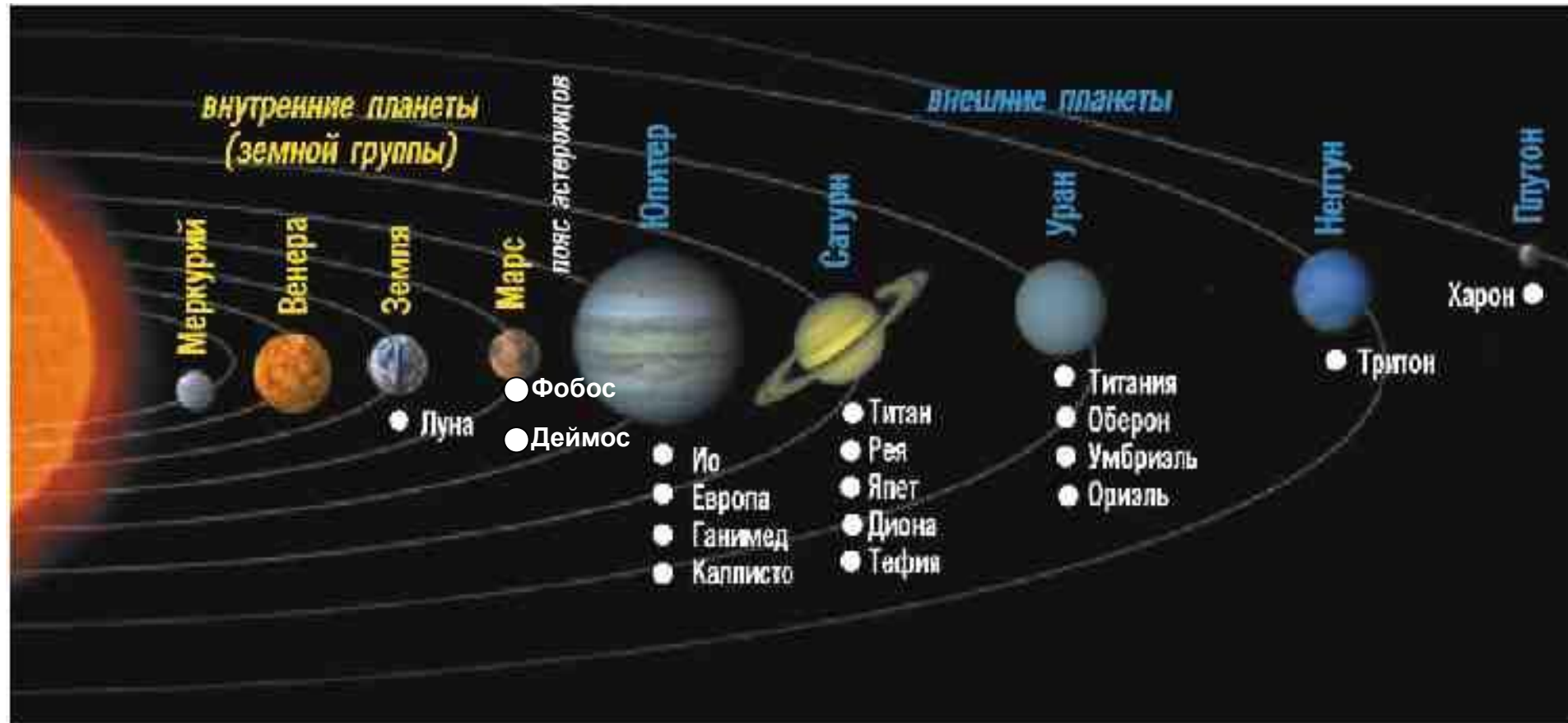


**Земля – планета
Солнечной системы**

Солнечная система до 2006 г



Солнце – 99,866% массы Солнечной системы

Планеты – 98% момента количества движения (mvr)

Астрономические расстояния

1 а.е. астрономическая единица – 150 млн км
(149 597 870,66 км)
– среднее расстояние от Земли до Солнца

1 световой год – расстояние, которое свет проходит за 1 год в вакууме - 9 460 730 472 580 800 метр или 63 241,1 астрономической единицы

1 парсек - 30,8568 трлн км = 3,2616 светового года.

Астрономические расстояния

2

СВЕТОВОЙ ГОД

Среднее расстояние до Луны 380 000 км. Свет от поверхности Земли доходит до Луны за **1,3** секунды

Одна астрономическая единица 150 миллионов километров, свет доходит от Солнца до Земли за **500** секунд (8 минут 20 секунд)

Парсек — это расстояние, с которого средний радиус земной орбиты (равный 1 а.е.), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в одну угловую секунду (1").

Состав Солнечной системы

Солнце

Планеты земной группы (внутренние)

Планеты-гиганты, газовые гиганты (внешние)

Карликовые планеты

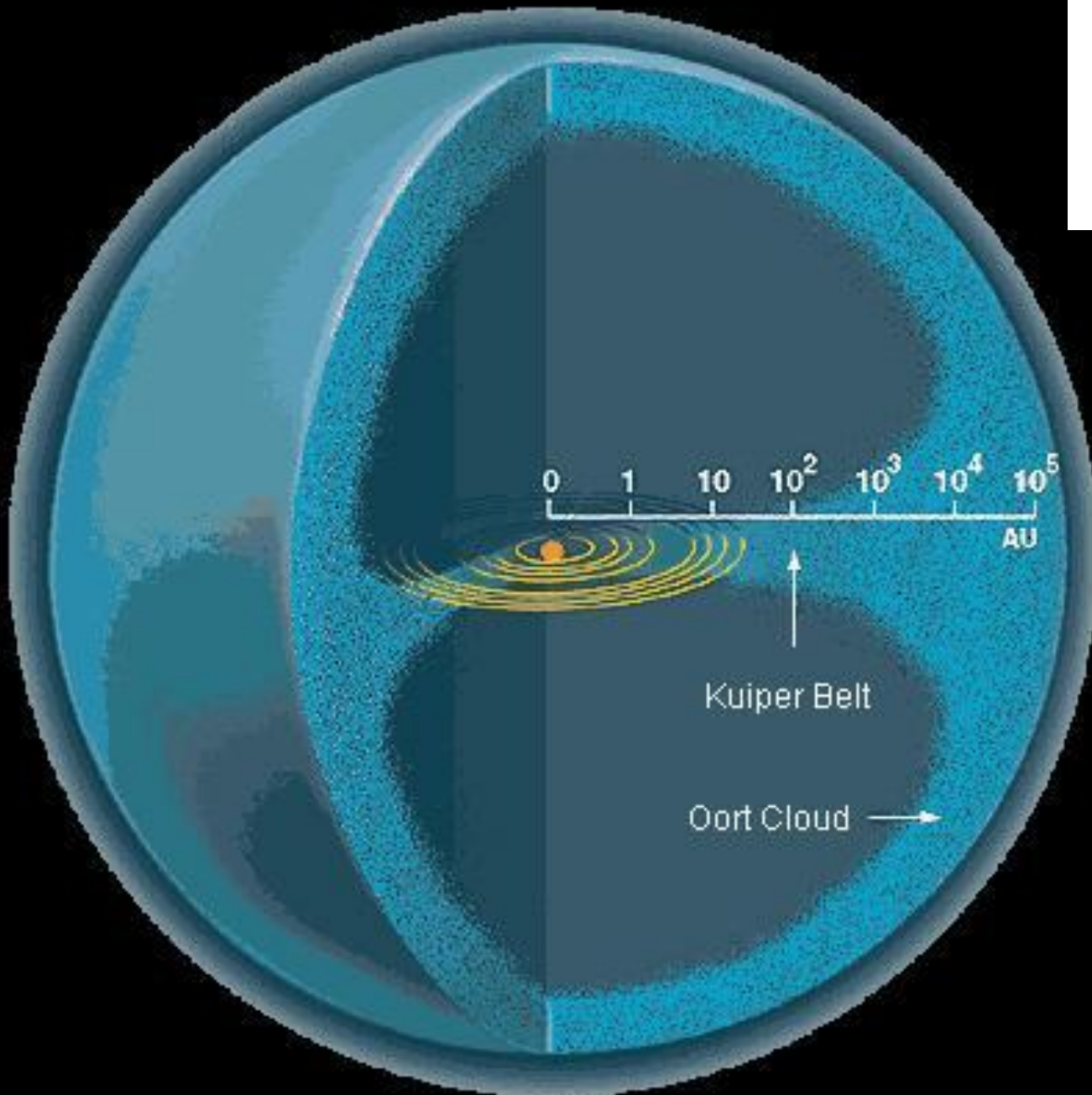
Спутники планет

Астероиды

Метеориты

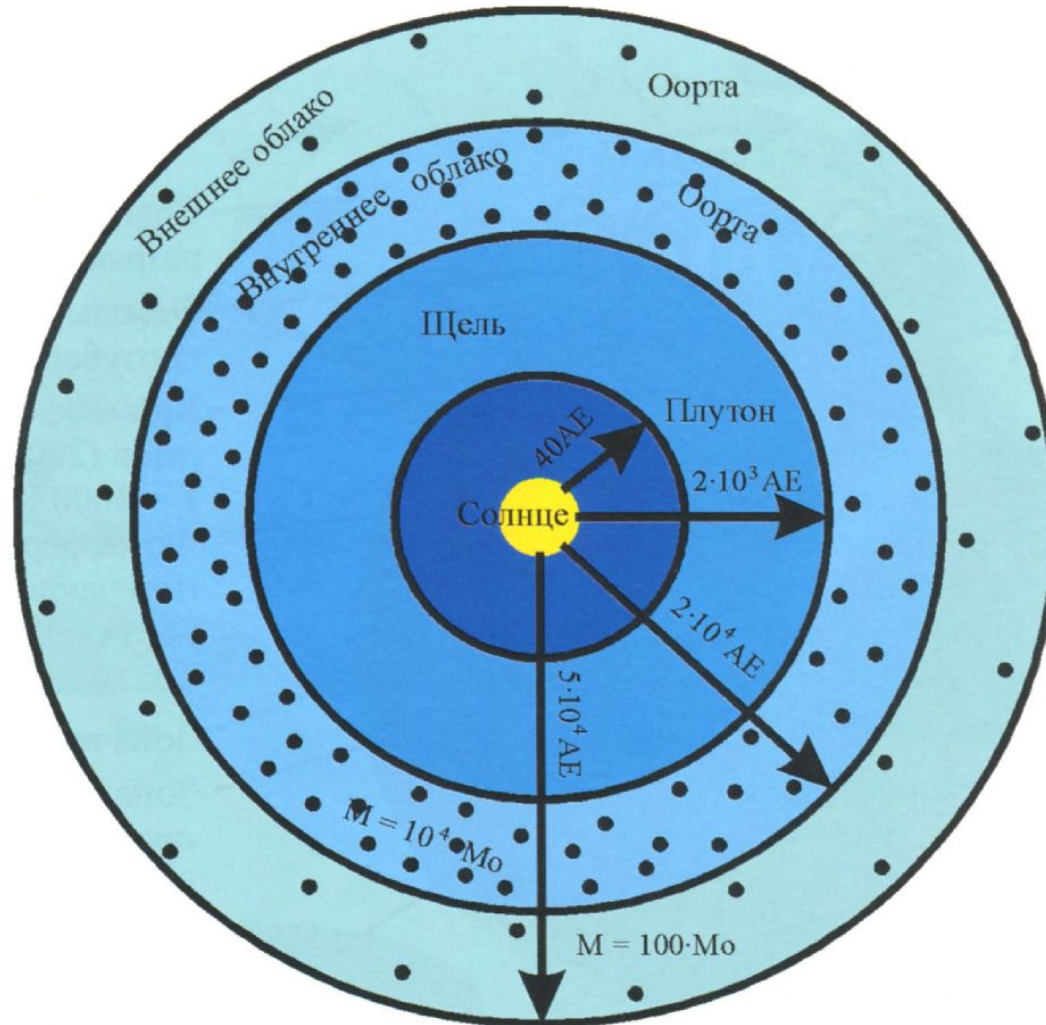
Кометы

Строение Солнечной системы



Строение Солнечной системы

M_0 –
масса
Солнца



Строение Солнечной системы

Расстояние от Солнца до Плутона 40 а.е.

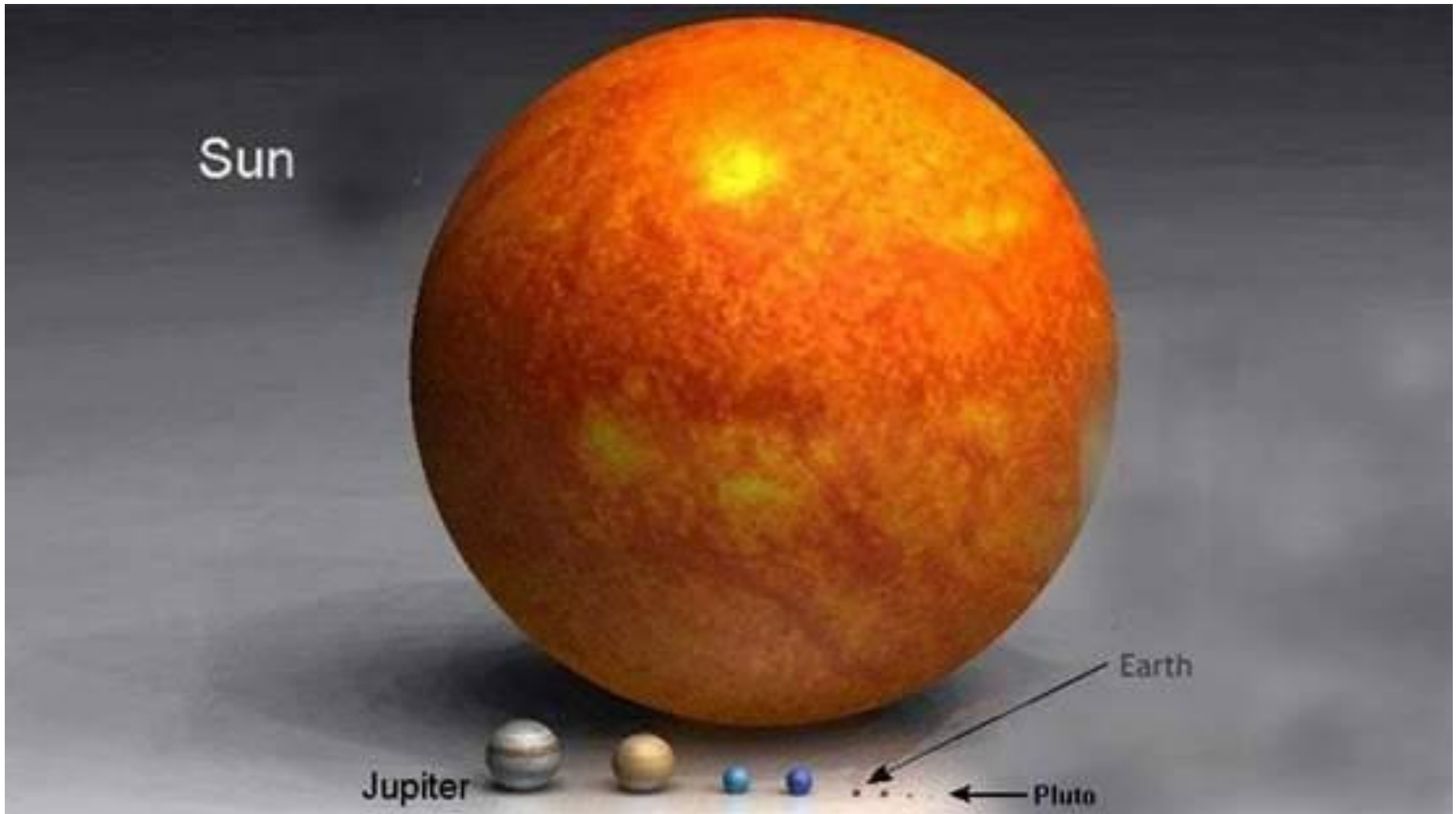
Пояс Койпера — от орбиты Нептуна (30 а. е.) до 55 а. е.

«Щель» - внешний радиус $2 \cdot 10^3$ а.е.

Внутреннее облако Оорта $2 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$ а.е.

Внешнее облако Оорта $2 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4$ а.е.

