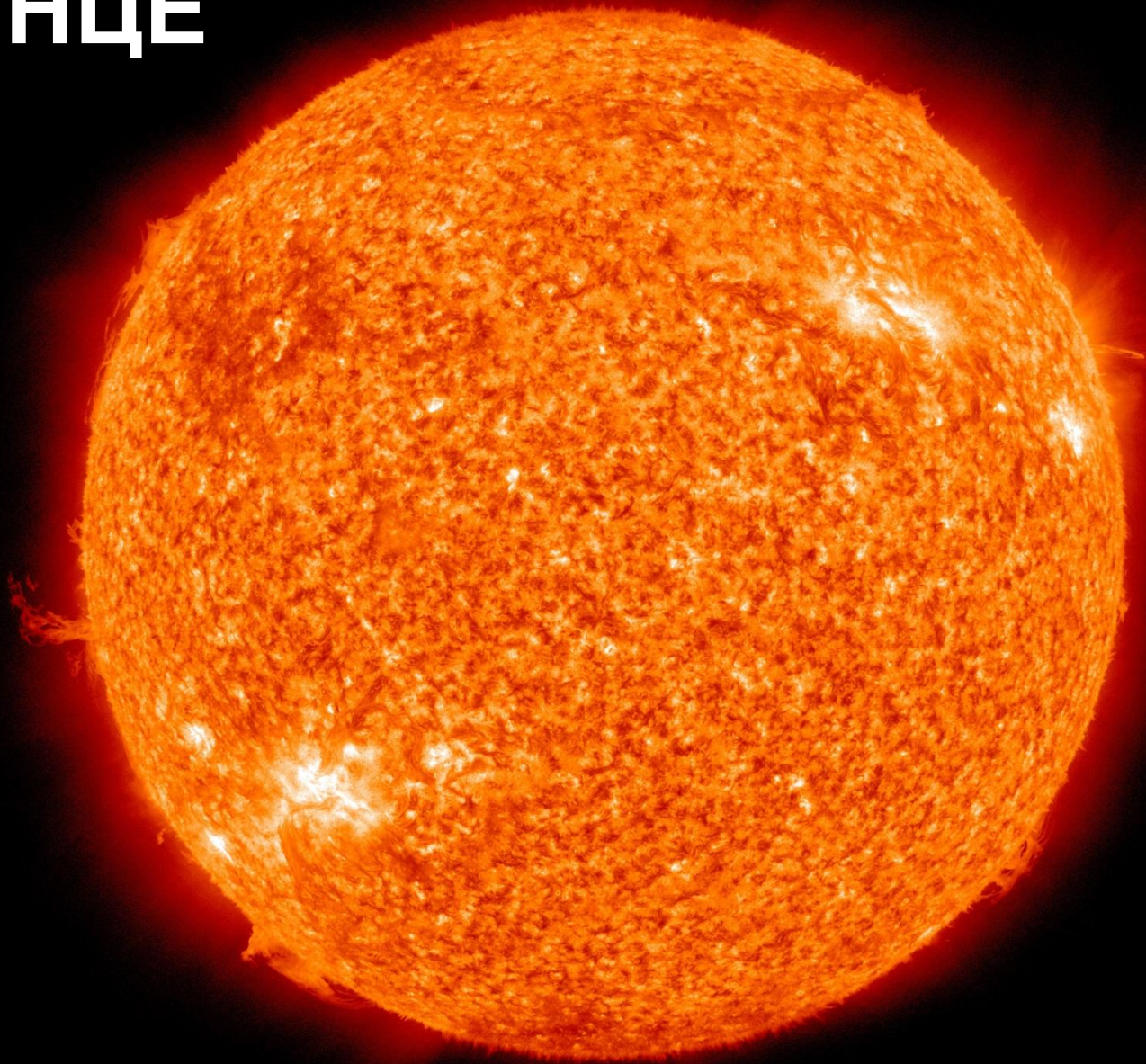


**СОЛНЦЕ**

**Sun**



# Солнце

(жёлтый карлик - G20)

Радиус:  $6,66 \cdot 10^8$  м

Плотность:  $1,4$  г/см<sup>3</sup>

Температура:  $5778$  К

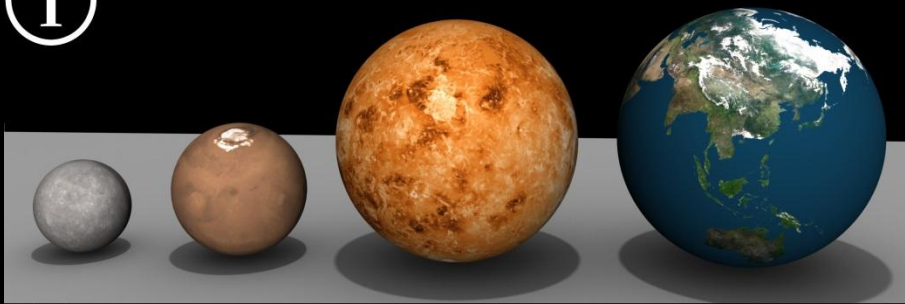
Возраст:  $4,5$  млрд. лет

Состав: He – 74%,  
H – 25%

# Относительные размеры планет, Солнца и других звёзд

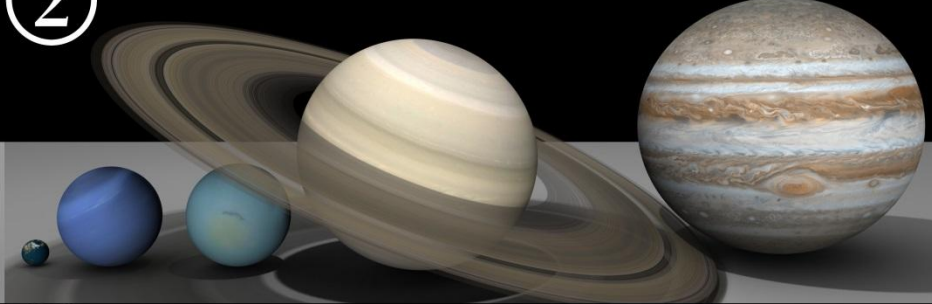
1

Mercury < Mars < Venus < Earth



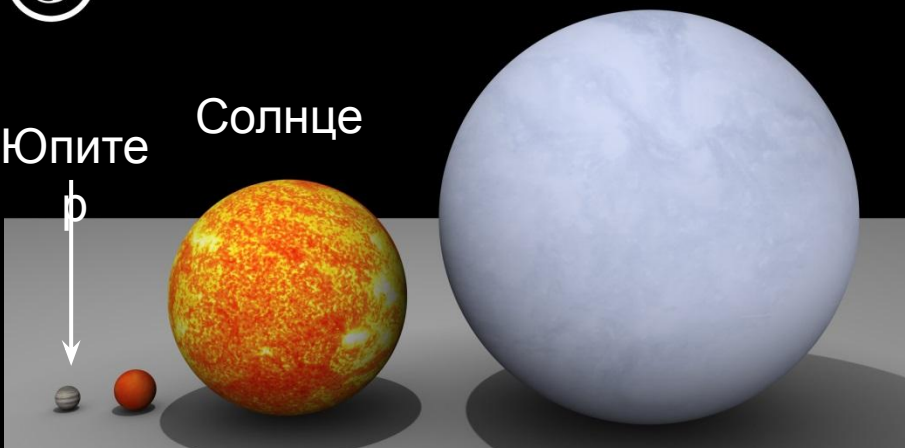
2

Earth < Neptune < Uranus < Saturn < Jupiter



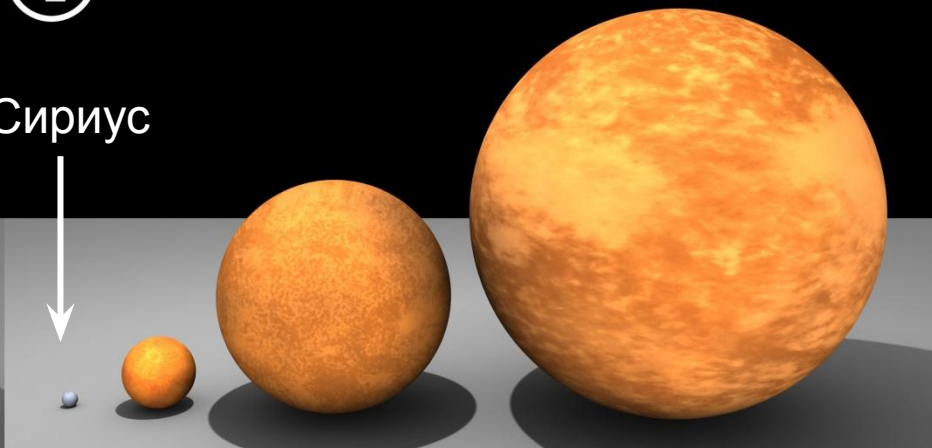
3

Jupiter < Wolf 359 < Sun < Sirius



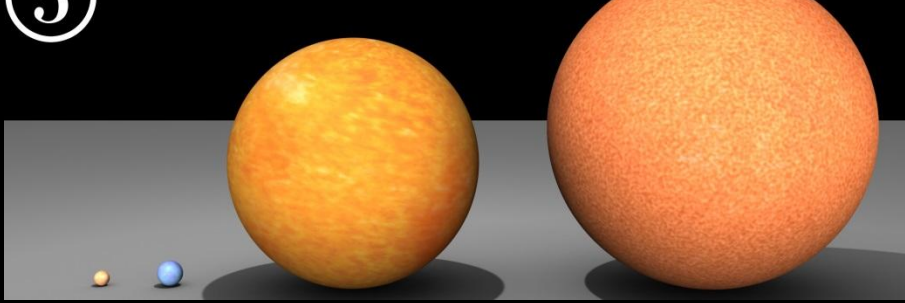
4

Sirius < Pollux < Arcturus < Aldebaran



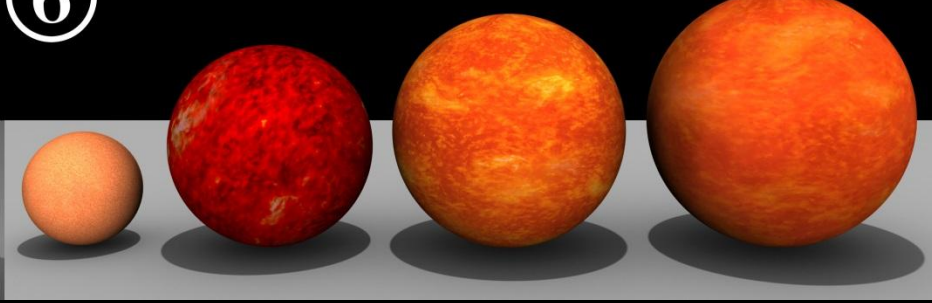
5

Aldebaran < Rigel < Antares < Betelgeuse



6

Betelgeuse < Mu Cephei < VV Cephei A < VY Canis Majoris



# МЕРКУРИЙ

## Mercury



# Меркурий

(нет спутников)

Радиус: 2500 км

Плотность: 5,43 г/см<sup>3</sup>

Температура: 340 К (100 – 700 К)

Орбита: 0,4 а.е.

Период : 88 суток (С), **58,6** суток (О)

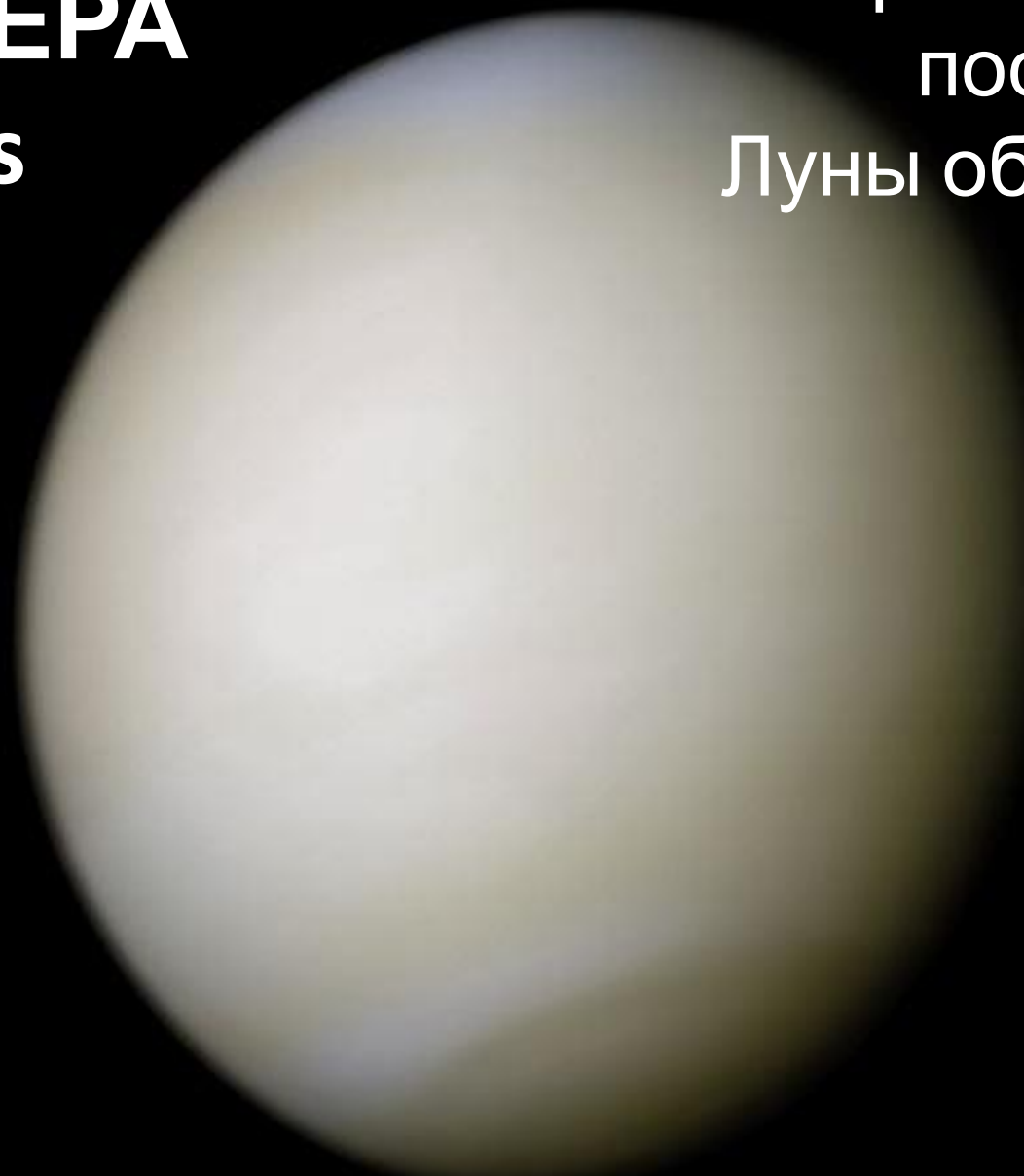
Состав: кислород 42%, натрий 29%, водород 22%

Наблюдается: *лучше на экваторе в сумерки;  
в средних широтах – утро/вечер в равноденствия.*

**ВЕНЕРА**

**Venus**

Третий по яркости  
после Солнца и  
Луны объект на небе



Самые  
продолжительные сутки

# Венера

(нет спутников)

Радиус: 6052 км

Плотность: 5,24 г/см<sup>3</sup>

Температура: 739 К

Орбита: 0,7 а.е.

Период : 225 суток (С), 243 суток (О)

Состав: углекислый газ 96%, азот 3,5%

*Наблюдается: 3-ий по яркости объект на небе, сумерки и недолго после (утро/вечер), ровный белый свет.*

**ЗЕМЛЯ**

**Earth**



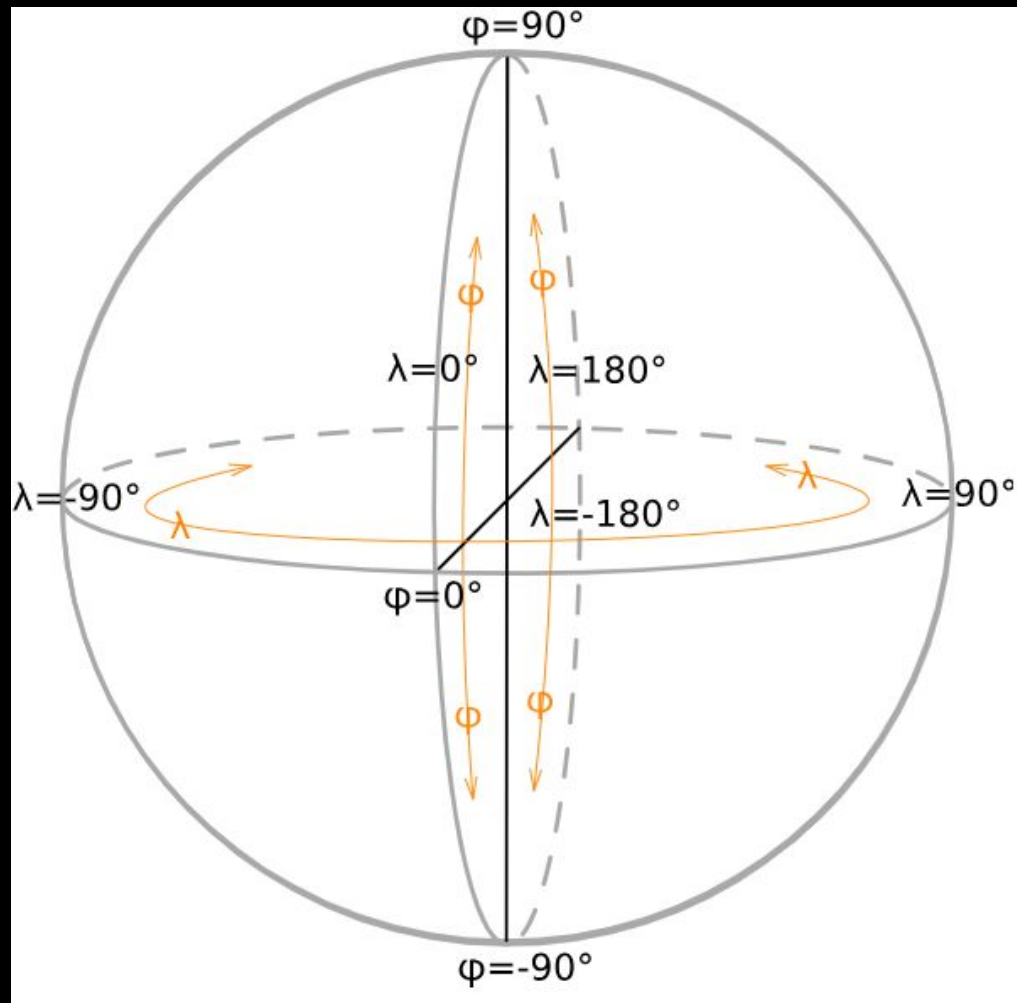
Единственная обитаемая  
планета солнечной системы



