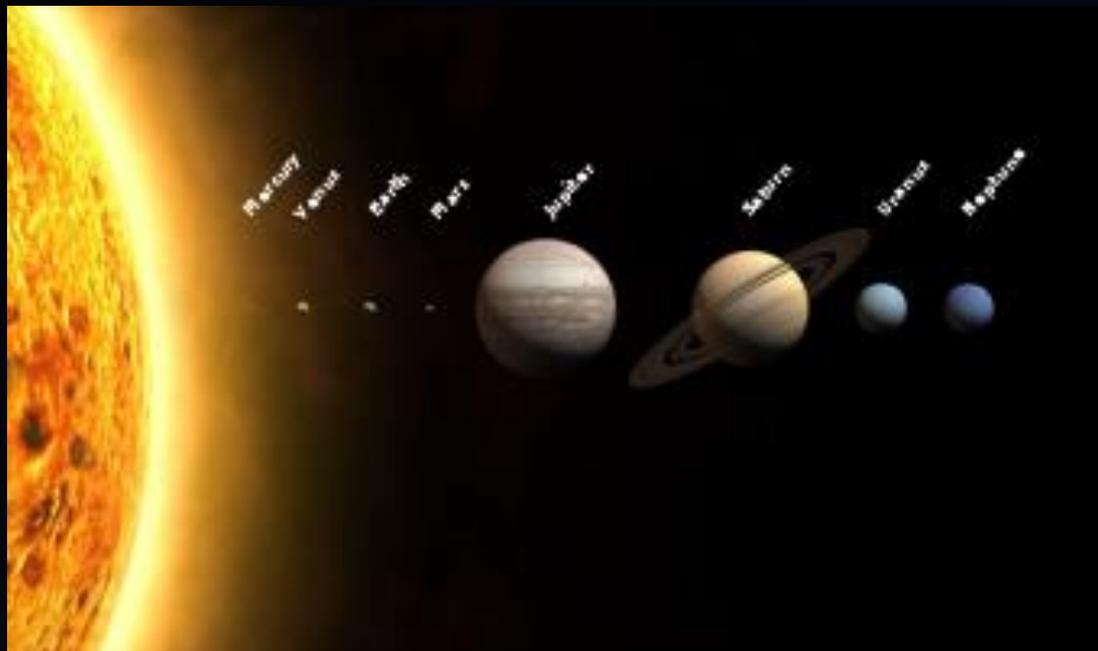


Солнечная система

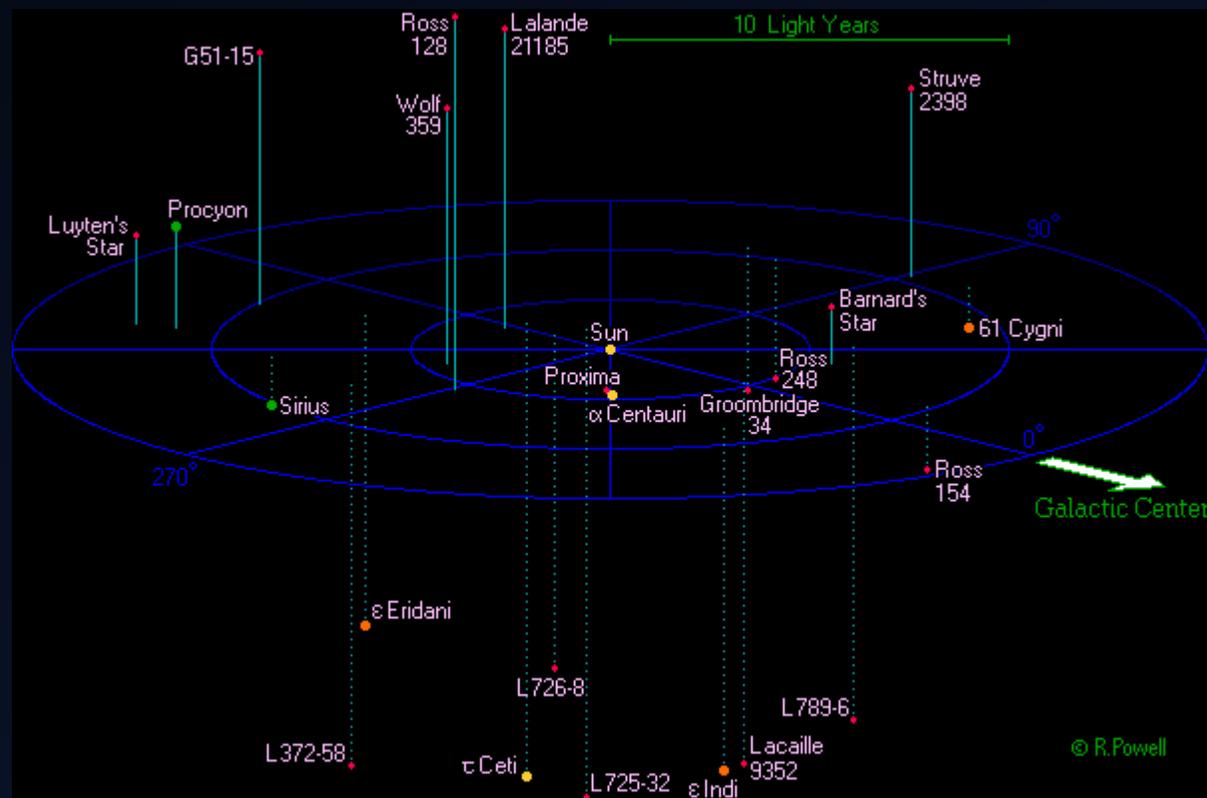
И ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА

Размеры Солнечной системы



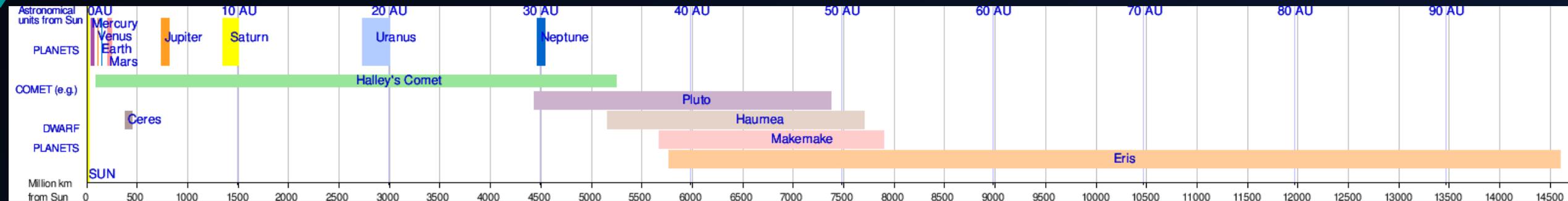
Однако гравитационное влияние Солнца простирается гораздо дальше.

Большие планеты располагаются на расстояниях < 30 а.е. от Солнца.



Структура Солнечной системы

- Планеты земной группы
- Пояс астероидов
- Планеты –гиганты
- Пояс Койпера
- Облако Оорта



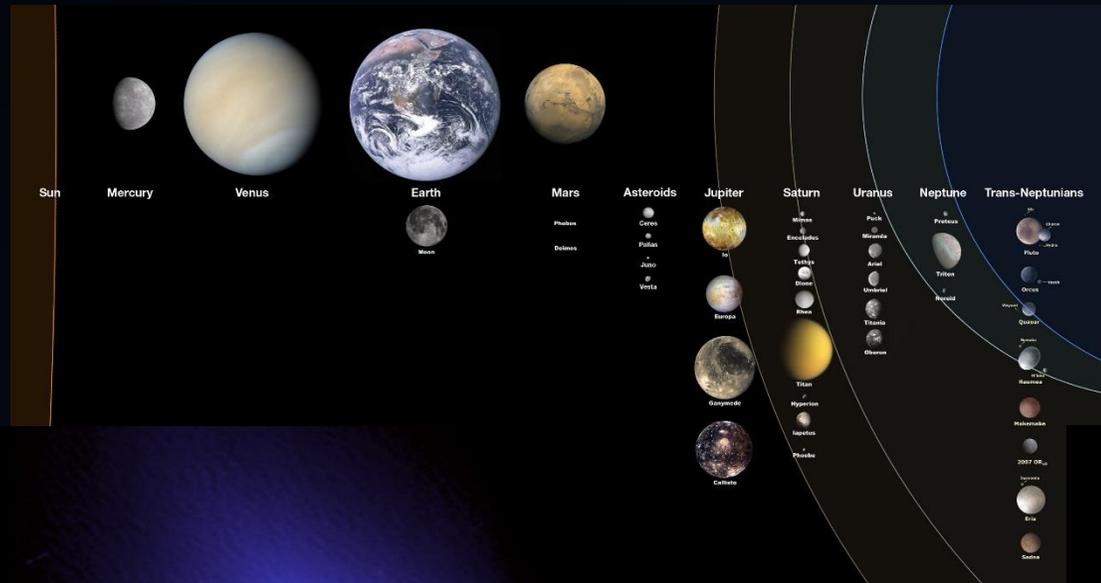
Параметры планет

Планеты земной группы, газовые гиганты, ледяные гиганты, карликовые планеты (основной пояс астероидов и транснептуновые)

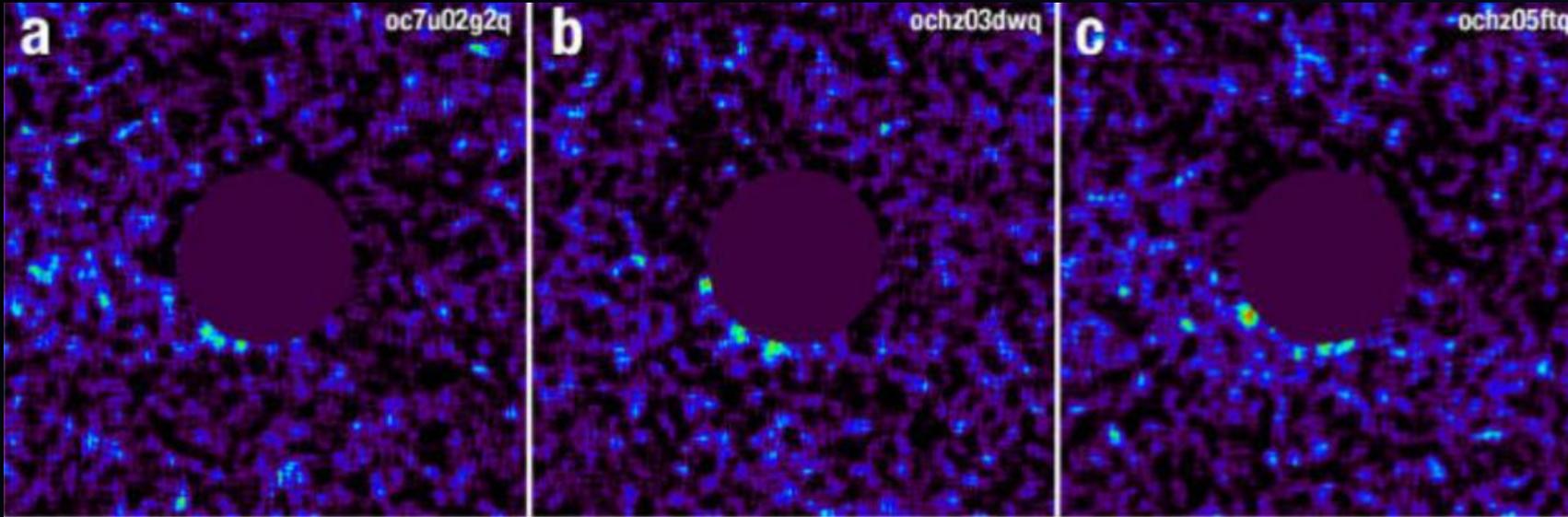
Планета (карликовая планета)	Диаметр, относительно	Масса, относительно	Орбитальный радиус, а. е.	Период обращения, земных лет	Сутки, относительно	Плотность, кг/м ³
Меркурий	0,382	0,055	0,38	0,241	58,6	5427
Венера	0,949	0,815	0,72	0,615	243 ^[130]	5243
Земля ^[131]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5515
Марс	0,53	0,107	1,52	1,88	1,03	3933
Церера	0,074	0,00015	2,76	4,6	0,378	2161
Юпитер	11,2	318	5,20	11,86	0,414	1326
Сатурн	9,41	95	9,54	29,46	0,426	687
Уран	3,98	14,6	19,22	84,01	0,718 ^[130]	1270
Нептун	3,81	17,2	30,06	164,79	0,671	1638
Плутон	0,186	0,0022	39,2 ^[132]	248,09	6,387 ^[130]	1860
Хаумеа	~0,11 ^[133]	0,00066	43 ^[132]	281,1	0,163	~2600
Макемаке	0,116	~0,0005 ^[134]	45,4 ^[132]	306,28	0,324	~1700 ^[135]
Эрида	0,182	0,0028	67,8 ^[132]	558,04	1,1	2520