Солнце



Диаметр 1,4 млн км, масса $1,98 \cdot 10^{33}$ кг,
Т ядра (He) 15 млн К, Т поверхности 20000 К
H – 73%, He – 25%, остальные элементы – 2%

Солнце

Источник энергии – ядерный синтез: 4 ядра H-протонов образуют 1 ядро He, при реакции 1 г водорода выделяется $6 \cdot 10^{11}$ энергии,

Обладает сильным магнитным полем, полярность меняется 1 раз в 11 лет

Периодичность солнечной активности (испускание потока плазмы) – 22 года

Испускает все типы электромагнитных волн

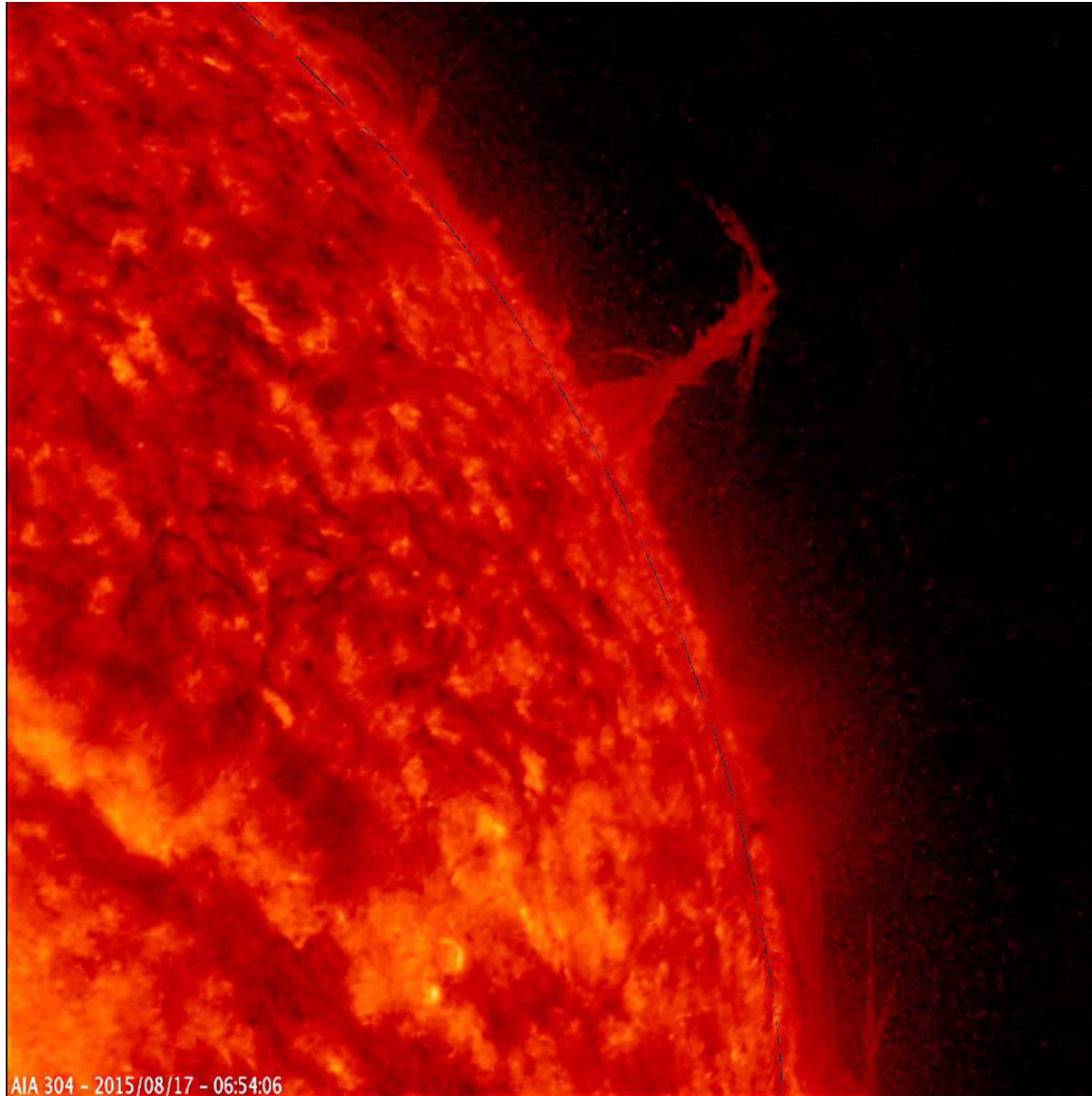
Желтый карлик, G2V

к



Солнечный протуберанец, 17-19 августа 2015, NASA

Ультрафио-
летовое
излучение

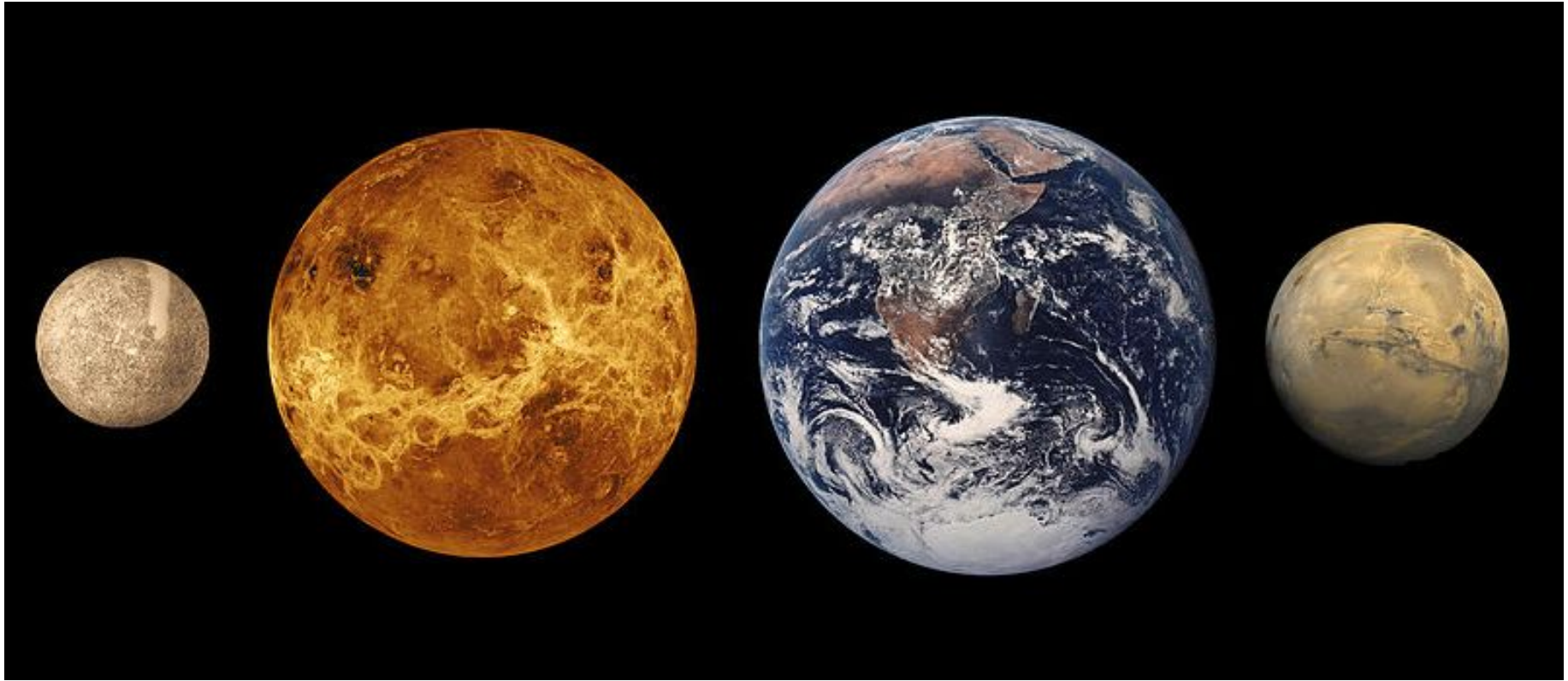


[http://www.nasa.gov/
image-feature/goddard/
sdo/potw653-eiffel-tower-
plume](http://www.nasa.gov/image-feature/goddard/sdo/potw653-eiffel-tower-plume)

Массы и плотности планет

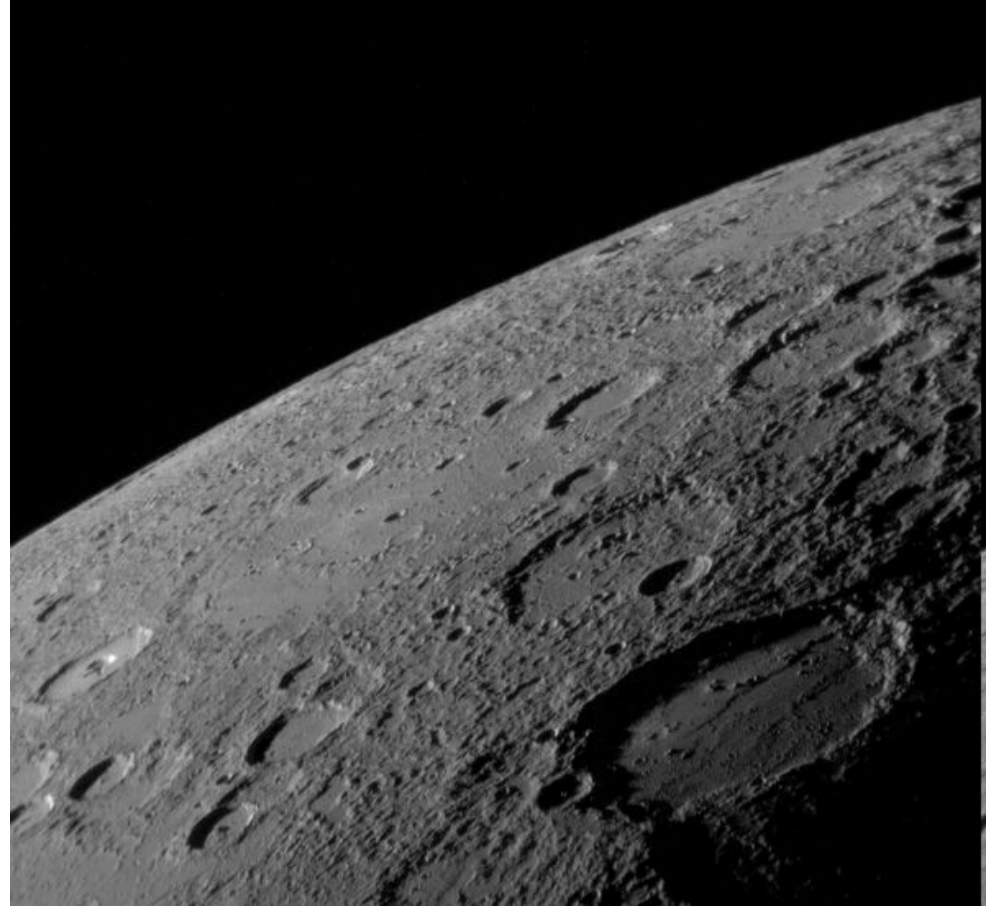
| | (в массах Земли) | (в диаметрах Земли) | (г/ см ³) |
|-----------------|---------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Солнце | 330 000 | диаметр | 1,41 (средняя); 160 (в центре) |
| Меркурий | 0,06 | 0,38 | 5,42 |
| Венера | 0,81 | 0,95 | 5,25 |
| Земля | 1,00 | 1,00 | 5,52 |
| Марс | 0,11 | 0,53 | 3,94 |
| Юпитер | 318 | 11,21 | 1,31 |
| Сатурн | 95 | 9,45 | 0,69 |
| Уран | 14,5 | 4,00 | 1,19 |
| Нептун | 17 | 3,88 | 1,66 |

Планеты земной группы



Меркурий

снимки АМС «Мессенджер», 2011 г.



Меркурий

Форма – шар;

Атмосфера разреженная (**He, O₂, Ar, H₂, Na, K**);

Магнитное поле – слабое (0,01);

Температуры поверхности от +350° до -170°С;

На поверхности – метеоритные кратеры;

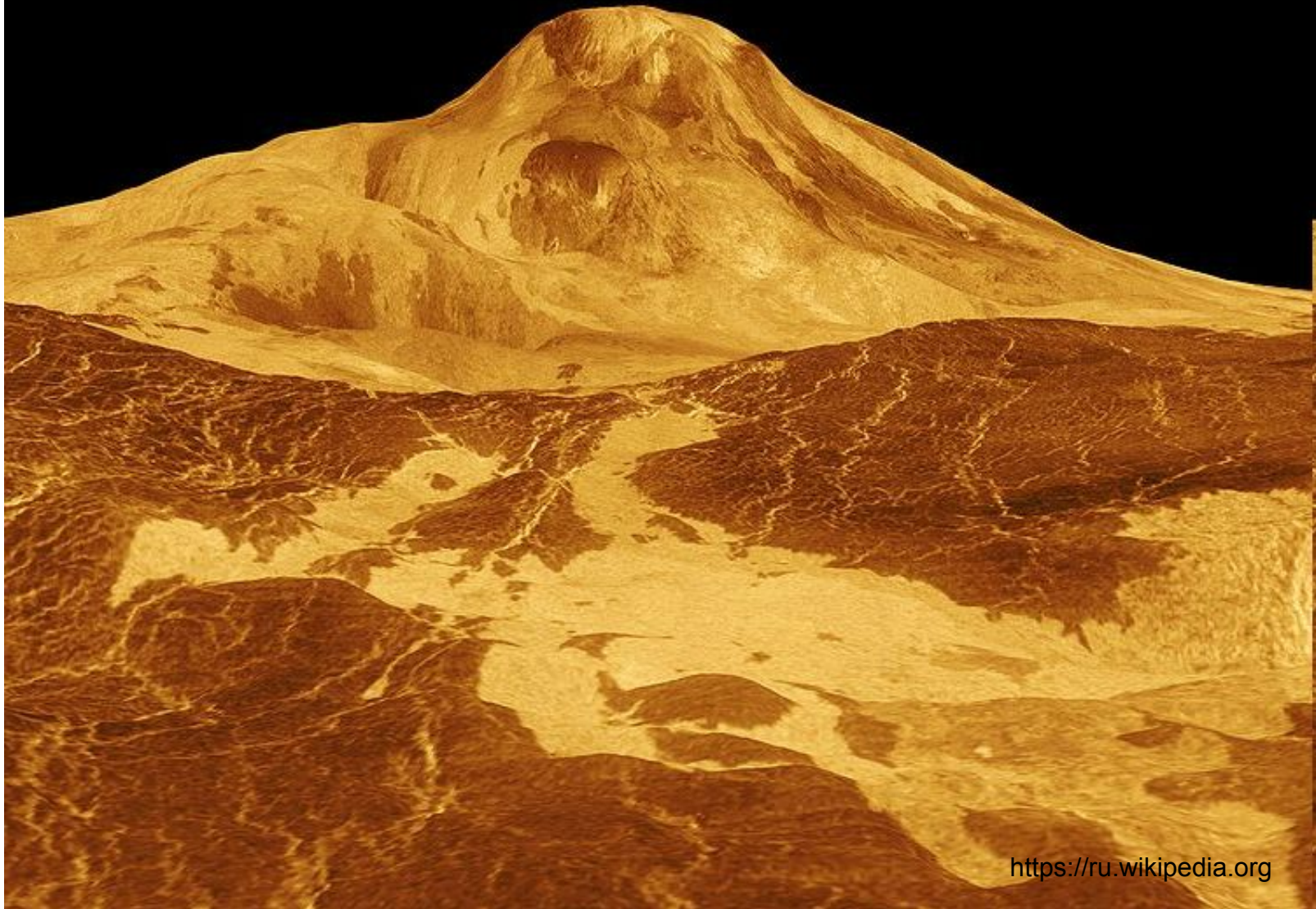
Период обращения (год) – **88 земных суток**;

Сутки – **58,65 земных суток** (2/3 меркурианского года)

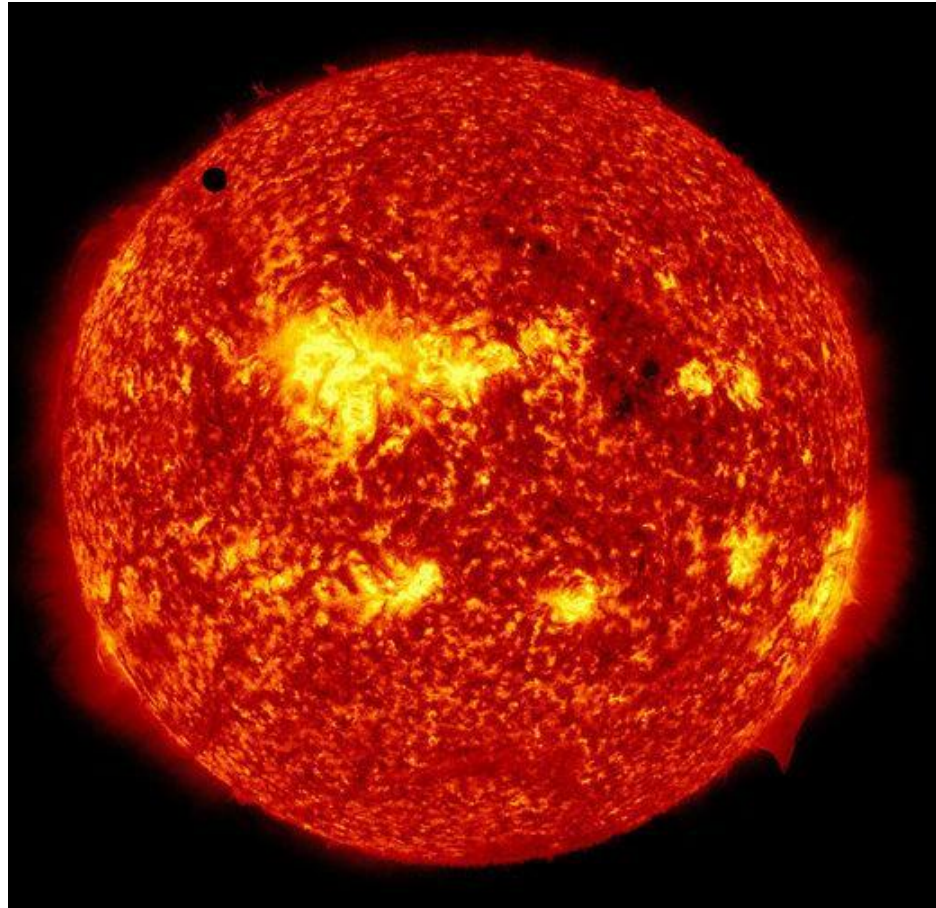
Венера

Изображение поверхности Венеры на основе радиолокационных данных КА «Венера-экспресс»

ия



Транзит Венеры 5-6 июня 2012 г.



Прохождение Венеры по солнечному диску,
следующий транзит состоится в 2117 г., фото NASA

Транзит Венеры 26 мая 1761 г. наблюдали М.В. Ломоносов, И.И. Шретер и
Ф.В. Гершель, открыли наличие атмосферы

Венера

Обратное направление вращения вокруг своей оси

Форма - шар

Атмосфера – CO_2 , N_2 , SO_2 (H_2SO_4 на поверхности атмосферы), высокая плотность атмосферы, высокое атмосферное давление (в 92 раза больше, чем на Земле),

Магнитное поле отсутствует;

Средняя температура поверхности до 500°C ,

Период обращения (год) 224,7 земных суток.

Сутки 243,02 земных суток.

есть действующие вулканы

Земля

Расстояние от Солнца, $149,6 \cdot 10^6$ км (1 а.е.)