# Земля

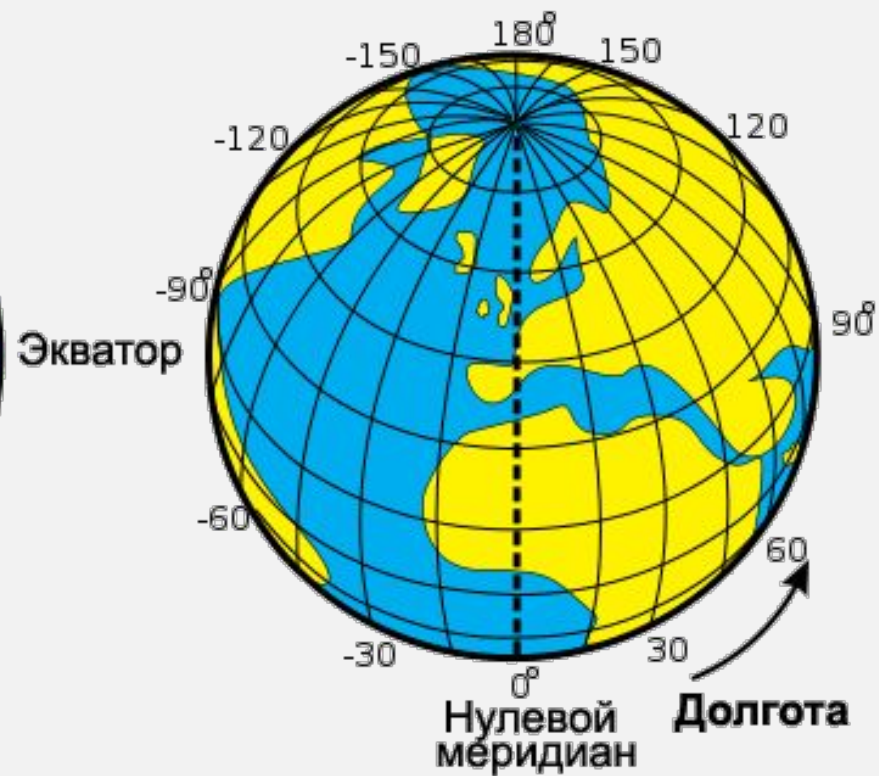
( 1 спутник - Луна)

Радиус:	6371 км
Плотность:	5,5 г/см <sup>3</sup>
Температура:	287 К (184 – 330 )К
Орбита:	1 а.е.
Период :	365,24 суток (С), 1 суток (О)
Состав:	азот 78%, кислород 21%, 0.9% аргон



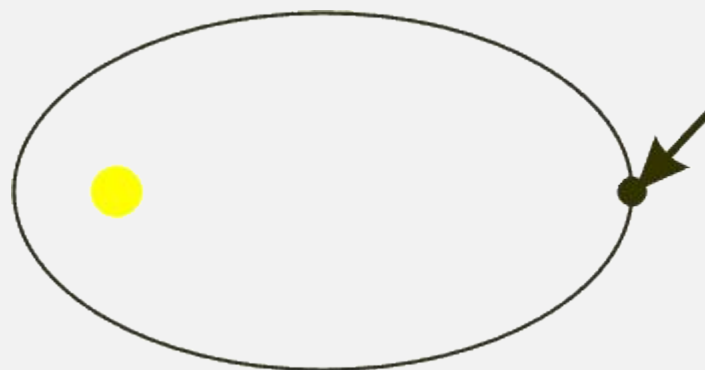
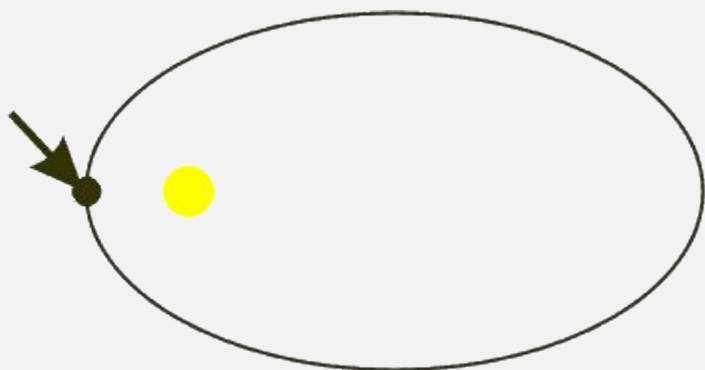
Широта:  $-90^\circ < \varphi < +90^\circ$  ( $\varphi = 0^\circ$  на экваторе)

Долгота:  $-90^\circ < \lambda < +90^\circ$  ( $\lambda = 0^\circ$  на Гринвичском  
меридиане)



*Перицентр*

*Апоцентр*



*Для Луны (и любого тела), обращающегося  
вокруг Земли (ГЕЯ):*

**ПЕРИГЕЙ**

**АПОГЕЙ**

*Для любого тела, обращающегося  
вокруг Солнца (ГЕЛИОС):*

**ПЕРИГЕЛИЙ**

**АФЕЛИЙ**  
(АПОГЕЛИЙ)

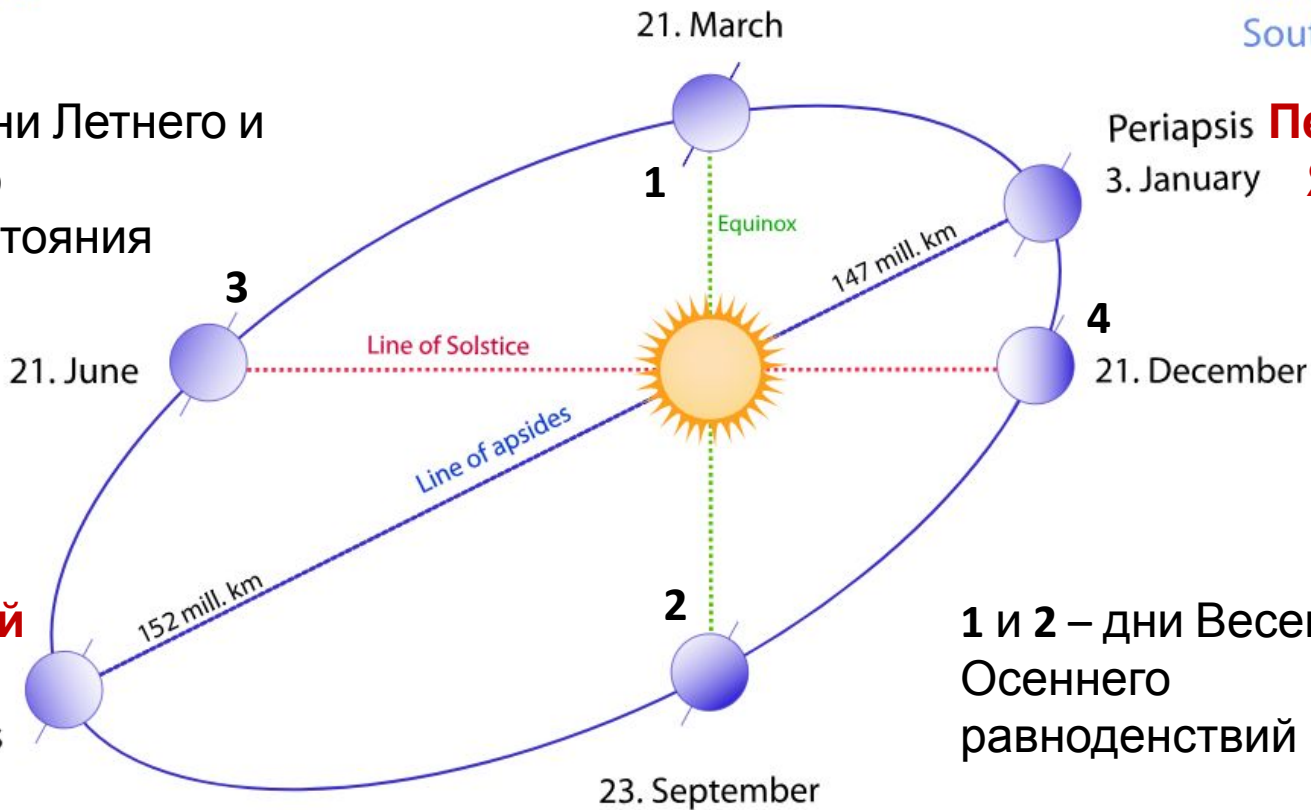
# Орбита Земли

Northern spring/  
Southern fall

Northern winter/  
Southern summer

3 и 4 – дни Летнего и  
Зимнего  
СОЛНЦЕСТОЯНИЯ

Periapsis **Перигелий**  
3. January **Январь**



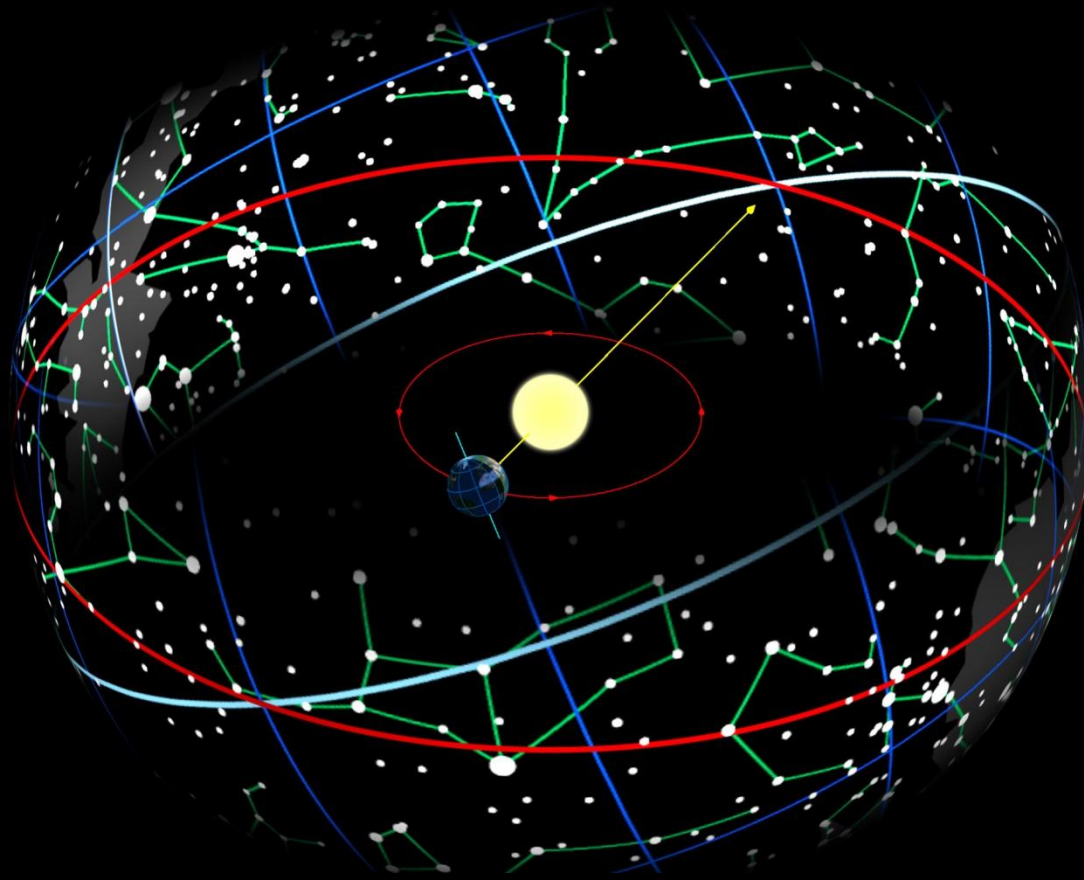
1 и 2 – дни Весеннего и  
Осеннего  
равноденствий

**Афелий**  
**Июнь**  
Apoapsis  
3. July

Northern summer/  
Southern winter

Northern fall/  
Southern spring

**Зодиак** - пояс на небесной сфере вдоль эклиптики, по которому проходят видимые пути Солнца, Луны и планет.



**Зодиакальные созвездия** (от греч. ζῳδιακός, «звериный») — 12 созвездий, расположенных вдоль эклиптики, видимого годового пути Солнца среди звёзд. Помимо этих 12 созвездий, Солнце проходит через созвездие Змееносца.

Невосходящие звёзды – те, которые на данной широте наблюдателя никогда не поднимаются над горизонтом. Если  $\varphi$  - географическая широта места наблюдения, то склонение невосходящих звезд удовлетворяет условию:  
 $\delta < (\varphi - 90^\circ)$ .

**Незаходящие звезды** — те, которые на данной широте не опускаются ниже горизонта. Если  $\varphi$  - географическая широта места наблюдения, то склонение незаходящих звезд удовлетворяет условию:  
 $\delta > (90^\circ - \varphi)$  – на северном полушарии.

# Явления в атмосфере Земли



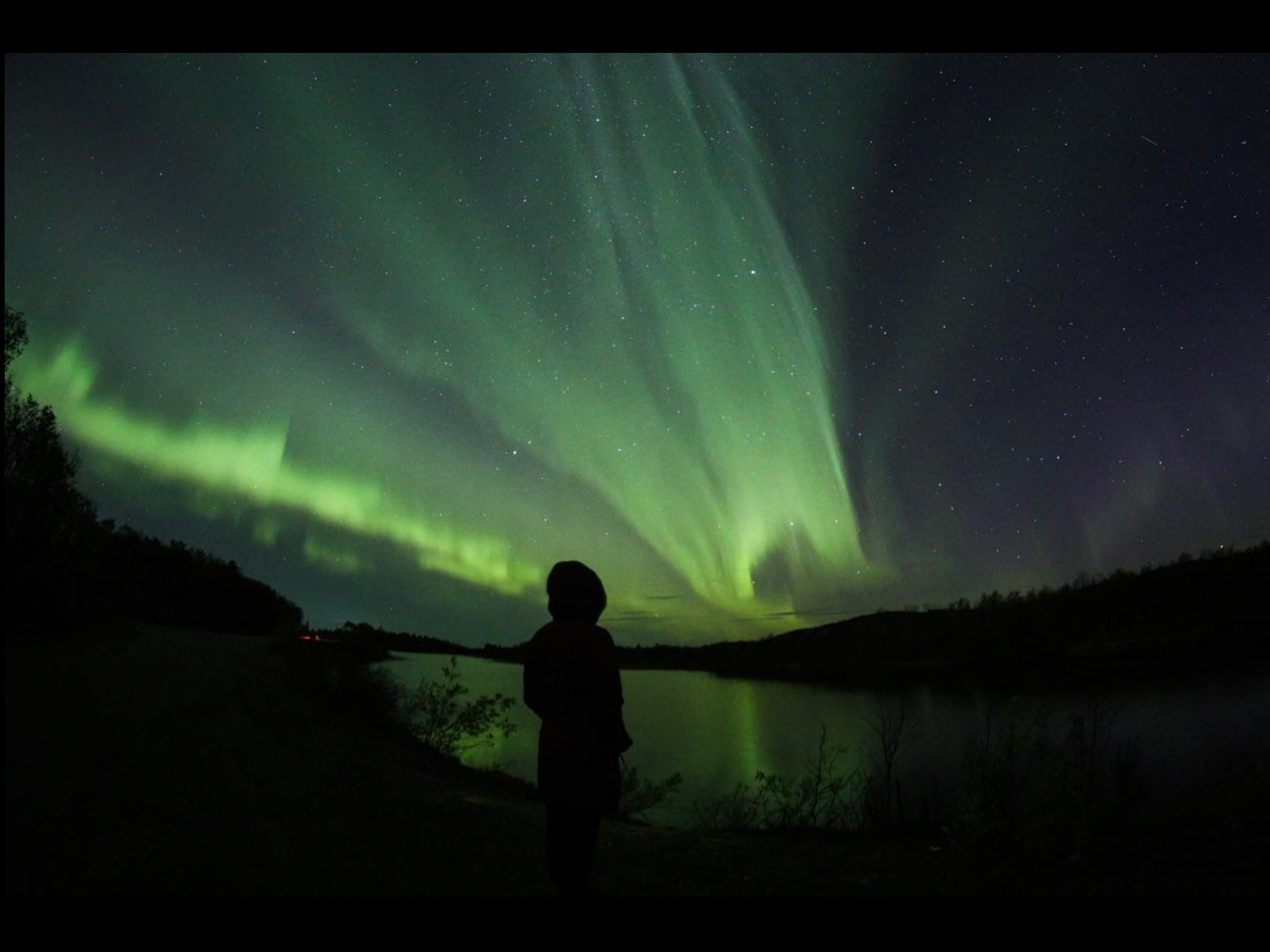


**Полярное сияние**, или северное сияние, или южное сияние, или аврора — свечение верхних слоёв атмосферы планет, обладающих магнитосферой, вследствие их взаимодействия с заряжёнными частицами *солнечного ветра*



Поскольку магнитные полюса Земли отстоят от географических на  $\sim 12^\circ$ , полярные сияния наблюдаются в широтах  $67—70^\circ$ .

Но в пики Солнечной активности могут быть видны на широтах вплоть до  $30^\circ$



**Серебристые облака** – это самые высокие облака в атмосфере Земли; образуются в мезосфере на высотах около **80 км**, в освещении Солнцем, когда оно находится на высоте **6—16°** под горизонтом.



Наблюдаются в летние месяцы в широтах между **43°** и **65°**.  
Удалось доказать, что аналогичные явления имеют место и на других планетах, в частности, на Марсе.