Спутники планет

- Регулярные
- Иррегулярные
- «Особые» (Луна)



Водяные фонтаны на Европе

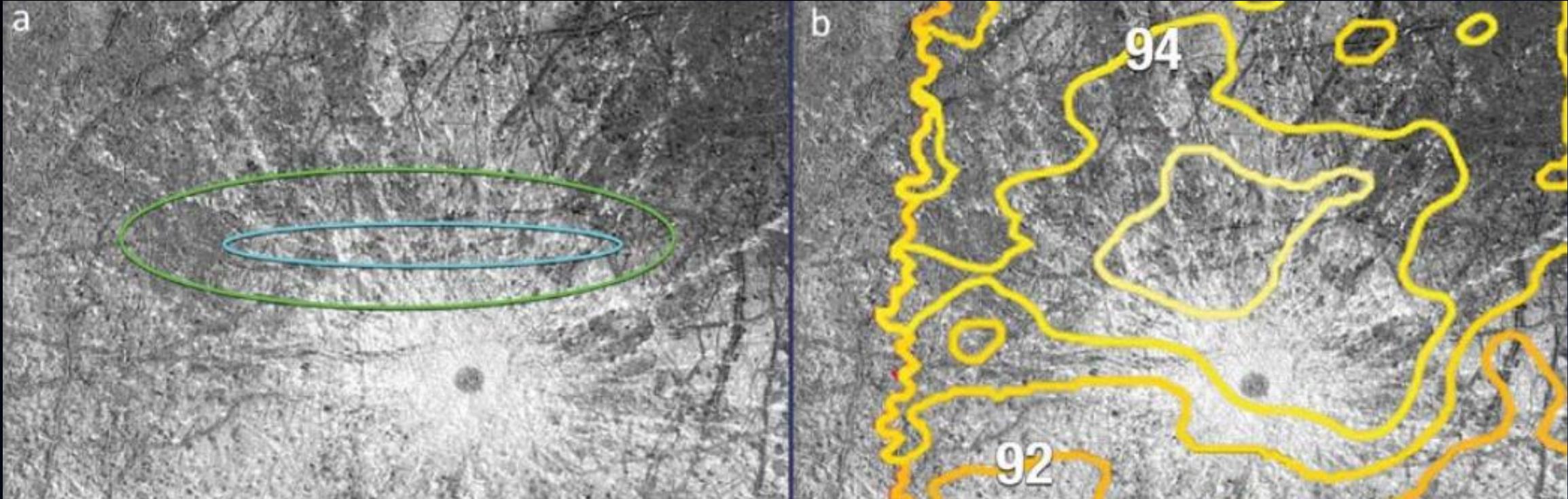


1609.08215

Еще в 2014 г. наблюдения на Хаббле позволили заподозрить наличие водяных выбросов на Европе. Новые данные, также полученные на КТХ, дают новые аргументы в пользу присутствия таких «фонтанов».

Данные получены во время прохождения Европы по диску Юпитера. Наблюдения велись в дальнем УФ. Результаты получены по поглощению излучения в выбросах.

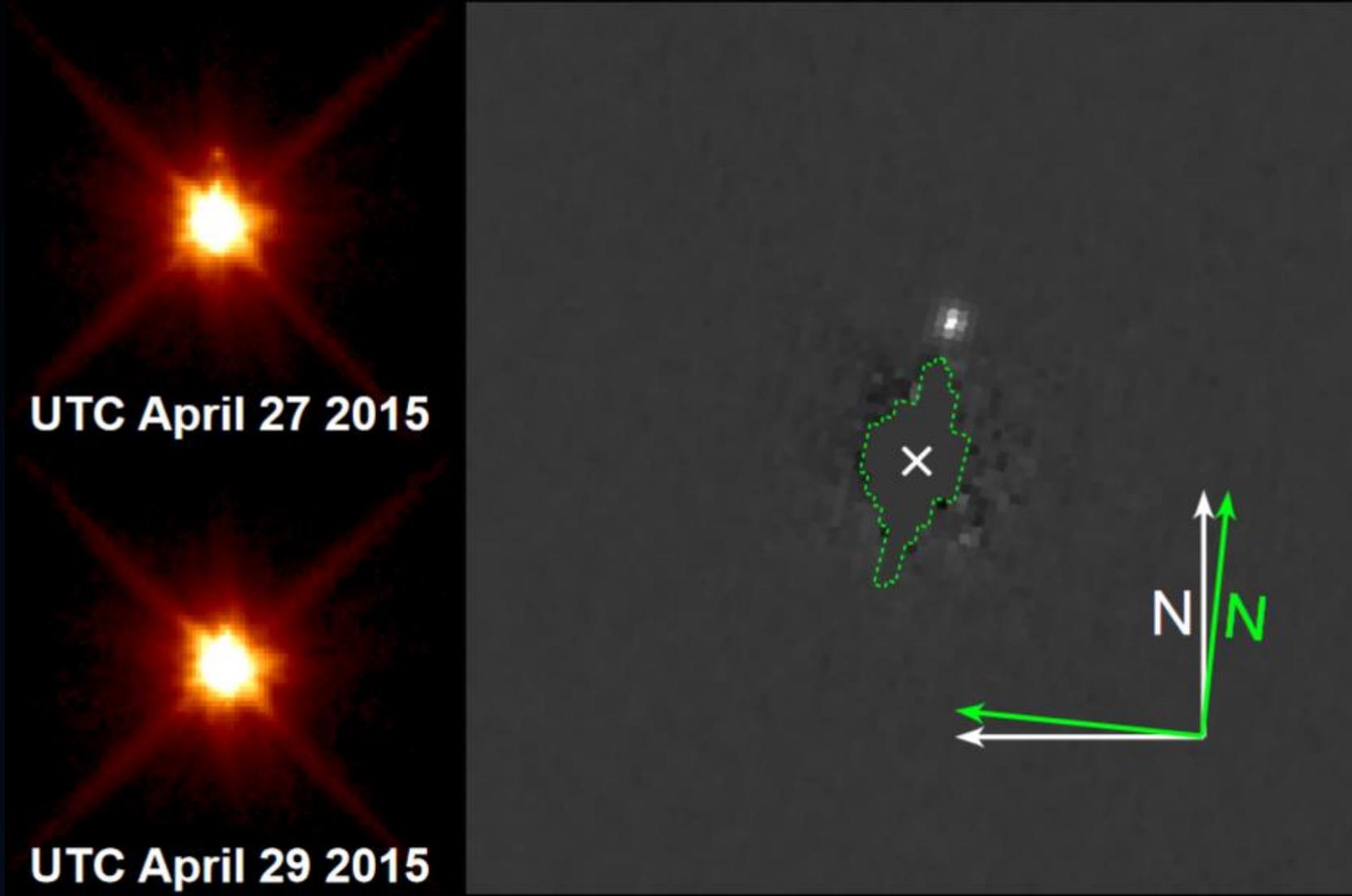
Криовулканизм на Европе



Наблюдения на Хаббле в феврале 2016 г.
Предыдущие – в марте 2014.

Спутник Макемаке

1604.07461



Теперь все четыре занептуновые карликовые планеты имеют спутники.

Астероиды

1-2 млн объектов
с размерами >1 км

Известно <1 млн

Диаметры <500 км

Суммарная масса
несколько % от
массы Луны



4 Vesta



21 Lutetia



253 Mathilde



243 Ida
(243) Ida 1 Dactyl



433 Eros



951 Gaspra



2867 Šteins



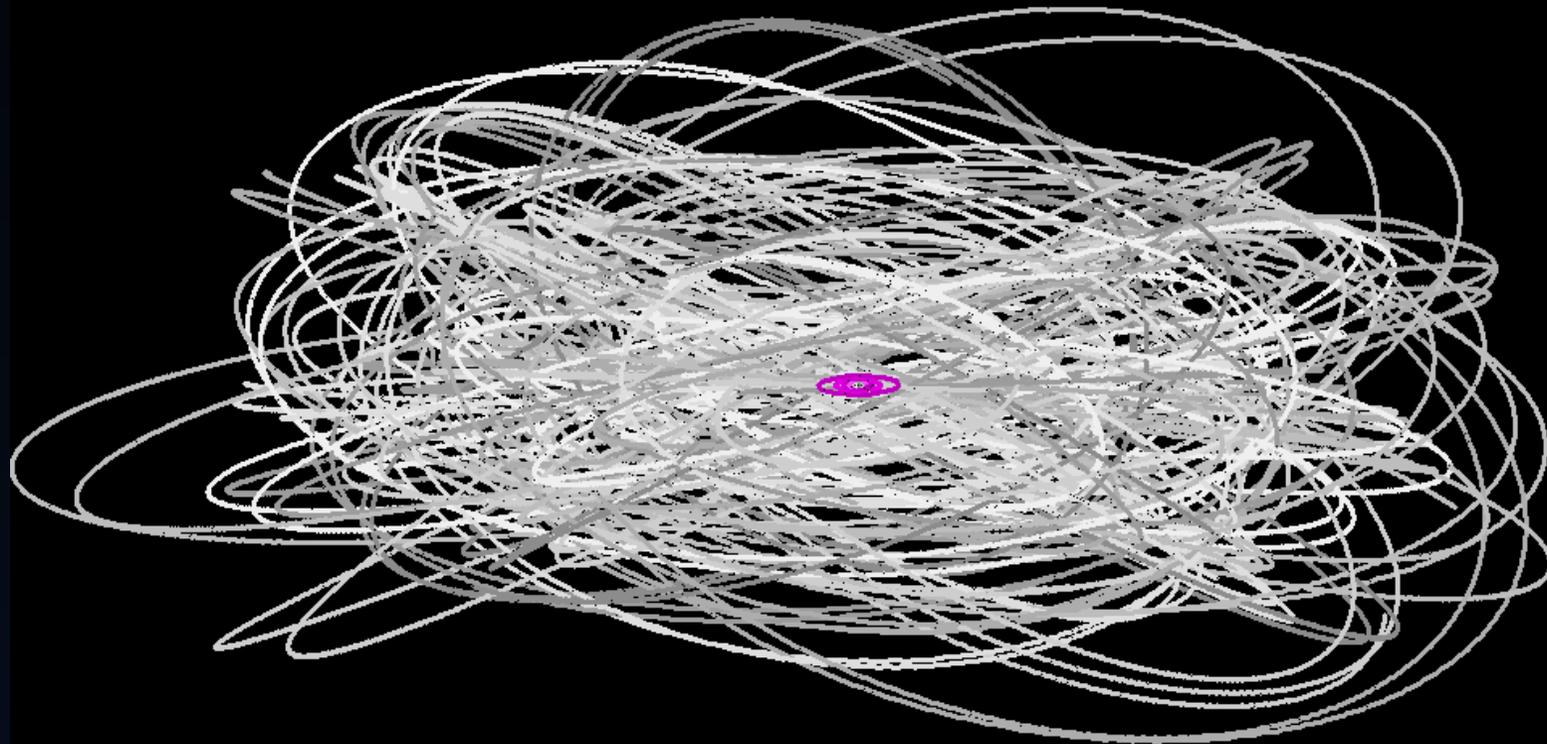
25143 Itokawa

Эффект Лидова-Козаи

У орбиты могут одновременно меняться наклонение эксцентриситет.