Форма – форма вращающегося жидкого тела – эллипсоид вращения (референц-эллипсоид);

Средний радиус **6371 км**,

экваториальный радиус **6378 км**,

полярный радиус **6357 км**;

Атмосфера – N₂ 78%, O₂ 21%,

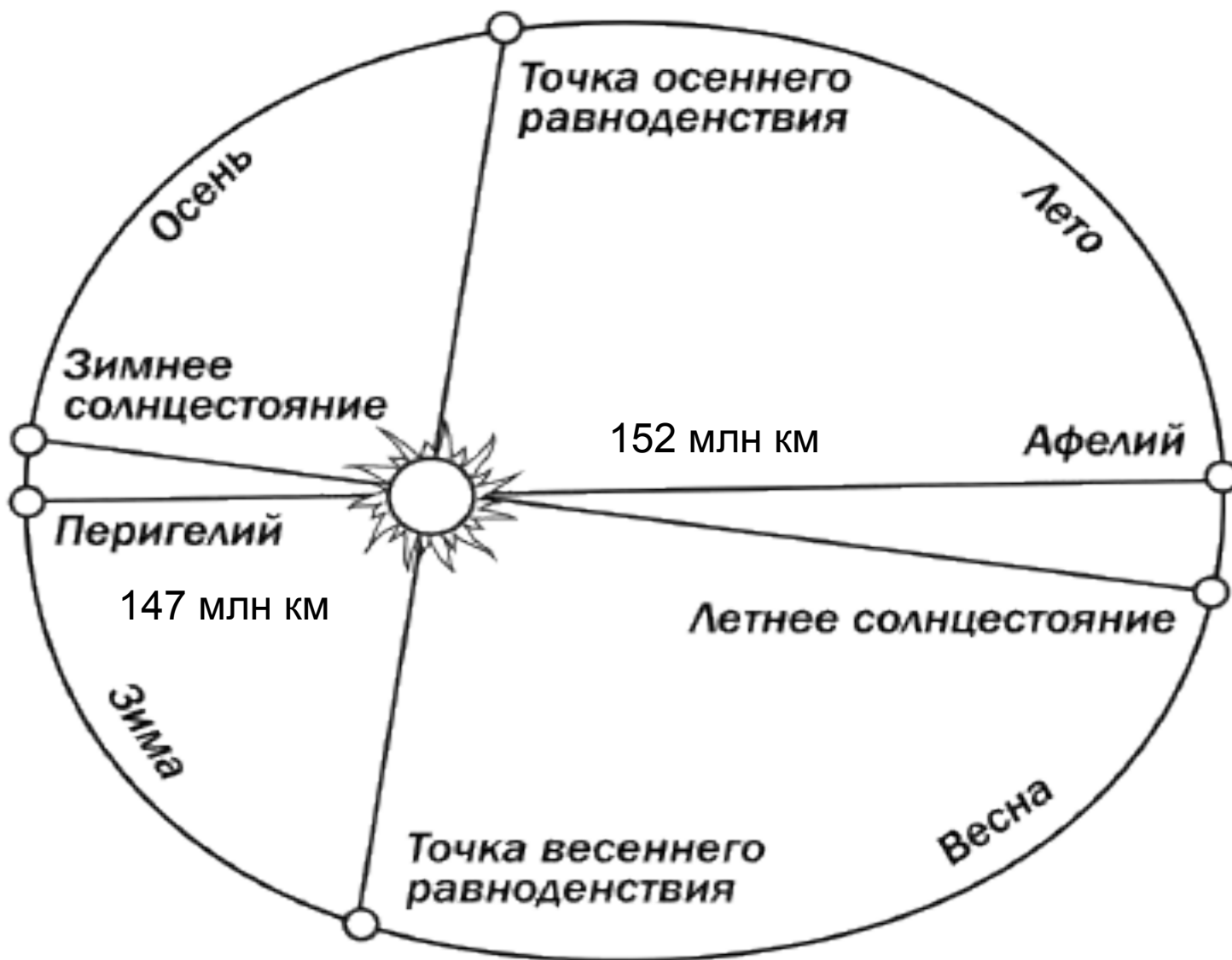
Отсутствие ударных кратеров

Магнитное поле – сильное;

Период обращения 365,256 суток;

Период вращения 0,997 суток;

Особенности вращения Земли вокруг Солнца



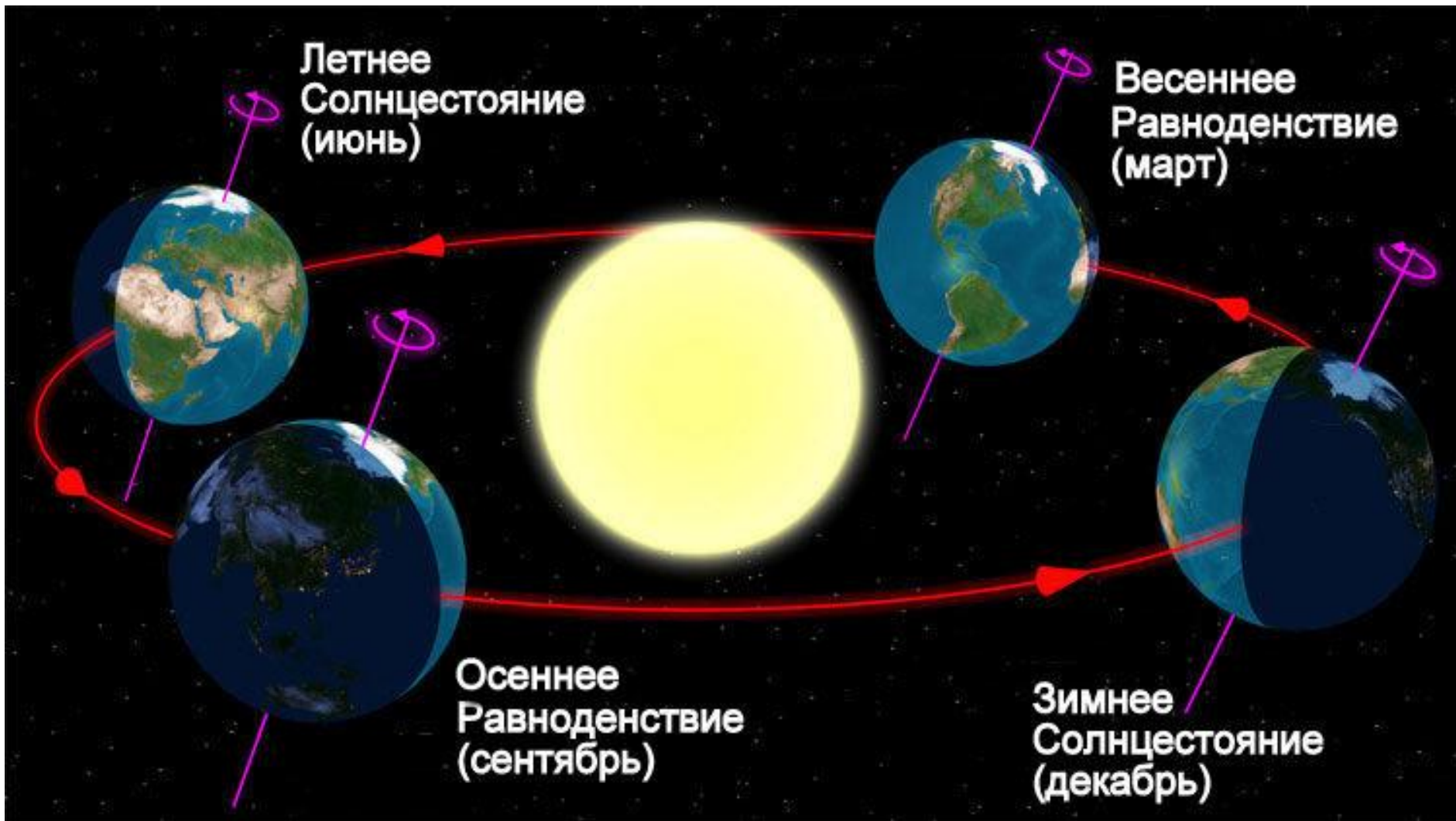
Особенности вращения Земли вокруг Солнца

Изменение формы орбиты

От эллипса, вытянутого в одном направлении, превращается в круг, затем — в эллипс, вытянутый в направлении, перпендикулярном исходному, затем — снова в круг и т. д.

Цикл около 93 тысячи лет.

Особенности вращения Земли



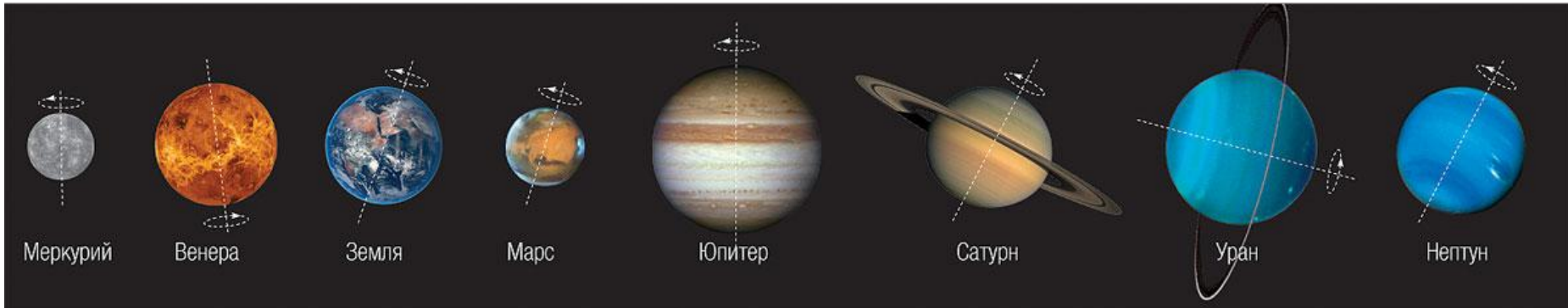
Летнее
Солнцестояние
(июнь)

Весеннее
Равноденствие
(март)

Осеннее
Равноденствие
(сентябрь)

Зимнее
Солнцестояние
(декабрь)

Наклоны осей вращения планет

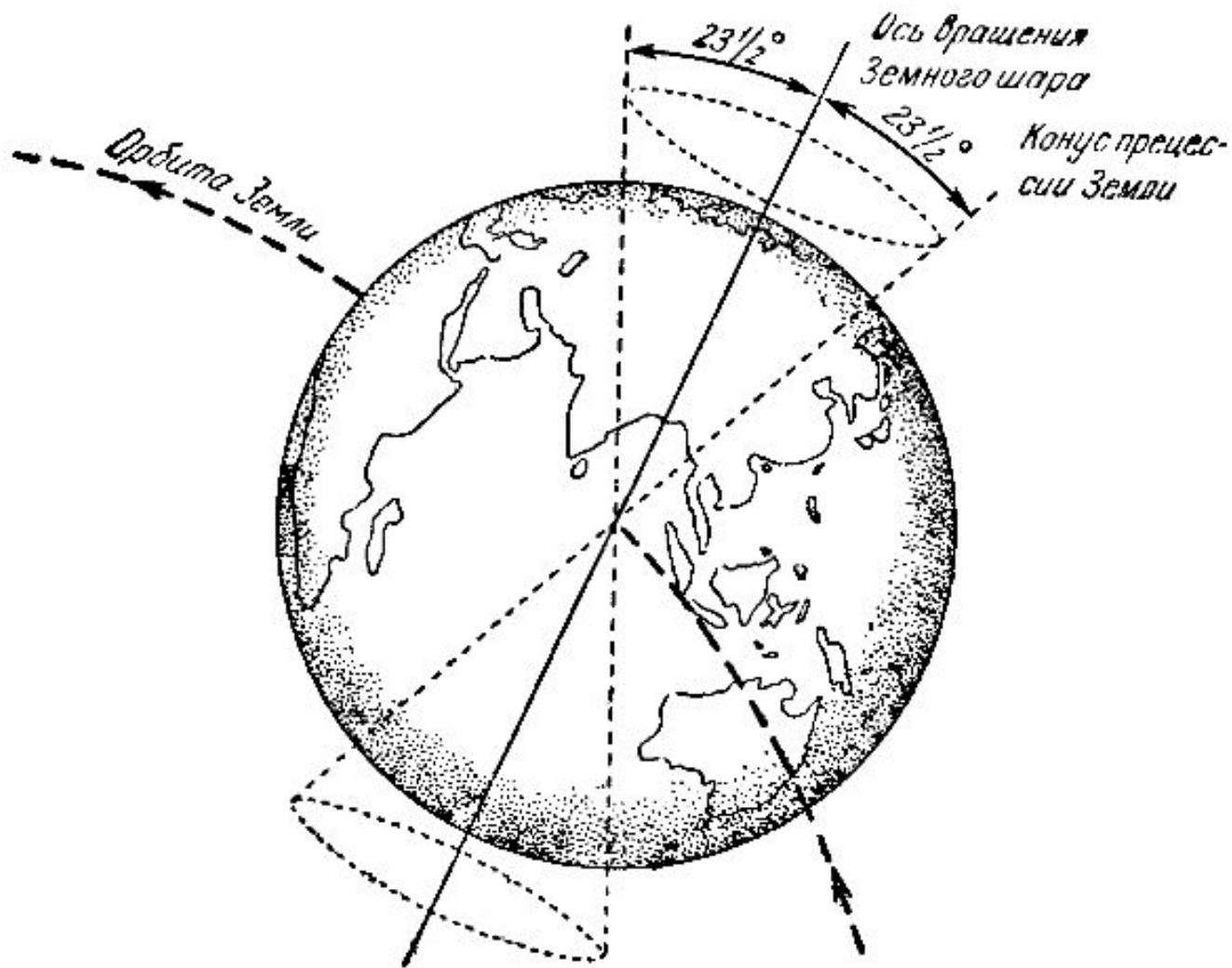


Особенности вращения Земли вокруг своей оси:

Прецессия – ось описывает конус, период обращения 25 765 лет (26 000 лет)

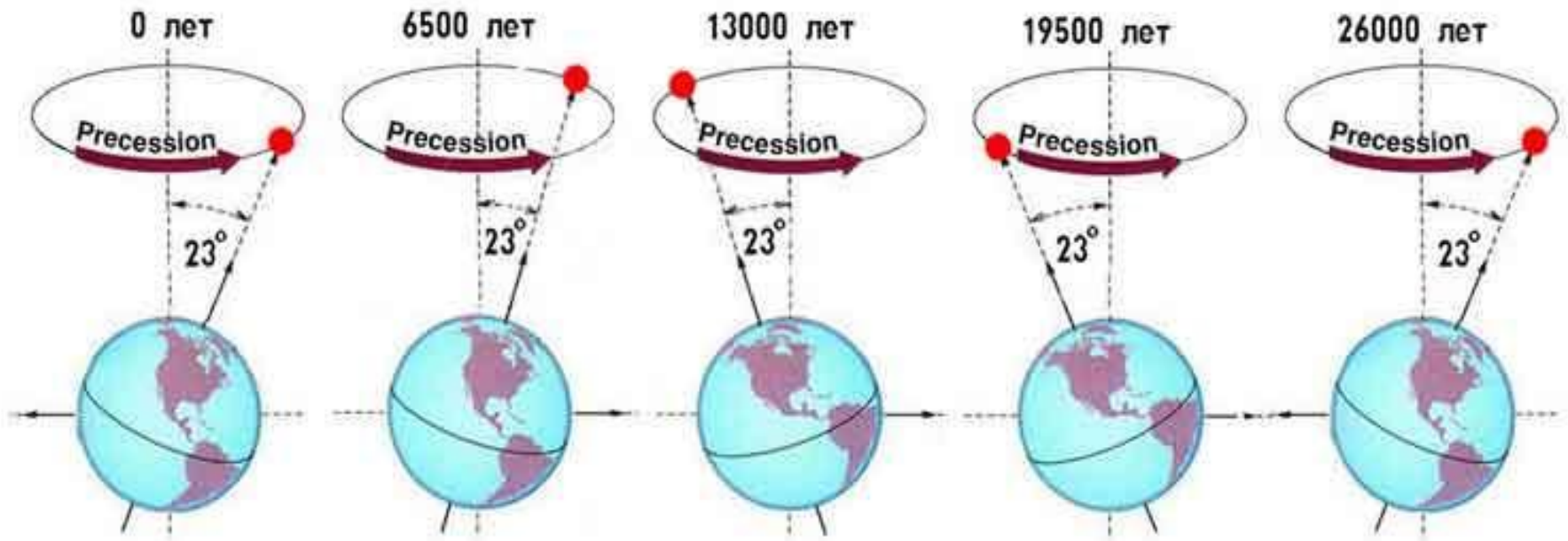
Полярная звезда перестанет быть ближайшей к северному полюсу Земли яркой звездой, а Турайс (созвездие Киля) будет Южной Полярной звездой примерно в 8100 году н. э.