# Солнечное гало



# Лунное гало



# Паргелий (ложное Солнце)



# Парселений (ложная Луна)



# Световой столб





# ЛУНА

## Moon

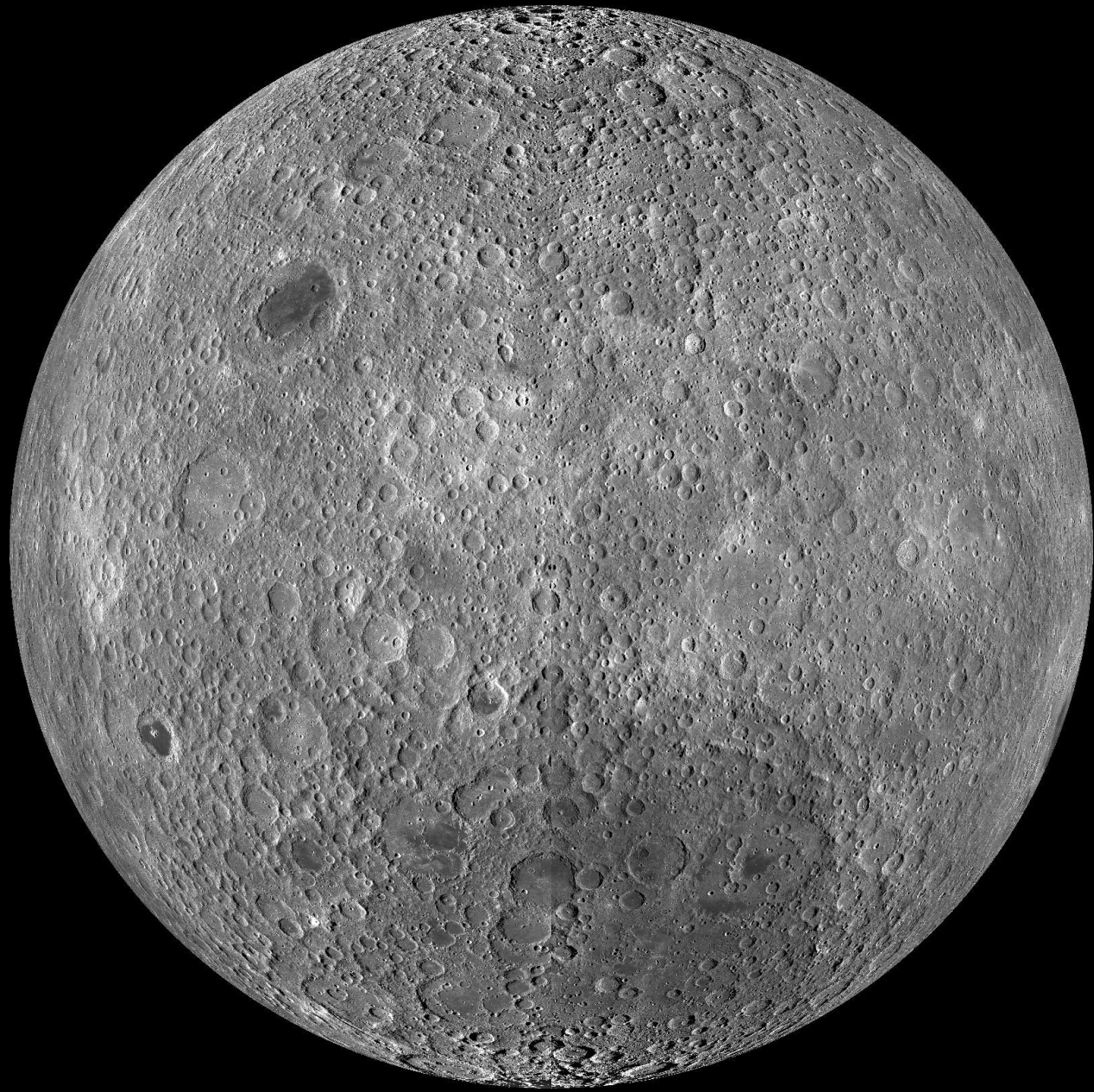


Самый крупный спутник  
По отношению к центральной планете

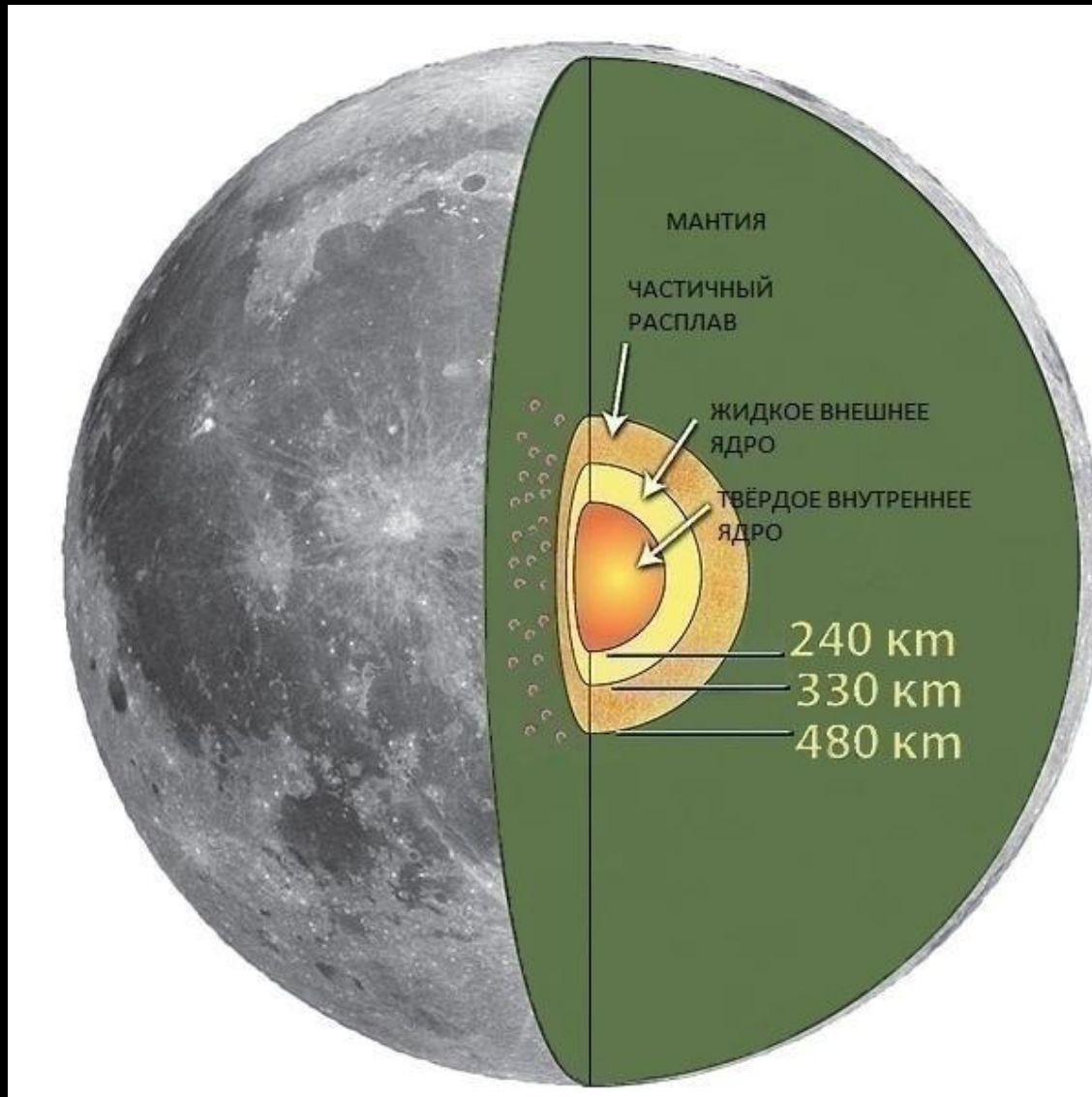
# Луна

(спутник Земли)

Радиус:	1740 км
Плотность:	3,3 г/см <sup>3</sup>
Температура:	220 К (100 – 390 )К
Расстояние до Земли:	384 400км
Сидерический период :	27,3 суток
Синодический период :	29,5 суток
Состав атмосферы:	крайне разрежена



# Строение Луны





МОРЕ ХОЛОДА

Залив Радуги

Платон

Альпы

Кавказ

МОРЕ ДОЖДЕЙ

МОРЕ ЯСНОСТИ

ОКЕАН

БУРЬ

Коперник

Кеплер

Гримальди

Апеннины

МОРЕ ПАРОВ

МОРЕ СПОКОЙСТВИЯ

МОРЕ КРИЗИСОВ

МОРЕ ИЗОБИЛИЯ

Лангрэн

МОРЕ ОБЛАКОВ

МОРЕ НЕКТАРА

Стевин

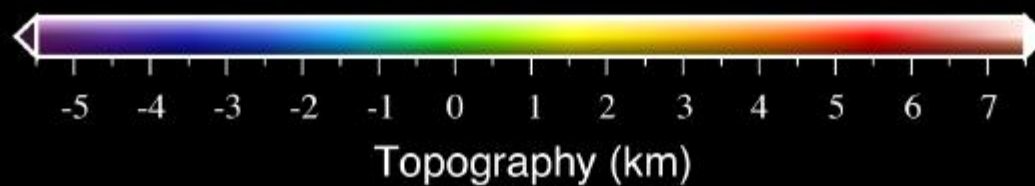
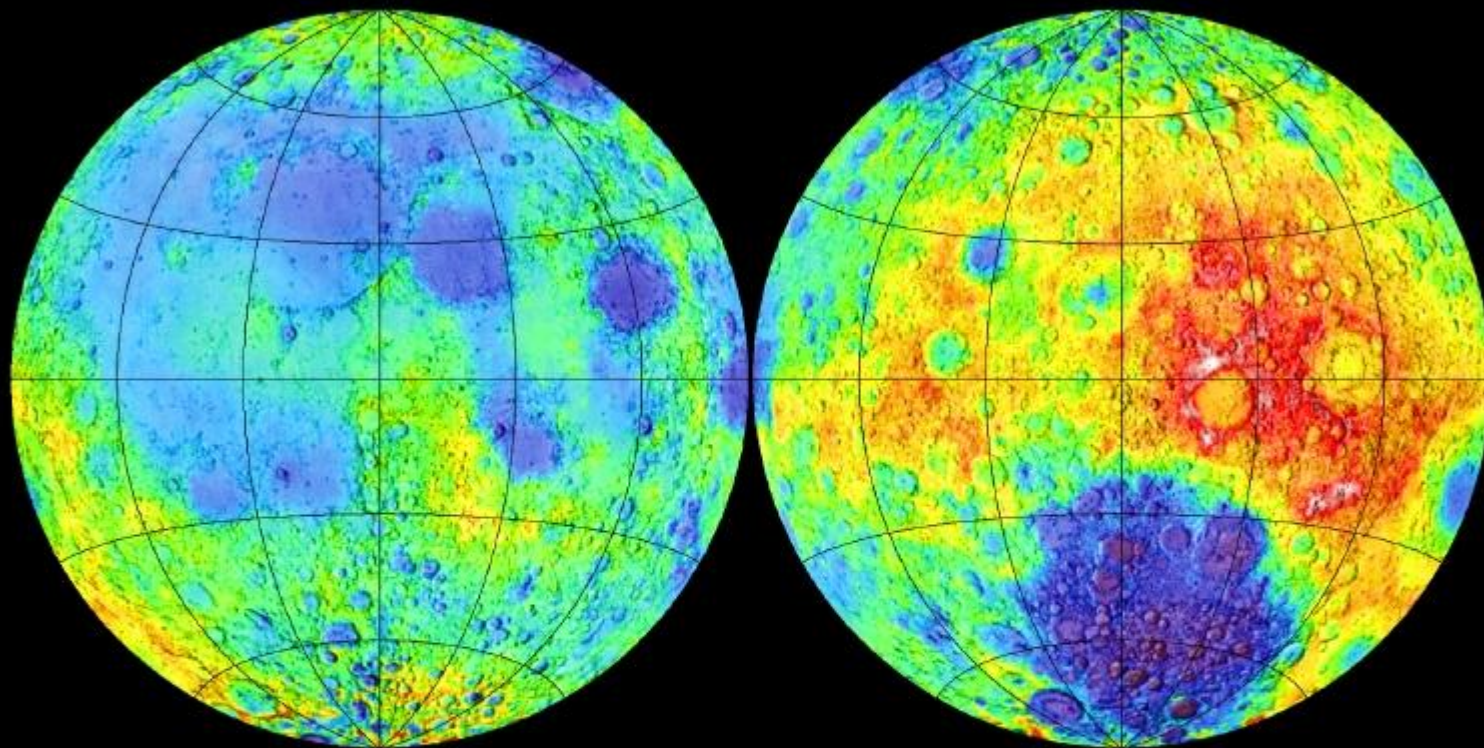
Тихо

МОРЕ ЮЖНОЕ

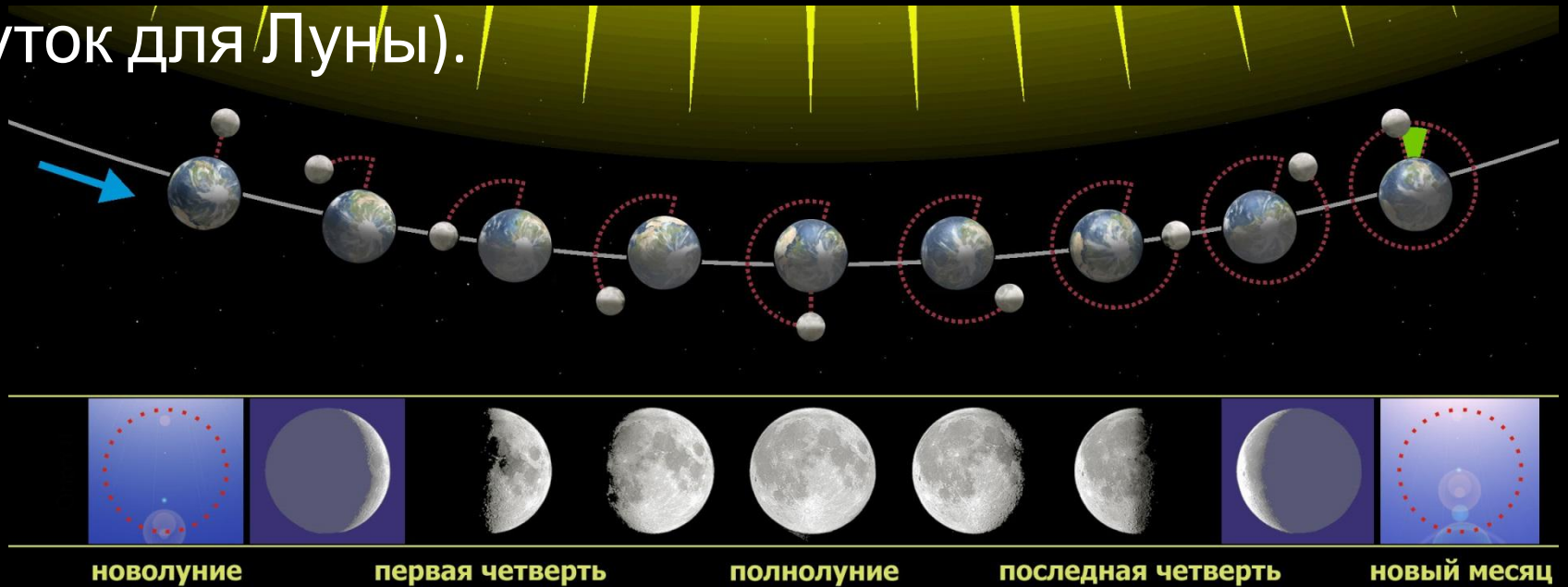
# Карта высот

Near side

Far side



\* **Сидерический период обращения** — промежуток времени, в течение которого какое-либо небесное тело-спутник совершает вокруг главного тела полный оборот относительно звёзд (= 27,3 суток для Луны).



**Фазы Луны** — периодически меняющиеся состояния освещения Луны Солнцем.

\* **Синодический период Луны** – продолжительность полной смены фаз Луны = 29,5 земных суток.

*(Это понятие можно обобщить на другие небесные тела).*

# Масштабная модель



## Орбита Луны

2018-01-01 00:00

Moon

2018-01-01 00:00

Moon

0.000km/s

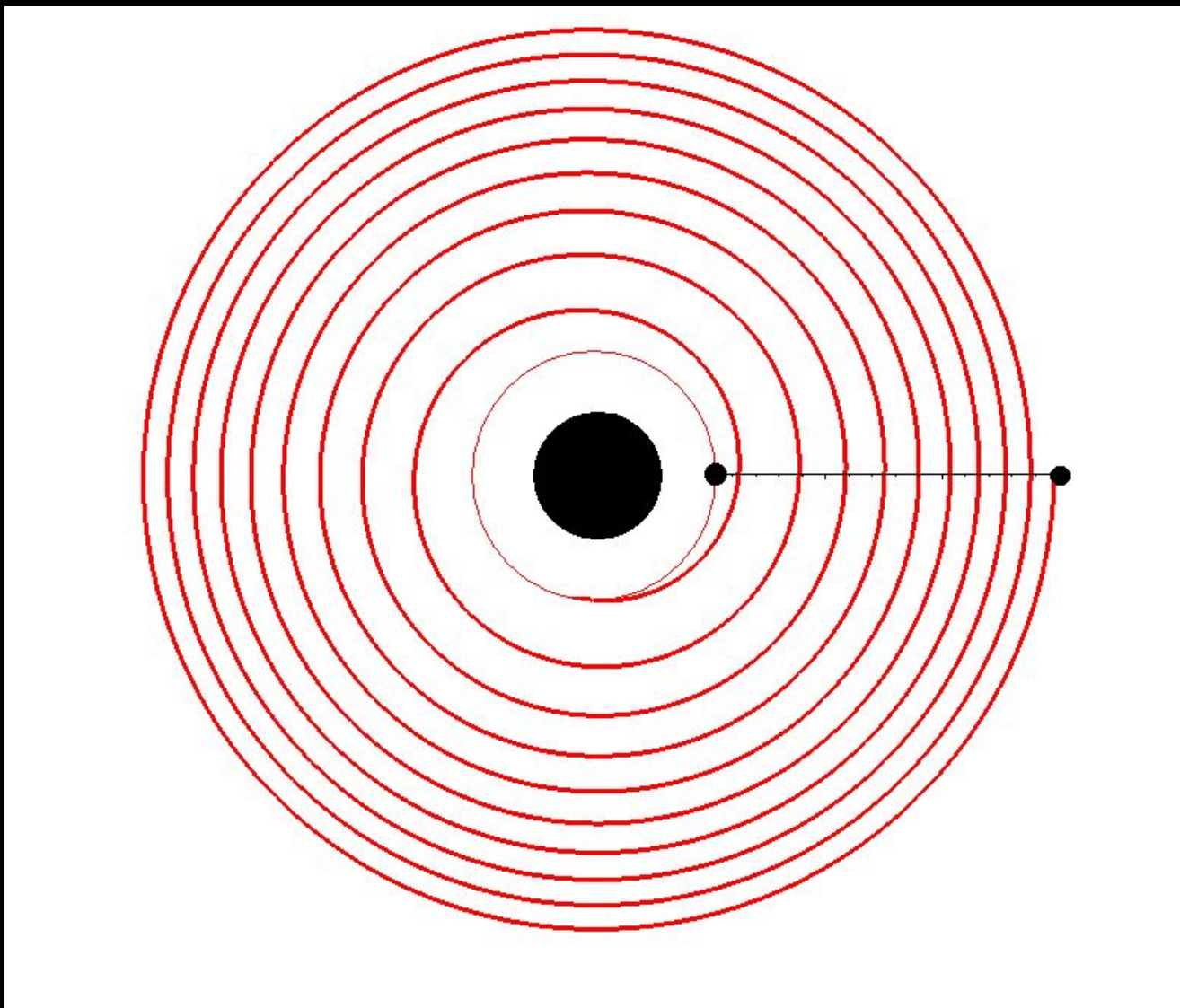
357,401km

0.000km/s

357,401km



# Орбита Луны за последние 4,36 миллиарда лет



# Либрации Луны

2007 Apr 3 08:50:54 UT



# Исследование Луны

14 сентября 1959 года поверхности Луны впервые достиг аппарат «Луна-2» (СССР)

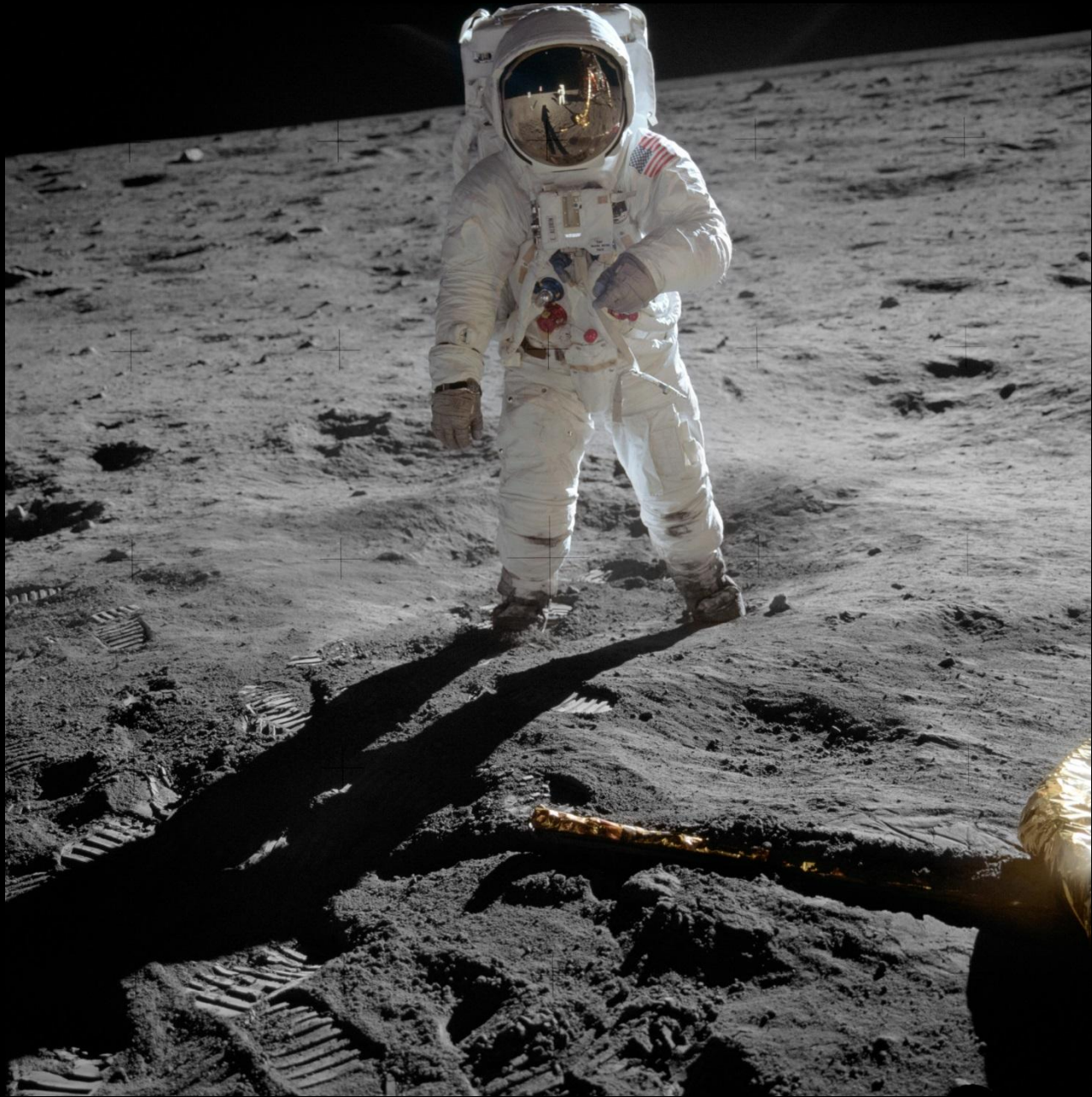
В том же году аппарату «Луна-3» впервые удалось запечатлеть обратную стороной Луны

3 февраля 1966 года состоялась первая мягкая посадка аппарата «Луна-9»

декабрь 1968 года – первый успешный пилотируемый облёт Луны кораблём «Аполлон-8» (США)

17 ноября 1970 года – первый дистанционно управляемый аппарат «Луноход-1»

20 июля 1969 года – первый человек на Луне! «Аполлон-11»









**Пепельный свет Луны** — видимое свечение неосвещённой прямым солнечным светом поверхности характерного пепельного цвета.