Эффект связан с воздействием тела, находящегося на внешней орбите.

$$e_{\max} \approx \sqrt{1 - (5/3) \cos^2 i_0}$$

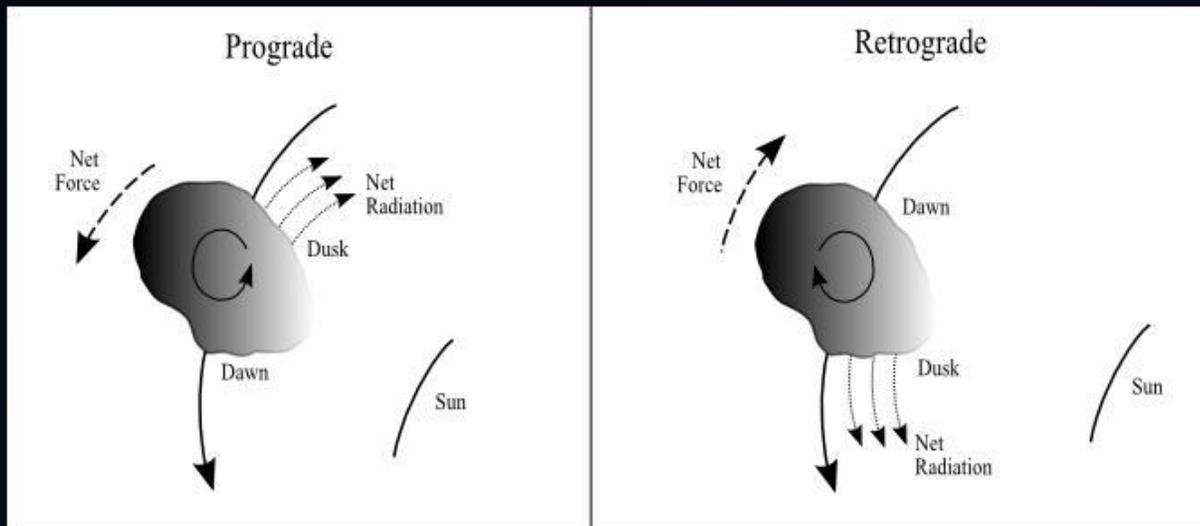
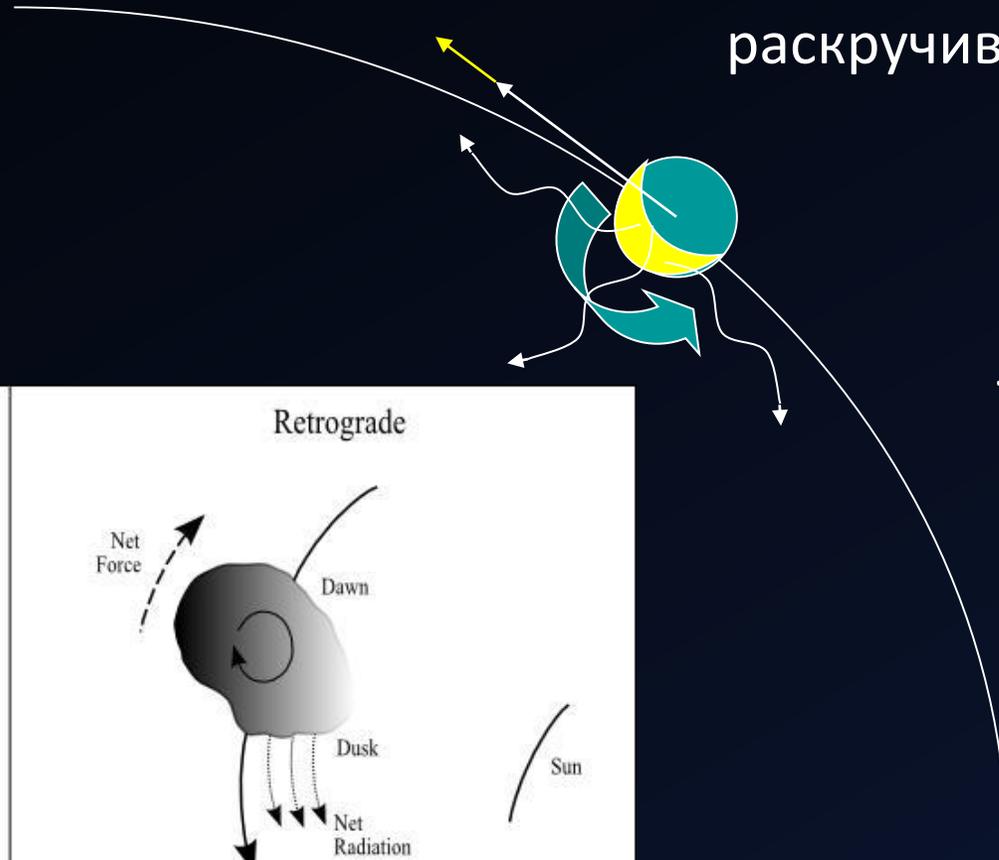


Эффект был впервые описан Михаилом Лидовым для спутников в 1961 г., а затем в 1962 г. был описан Козаи для астероидов.

Эффект Ярковского

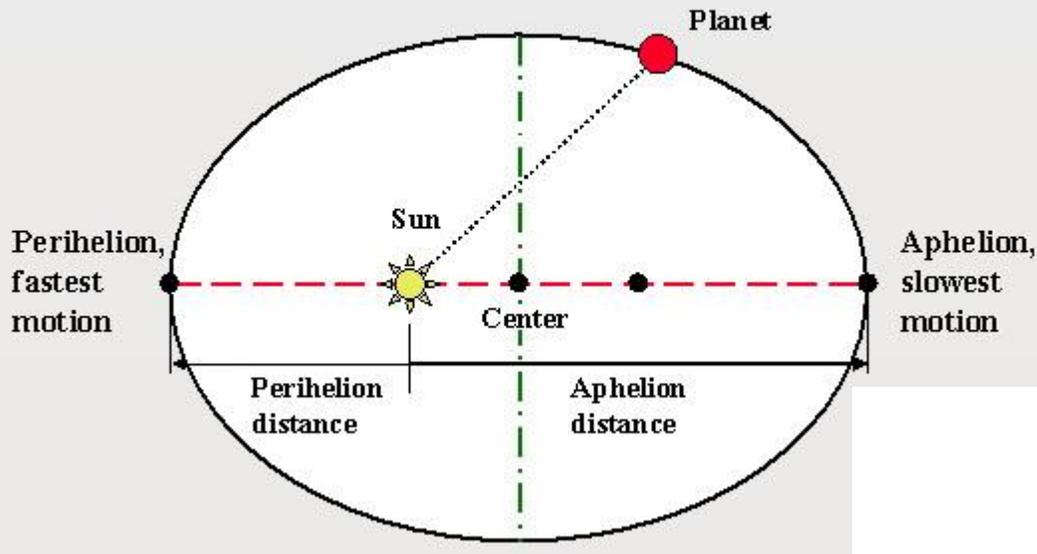
При таком вращении горячая часть будет разгонять объект. Т.е., орбита будет раскручивающейся спиралью.

При обратном вращении тело будет тормозиться и приближаться к звезде.

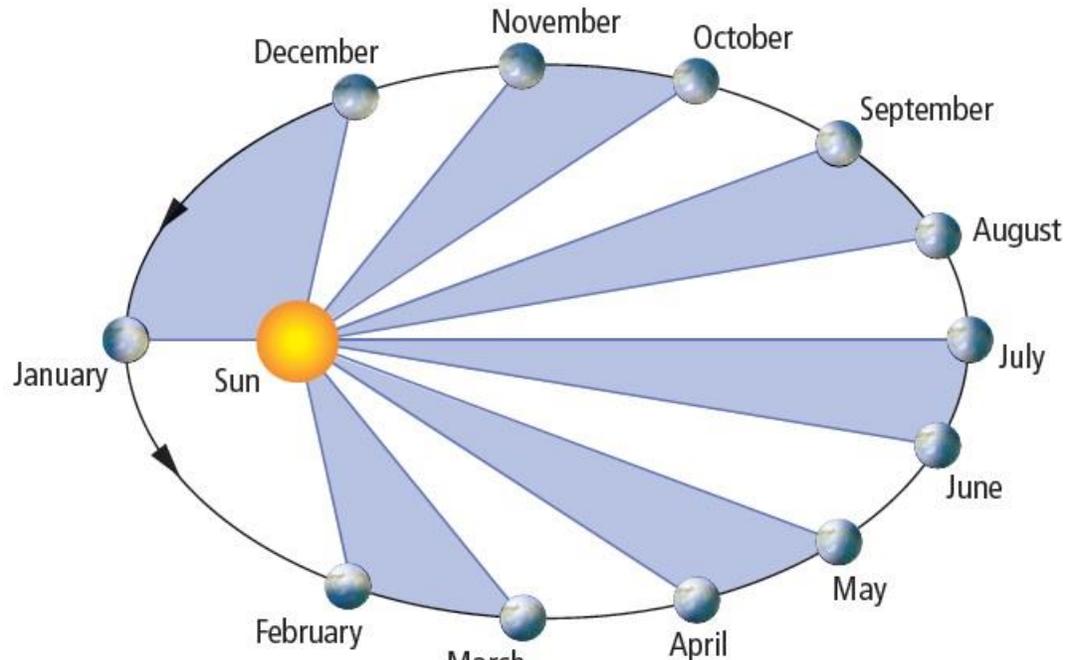


Законы Кеплера

Kepler's 1st Law



- Эллиптические орбиты
- Закон площадей
- Квадраты периодов vs. Кубы полуосей



Derivation of Kepler's 3rd Law

Learn This!!

When something is in orbit, Centripetal Force is caused by Gravitational Force.

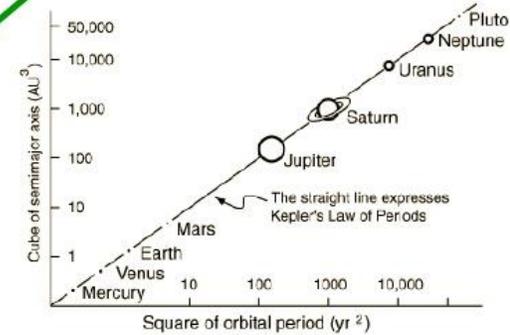
$$\frac{mv^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2} + v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r = G \frac{Mm}{r^2}$$

$$T^2 \propto r^3$$

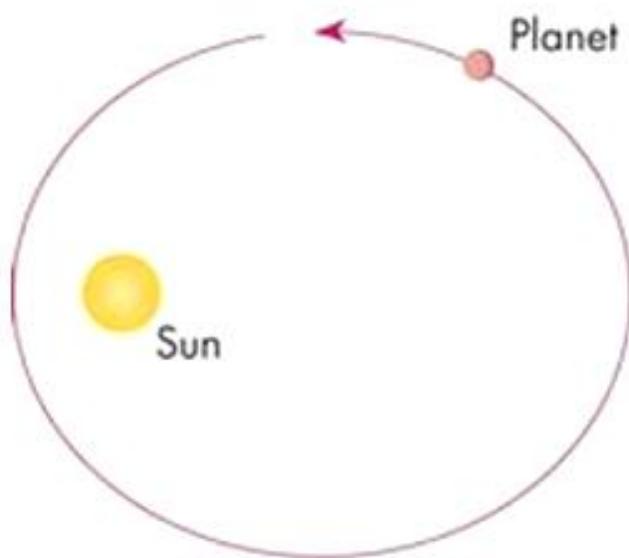
$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

The 3rd Law: The square of the orbital period of a planet is directly proportional to the cube of the semi-major axis of its orbit



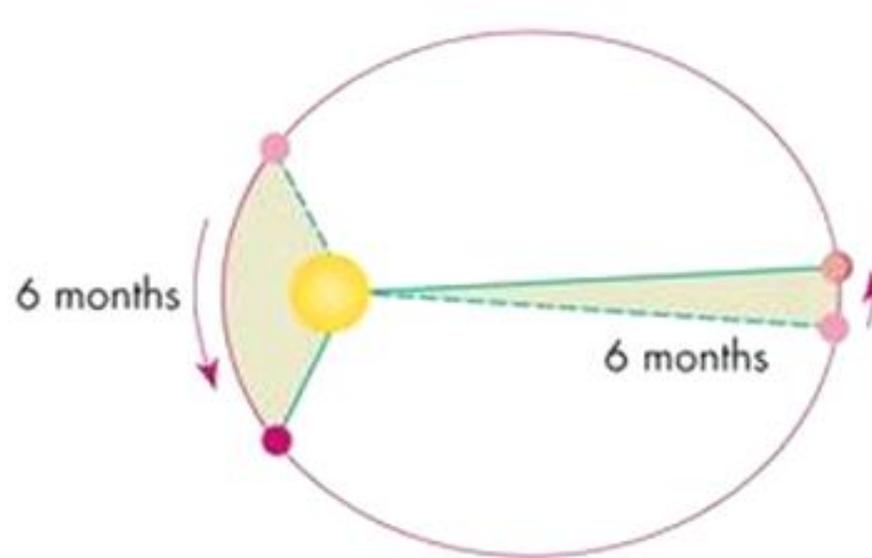
- Движение по эллипсам, в одном из фокусов – Солнце.
- Закон площадей: движение быстрее в перигелии.
- Квадраты периодов относятся как кубы больших полуосей.