Прецессия



Прецессия

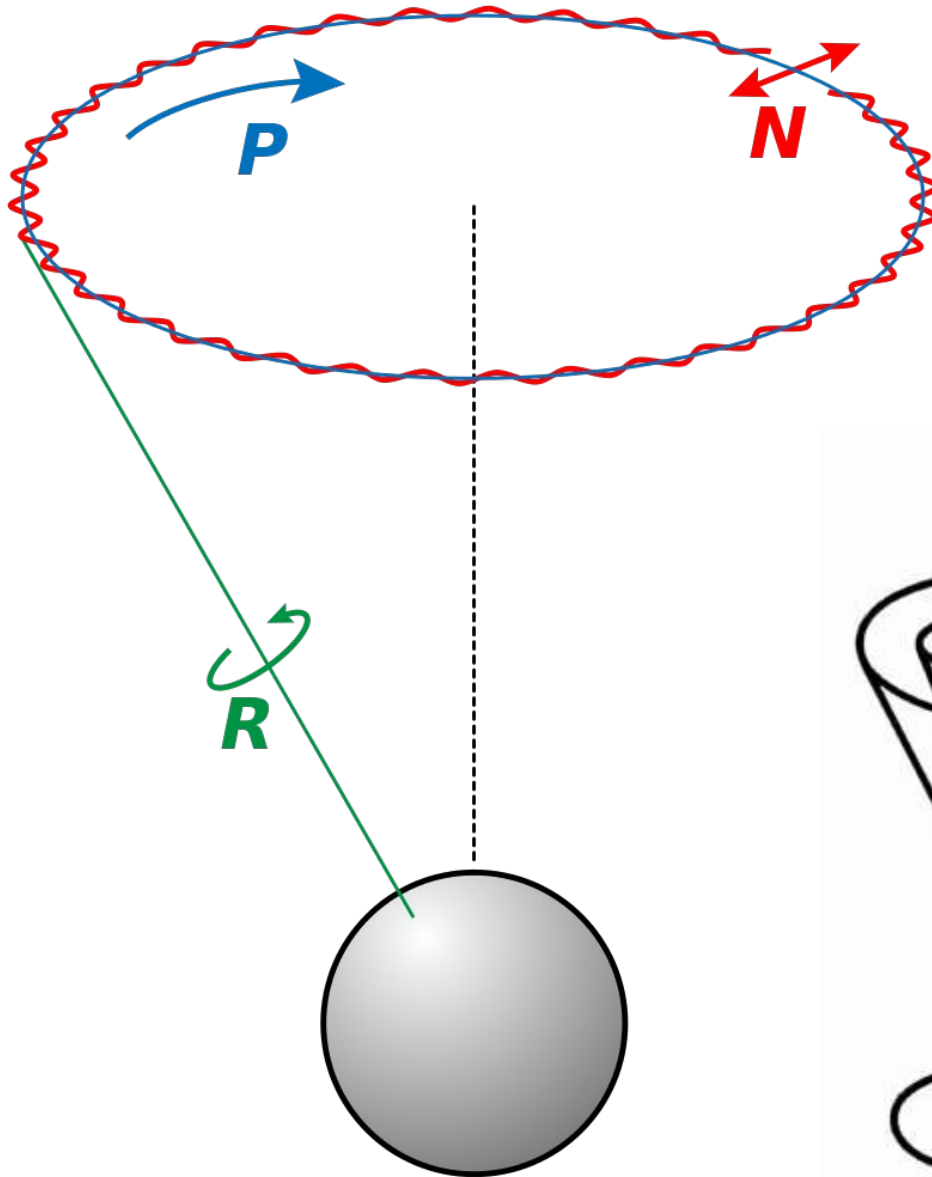
Полный цикл прецессии Земли



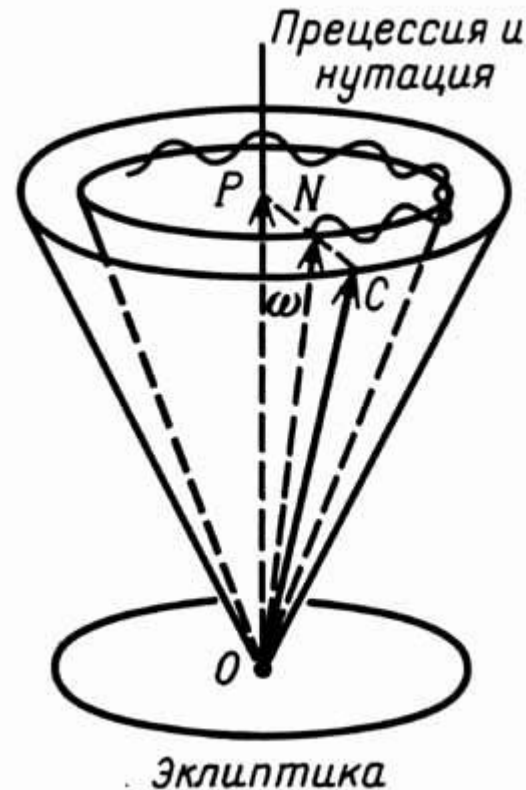
Нута́ция

2. Нута́ция: колебания угла наклона земной оси. Сейчас ось наклонена на 23° к плоскости земной орбиты. Каждую 41 тысячу лет под влиянием Луны и Юпитера угол наклона уменьшается до 22° и затем вновь возрастает до 23° .

Нутация



- N** – нутация
- P** – прецессия
- R** – вращение



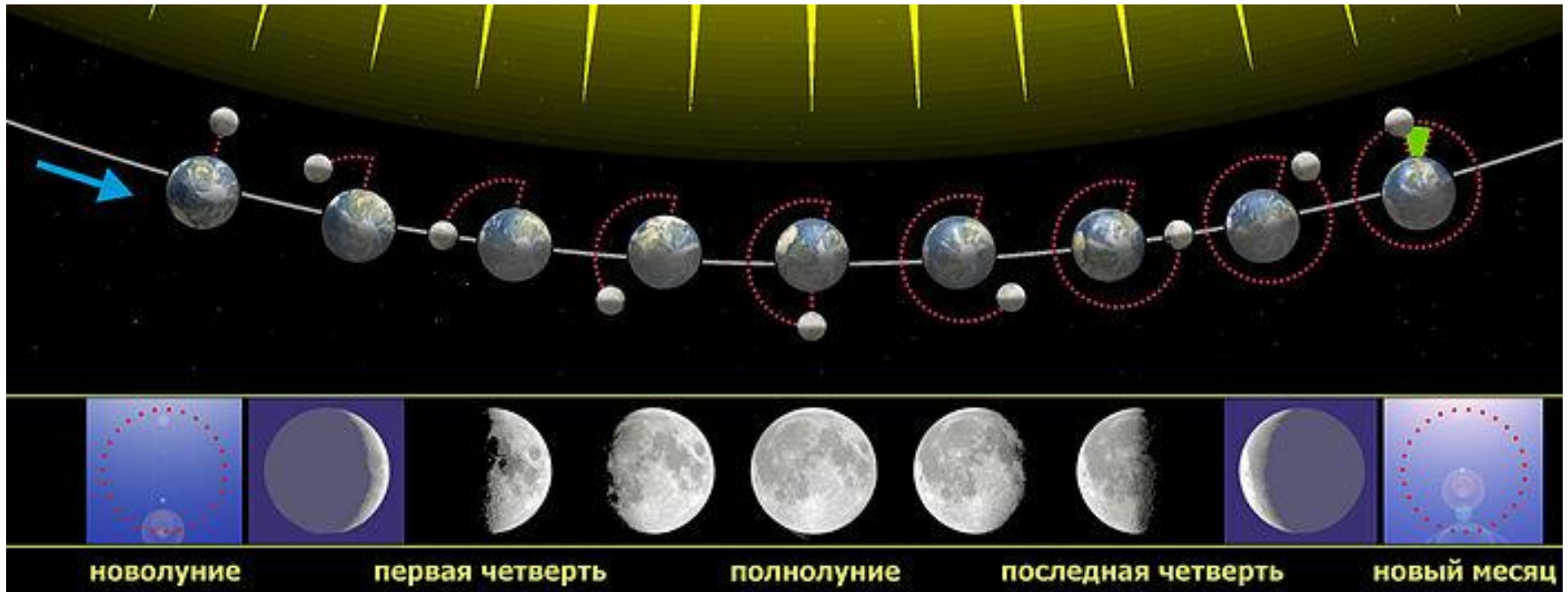
Под лицензией CC BY-SA 3.0 с сайта Викисклада - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Precession.svg#/media/File:Precession.svg>

Кратер Беринжера, Аризона

диаметр 1200 м, глубина 180 м,
50 тыс. лет назад



Луна



Форма – эллипсоид вращения

Атмосфера – практически отсутствует,

Температура поверхности – от -173°C до $+117^{\circ}\text{C}$

Период обращения вокруг Земли – 27,3 суток

Период вращения – 27,3 суток;

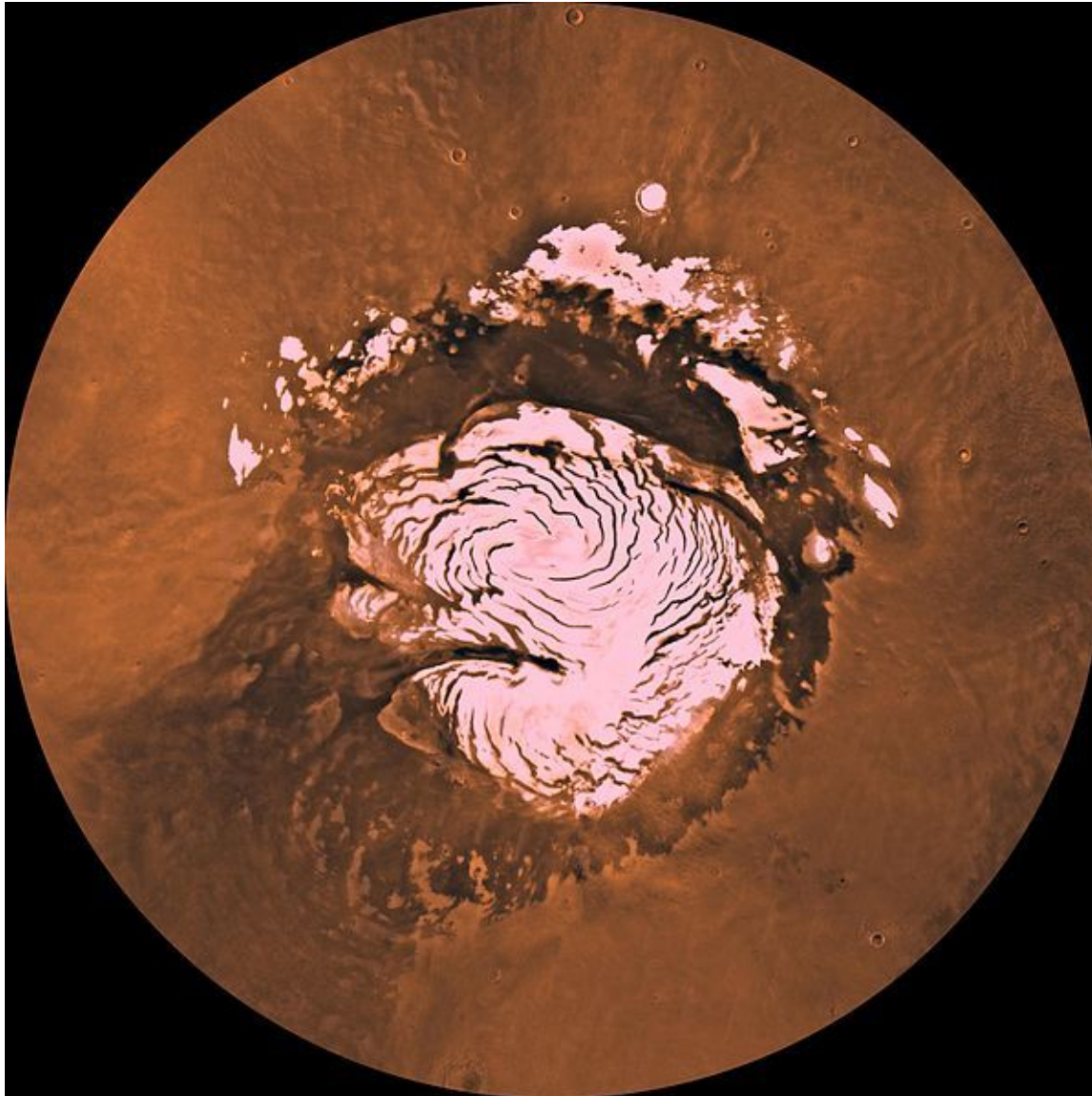
Магнитное поле отсутствует

Марс



Снимок Mars
Reconnaissance
Orbiter, 2001 г.

Южная полярная шапка Марса



Марс

Форма – эллипсоид вращения

Атмосфера – CO₂, N₂, Ar, O₂ (0,13%), H₂O (0,021%)
разреженная (давление 0,01 земной атм.),

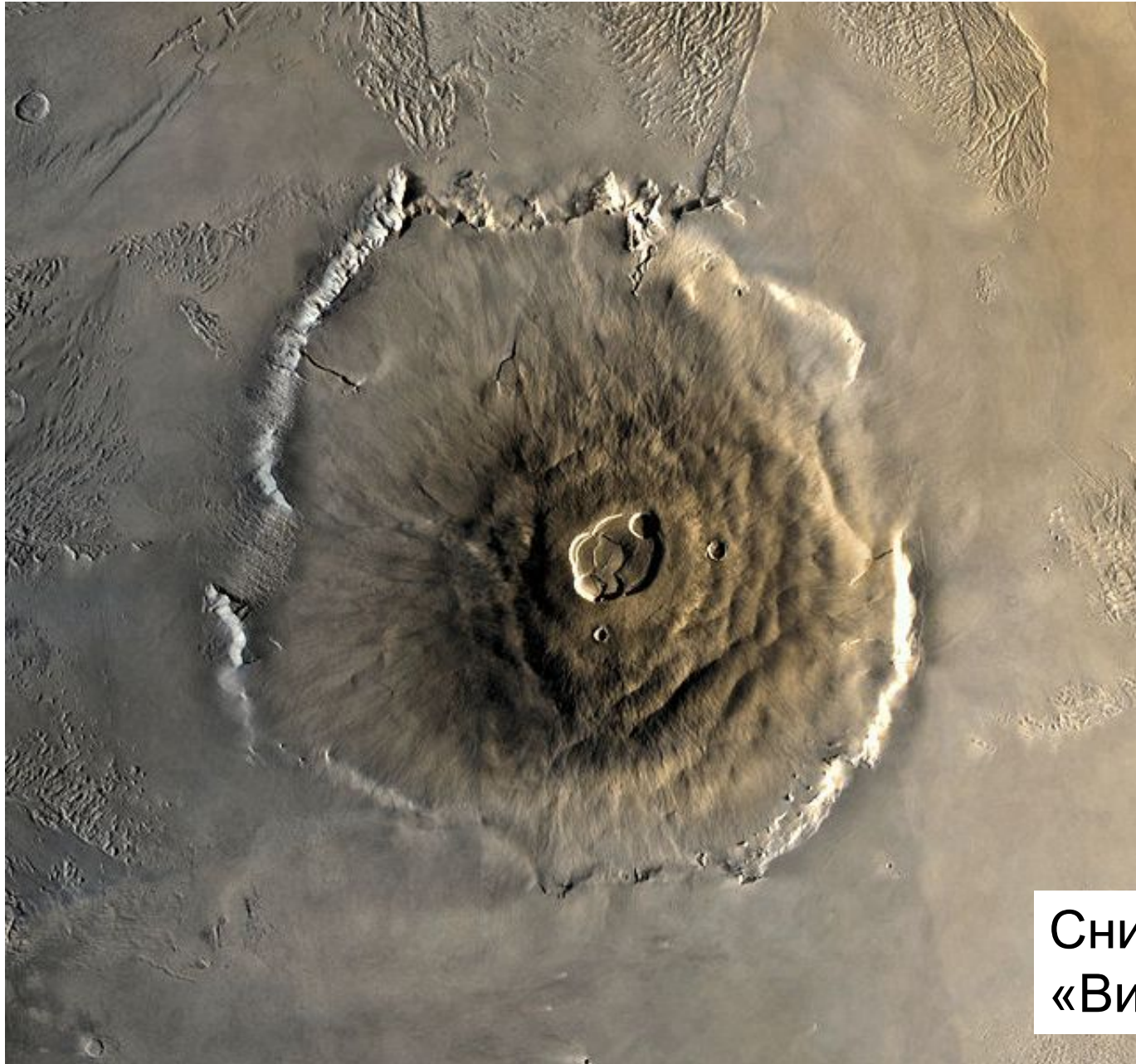
Температура поверхности – от -140°C на полюсах до +25°C на экваторе; на полюсах – лежат ледяные шапки, состоят из CO₂ и H₂O

Период обращения – 686,98 земных суток

Период вращения – 24,7 земных часов

Магнитное поле слабое

Вулкан Олимп, высота 21 км



СНИМОК
«ВИКИНГ-1»

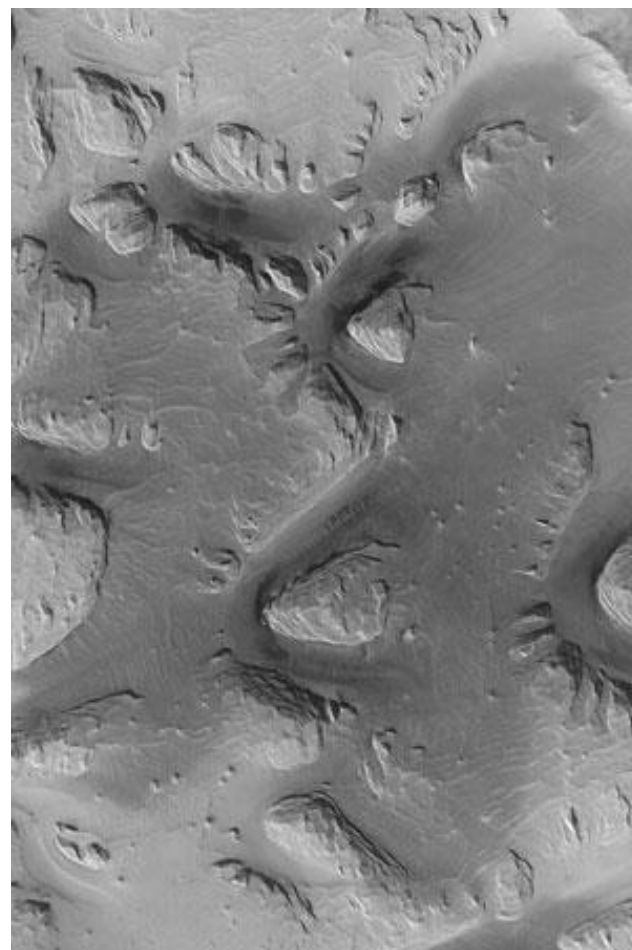
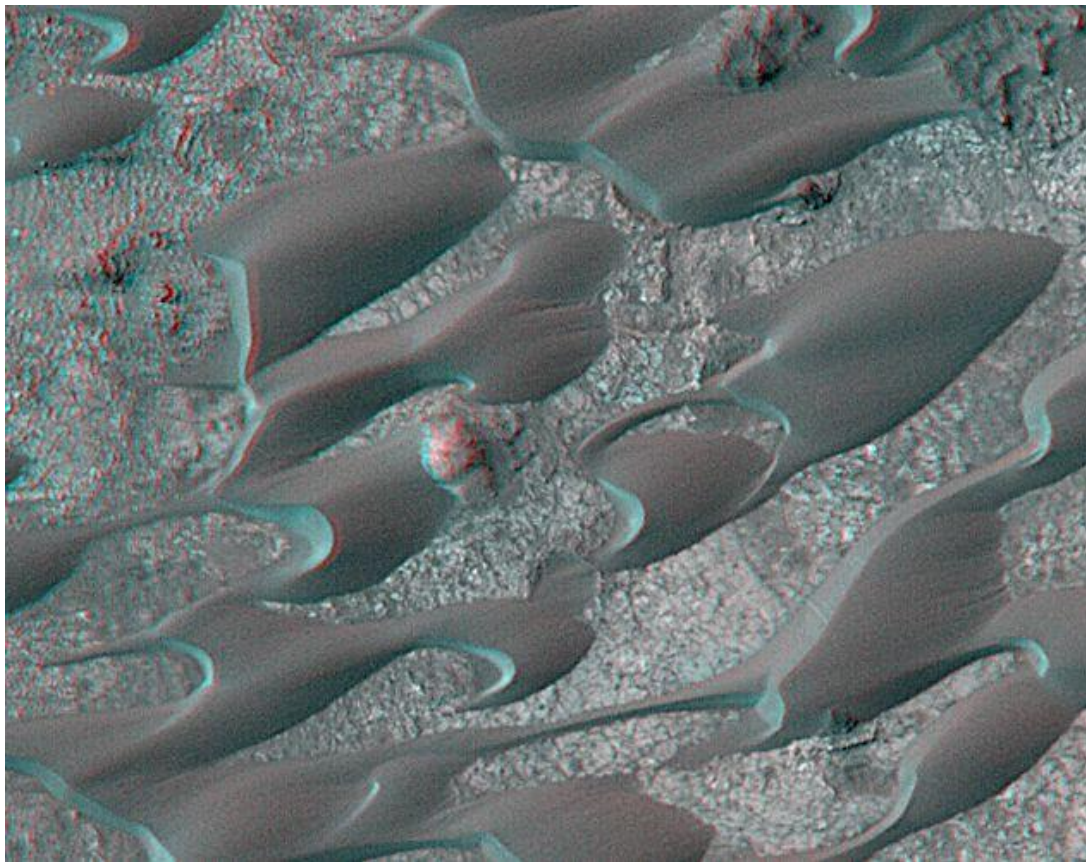
Поверхность Марса

**Кратер потухшего вулкана Albor Tholus,
диаметр 30 км.**



Дюны на Марсе

Снимки NASA



Выявлены пустыни, сухие речные русла.