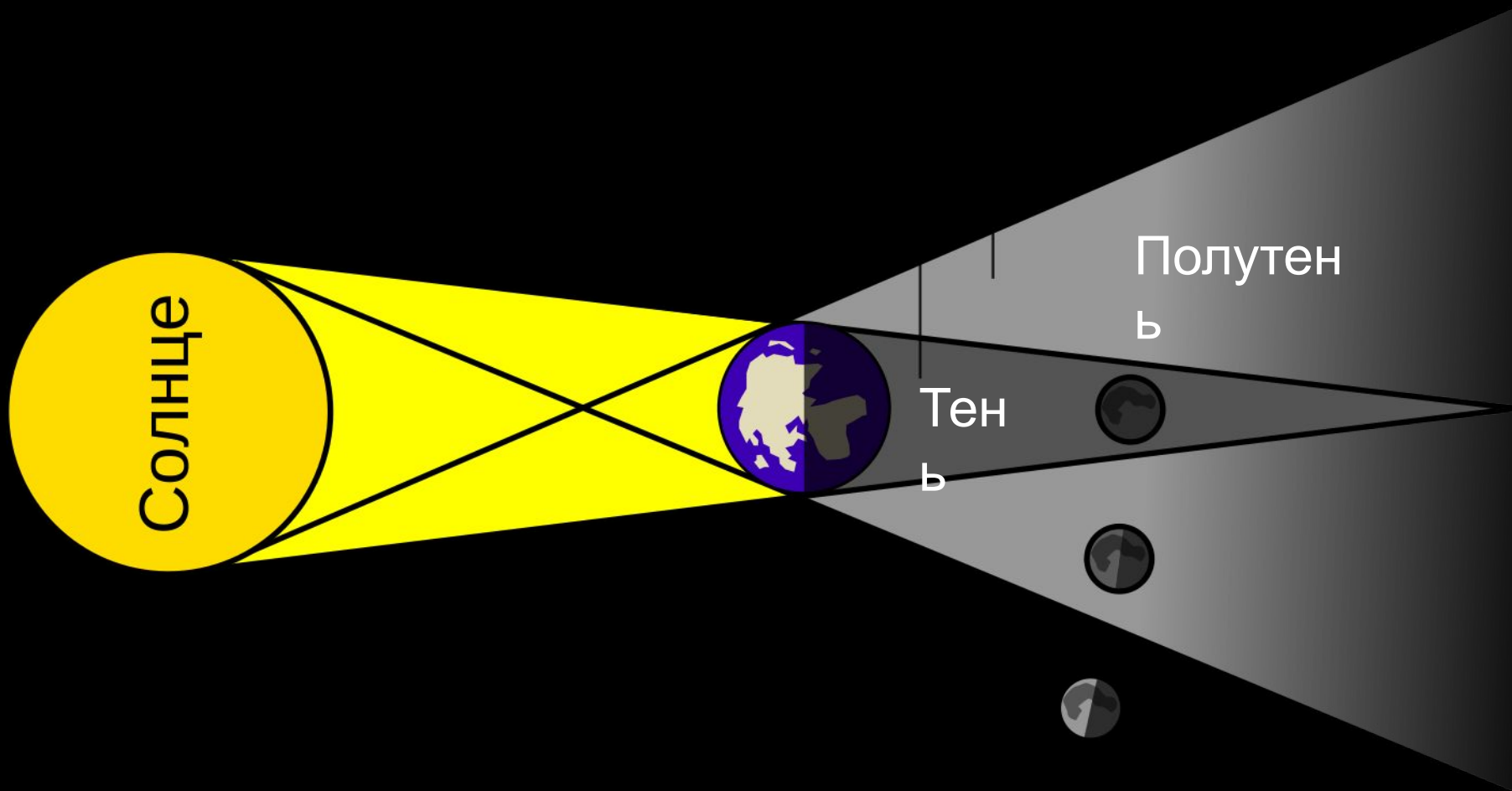




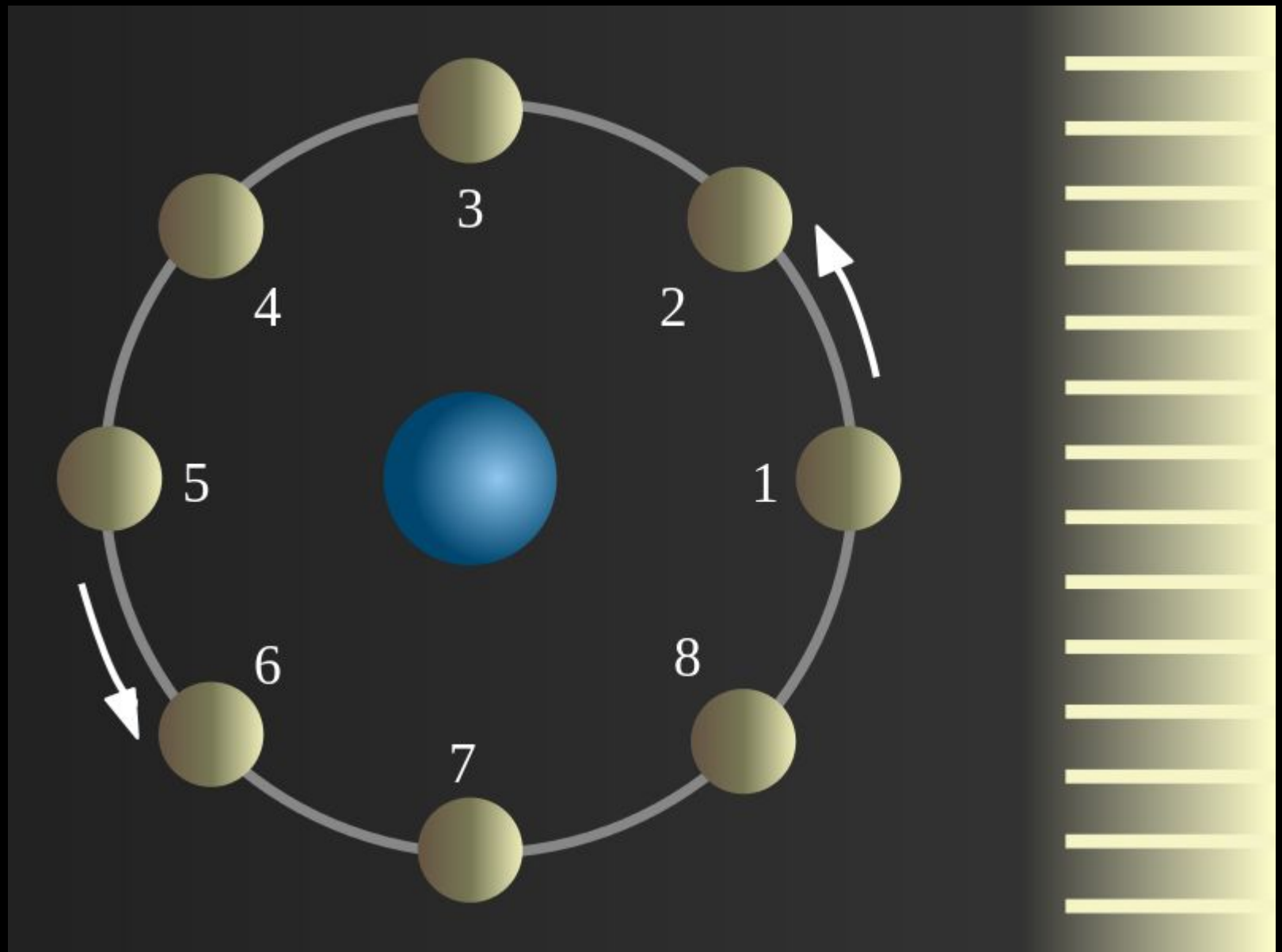
# Лунное затмение



# Лунное затмение



# Фазы Луны



# Какая последовательность верная?



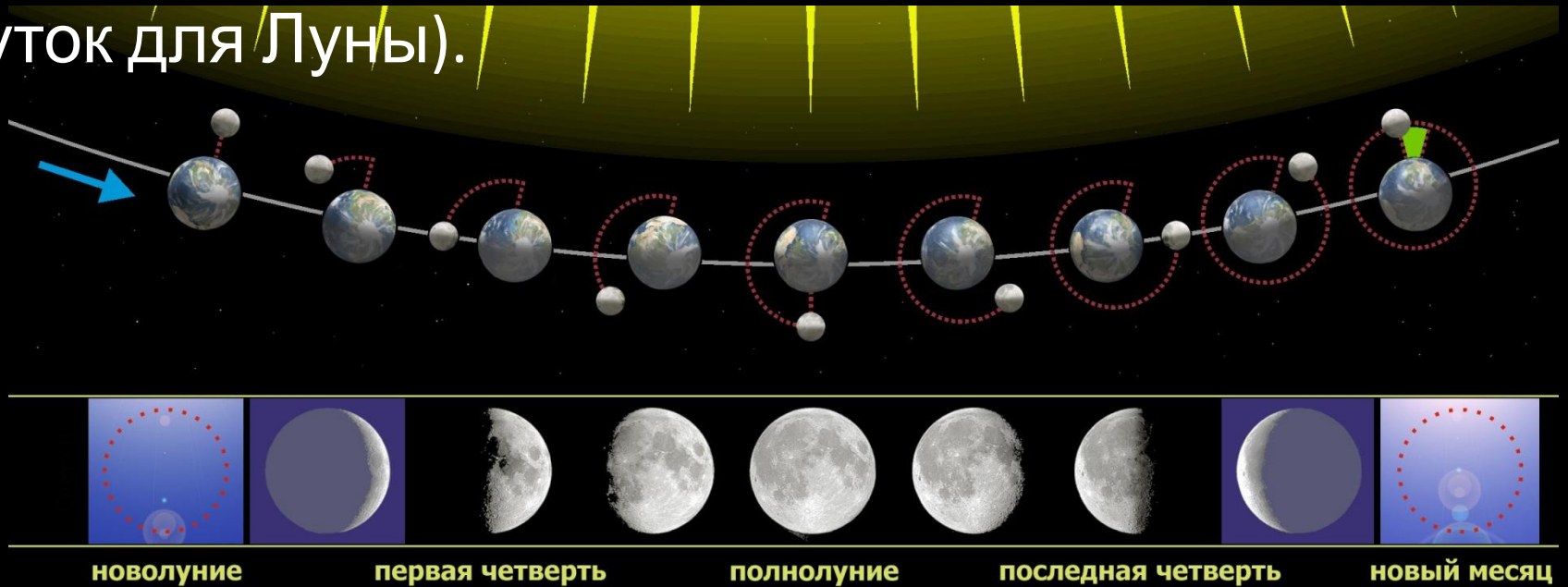
## Наблюдаемая форма относительно горизонта

Название		Северное полушарие (восход)	Экватор (восход)	Южное полушарие (восход)	
Новолуние (номер 1 на картинке)	●	●	●	●	●
Молодая луна (2)	☾	☾	☾	☾	☾
Первая четверть (3)	☽	☽	☽	☽	☽
Прибывающая луна (4)	◯	◯	◯	◯	◯
Полнолуние (5)	◯	◯	◯	◯	◯
Убывающая луна (6)	◯	◯	◯	◯	◯
Последняя четверть (7)	☾	☾	☾	☾	☾
Старая луна (8)	☾	☾	☾	☾	☾

Если по направлению движения луны передний край освещённый — луна растущая, затенённый — убывающая.



\* **Сидерический период обращения** — промежуток времени, в течение которого какое-либо небесное тело-спутник совершает вокруг главного тела полный оборот относительно звёзд (= 27,3 суток для Луны).



**Фазы Луны** — периодически меняющиеся состояния освещения Луны Солнцем.

\* **Синодический период Луны** – продолжительность полной смены фаз Луны = 29,5 земных суток.

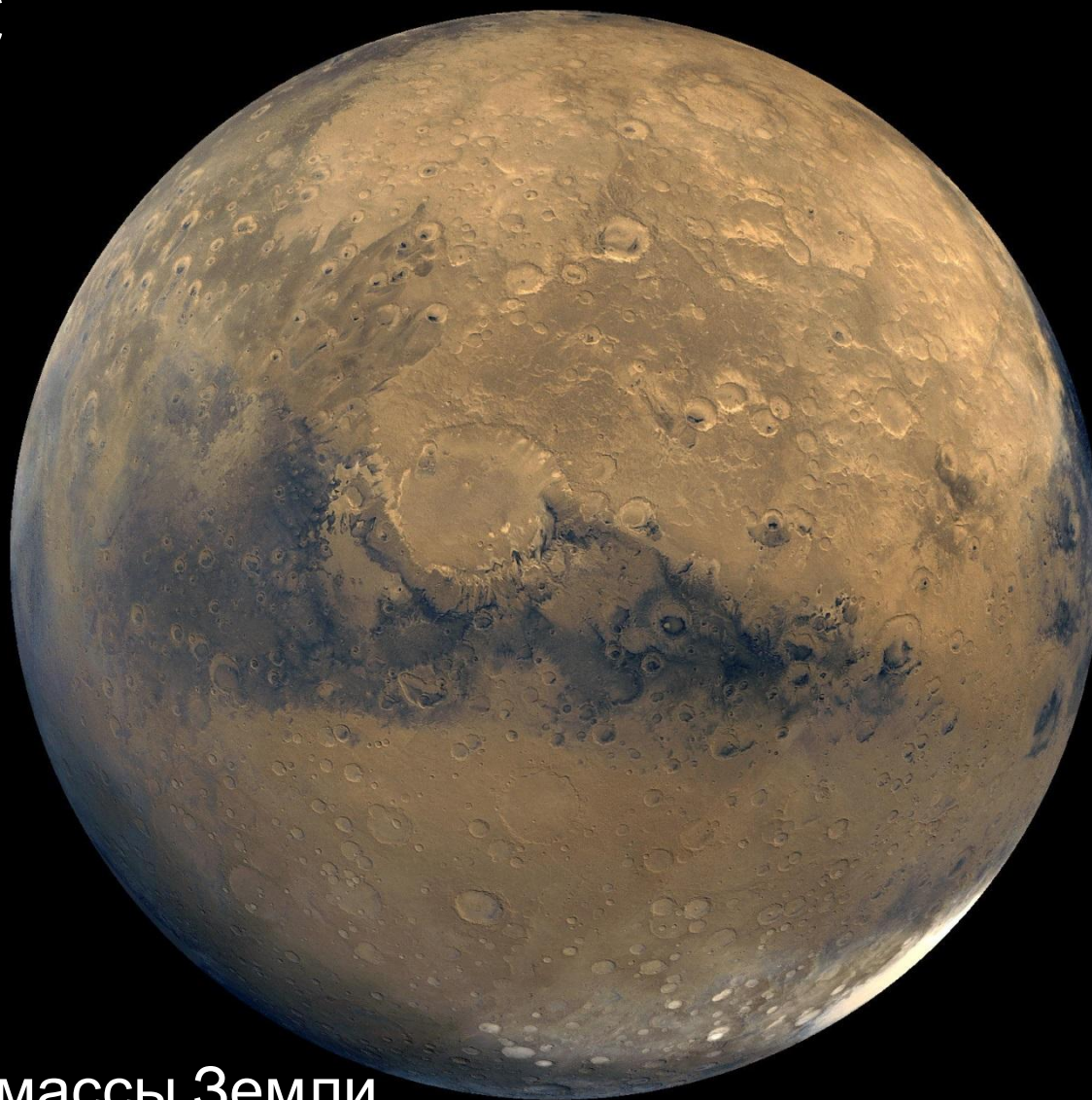
*(Это понятие можно обобщить на другие небесные тела).*





# MAPC

## Mars



Всего 10% от массы Земли,  
Много железа, сильная радиация у  
поверхности,

# Марс

(2 спутника: Фобос и Деймос)

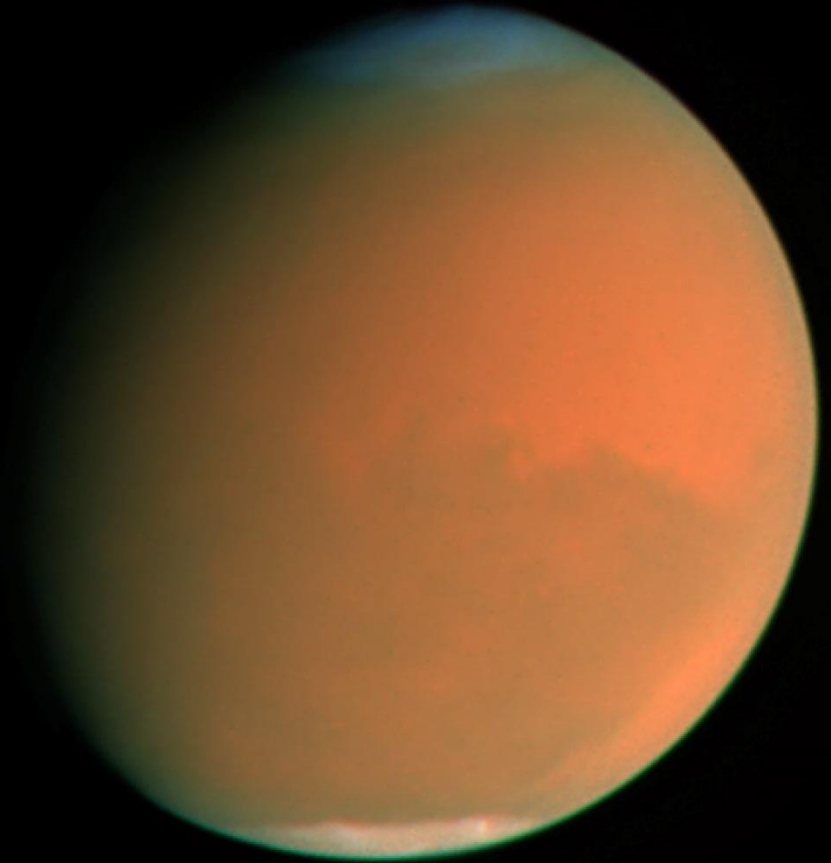
Радиус:	3390 км
Плотность:	3,9 г/см <sup>3</sup>
Температура:	210 К (186 – 298 )К
Радиус орбиты:	1,5 а.е.
Период обращения:	687 суток (С), 24 ч 37 мин (О)
Состав атмосферы:	углекислый газ 95%, аргон 1.6%