Kepler's 3 Laws of Planetary Motion



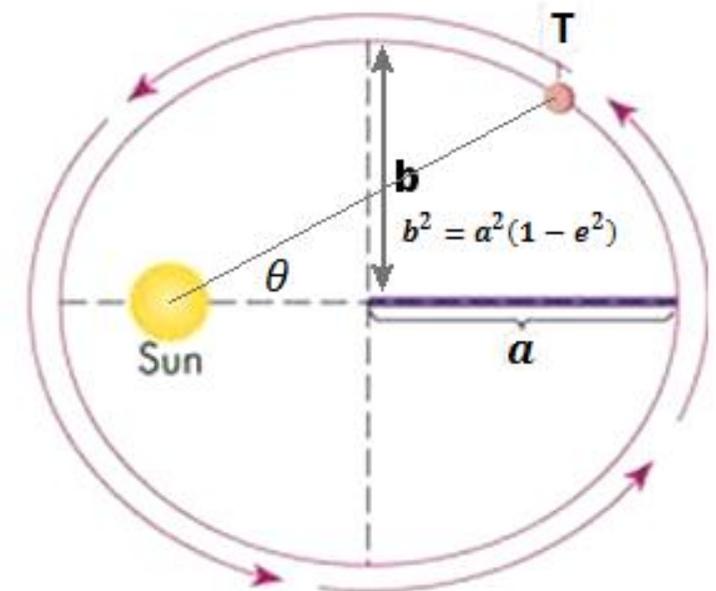
(1)

The orbits are ellipses



(2)

Equal areas in equal time



(3)

$T^2 \propto a^3$ T = time to complete orbit
 a = semi-major axis

Уточнение третьего закона Кеплера

$$P^2 = \left[\frac{4\pi^2}{G(M+m)} \right] a^3$$

Если не пренебрегаем массой более легкого тела, то закон слегка меняется.

Пример: слияние черных дыр

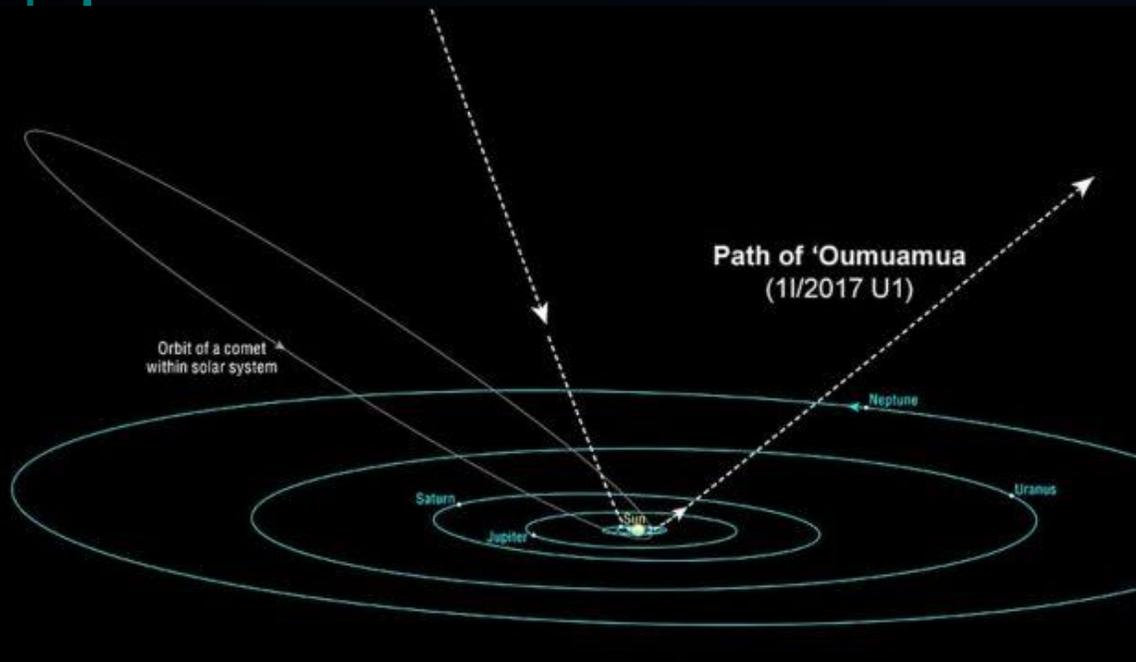
$R=2.95 \text{ км (M/M}_{\text{solar}})$

$\Omega^2=(2\pi/T)^2=GM/a^3$, $a=a_1+a_2$, $M=M_1+M_2$

Частота излучения = $2/T$

Длина волны = $cT/2$

Оумуамуа – первый межзвездный

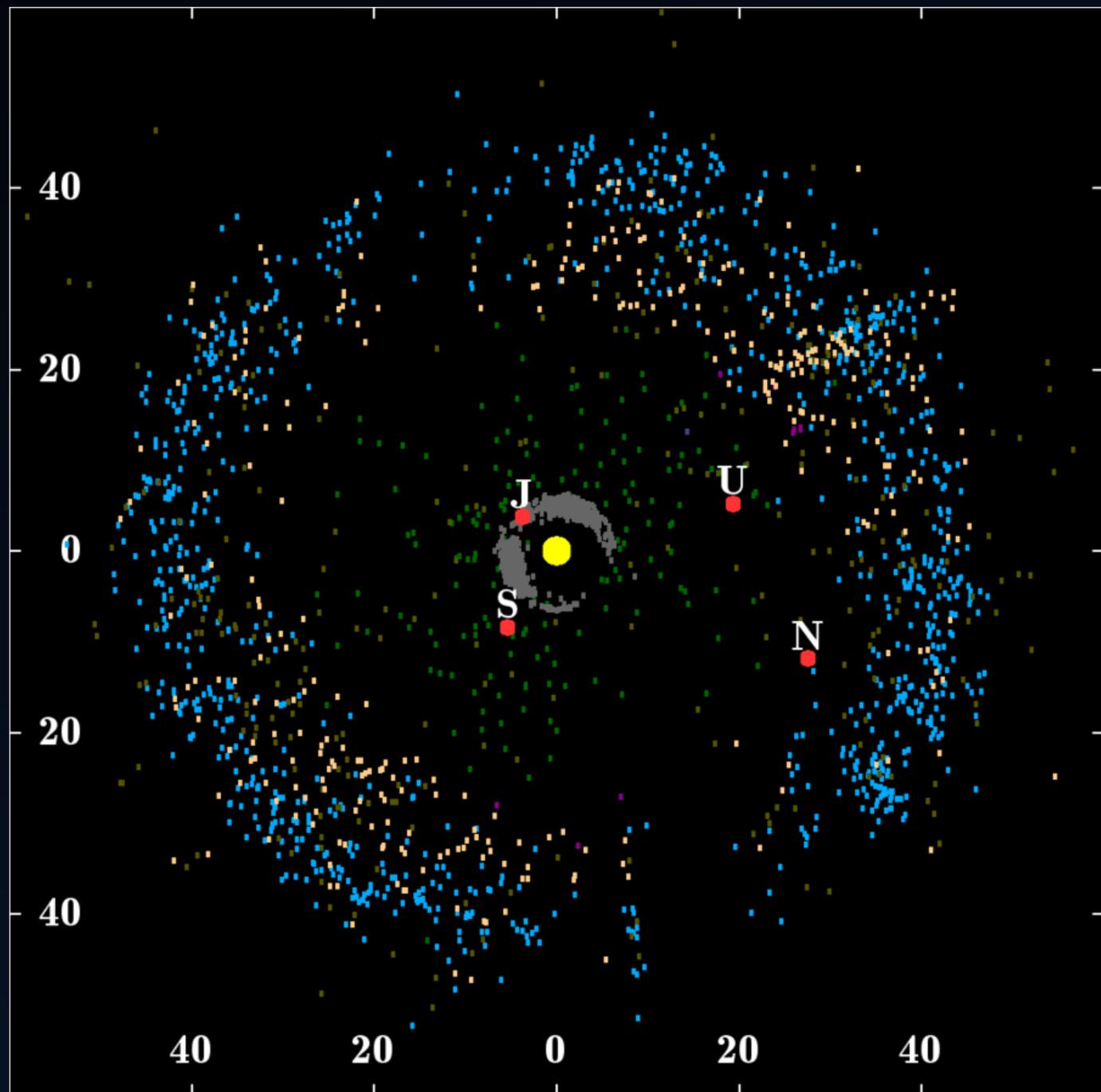


Пояс Койпера

На расстоянии 40-50 а.е.
располагается большая
группа тел, имеющих
орбиты с низким
эксцентриситетом < 0.2

Первый объект открыт
в 1992 г.

Суммарная масса
около 0.001 земной.

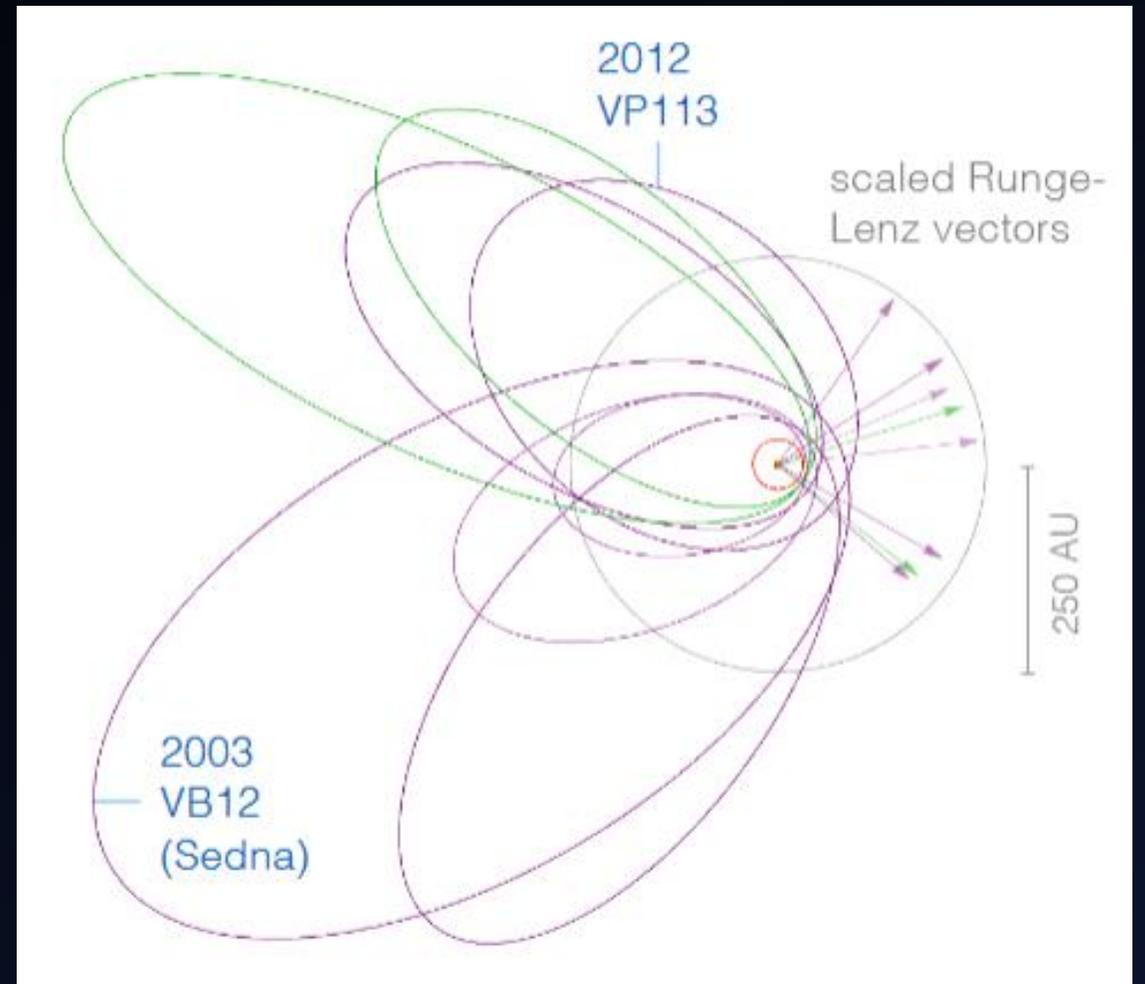
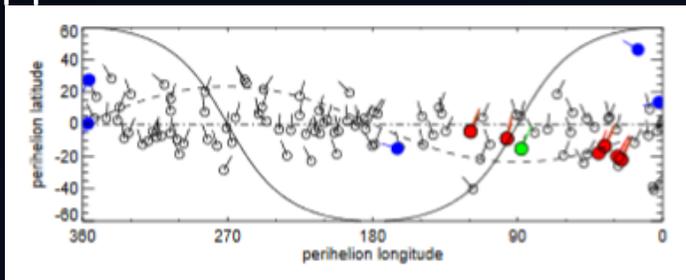


Девятая планета

В течение нескольких лет накапливаются данные, которые свидетельствуют в пользу того, что в Солнечной системе может быть еще одна массивная планета.

В январе 2016 г. появилась работа Батыгина и Брауна, которая вывела обсуждение на новый уровень.

Начались активные поиски девятой планеты.