Дно



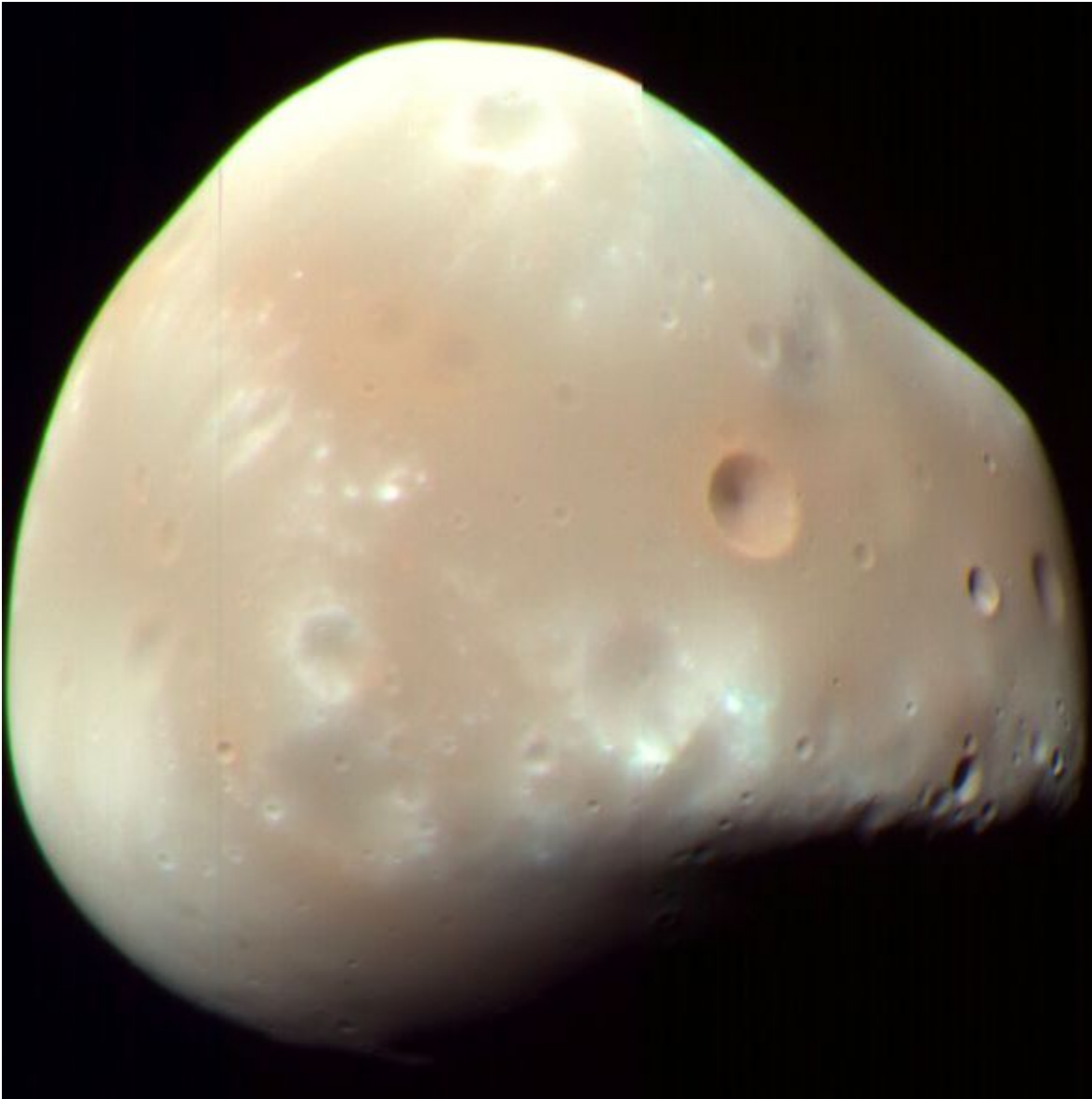
Фобос



снимок 23 марта
2008 г

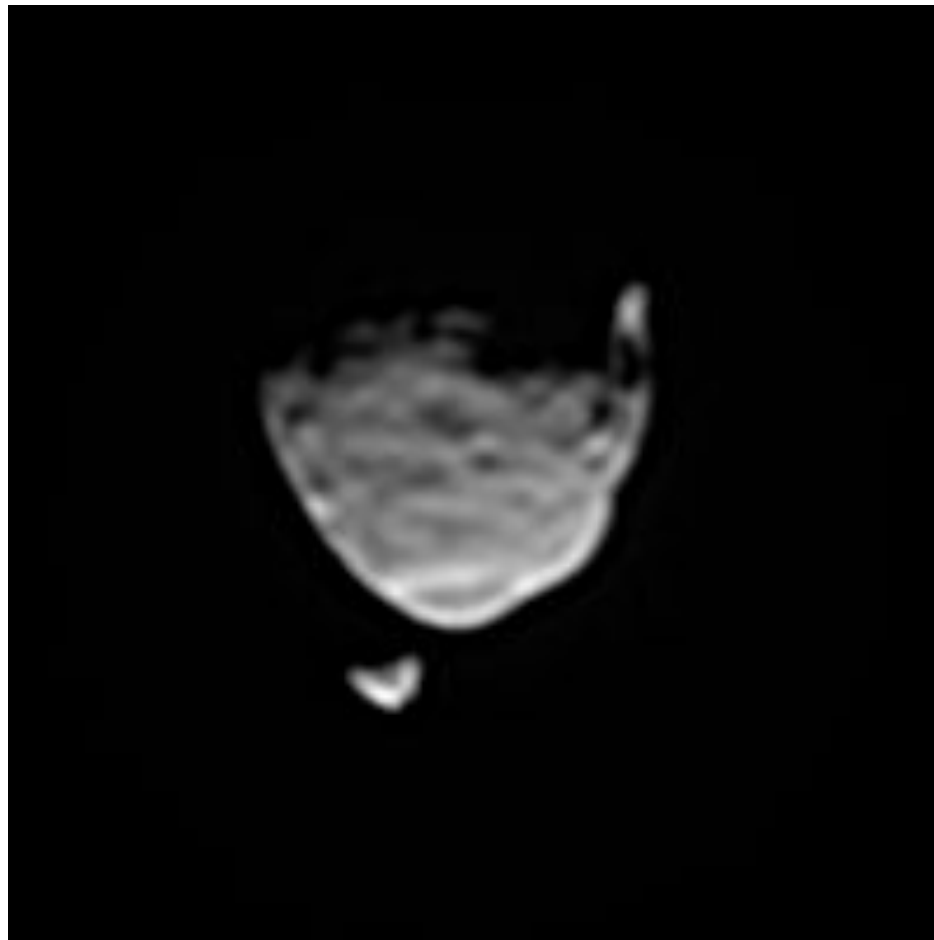
со спутника Mars
Reconnaissance
Orbiter

Деймос



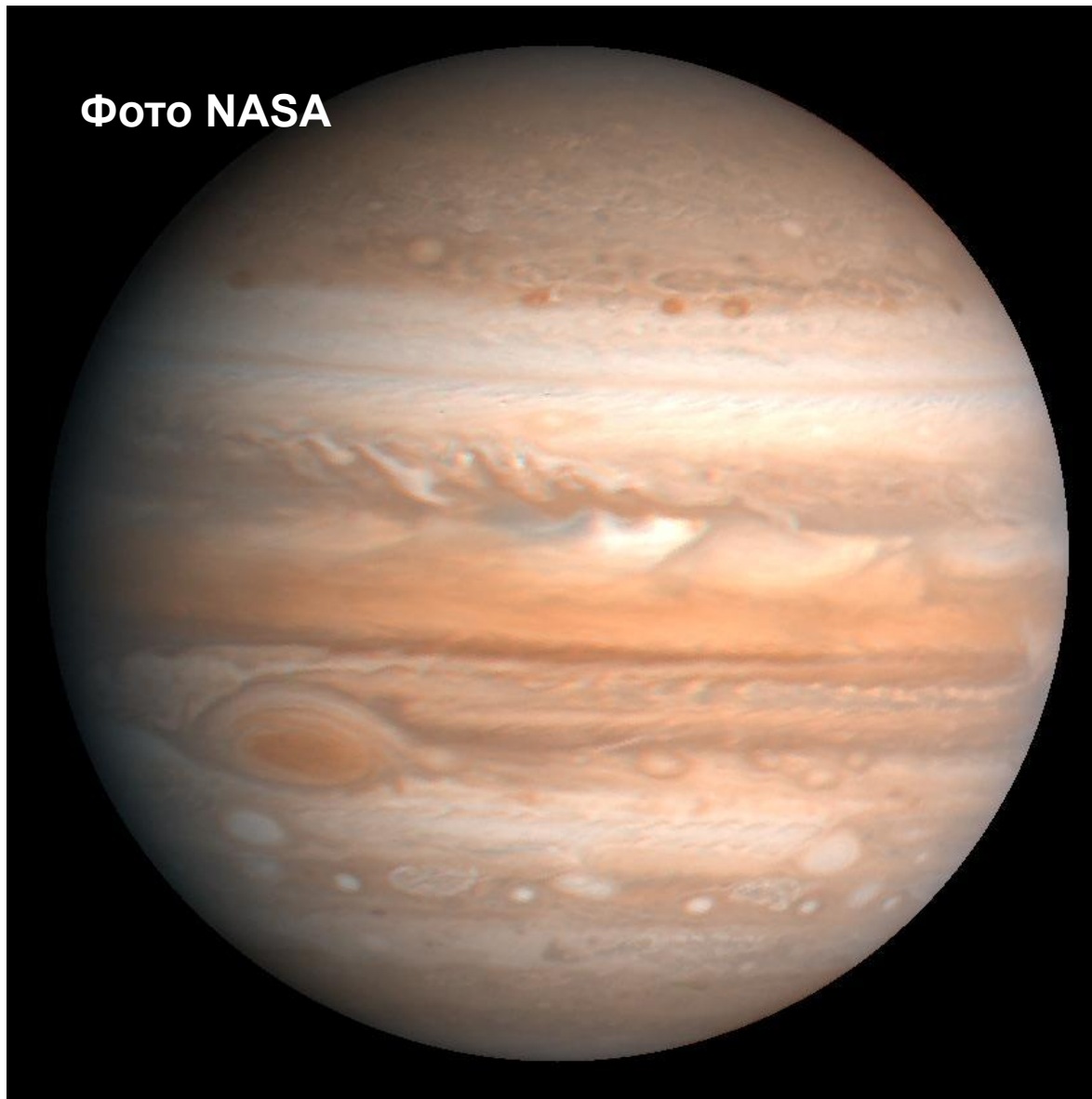
СНИМОК
21 февраля
2009 г
со спутника Mars
Reconnaissance
Orbiter

Фобос и Деймос, снимок марсохода Curiosity 1.08.2013

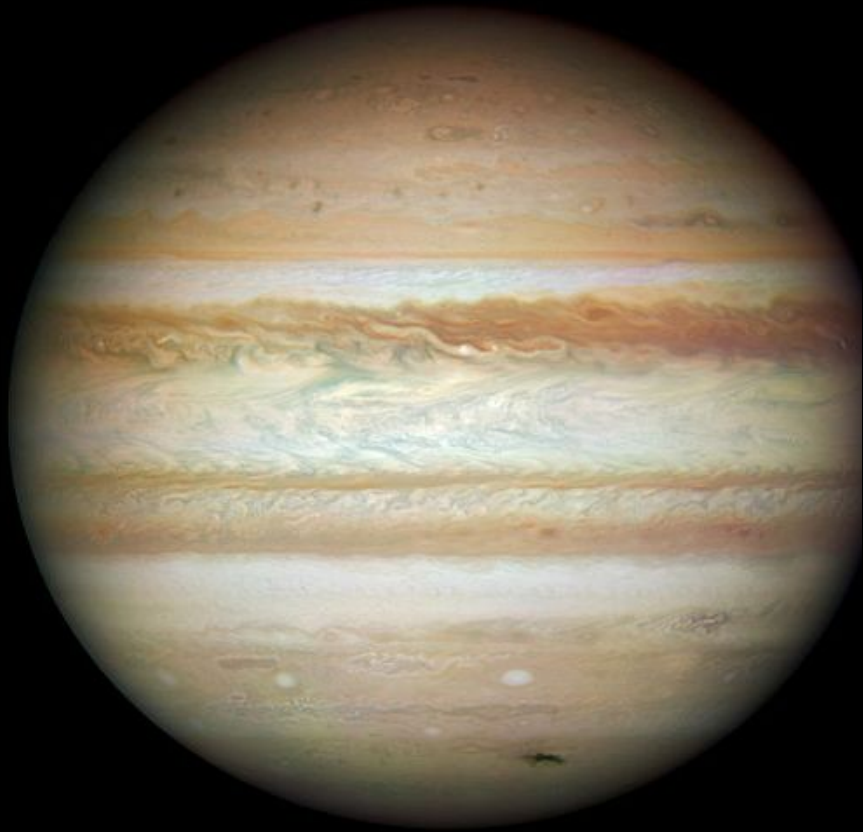


Юпитер

Фото NASA



Полосы в атмосфере Юпитера



Июнь 2009 г



Июнь 2010 г

Юпитер

Форма – эллипсоид вращения

Атмосфера – H_2 , He, метан CH_4 , NH_3 , H_2O , NH_4HS ,
давление от 0,2 до 2 атм.

На поверхности присутствует жидкий и твердый водород H_2 , аммиак, вода

Период обращения – 11,9 земных лет

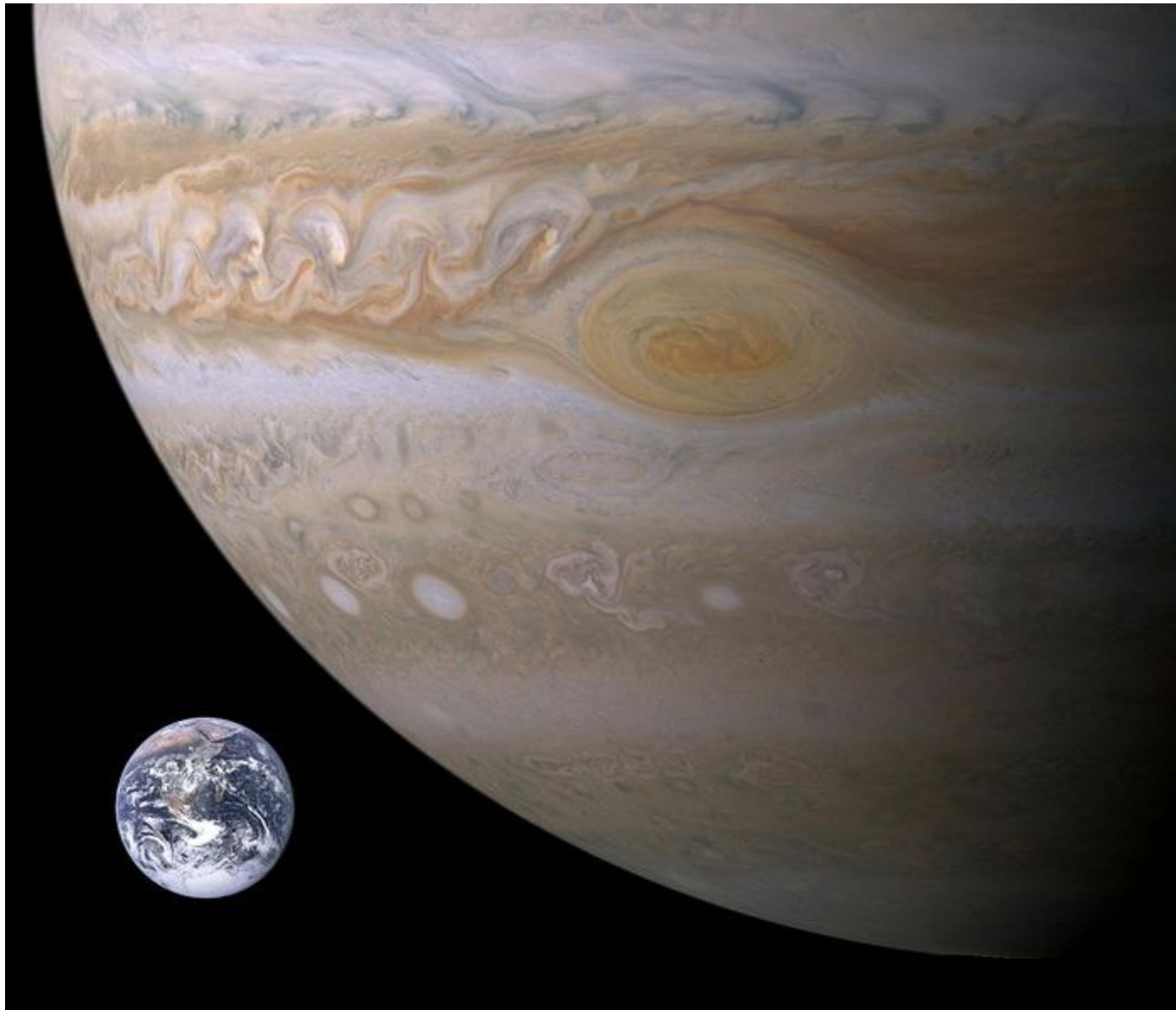
Период вращения – 9,9 часа

Магнитное поле в 10 раз превышает земное по напряженности,

Радиационное излучение

Спутники – 67,16 крупных, из них 4 больше Луны – **Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.**

