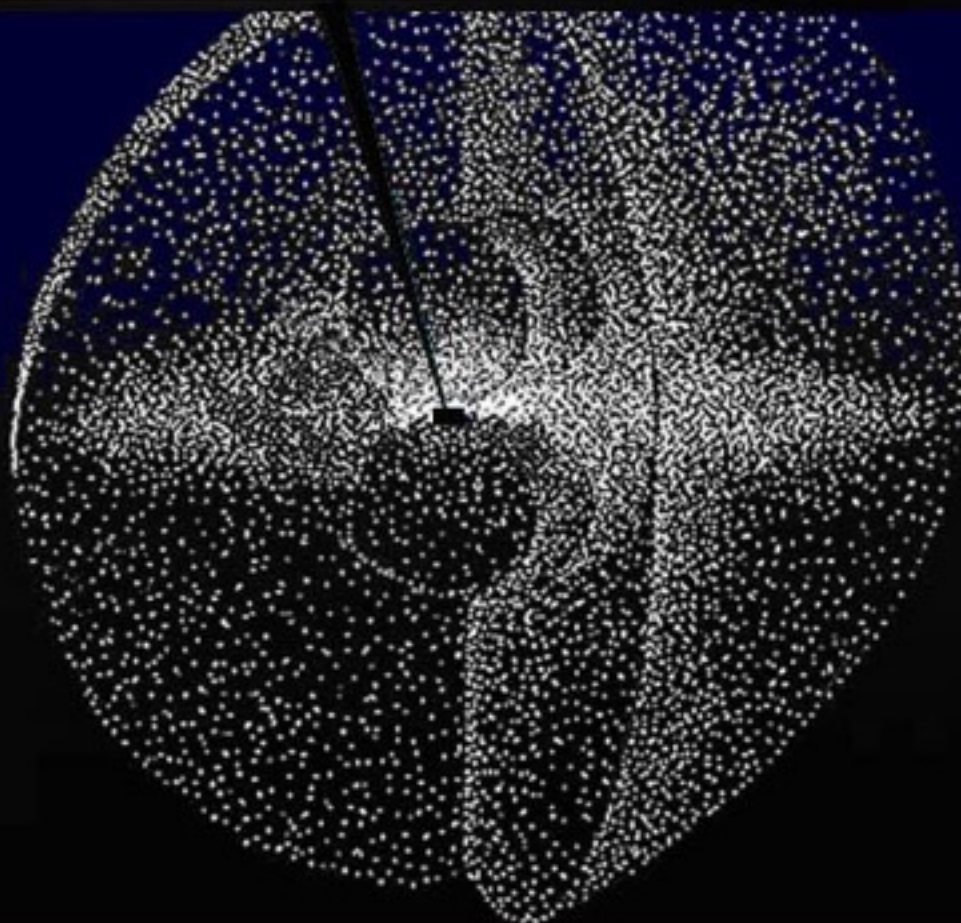
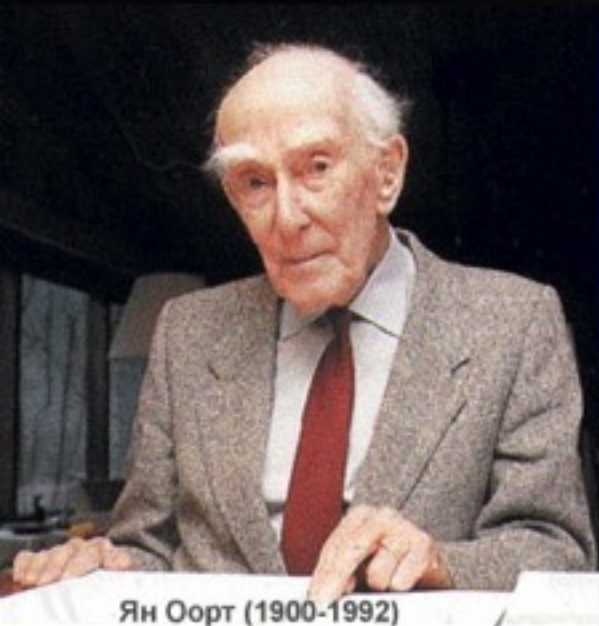
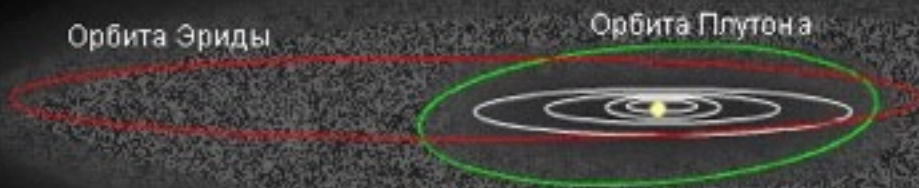
scaled Runge-Lenz vectors
(Laplace-Runge-Lenz vectors)

The existence of an unseen 'Planet Nine' could explain the strange orbits of several objects (whose orbits are shown in white) in the Kuiper belt beyond Neptune.





WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) с 2009 г.
Телескоп диаметром 40 см, каналы 3,4; 4,6; 12 и 22 мкм



Облако Оорта -
гигантский резервуар
холодных ядер комет



В начале XXI века астрономия остается в авангарде естествознания. Вместе с физиками астрономы работают над фундаментальными проблемами, способными изменить наше представление о природе. До сих пор не раскрыты тайны «темного вещества», составляющего основную массу галактик, и «темной энергии», ускоряющей расширение Вселенной. Не выяснены механизмы взрывов звезд и активности ядер галактик. Нет общепринятых теорий происхождения планет, галактик и самой Вселенной. Но работа во всех этих направлениях идет в нарастающем темпе, и каждый день приносит удивительные открытия.

В. Г. Сурдин Разведка далеких планет



В. Г. Сурдин

РАЗВЕДКА далеких планет