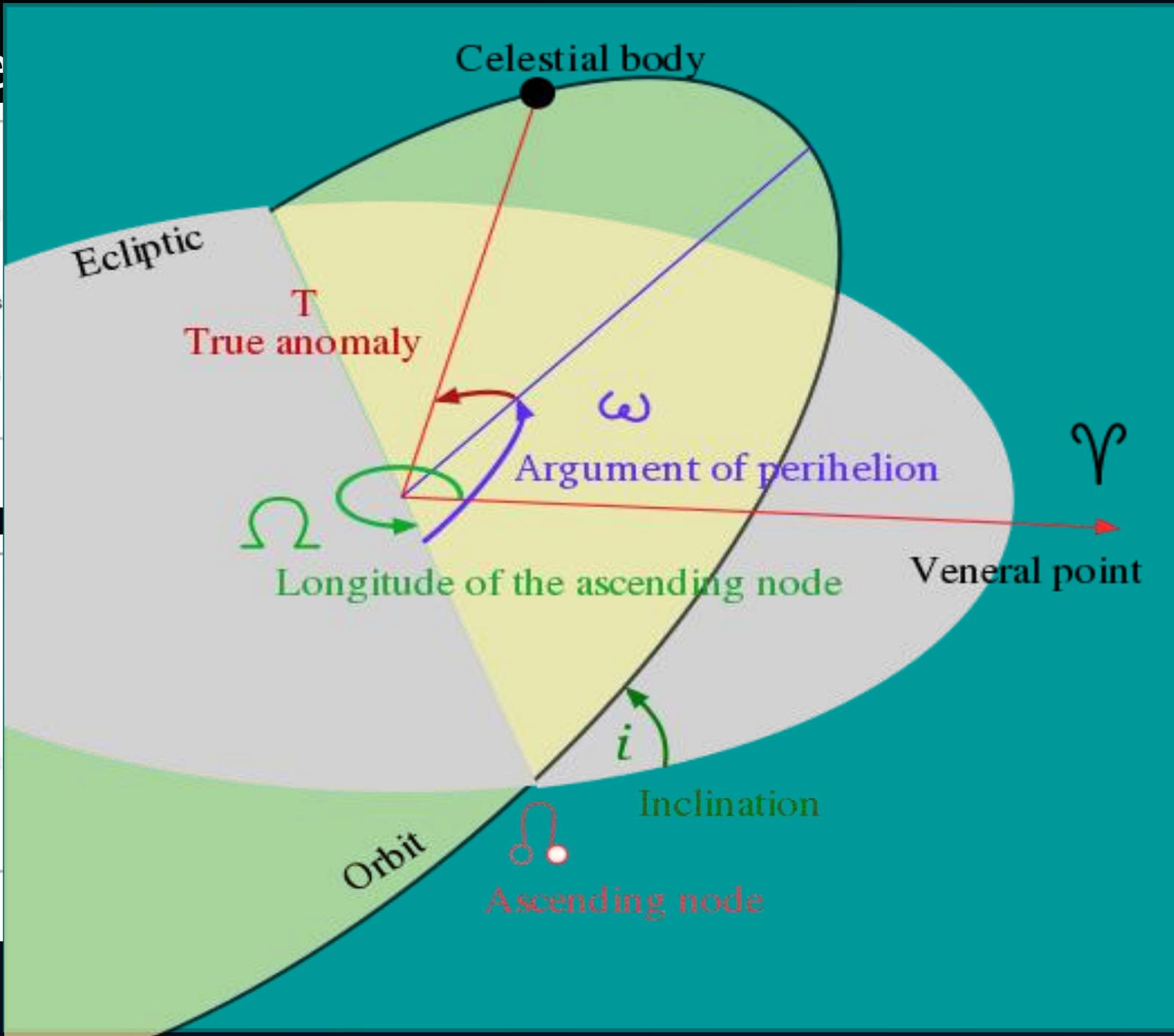
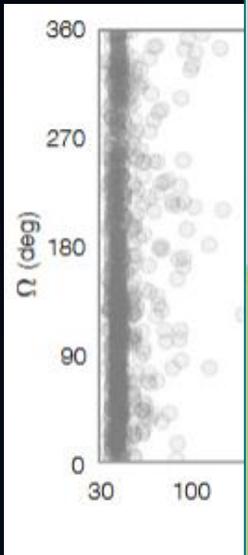
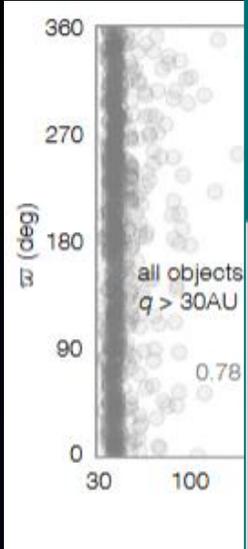


Орбиты далеких малых тел оказываются особым способом «выстроены». Чтобы объяснить это можно привлечь гипотезу о существовании планеты с массой в несколько земных и >10 раз дальше Плутона.

Кластеры

планеты

1601.05438

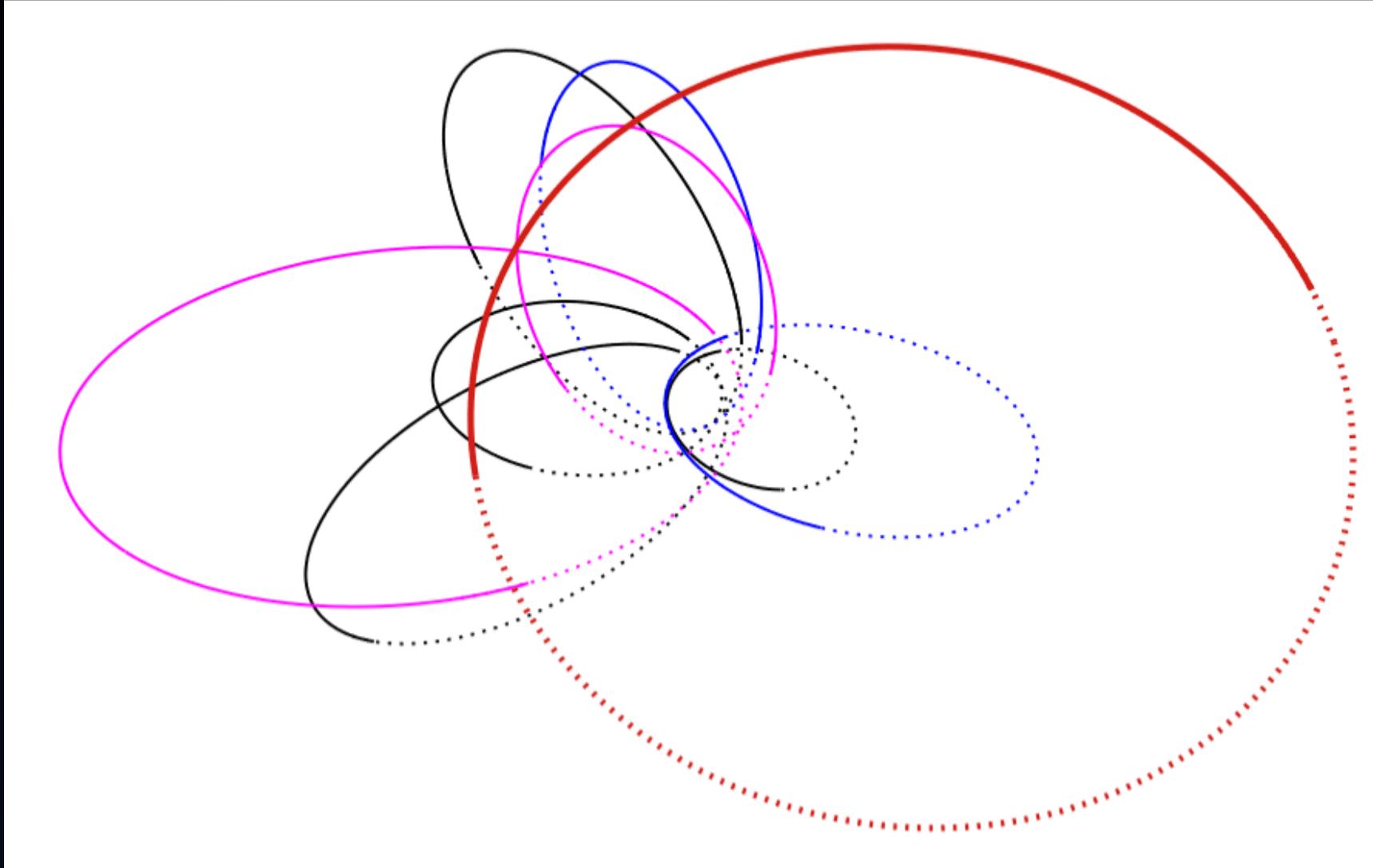


ая с Седны,
и.

дения
а.

ИТЬ
нет или
лнца.

Новые открытия

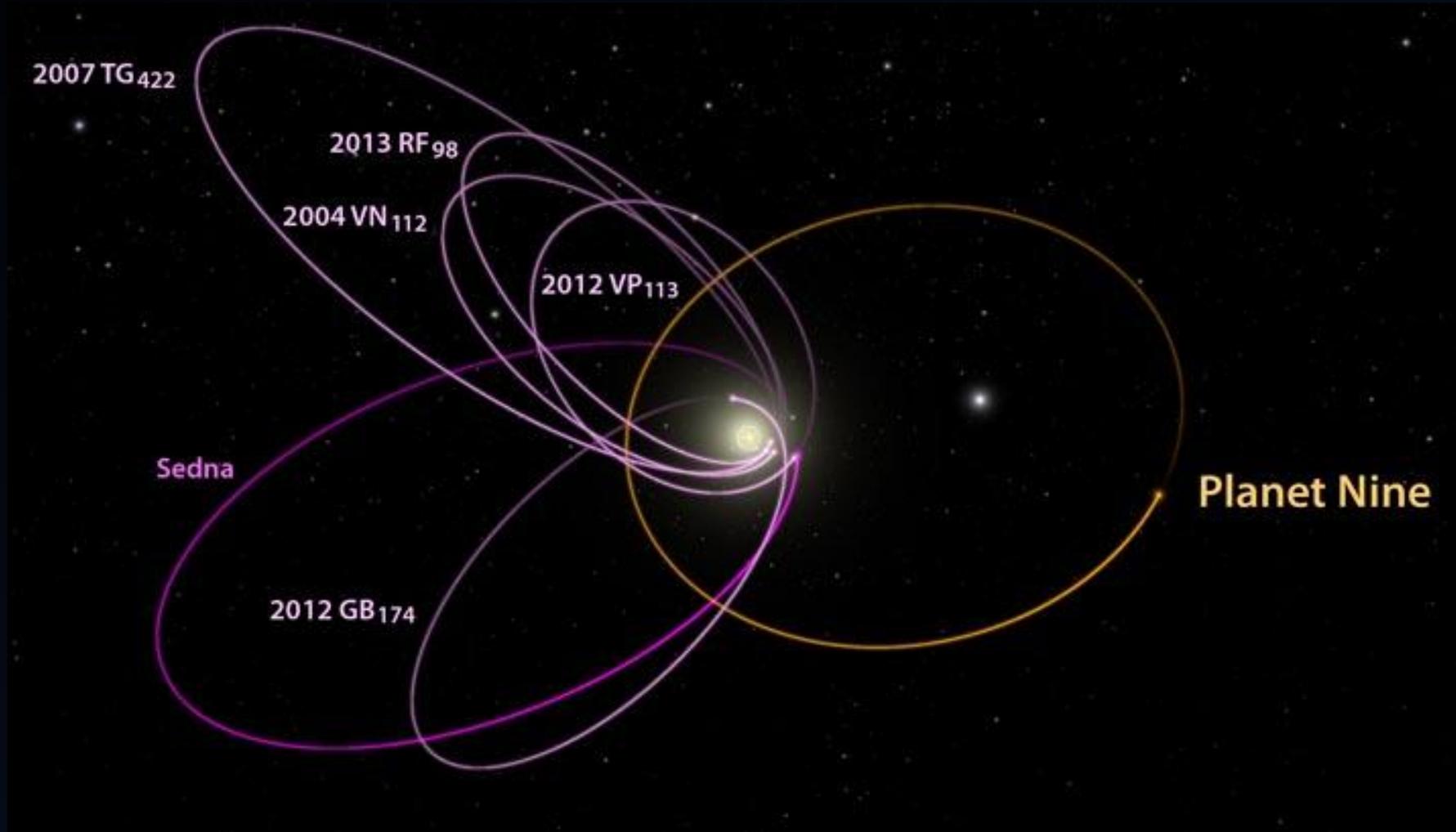


1608.08772

В 2016 г. были сделаны новые открытия, подтверждающие модель с девятой планетой.