Наблюдается: *«красная звезда», лучше всего виден во время противостояний, но и заметен в течение года.*

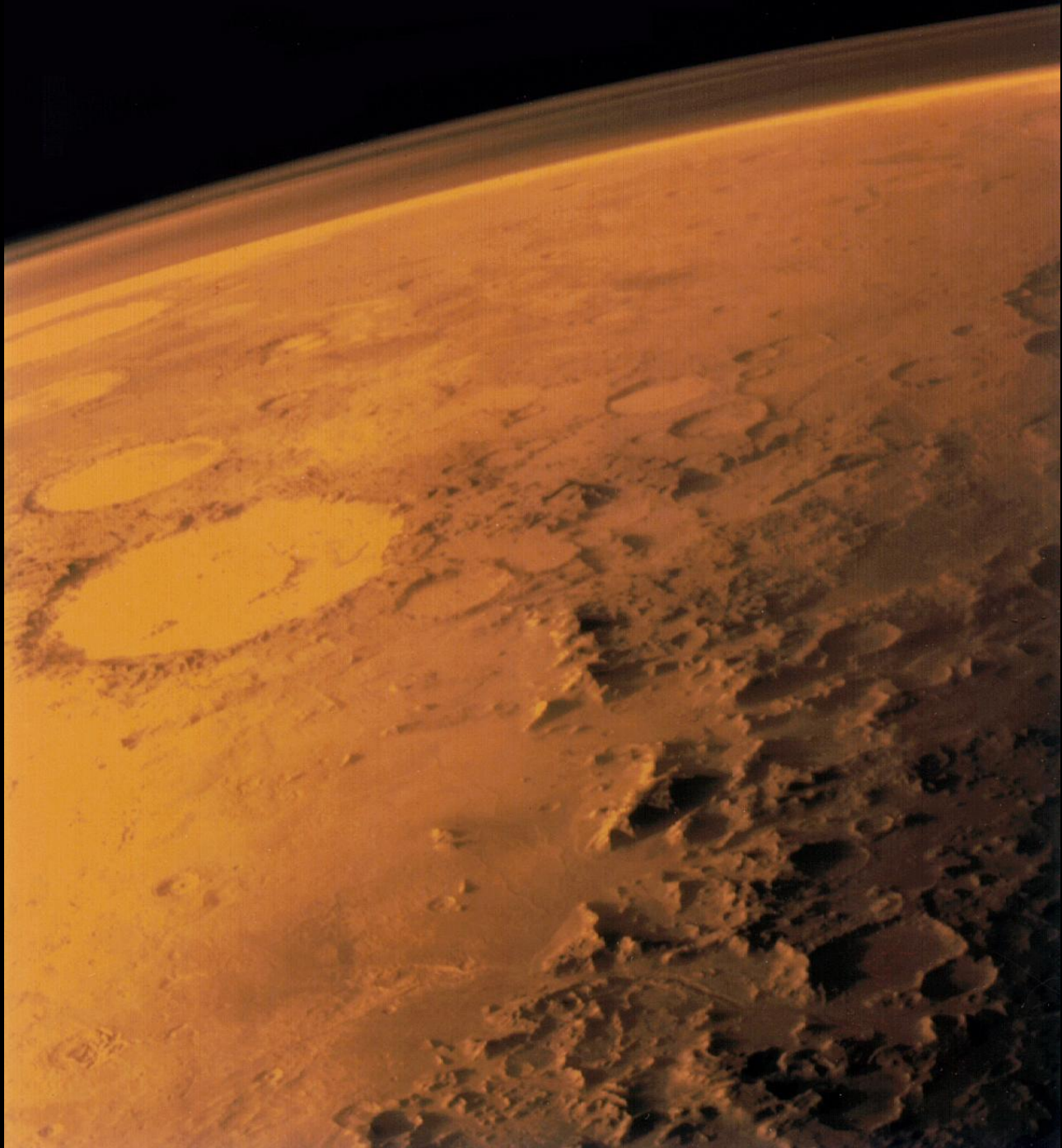
# Полярные шапки на Марсе



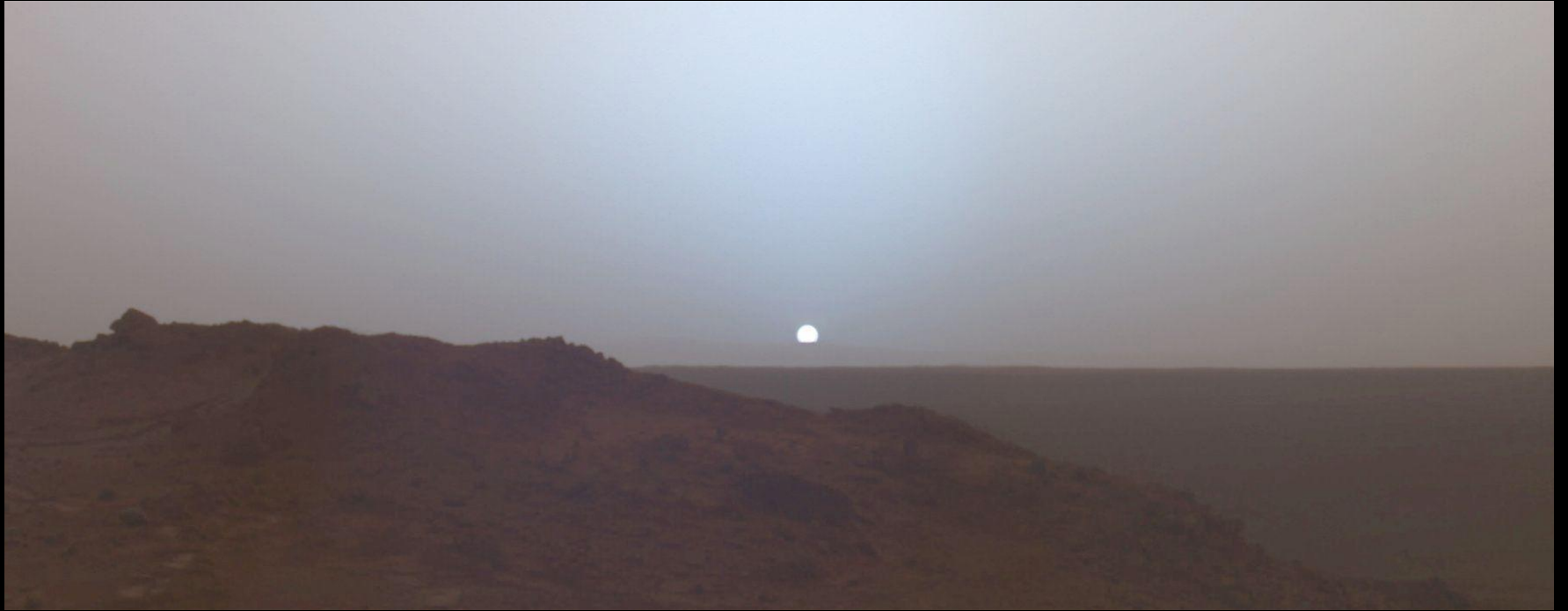
June 26, 2001

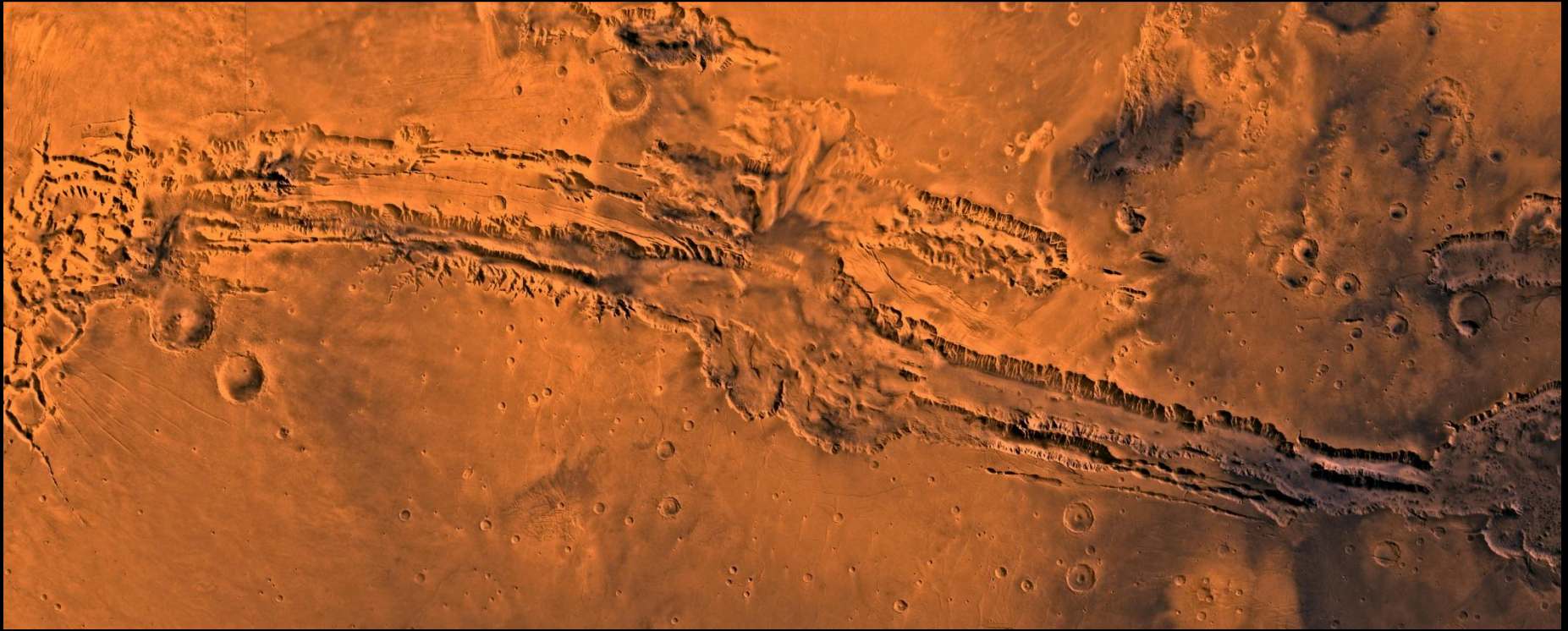


September 4, 2001



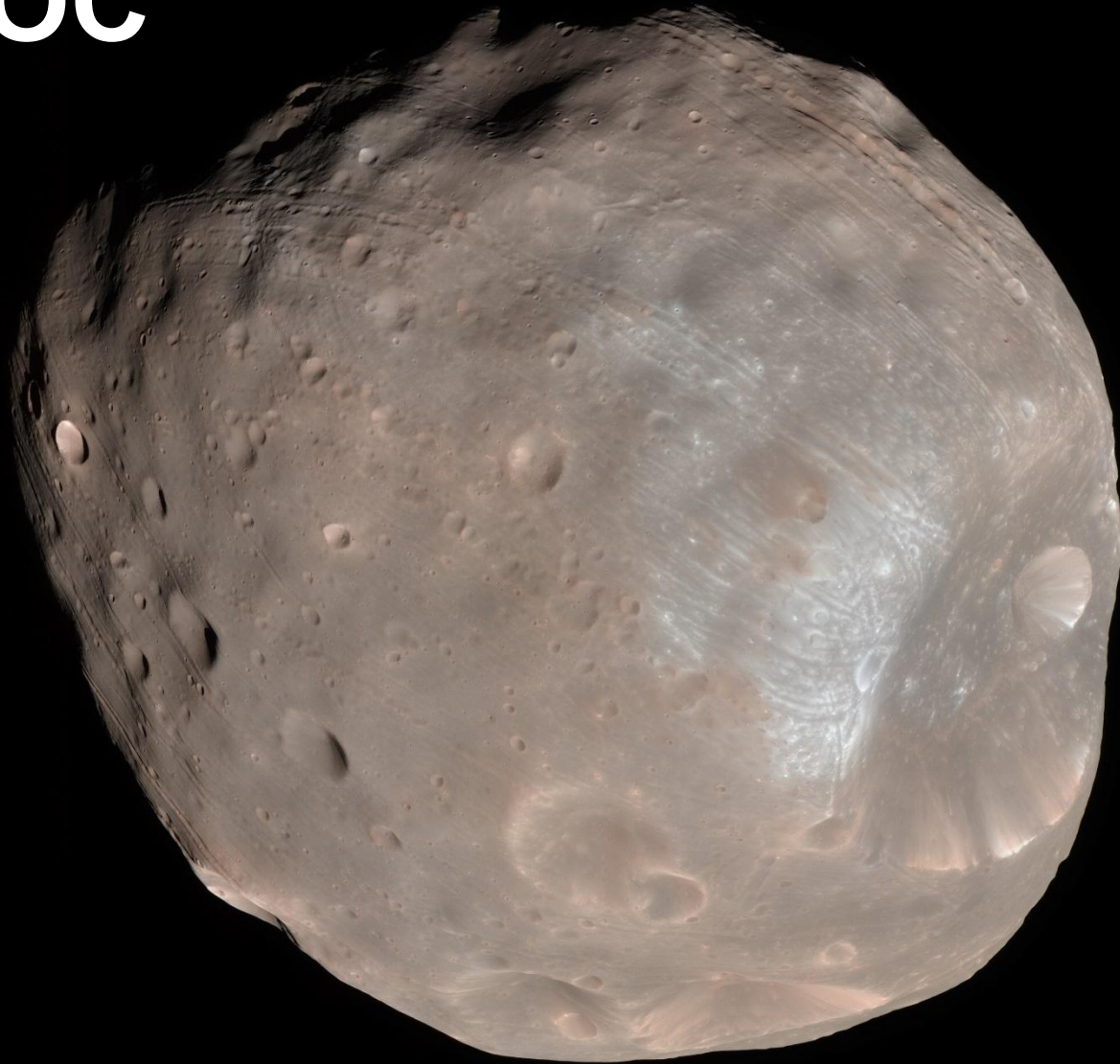








ФОБОС

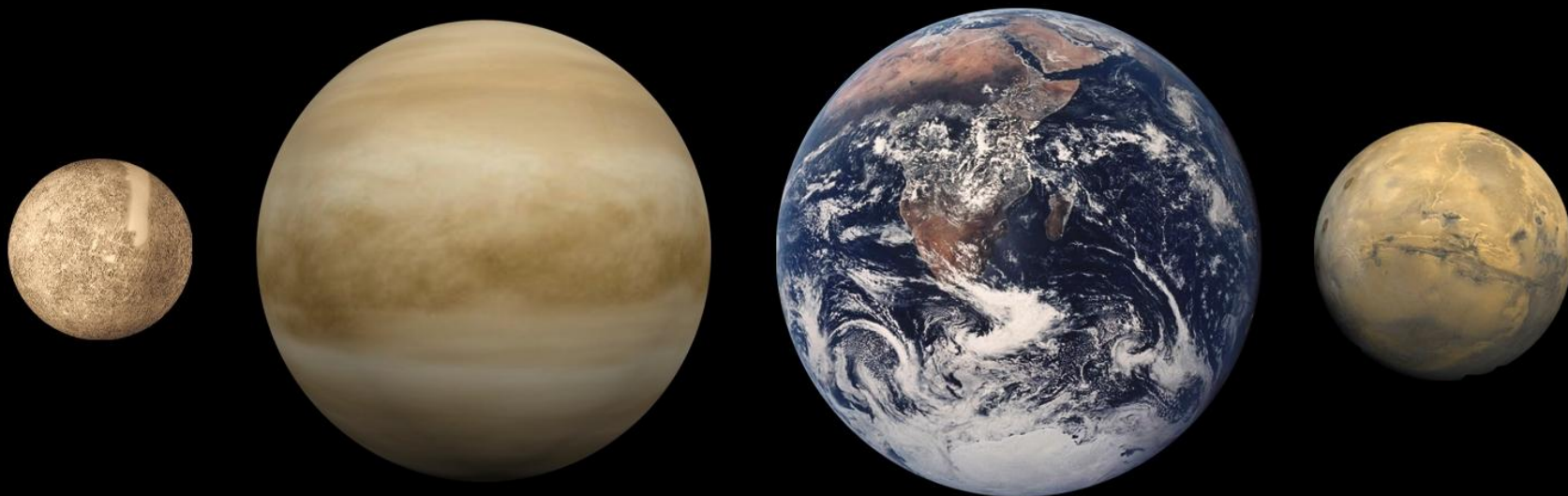


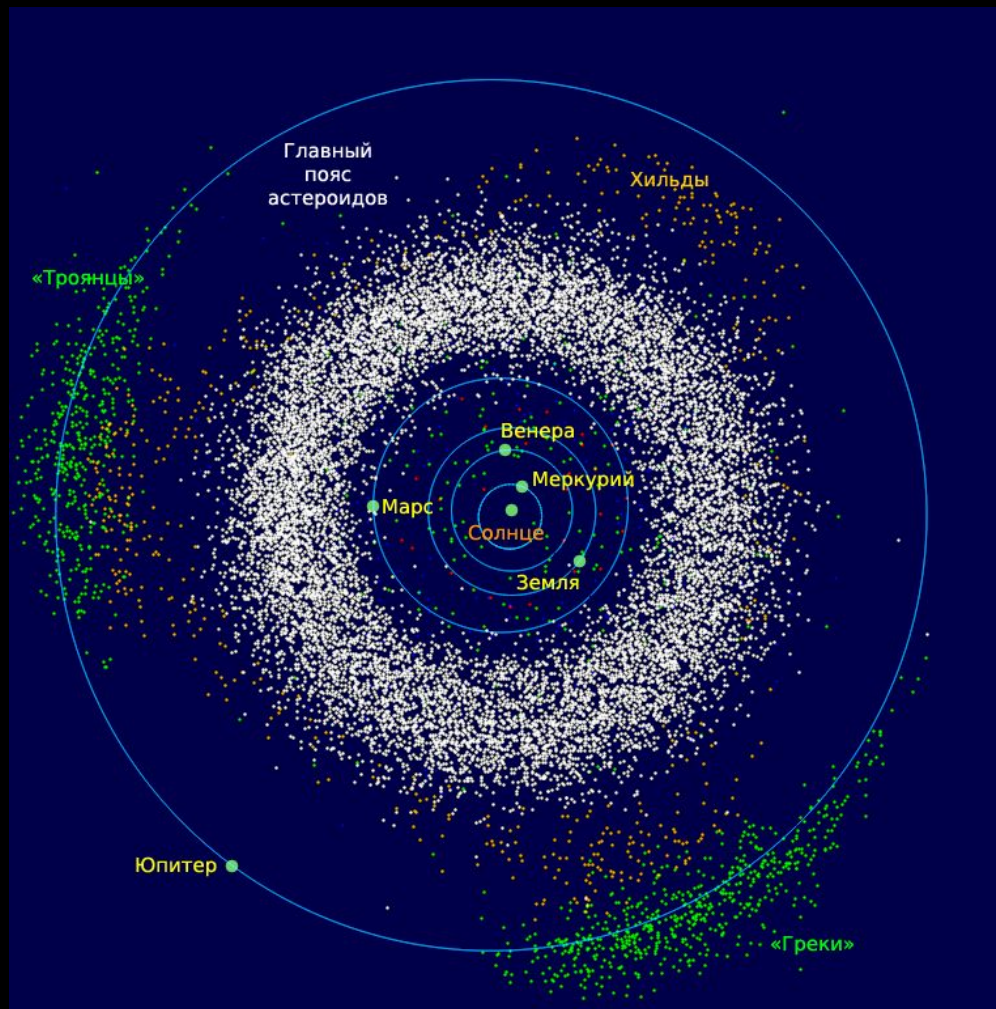
# ДЕЙМОС



Всегда повернуты к Марсу одной стороной  
– явление приливного захвата.