Сравнительные размеры



Большое красное пятно Юпитера



1 марта 1979 г.,
фото «Вояджера-1»

Европа, Каллисто и Ио

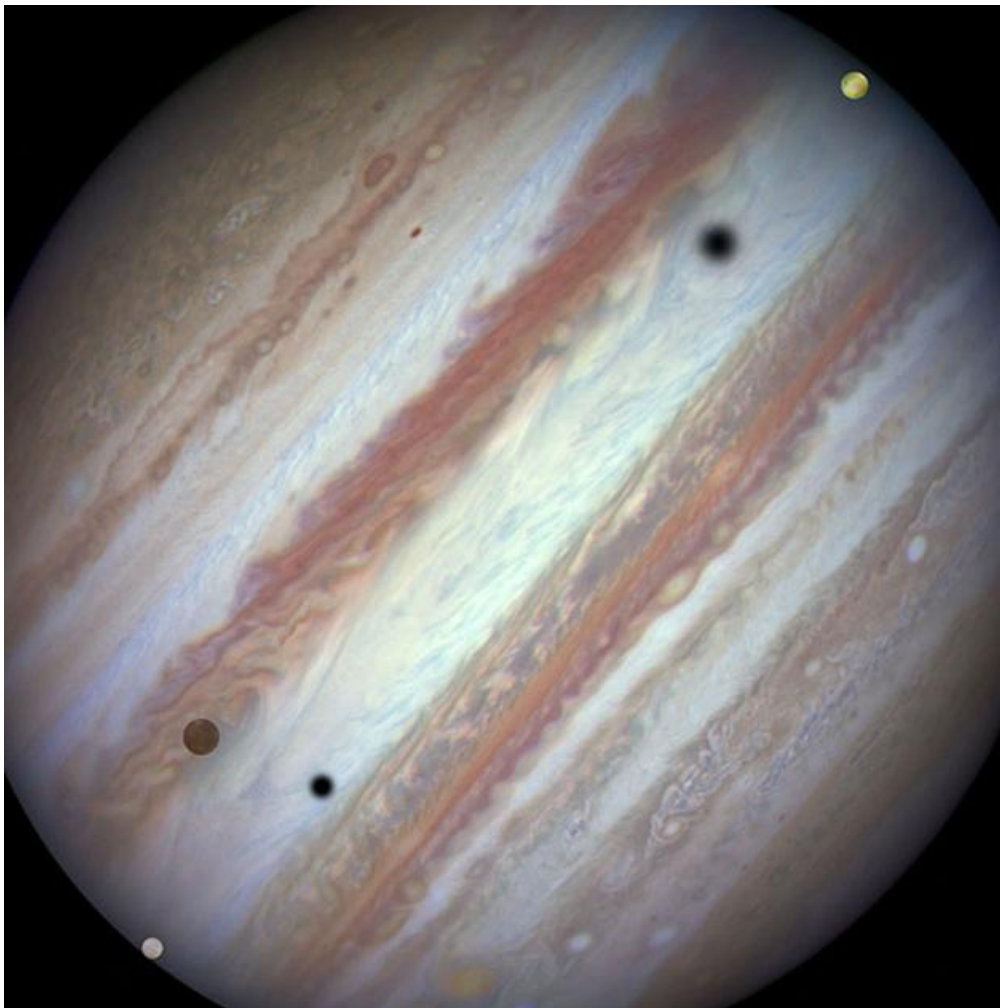
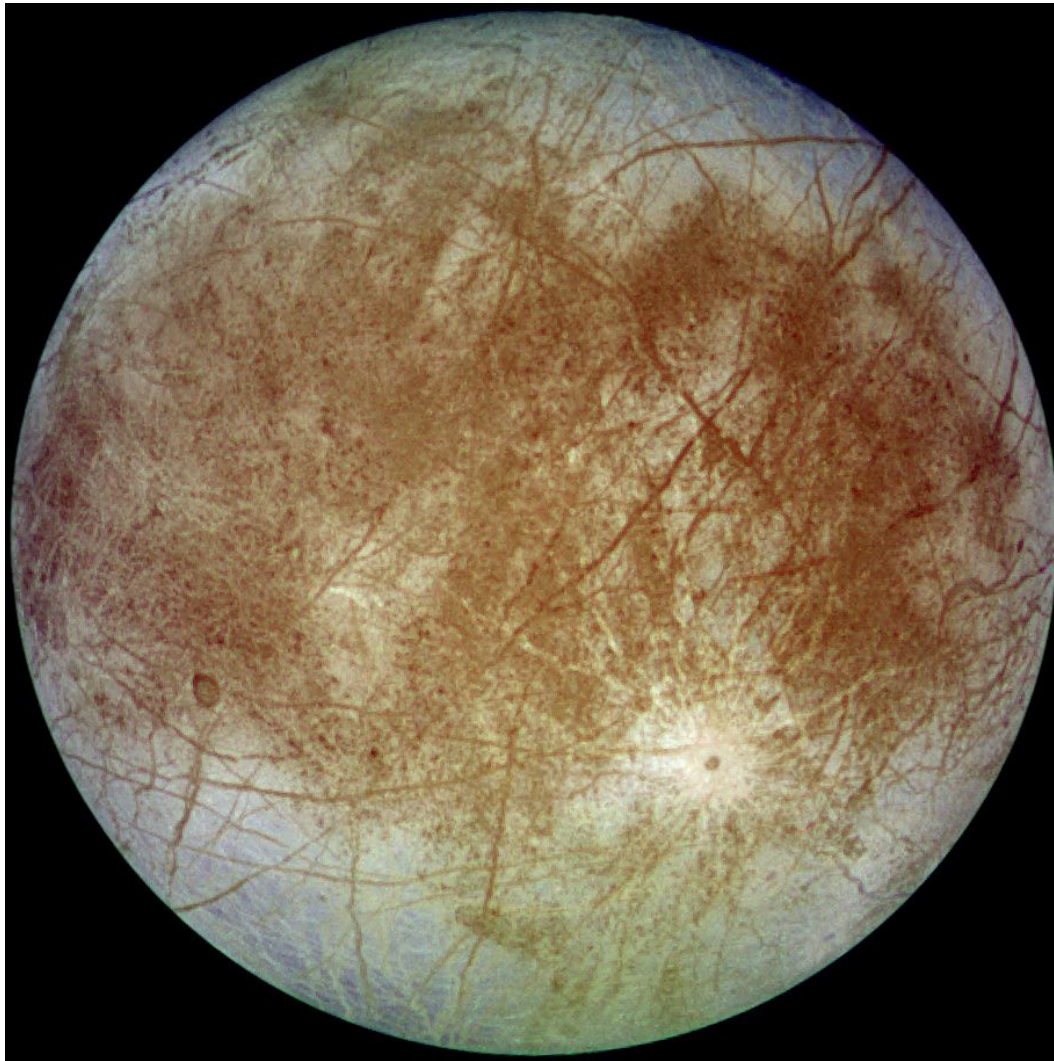


Фото телескопа Хаббл 23 января 2015 г.

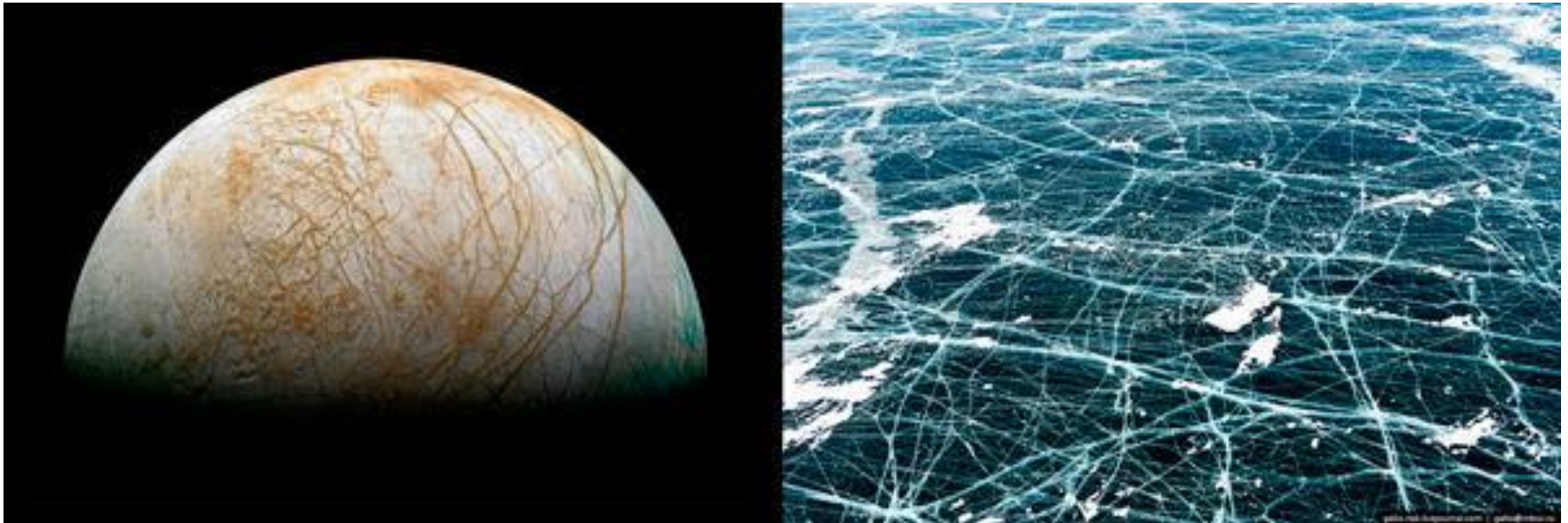
Европа



Под лицензией
Общественное
достояние с сайта
Викисклада -
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europa-moon.jpg#/media/File:Europa-moon.jpg>

Снимок КА Галилео (Galileo) NASA 7 сентября 1996

Европа

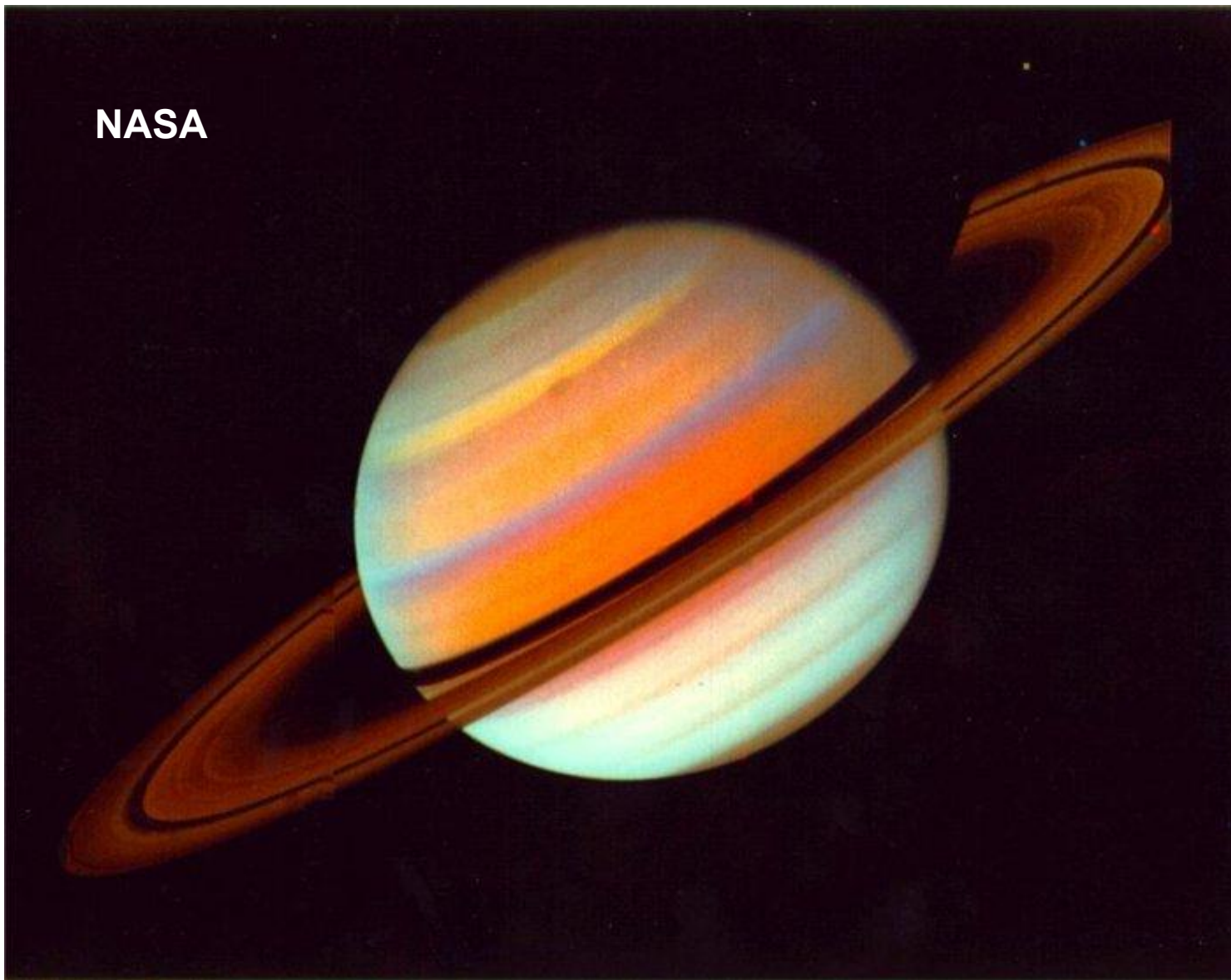


полосы на поверхности Европы и трещины во льду Байкала.

solarsystem.nasa.gov и gelio-nsk.livejournal.com

Сатурн

NASA



Сатурн

Атмосфера H_2 и He, ледяные облака из H_2O , NH_3 и NH_4HS

Период обращения (год) - 29,5 земных года

Период вращения (сутки) – 10,5 земных часов

Присутствует жидкий и твердый (металлический) водород (на глубине около 30 тыс. км) , лед H_2O , силикатное ядро

Магнитное поле менее мощное, чем у Юпитера

Спутники – 62, 17 крупных, крупнейший – Титан, радиус более 2500 км

Система колец, из частиц из льда и замерзших газов, движущихся по своим орбитам без столкновений.

Снимок Земли, с межпланетной станции Кассини (NASA) около Сатурна



19 Июля 2013

Титан

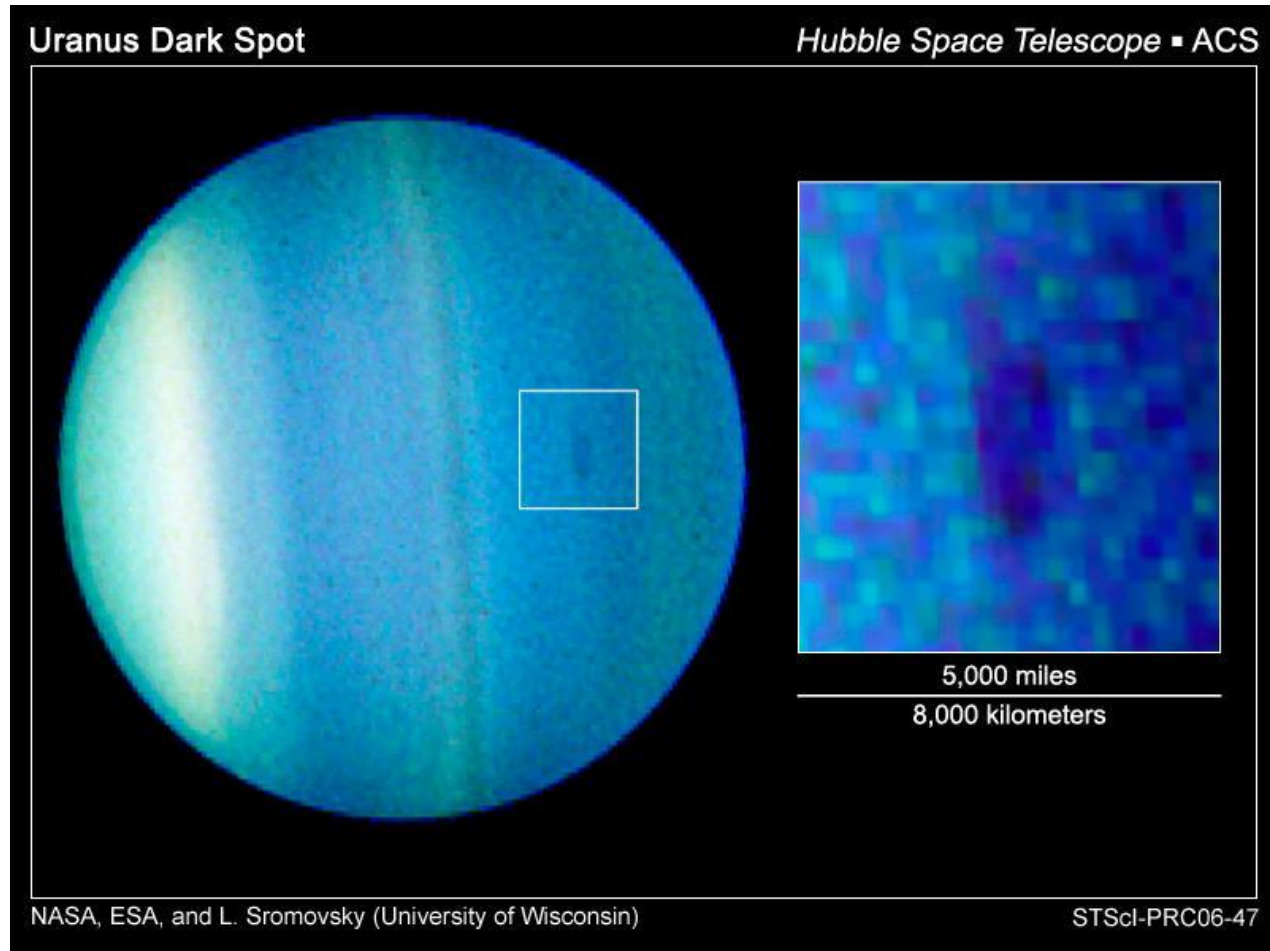
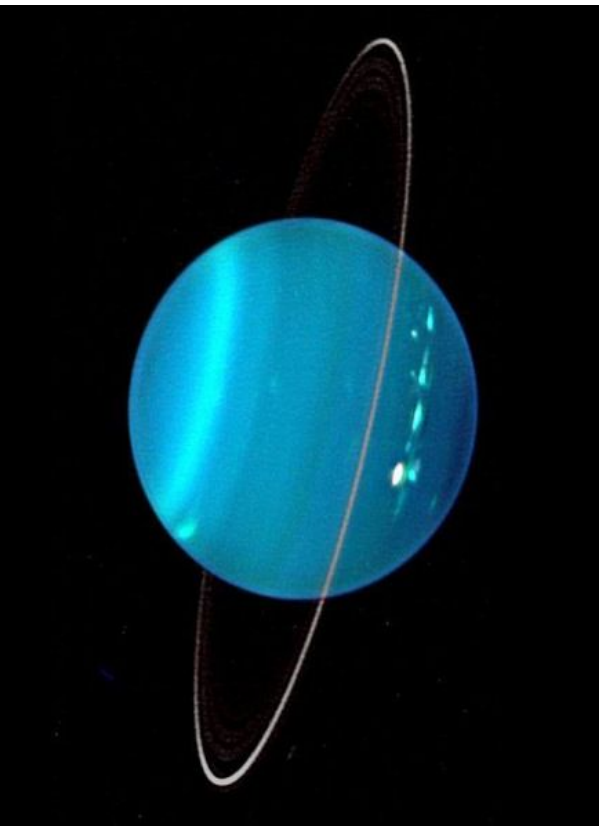


<http://saturn.jpl.nasa.gov>

Фото КА
Кассини
(Cassini)
13 сентября
2012
с расстояния
1,17 млн. км.