«Будем искать....»

skyandtelescope.com

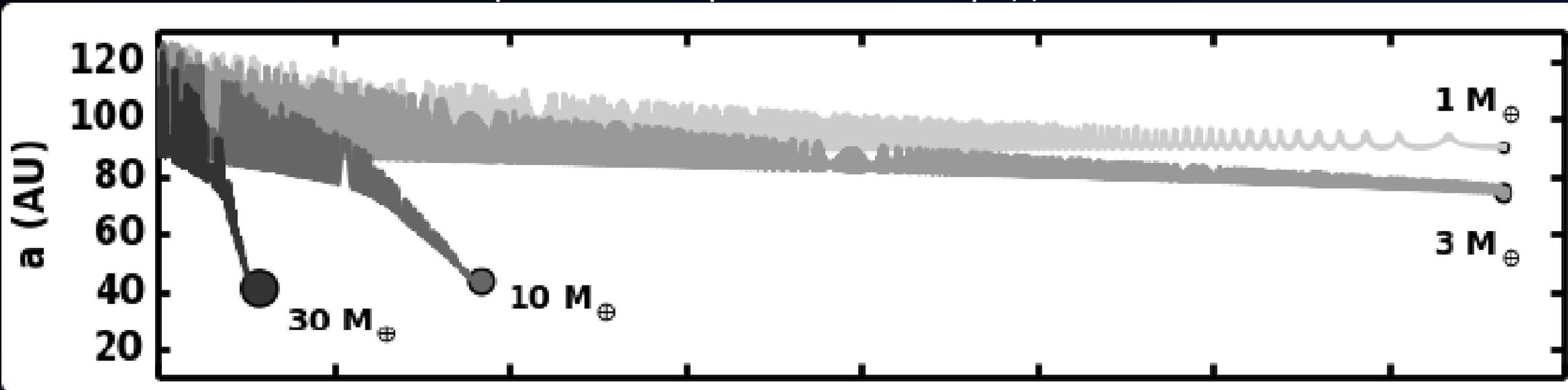


Моделирование показывает, что сейчас «девятая планета» может находиться вблизи афелия своей орбиты. Поэтому обнаружить ее нелегко.

Судьба рассеянных планет

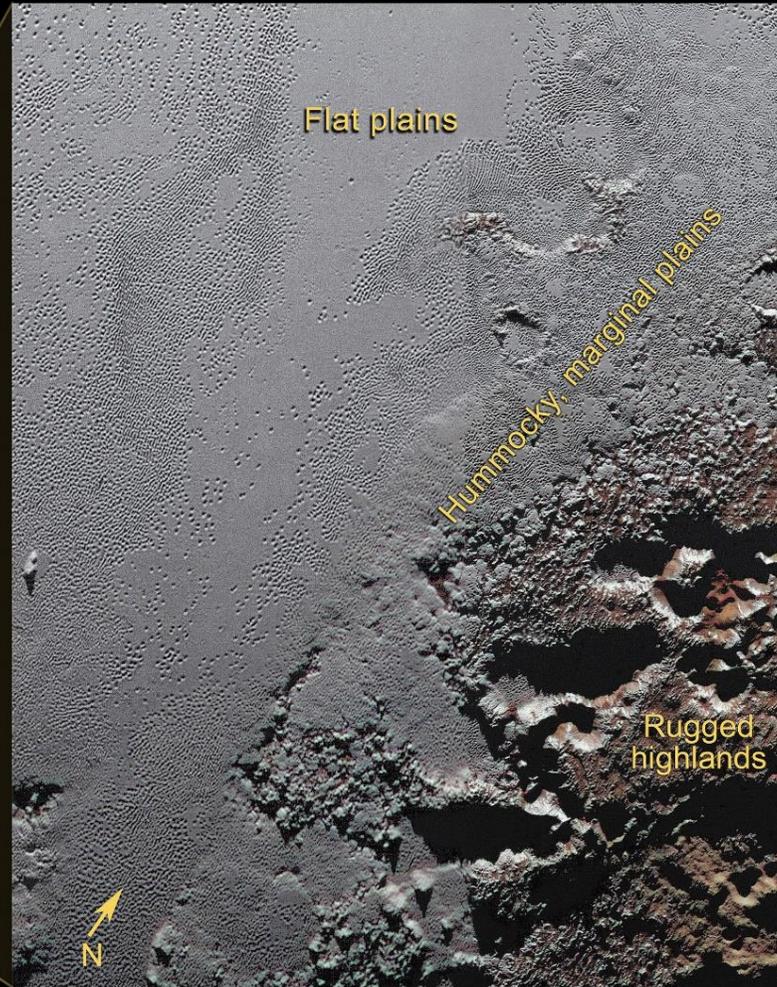
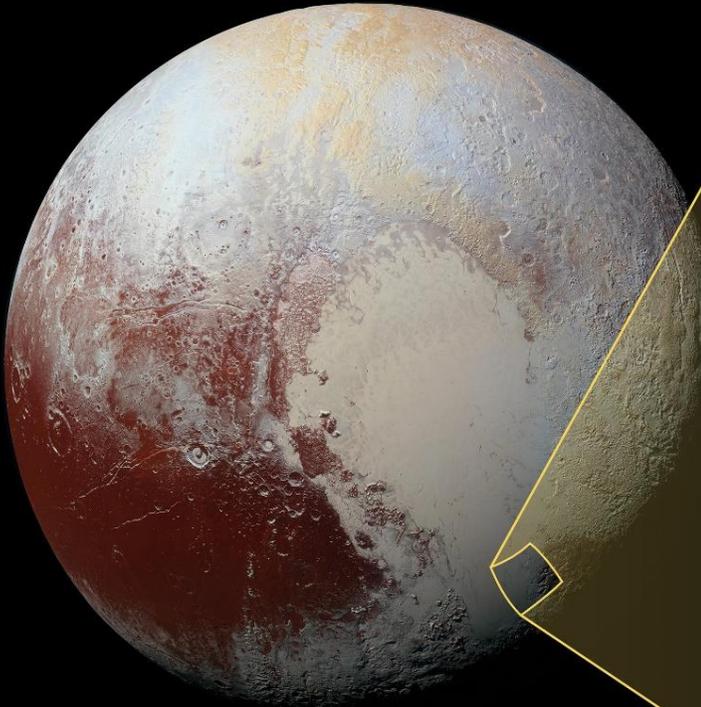
Взаимодействие тел в протопланетном диске может приводить к выбрасыванию на далекие внешние орбиты достаточно крупных тел. Орбиты самых массивных рассеянных тел быстро становятся круглыми. А вот легкие могут оставаться на вытянутых орбитах.

Авторы полагают, что даже в Солнечной системе может быть сверхземля на расстоянии порядка 300 а.е.



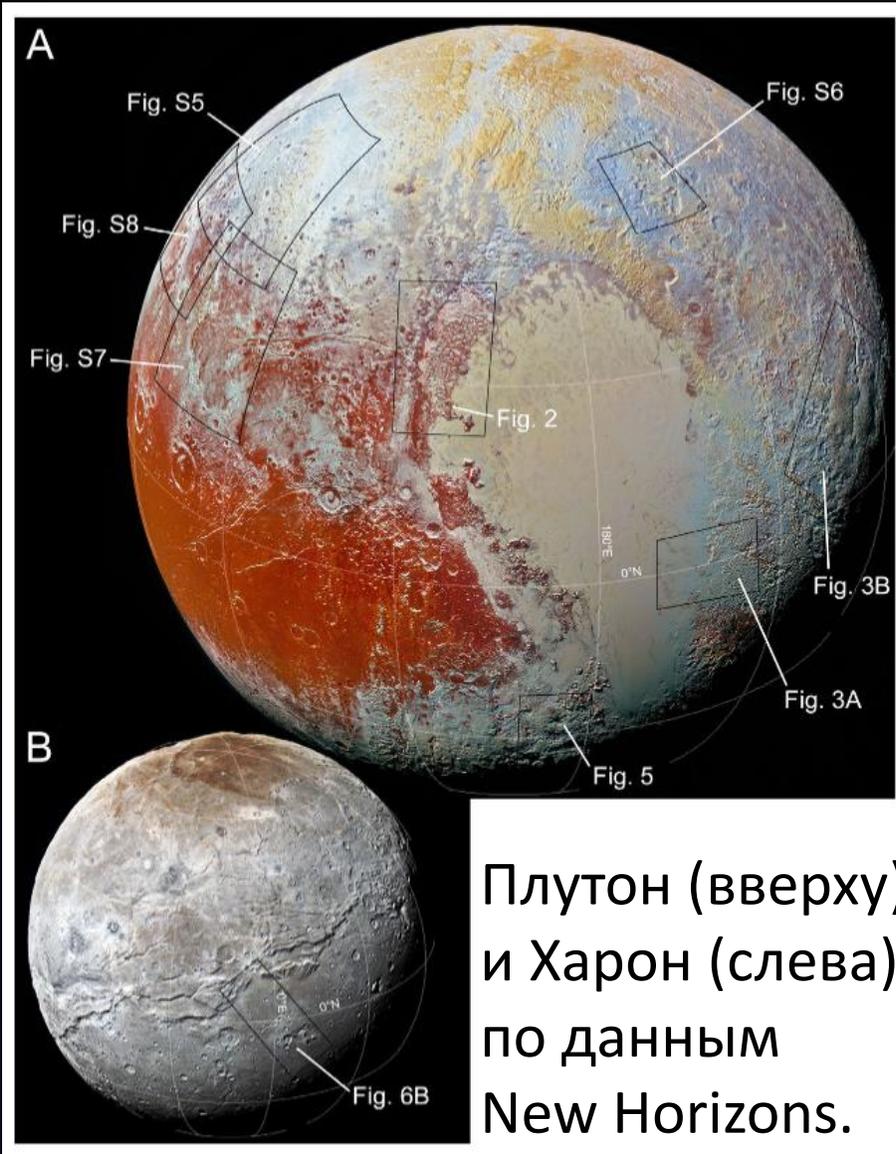
New Horizons

www.nasa.gov



Первые подробные снимки поверхности Плутона и его спутников.

Подробные карты Плутона и Харона



Плутон (вверху)
и Харон (слева)
по данным
New Horizons.

Удалось изучить разные типы участков поверхности.