# Планеты Земной группы



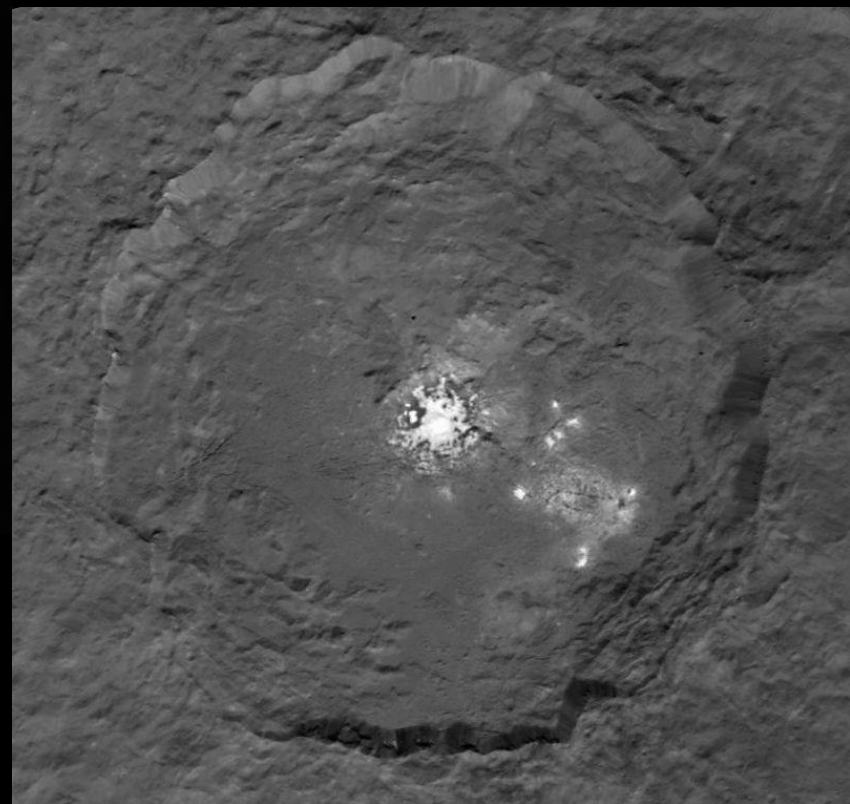
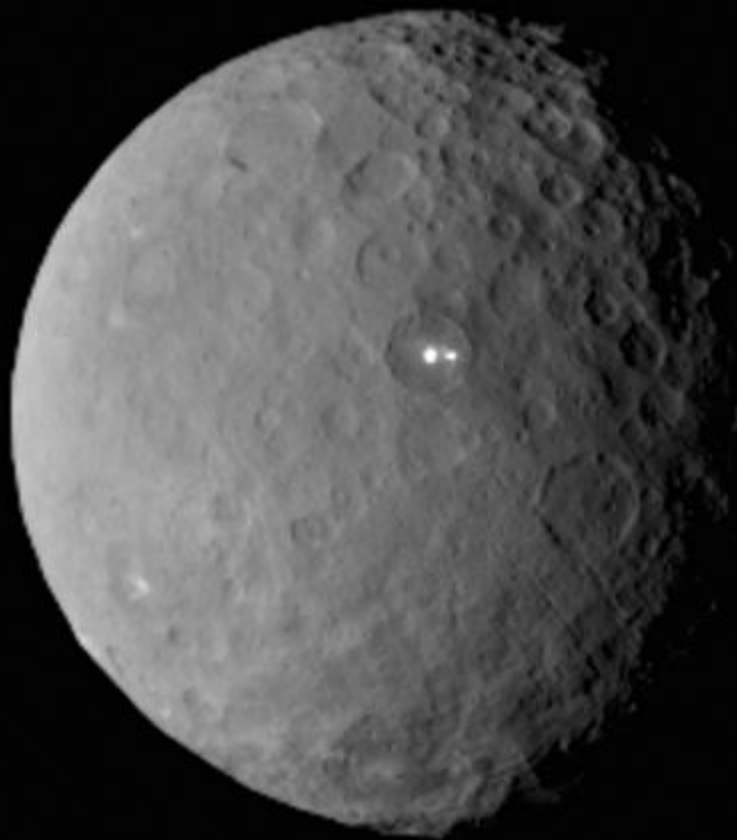


**Пояс астероидов** — область Солнечной системы, расположенная между орбитами Марса и Юпитера, являющаяся местом скопления множества объектов всевозможных размеров, преимущественно неправильной формы, называемых **астероидами** или **малыми планетами**.

# ЦЕРЕРА

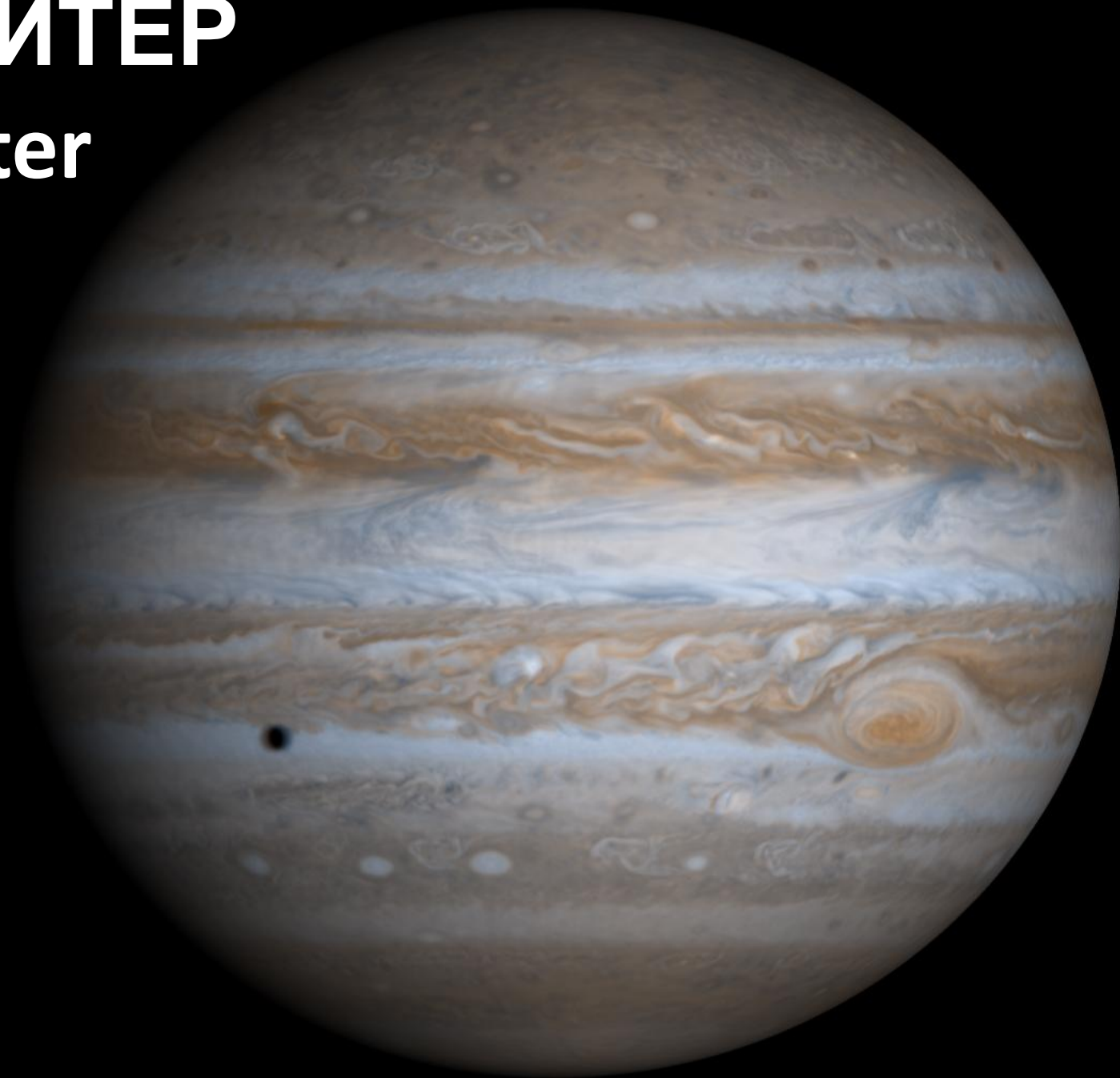


Наименьшая из известных  
**карликовых планет.**



**ЮПИТЕР**

**Jupiter**



# Юпитер

( ~79 спутников )

Радиус: 69 900 км

Плотность: 1,3 г/см<sup>3</sup>

Температура: 128 К и растёт с убыванием R

Радиус орбиты: 5,2 а.е.

Период обращения: 11.86 лет (С), 10 ч (О)

Состав атмосферы: Водород 89%, гелий 10%, метан 0.3%

Наблюдается: *по яркости после Венеры, хорошо виден в противостояниях, но в средних широтах не поднимается в это время над горизонтом выше, чем на 20-30 градусов.*



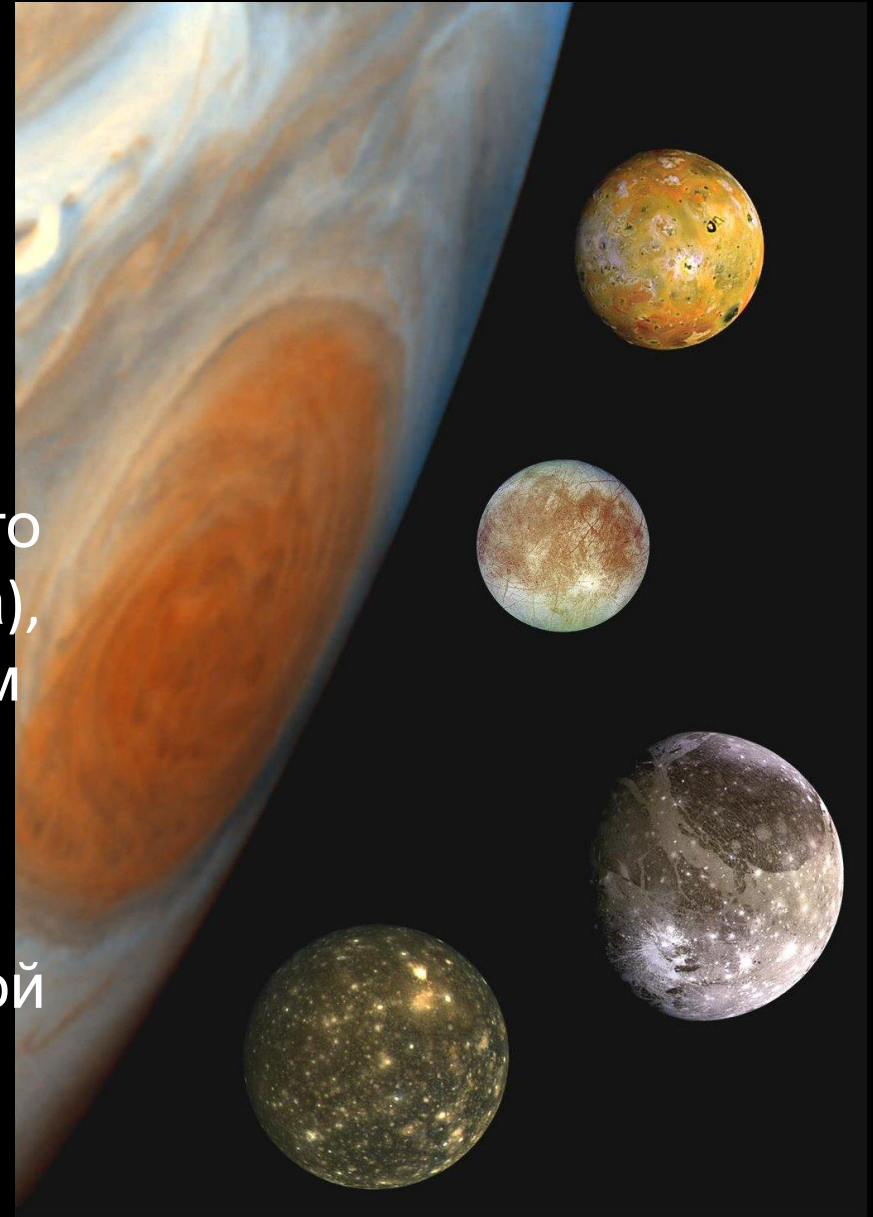
# Большое красное пятно



**Галилеевы спутники** —  
собирательное название  
4 крупнейших спутников  
Юпитера (из их общего числа в  
79):

Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто  
(в порядке удаления от Юпитера),  
которые были открыты Галилеем  
в XVII веке.

Они входят в число  
крупнейших спутников Солнечной  
системы и могут наблюдаться в  
небольшой телескоп.



# ГАНИМЕД



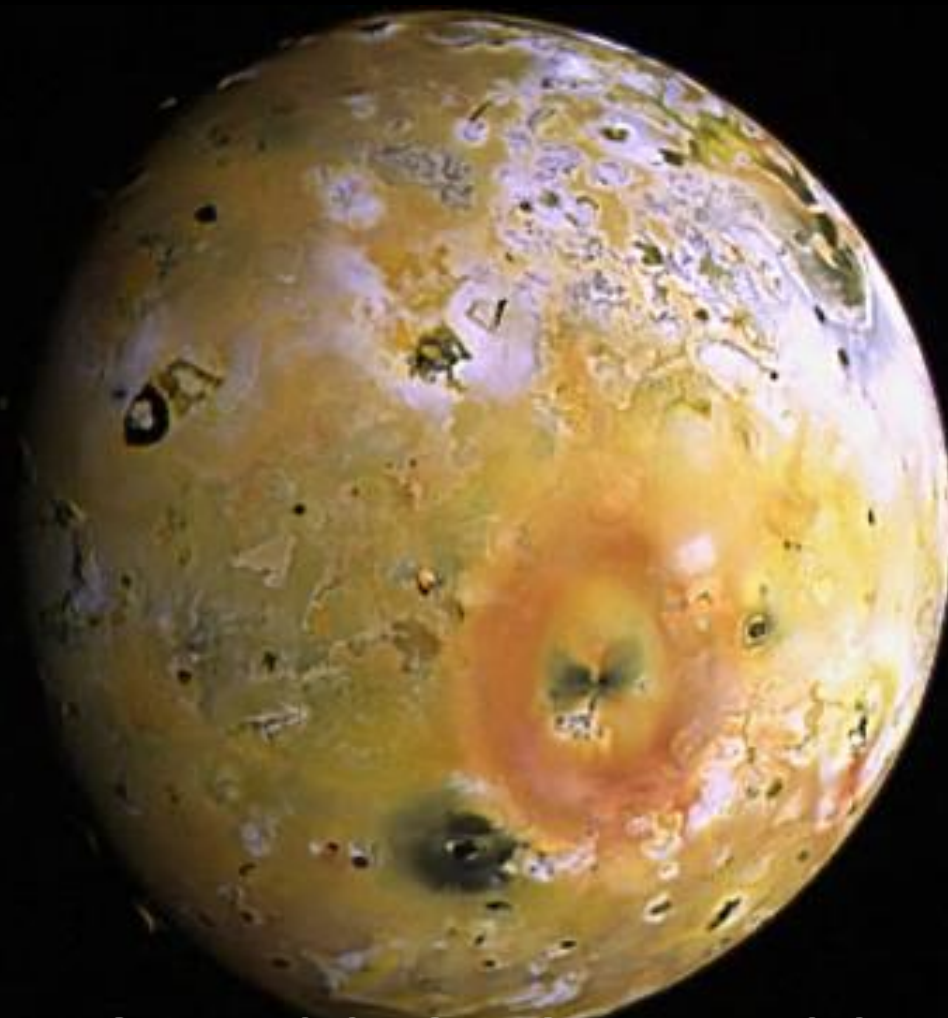
Самый крупный спутник  
Солнечной системы,  
R ~ 2600 км (больше

# КАЛЛИСТО



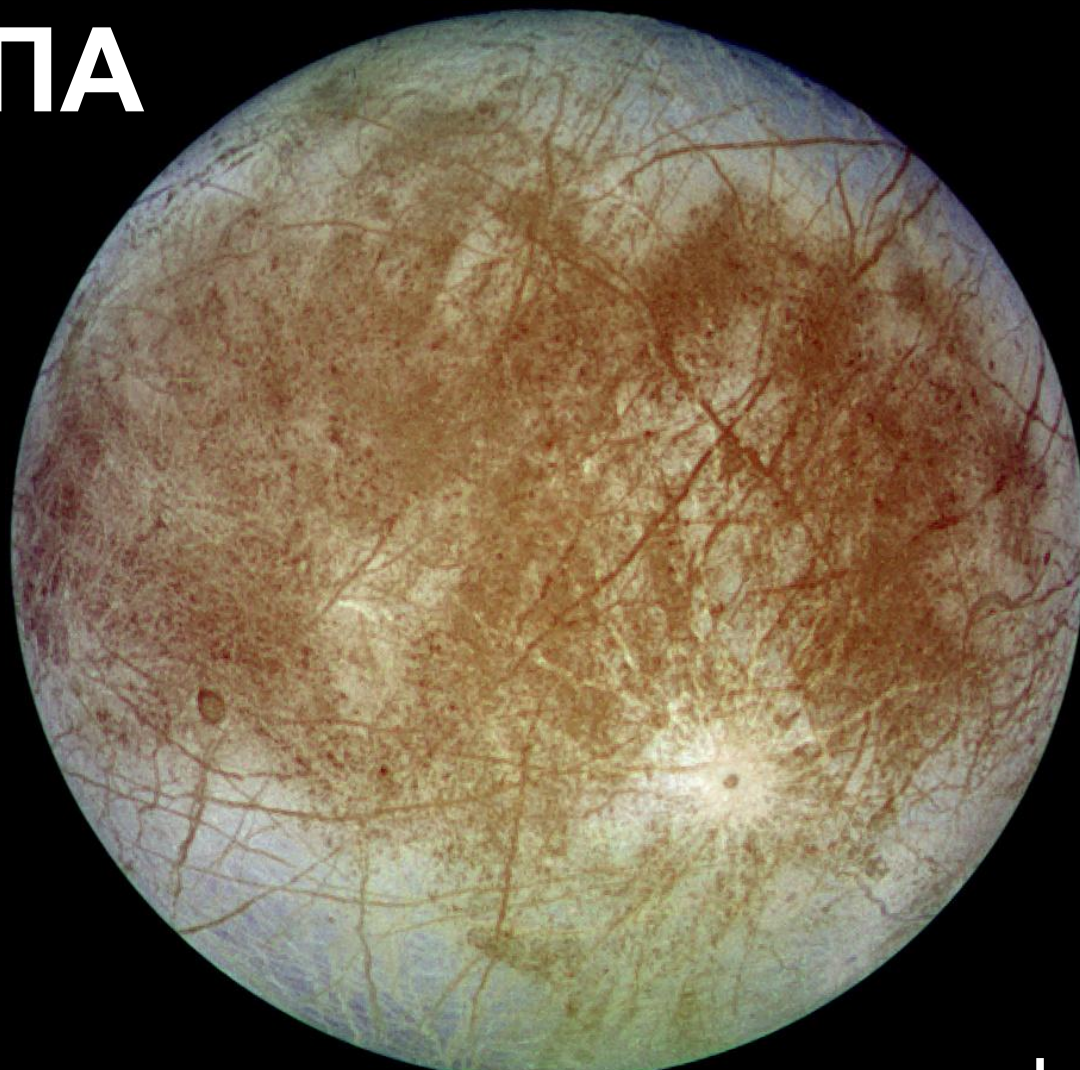
Второй по величине  
спутник Юпитера,  
 $R \sim 2400$  км