Второй по величине в Солнечной системе, состоит из H_2O льда и силикатных пород, имеет азотную атмосферу.

Уран



Первый атмосферный вихрь, замеченный на Уране.
Снимок телескопа «Хаббл»

Уран

Атмосфера – H_2 , He, NH_3

Температура поверхности (минимальная) – $224^{\circ}C$

Период обращения (год) – 84 земных года

Период вращения (сутки) – 17 земных часов

Наклон оси вращения относительно плоскости орбиты **$97,86^{\circ}$** – “лежит на боку вниз головой”;

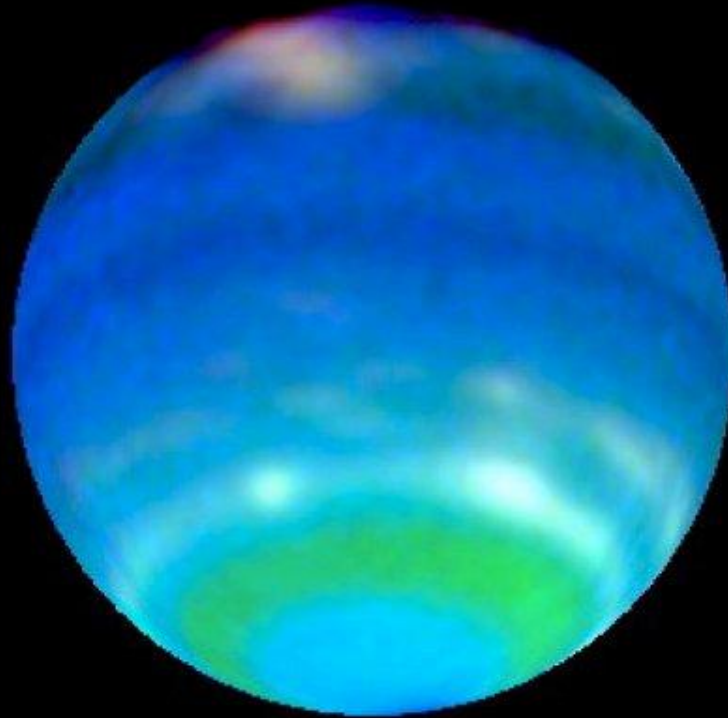
Магнитное поле в 50 раз сильнее земного

Спутники - 27, 5 крупных, кольца

Крупнейший спутник – Титания (в 20 раз меньше Луны)

Нептун

Neptune -- with 900 mile per hour winds
as seen August 11, 1998



Нептун

Атмосфера – H_2 , He, облака из льда H_2O , NH_3 , CH_4 , NH_4HS ; жидкий H_2 , оболочка льдов H_2O , NH_3 , CH_4 ,

Температура поверхности $-200^{\circ}C$

Период обращения (год) – 164,79 земных года

Период вращения (сутки) – около 16 часов

Магнитное поле присутствует

Спутники – 14, крупнейший Тритон, имеет ретроградное движение – навстречу вращению Нептуна

Диаметр (км)

| | | |
|-----------------|---------|---------------------|
| Земля | 12742,0 | планета |
| Венера | 12103,6 | планета |
| Марс | 6780,0 | планета |
| Ганимед | 5262,4 | спутник Юпитера III |
| Титан | 5151 | спутник Сатурна VI |
| Меркурий | 4879,4 | планета |
| Каллисто | 4820,6 | спутник Юпитера IV |
| Ио | 3643,0 | спутник Юпитера I |
| Луна | 3474,2 | спутник Земли |
| Европа | 3122,0 | спутник Юпитера II |
| Тритон | 2706,8 | спутник Нептуна I |

Карликовые планеты

Крупнейшие из известных транснептуновых объектов (ТНО)

Дисномия



Эрида

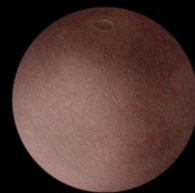
Никта



Плутон

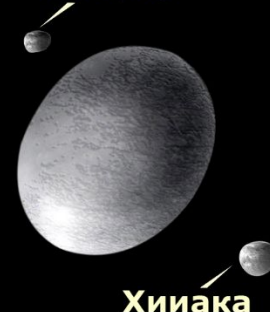
Харон

Гидра



Макемаке

Намака

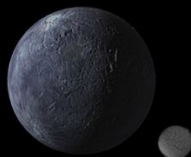


Хаумеа

Хииака



Седна

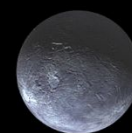


Орк



2007 OR₁₀

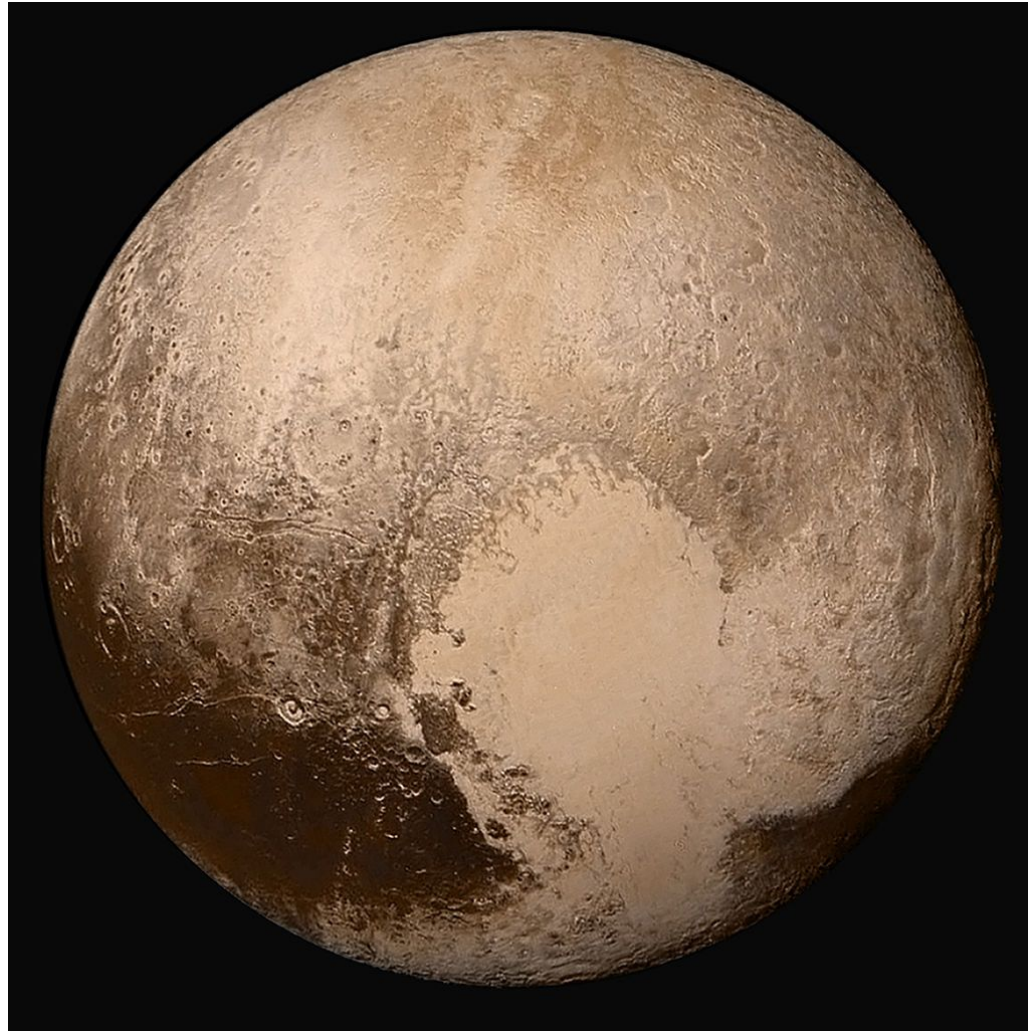
Вейвот



Квавар



Плутон



Старт АМС
«New
Horizons»
19 января
2006 года

NASA / Johns
Hopkins University
Applied Physics
Laboratory /
Southwest Research
Institute -
[http://pluto.jhuapl.edu/
Multimedia/Science-
Photos/image.php?ga
llery_id=2&image_id=
243](http://pluto.jhuapl.edu/Multimedia/Science-Photos/image.php?gallery_id=2&image_id=243)

Снимок АМС «Новые горизонты», NASA, 14 июля 2015 г. с
расстояния 450 000 км

Плутон

Открыт в 1930 г. , масса в 5 раз меньше Луны

Период обращения (год) 248,09 земных лет

Состав - силикатные горных пород и льдов H_2O NH_3 , CH_4

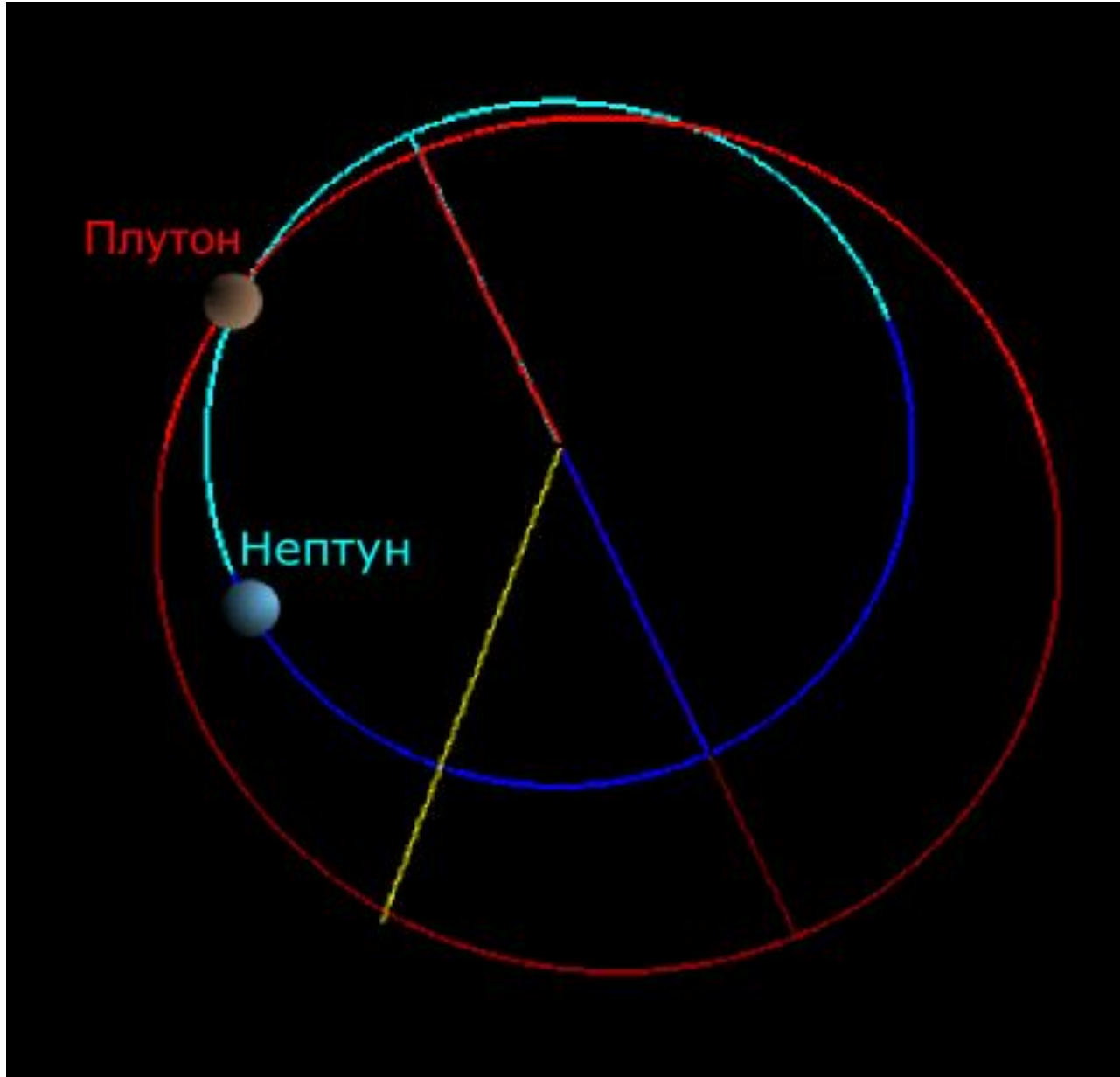
Плутон то приближается к Солнцу на расстояние 29,6 а. е. (4,4 млрд км), оказываясь к нему ближе Нептуна, то удаляется на 49,3 а. е. (7,4 млрд км).

Спутники – 5: крупнейший – Харон (открыт в 1978 г.), часто рассматриваются в качестве двойной планеты.

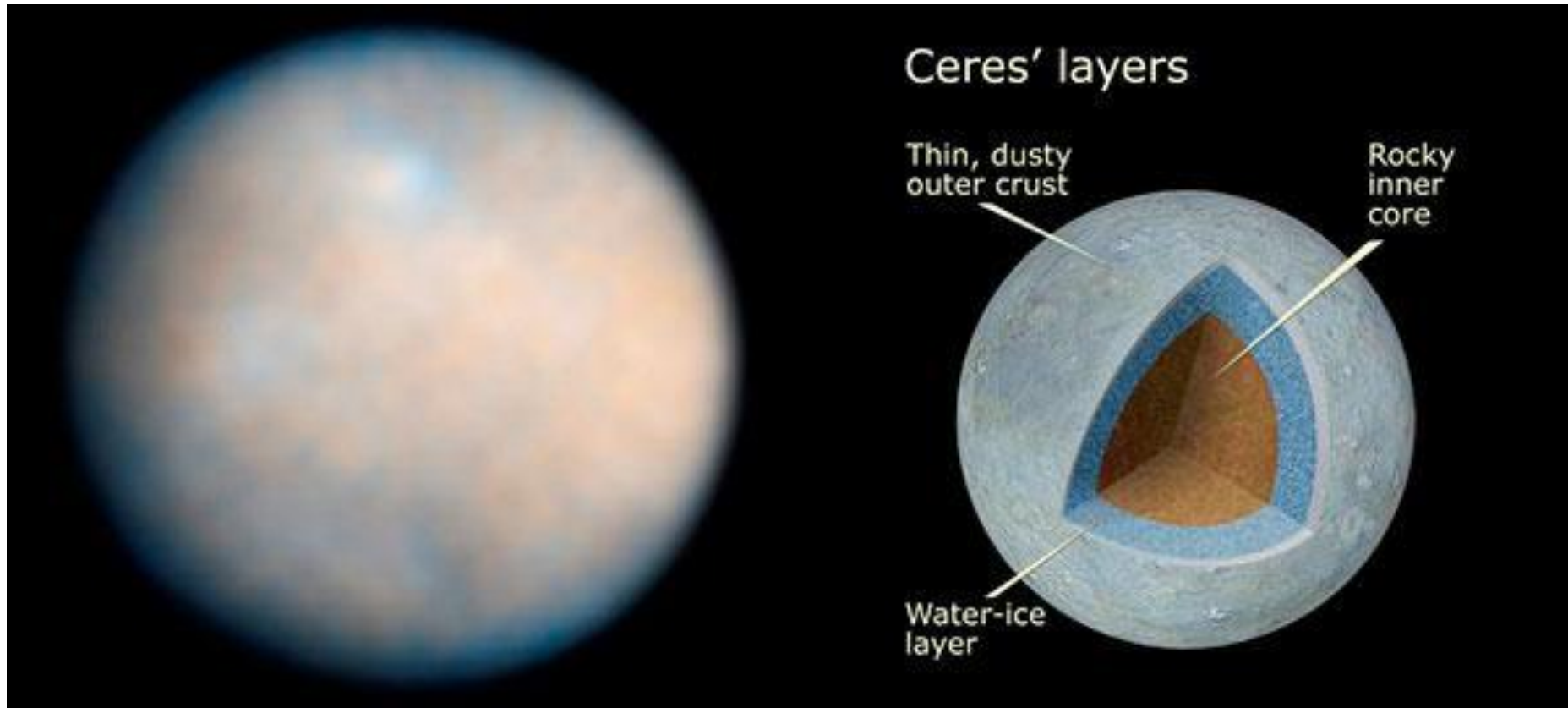
Четыре меньших спутника: Никта и Гидра, открыты в 2005 г.

Кербер, открыт в 2011 годау и Стикс открыт в 2012 году

Орбиты Плутона и Нептуна



Пояс астероидов



Церера, радиус 1020 км, фото телескопа Хаббл и реконструкция внутреннего строения

Пояс астероидов

Между орбитами Марса и Юпитера

Около 2000 на месте гипотетической планеты Фаэтон

Самые крупные астероиды **Церера**, радиус 1020 км

Веста 549 км, **Паллада** 538 км

По составу: 1 – каменные (хондриты),

2 – углистые (хондриты),

3 – железокаменные,

4 – редкие породы (говардиты и др.)