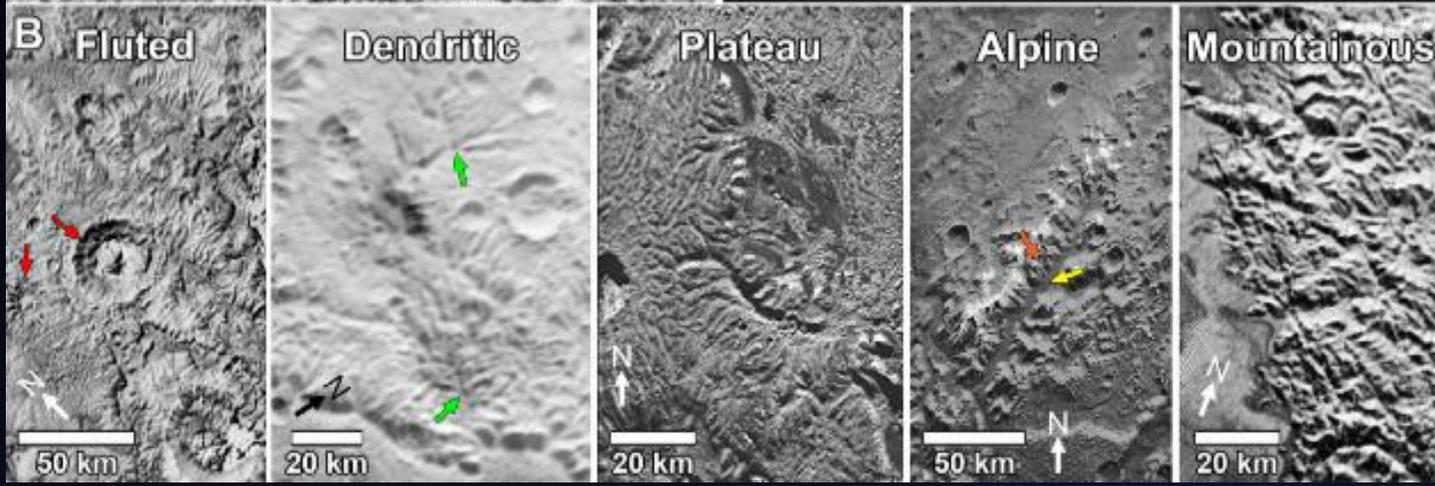
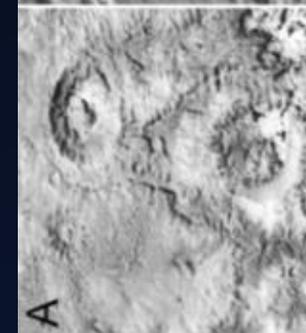
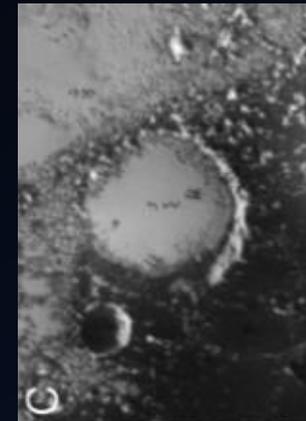
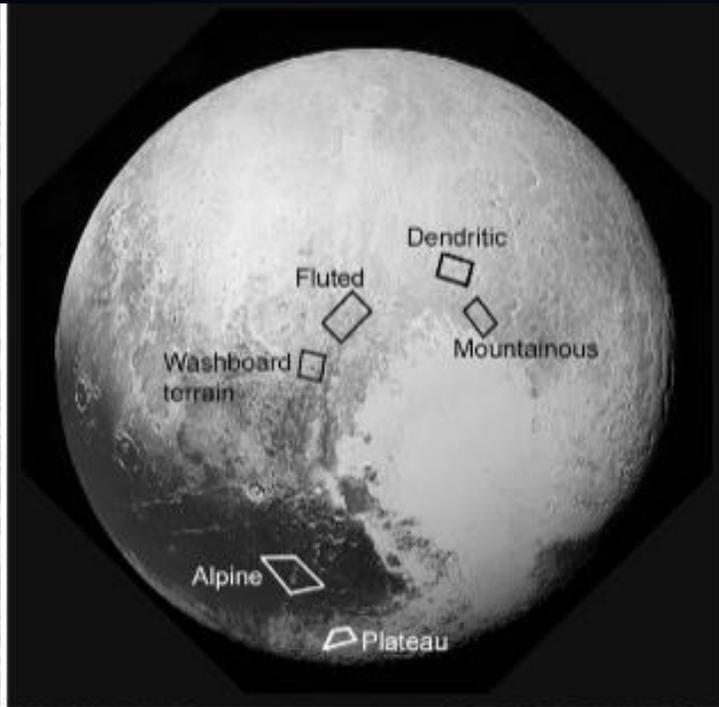
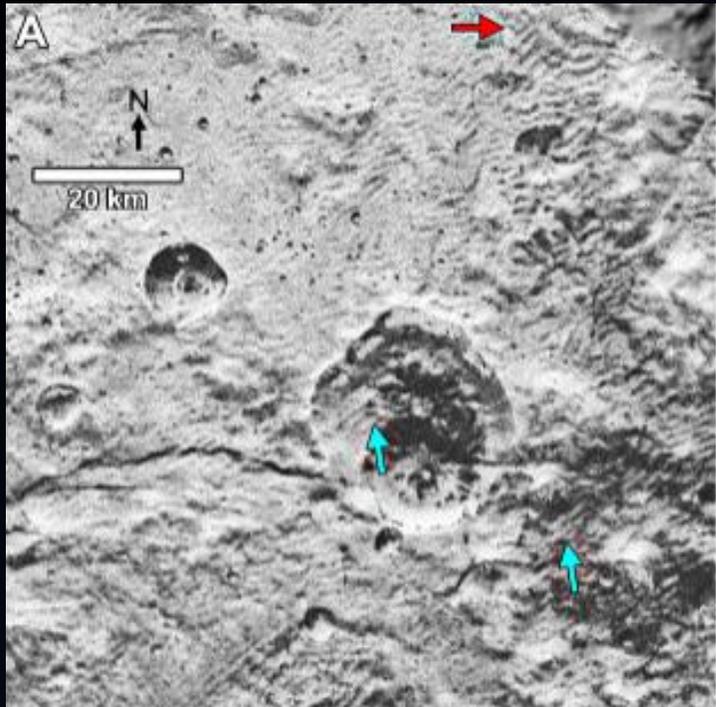
В некоторых случаях разрешение было лучше чем 100 метров на пиксел.

Столь детальные снимки позволяют делать выводы об истории формирования различных структур на поверхности и об их составе.

Обнаружены сложные структуры, в том числе относительно молодые. Т.е., Плутон – не такой «мертвый» мир, как полагали ранее.

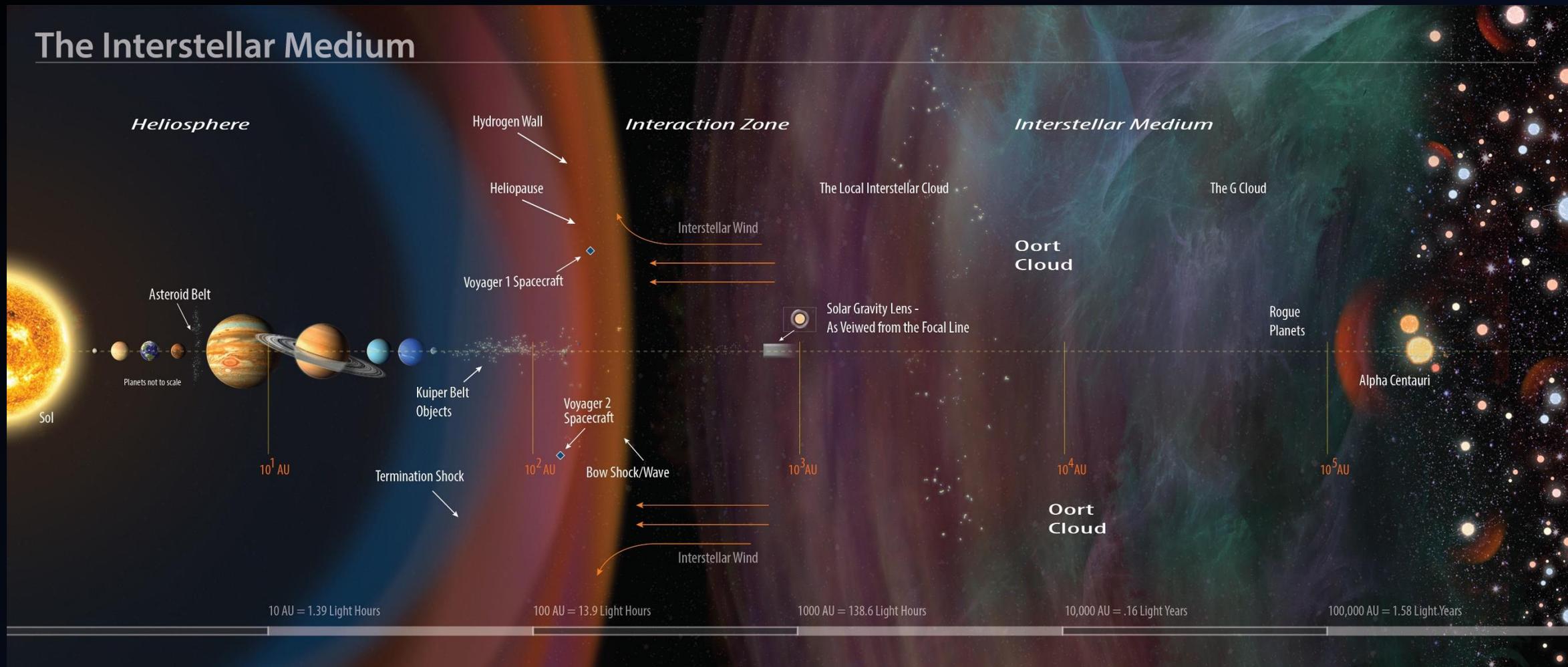
На Sputnik Planum нет кратеров, что говорит об очень молодом возрасте этой области (<10 млн лет).

Богатая география и геология



1604.05702

Межпланетная среда и гелиосфера

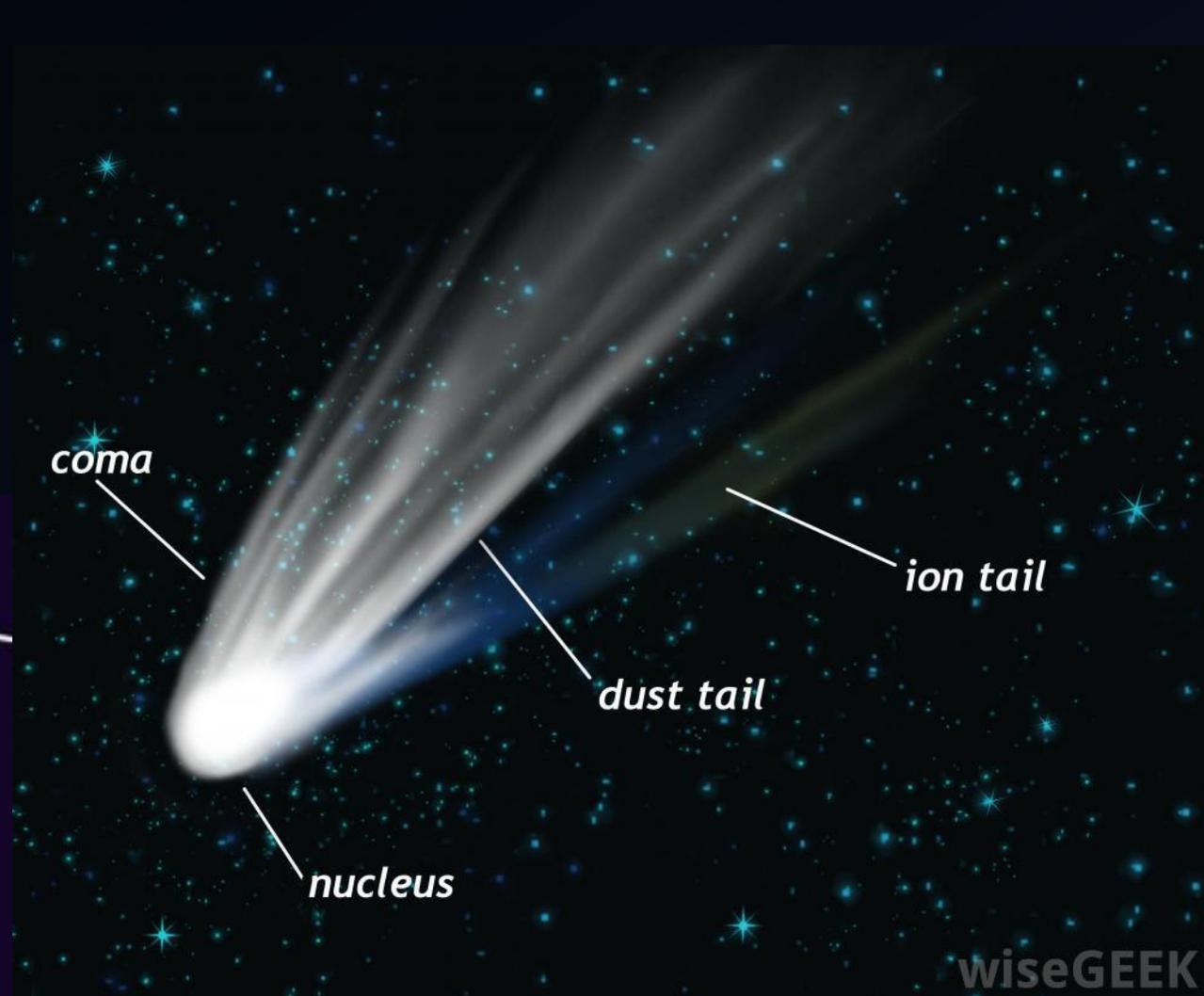
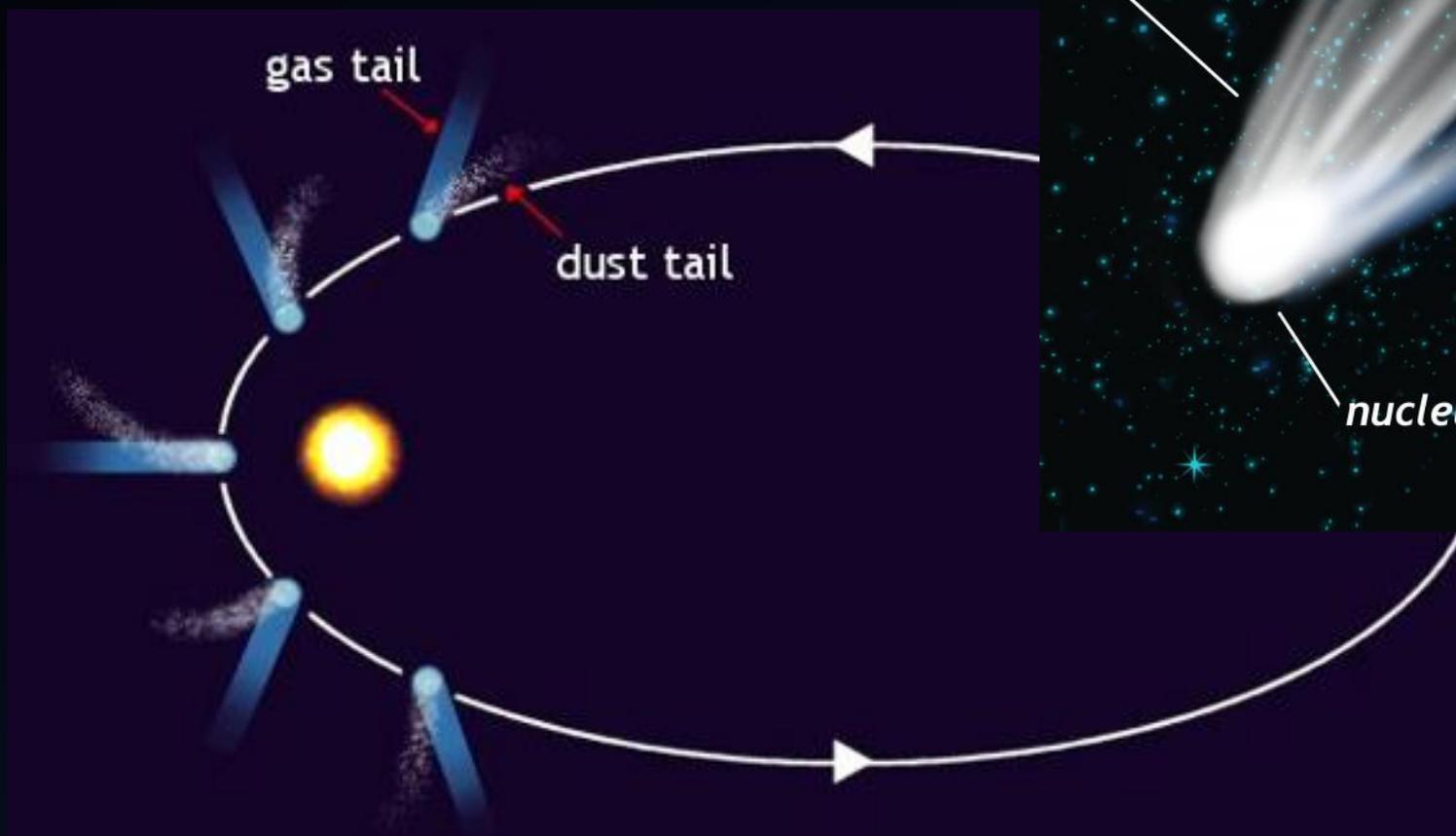