# ИО



Сильная вулканическая активность  
из-за приливных сил,  
 $R \sim 1800$  км

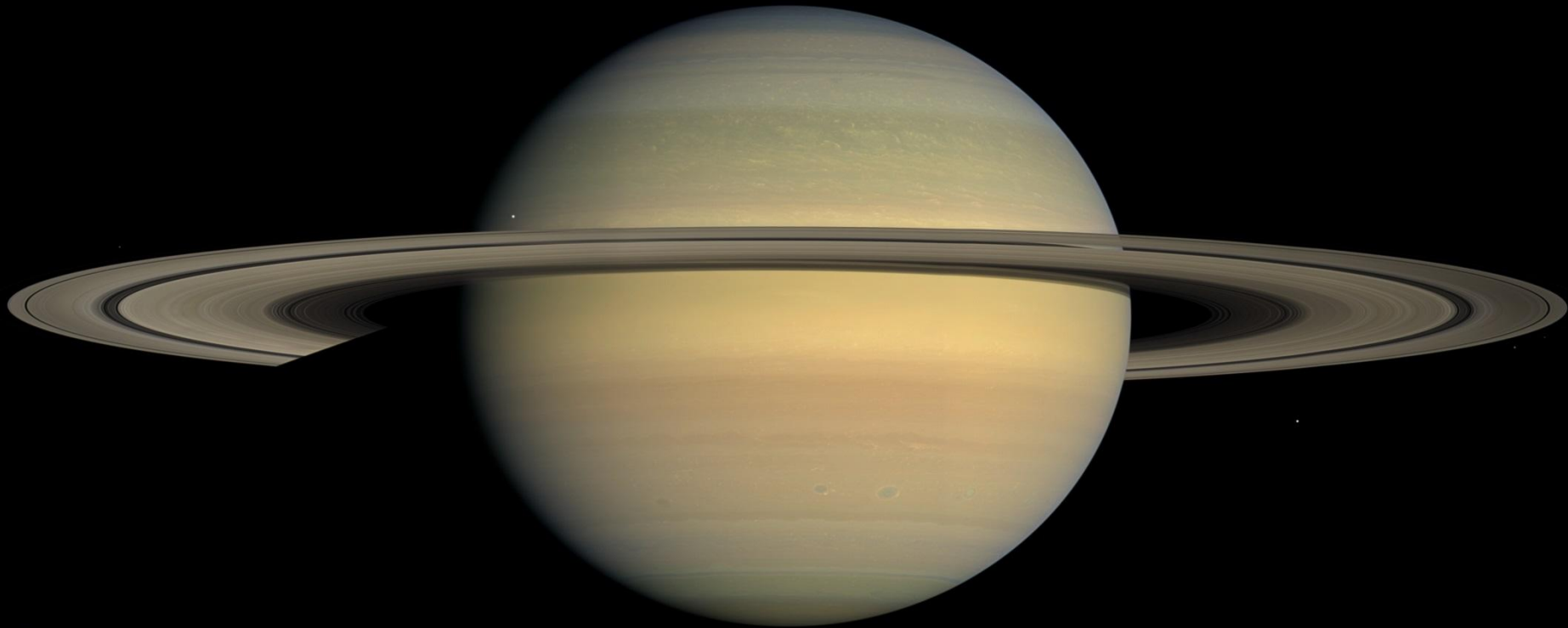
# ЕВРОПА



Ледяной покров, разреженная атмосфера из кислорода, гипотеза о жидком океане подо льдом,

**CATYPH**

**Saturn**



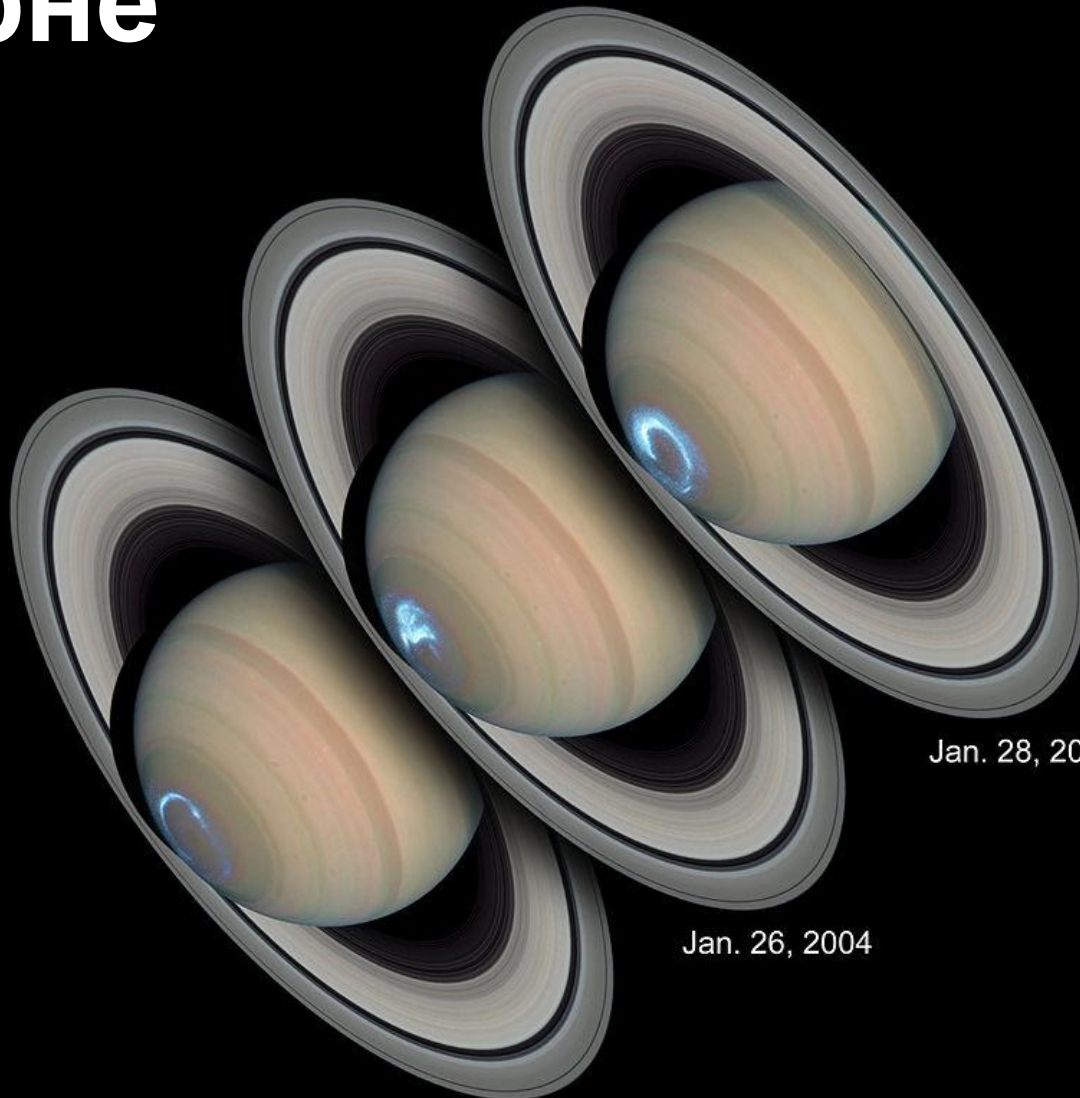
# Сатурн

( 24 спутника )

Радиус:	58 200 км
Плотность:	0,7 г/см <sup>3</sup>
Температура:	84 К – 134 К – ...
Радиус орбиты:	10,1 а.е.
Период обращения:	29.5 лет (С), 10.5 ч (О)
Состав атмосферы:	водород 96%, гелий 3%, метан 0.4%
Наблюдается:	<i>лучше всего летом, в периоды противостояний : июнь- июль</i>



# Полярное сияние на Сатурне



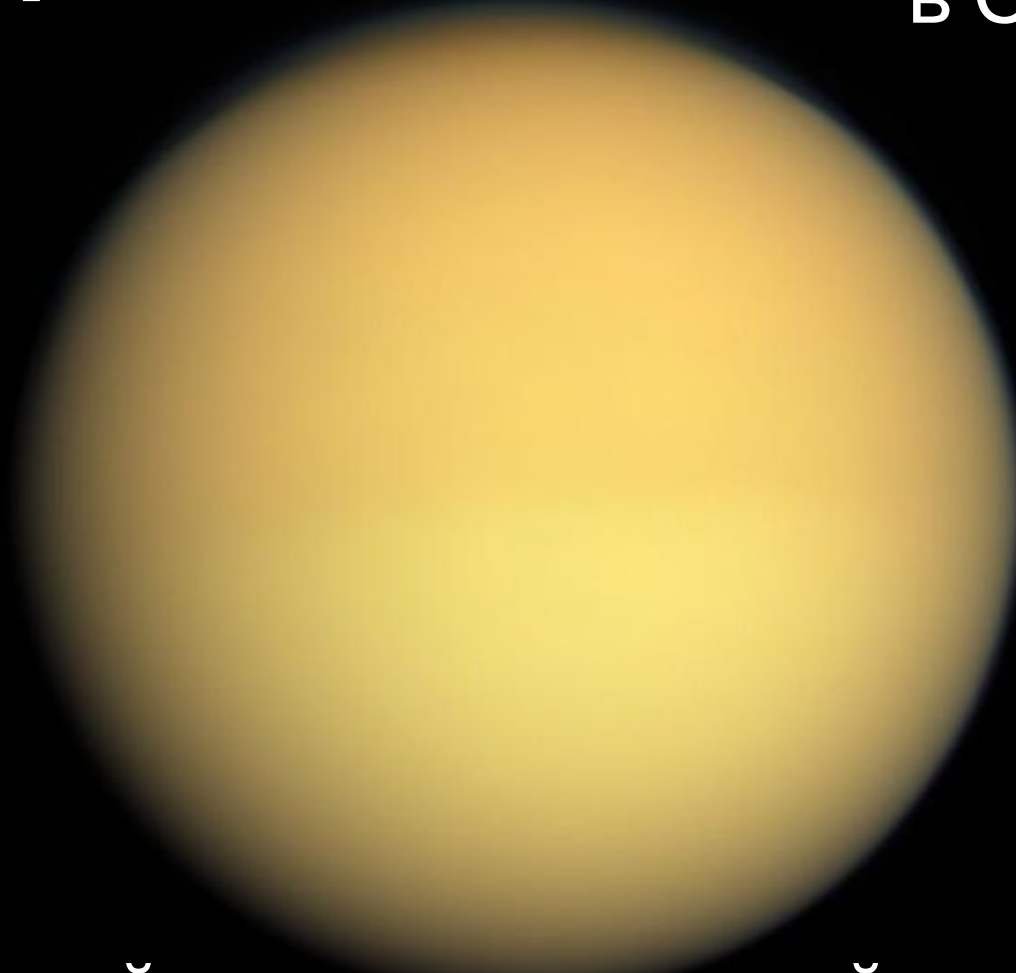
Jan. 28, 2004

Jan. 26, 2004

Jan. 24, 2004

# ТИТАН

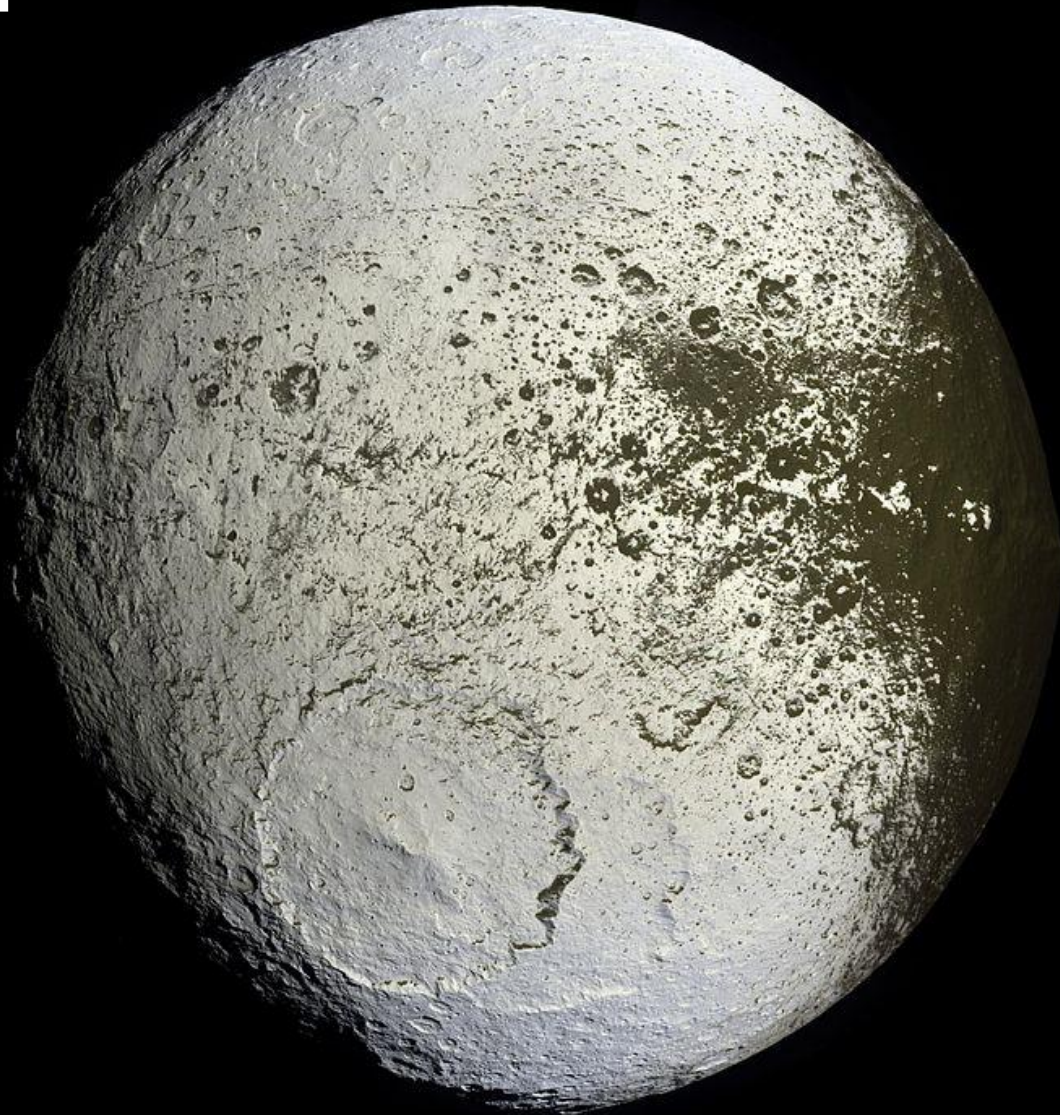
Второй по величине  
в Солнечной  
системе



Единственный спутник с плотной атмосферой  
и жидкостью на поверхности.

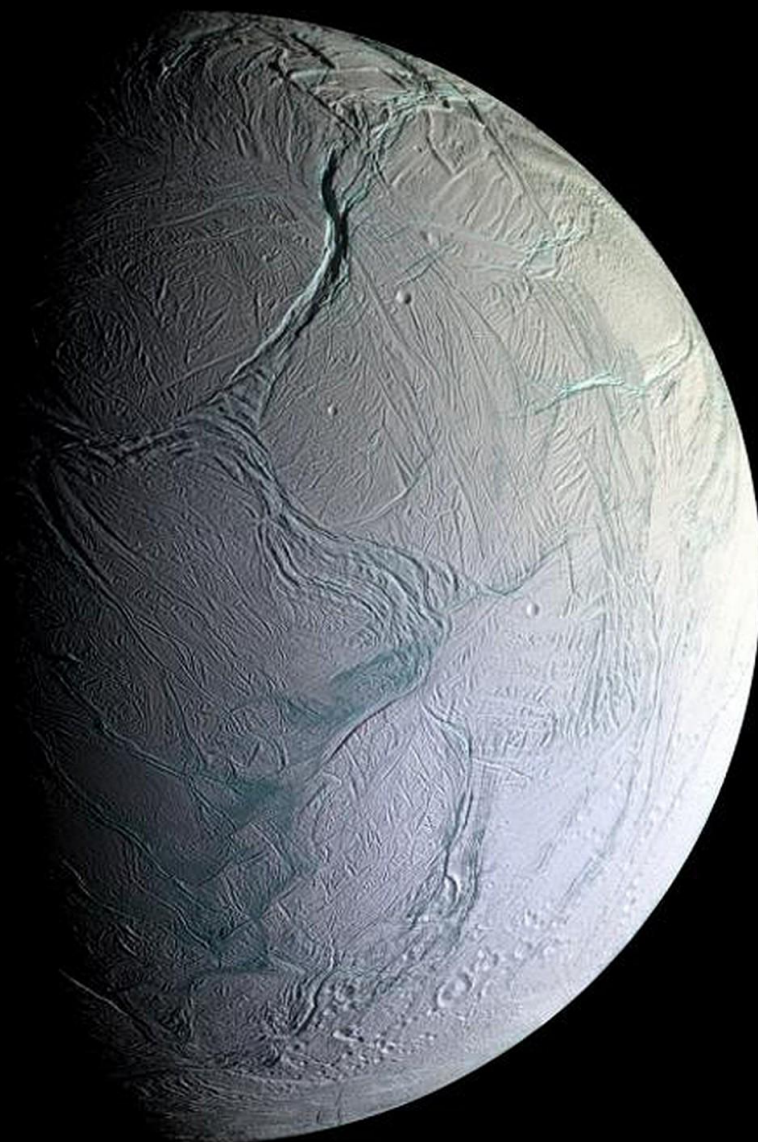
$R \sim 2575$  км

# ЯПЕТ



Светлая часть по яркости сопоставима  
с Европой,  $R \sim 735$  км

# ЭНЦЕЛАД



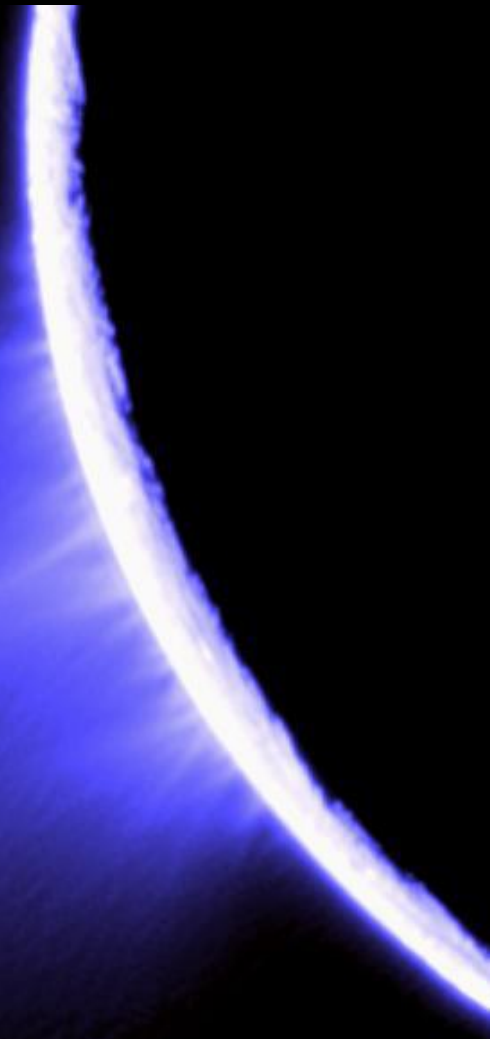
Жидкий океан под поверхностью, струи вещества, бьющие из-под поверхности,  $R \sim 250$