Орбиты астероидов меняют положение

Метеориты

каменные (96%): хондриты, углистые хондриты и ахондриты.

Хондриты – механическая смесь каменного и металлического материала, “хондры” - шарики, различные по составу и строению.

После образования **не пребывали** в расплавленном состоянии, т.е. не прогревались выше 900° С.

В углистых присутствует углерод и вода, не прогревались выше 400 С.
Ахондриты были расплавлены

Железо-никелевые (3%) – Fe-Ni сплав

железо-каменные (1%) Fe-Ni сплав и силикаты

Каменные метеориты



Хондриты



Железные метеориты

США, 1882г.



Железо-каменные метеориты



Белоруссия, 1807 г.

Кометы

Размеры от 100 м до десятков км

Ядра сложены льдом, при приближении к Солнцу газы испаряются и образуют «хвосты комет»

Кометы расположены в интервале 2000 до 50000 а.е. –
облако Оорта
максимальное удаление от Солнца $1,5 \cdot 10^{13}$ км

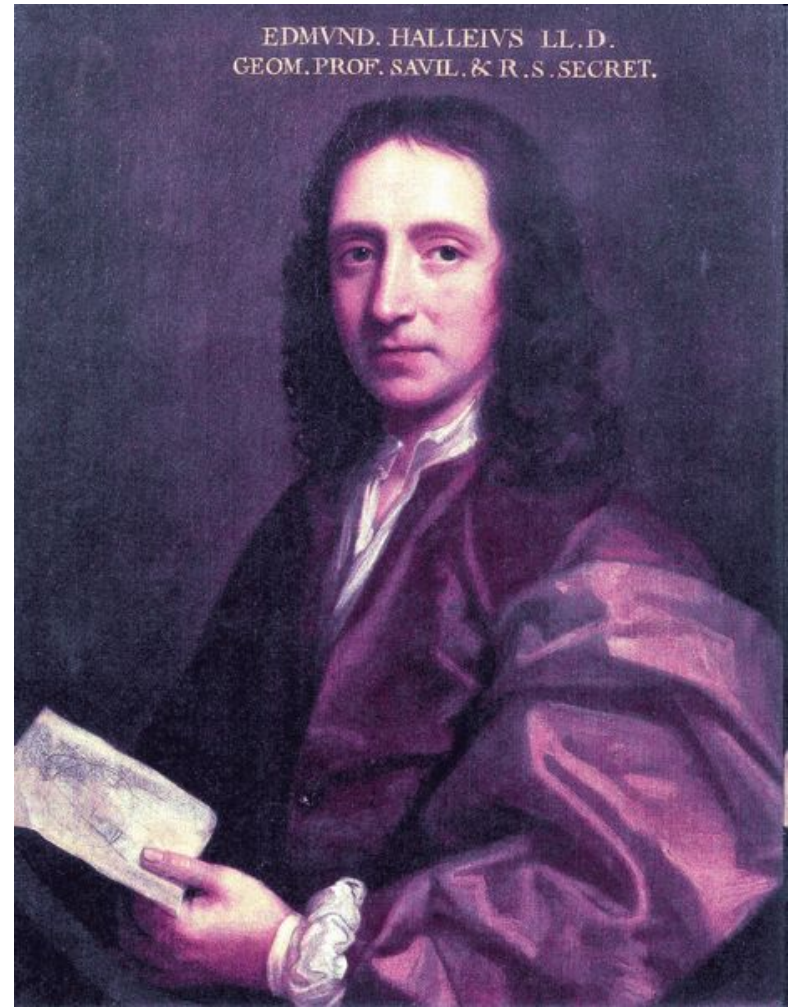
Кометы могут переходить с эллиптических орбит на параболические и гиперболические и выбрасываться из Солнечной системы.

Комета Галлея



12 марта 1986 г.

Период обращения 75 – 76 лет



Эдмунд Галлей, описал движение кометы в 1682г.

Миссия «Rosetta», ESA



«Розетта» вблизи
кометы Чурюмова-
Герасименко.

Старт 2 марта 2004 года

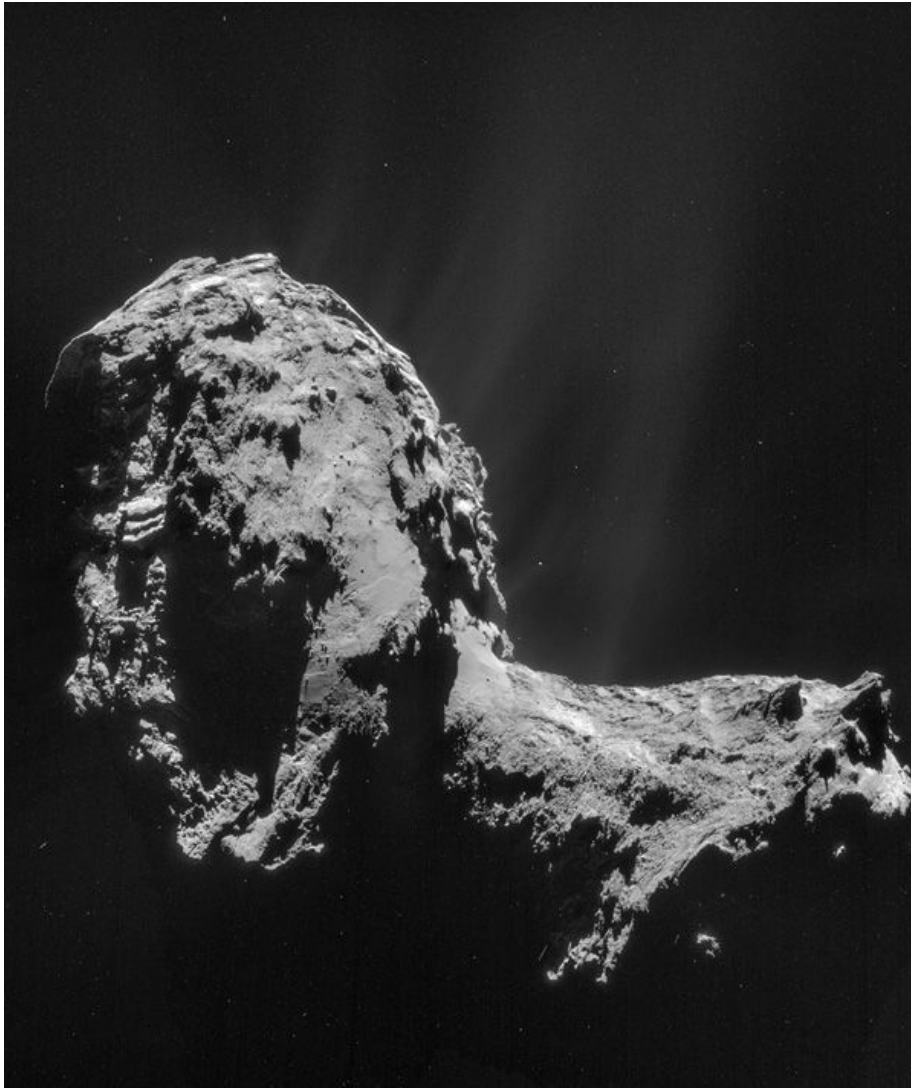
http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/432318/Poymat_kometu

Посадка аппарата
«Филы» (Philae lander)
на комету

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Philae_over_a_comet_\(crop\).jpg#/media/File:Philae_over_a_comet_\(crop\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Philae_over_a_comet_(crop).jpg#/media/File:Philae_over_a_comet_(crop).jpg)

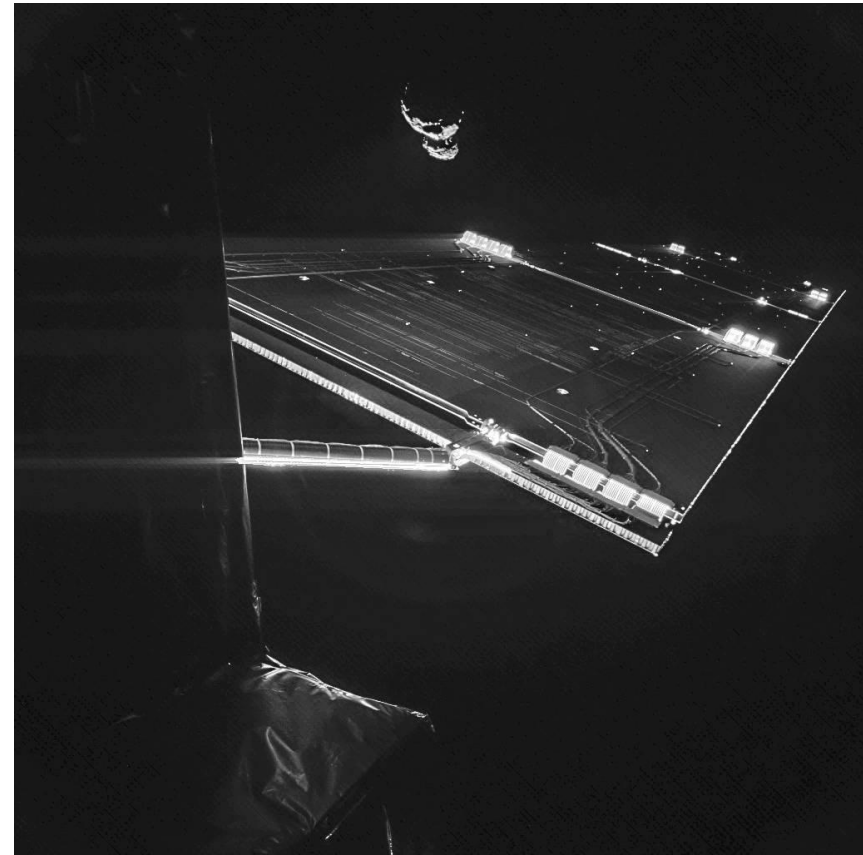


Комета Чурюмова-Герасименко



Комета с борта Rosetta (ноябрь 2014).

ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team
MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA. Фото с сайта
sci.esa.int/rosetta/



Посадочный модуль Philae
7 сентября 2014 г.

Достиг кометы 12 ноября
2014 г.

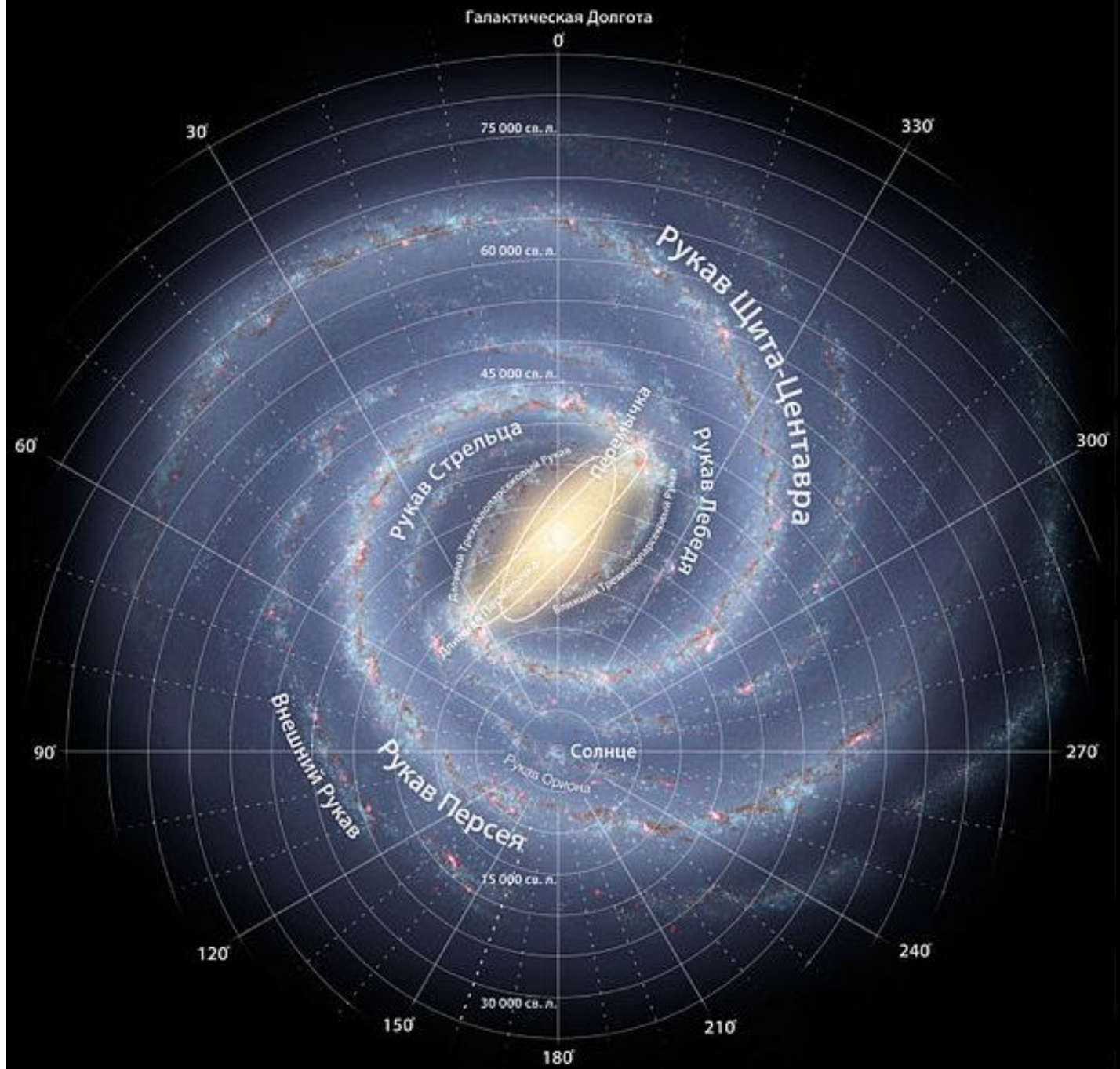
<http://rosetta.jpl.nasa.gov>

Современная Солнечная система

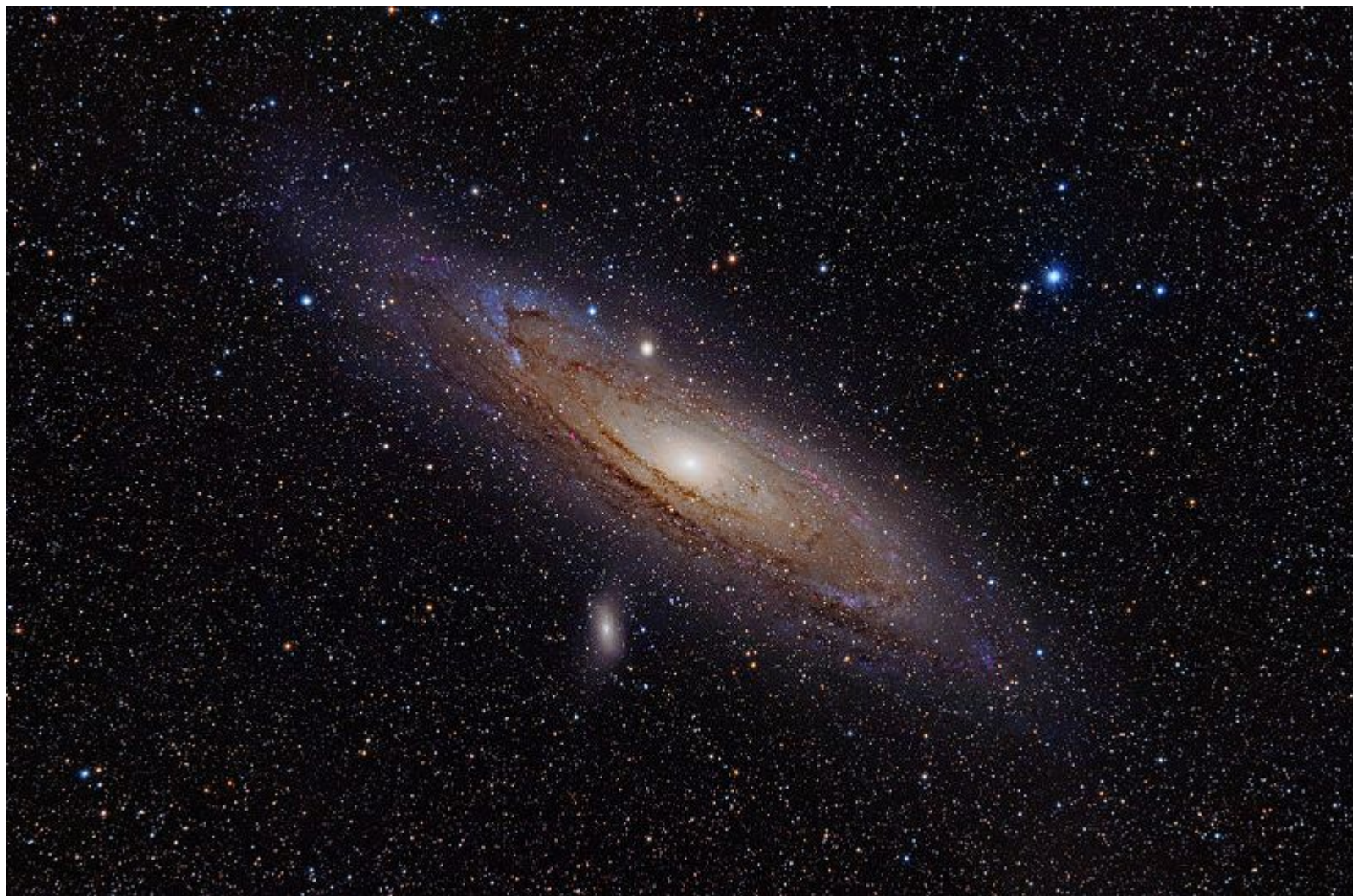
находится в краевой части Галактики Млечного Пути на расстоянии около 10^4 св. лет (10^{17} км) от ее центра.

Млечный путь - спиральная галактика с перемычкой типа SBbc по классификации Хаббла

Период обращения Солнечной системы вокруг центра Галактики называется *галактическим годом* и составляет около 210 млн лет.



Галактика Андромеды



Ближайшая к Млечному пути – 772 килопарсек
(2,52 млн световых лет)