Важным компонентом Солнечной системы является межпланетная среда. Во многом ее свойства определяются потоком вещества от Солнца. Но также важны пыль и галактические космические лучи.

КОМЕТЫ

Типичные массы 10^{16} - 10^{18} г.

В составе много летучих веществ в виде льдов.

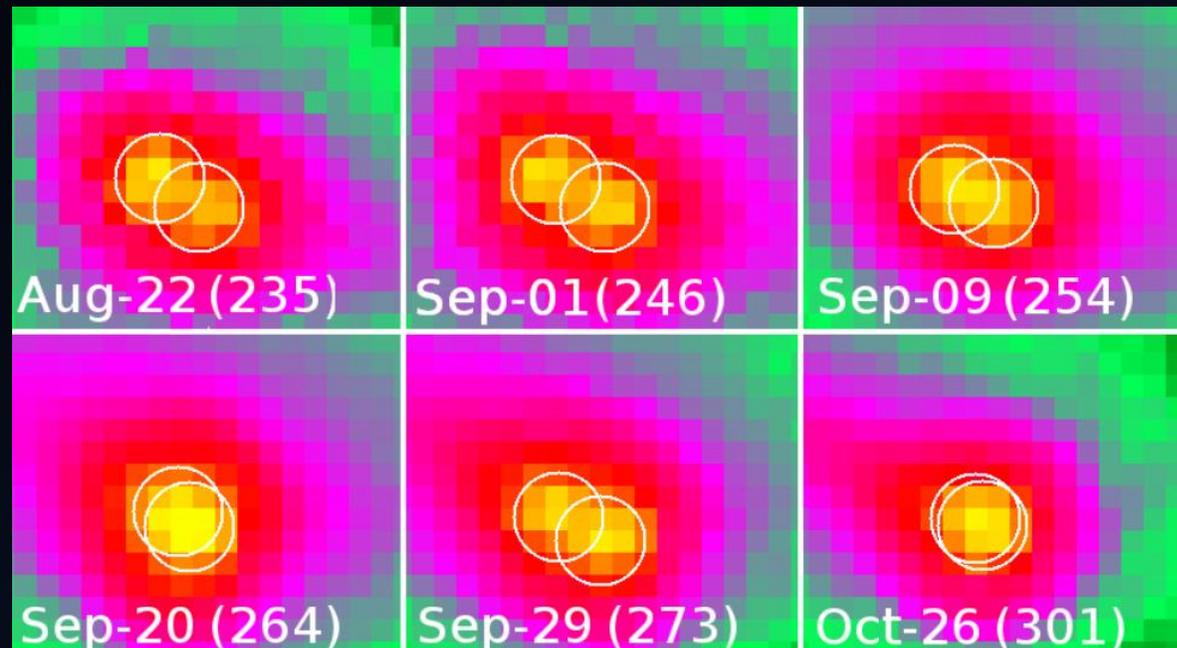


Ядро имеет размер
около неск. Км
Голова – до млн,
ХВОСТ – до сотни млн

Двойная комета Главного пояса

288P (300163)

Большой эксцентриситет двойной $e > 0.6$
Орбитальный период 100-175 дней.
Расстояние между телами ~ 100 км.



Очень нетипичный двойной астероид.
Значит, особый механизм формирования

Возможно, активность астероида
запущена столкновением с телом
размером около метра.

Эволюция орбиты двойной может
быть связана с истечением вещества.

Он же 288P, он же 300163,
он же 2006 VW₁₃₉, он же P/2006 VW₁₃₉

Открыт Spacewatch в 2006 г.

Кометная активность открыта
в 2011 г. на Pan-STARRS.

Размеры компонент 1-2 км.

Aug. 22, 2016

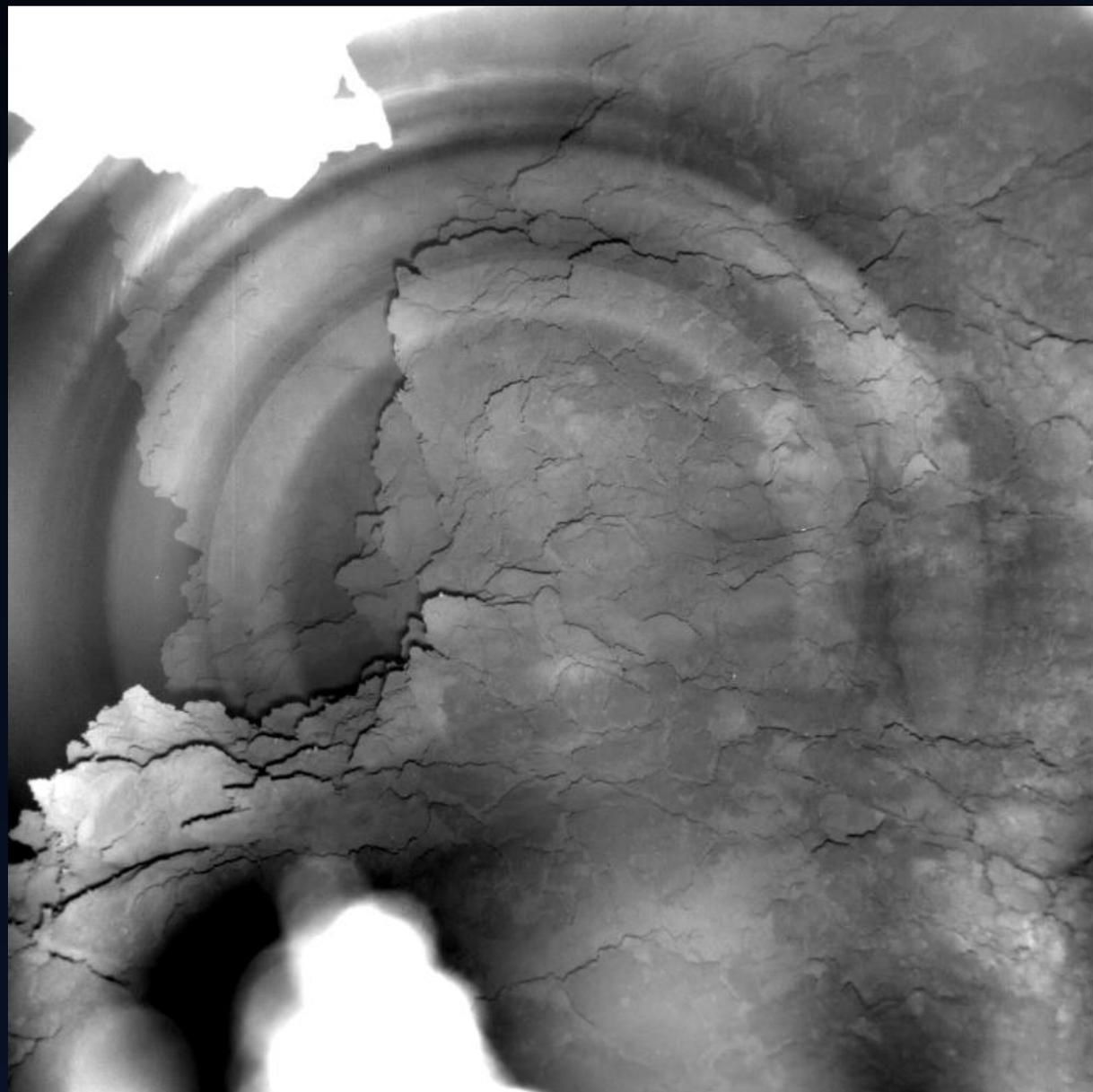
Последний кадр ROLIS

После окончательного «упокоения» камера ROLIS на борту зонда Philae сделала 5 снимков.

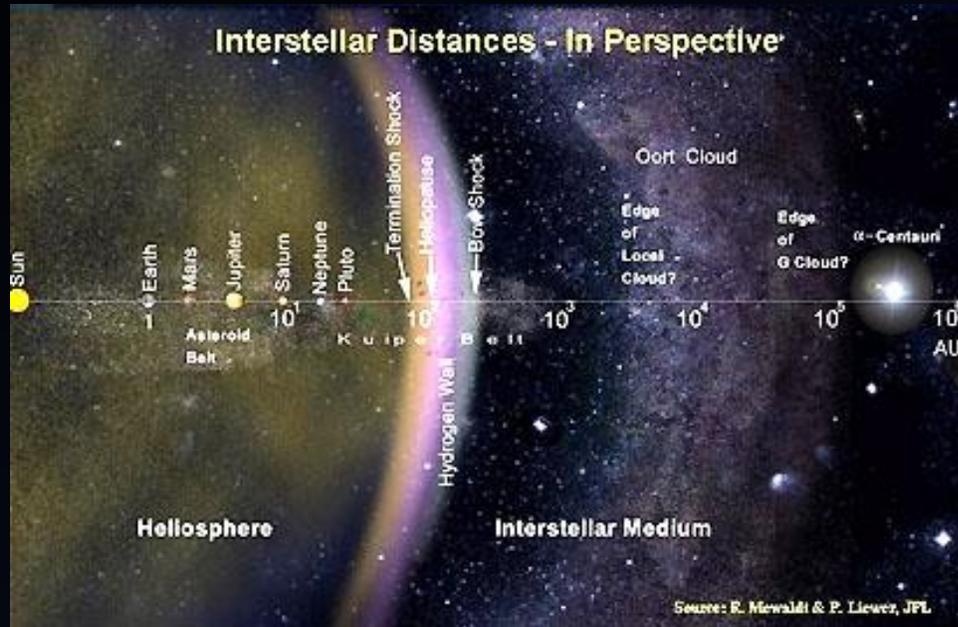
Из них 4 – с подсветкой светодиодами.

Наконец, через два земных дня на поверхности был сделан последний снимок.

Его передача закончилась за секунды до исчерпания запасов батарей.



Облако Оорта



Современная масса облака Оорта составляет примерно 1-10 масс Земли. Эти объекты родились гораздо ближе к Солнцу: на $<(40-50)$ а.е. Они были выброшены оттуда благодаря взаимодействию с массивными телами.