Вода – 93%

Азот – 4%

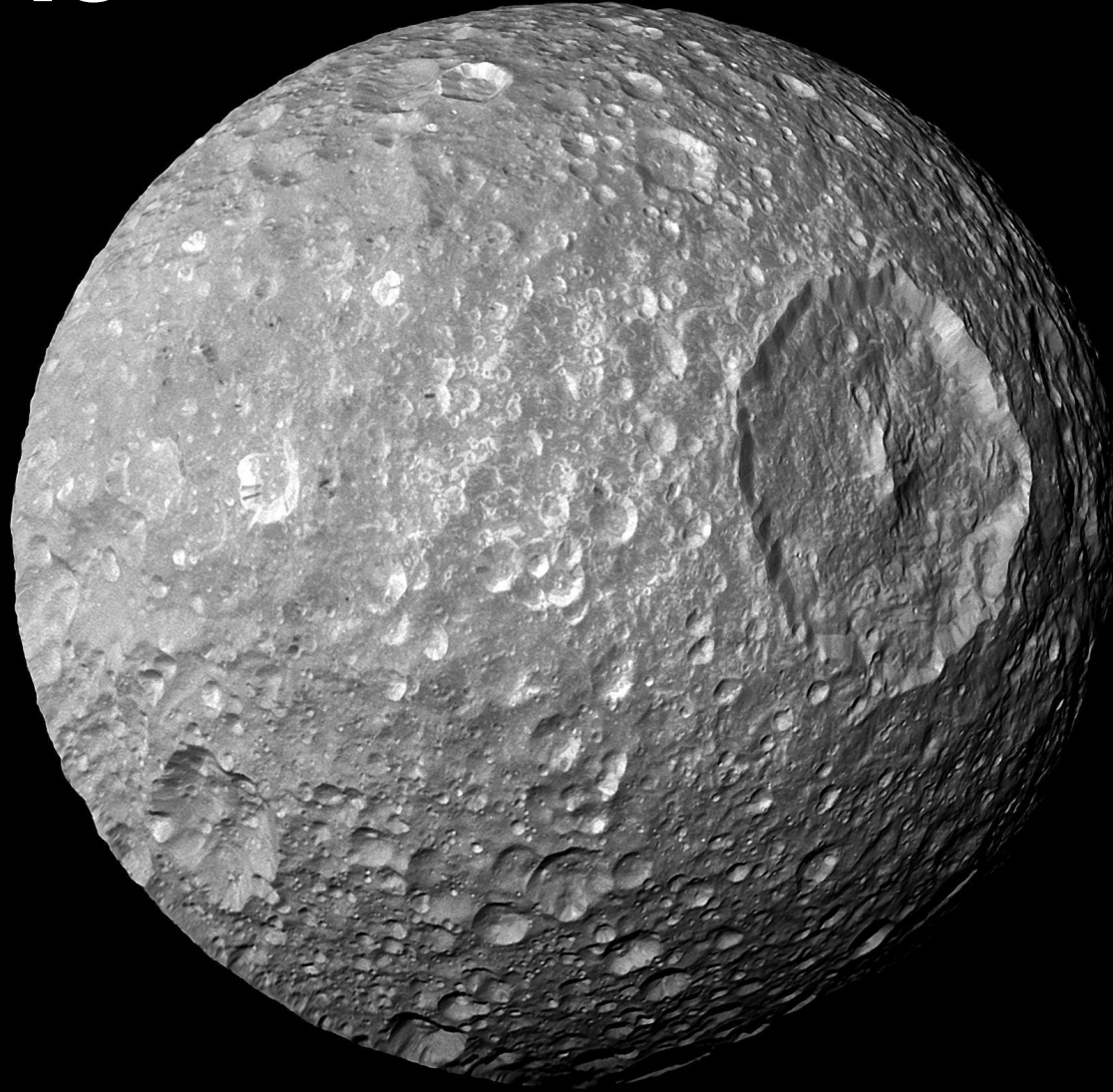
Диоксид углерода – 3.2%

Метан – 1.6%



водяной пар в южном полушарии  
Энцелада

# МИМАС



$R \sim 200 \text{ km}$

# УРАН

## Uranus



Планетная система с самыми низкими температурами, вращается ретроградно, ветра с  $v =$

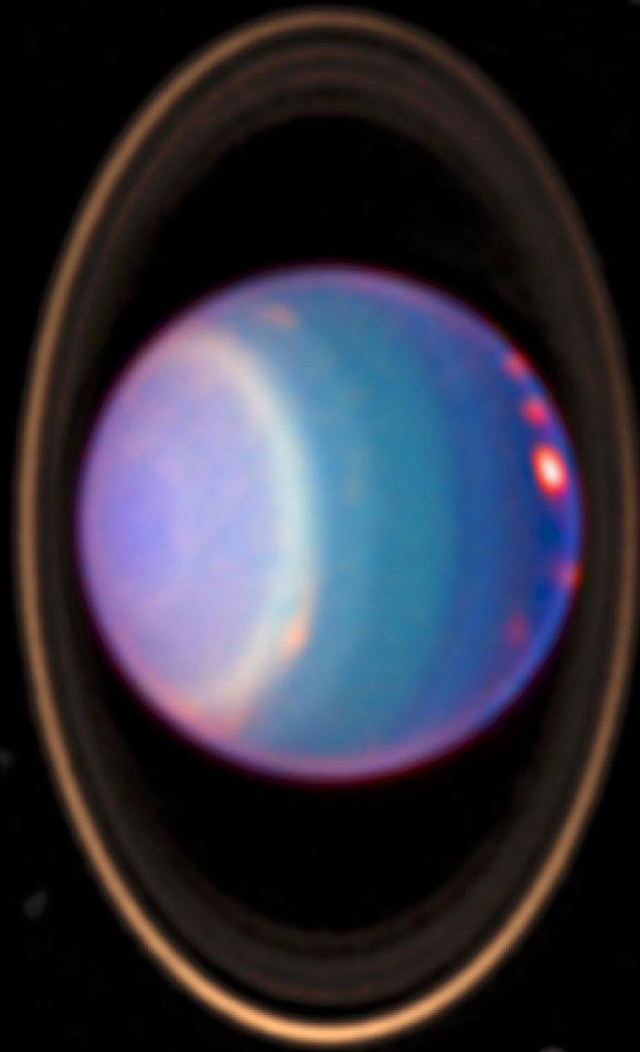
# УРАН

(27 спутников)

Радиус:	25 360 км
Плотность:	1,27 г/см <sup>3</sup>
Температура:	~ 50 К
Радиус орбиты:	19.3 а.е.
Период обращения:	84 года (С), 17 ч 14 мин (О)
Состав атмосферы:	водород 83%, гелий 15%, метан 2%

Наблюдается: невооружённым глазом во времена противостояний, в бинокль даже в городе.

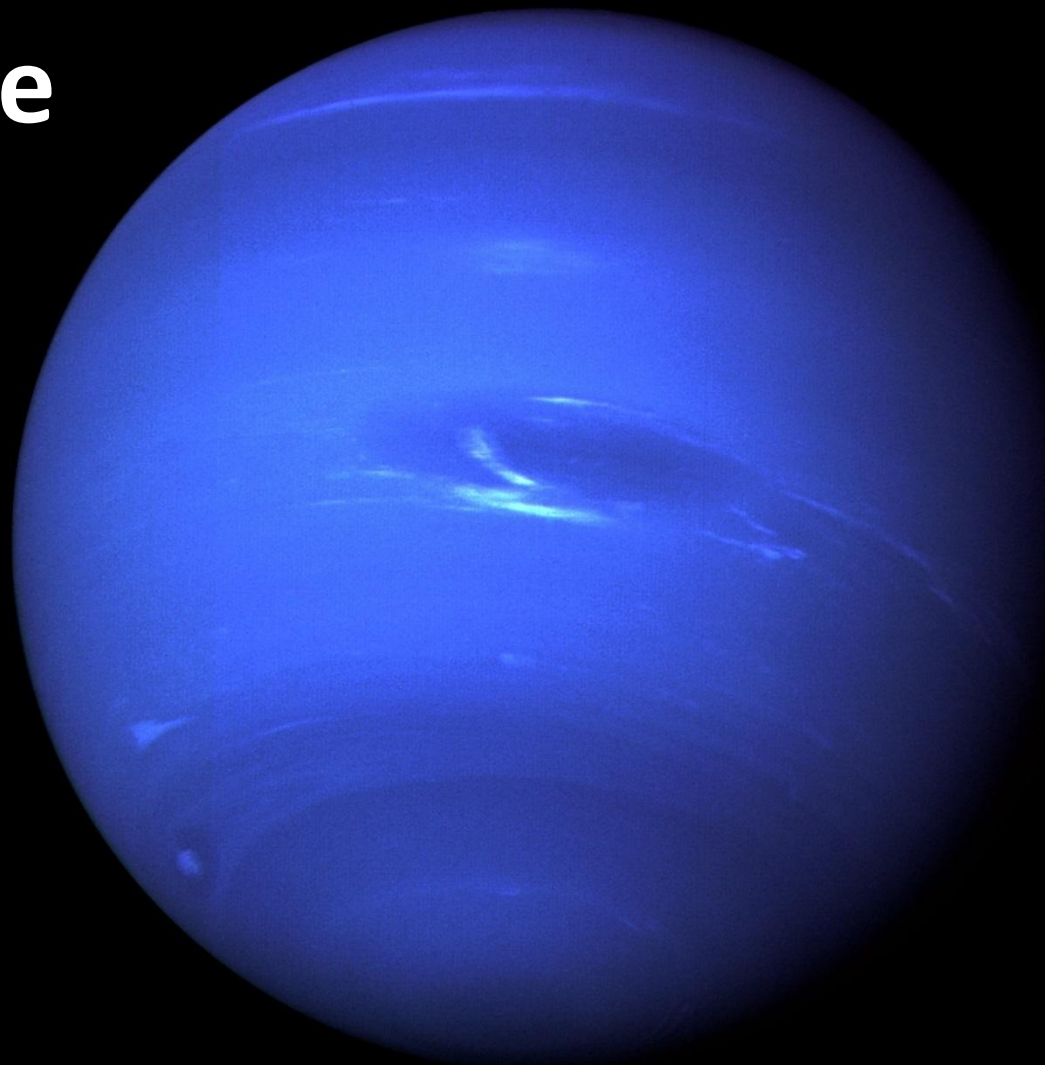




Ретроградное вращение – ось почти под прямым углом к плоскости орбиты

# НЕПТУН

## Neptune



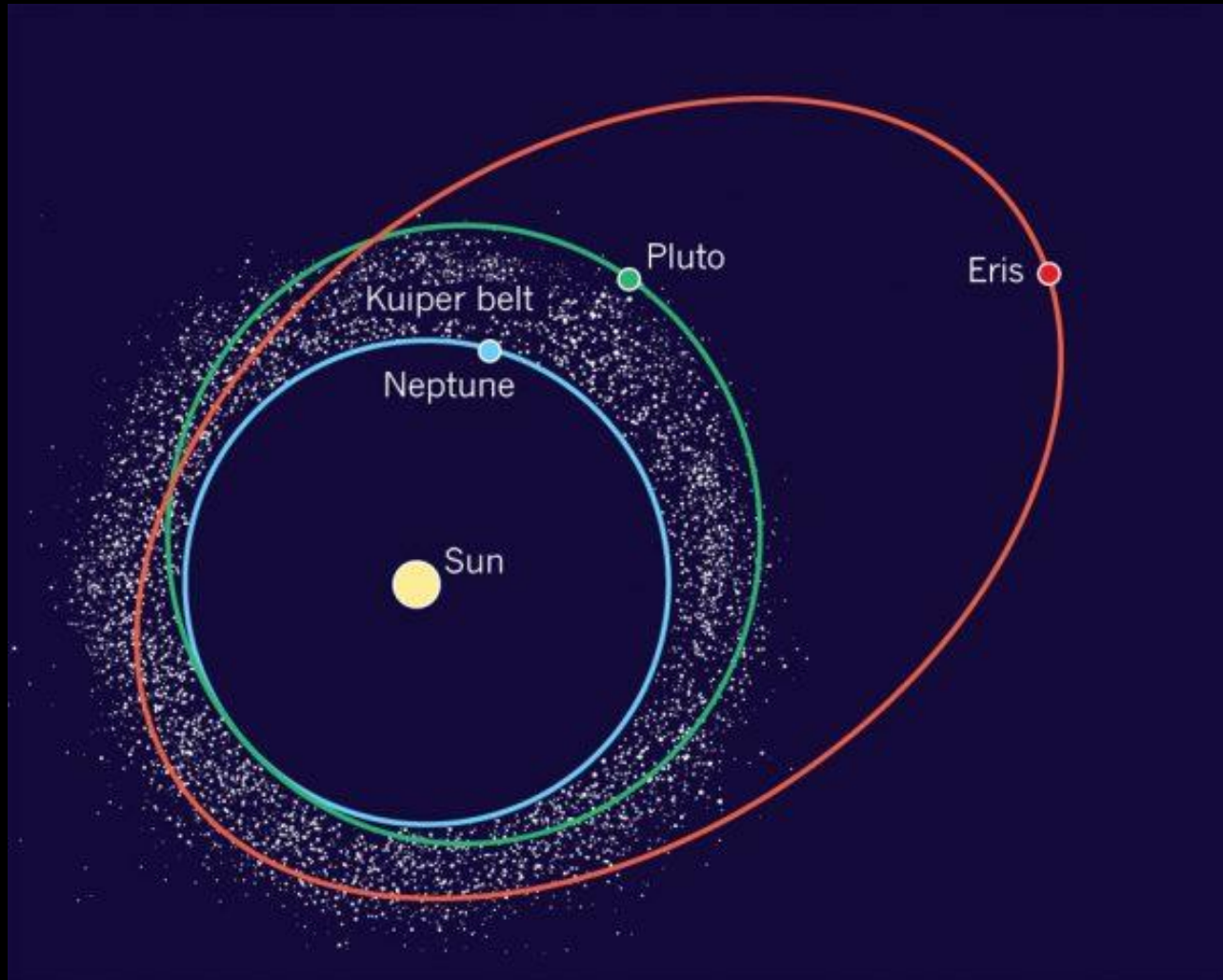
Открыт с помощью математических расчётов,  
Самые сильные ветры:  $V = 2100$  км/ч, есть

# НЕПТУН

(14 спутников)

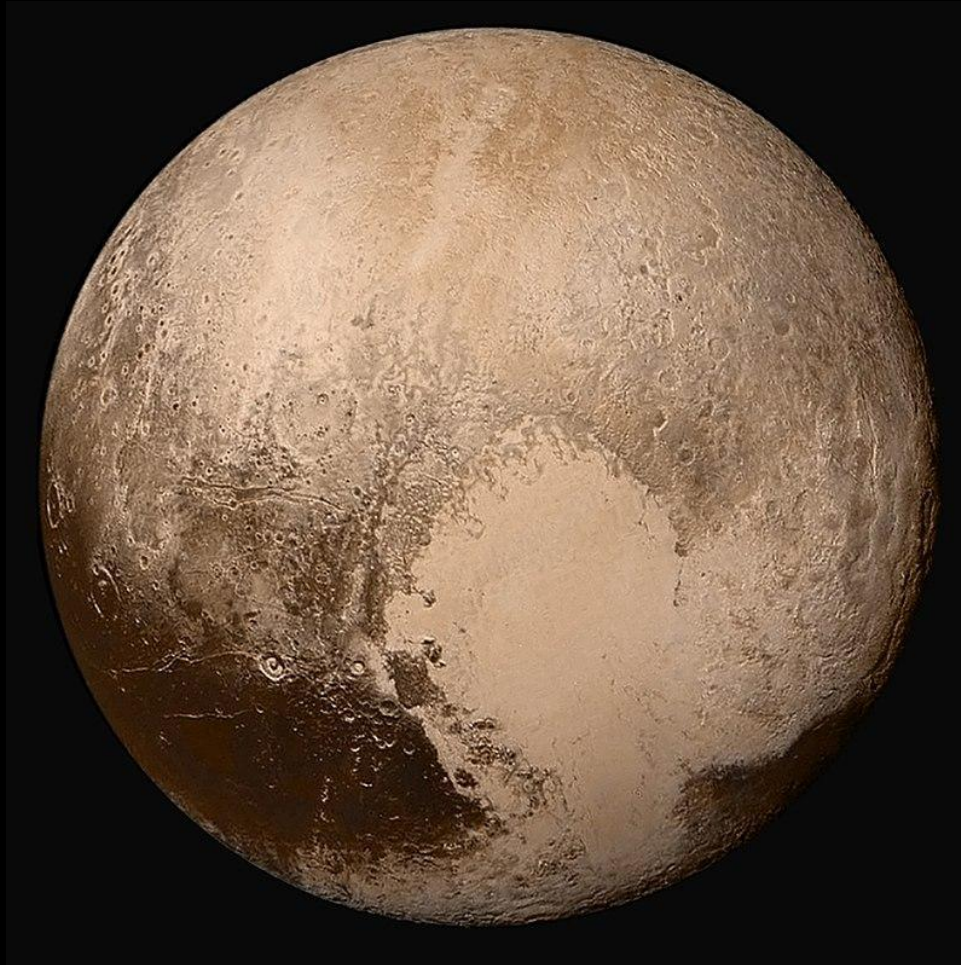
Радиус:	24 600 км
Плотность:	1,64 г/см <sup>3</sup>
Температура:	~ 55 - 72 К
Радиус орбиты:	30,1 а.е.
Период обращения:	165 лет (С), 15 ч 58 мин (О)
Состав атмосферы:	водород 80%, гелий 19%, метан 1.5%
Наблюдается:	невооружённым глазом не виден

# Пояс Койпера



# ПЛУТОН

## Pluto



Карликовая планета

# ПЛУТОН

(5 спутников)

Радиус:	1 190 км
Плотность:	1,86 г/см <sup>3</sup>
Температура:	~ 40 – 60 К
Радиус орбиты:	39,5 а.е.
Период обращения:	165 лет (С), 15 ч 58 мин (О)
Состав атмосферы:	азот с примесью метана и угарного газа
Наблюдается:	невооружённым глазом не виден

# ХАРОН



$R \sim 600 \text{ km}$

# Облако Оорта

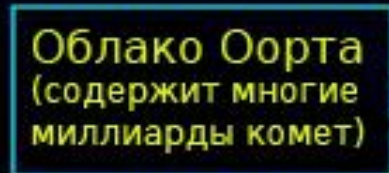


Рисунок облака Оорта в разрезе является адаптацией иллюстрации Дональда К. Йоманса (НАСА, JPL)





**Комета** (от др.-греч. κομήτης, komētēs — волосатый, косматый) — небольшое небесное тело, обращающееся вокруг Солнца по весьма вытянутой орбите в виде конического сечения.

(!) Направление хвоста кометы всегда ОТ СОЛНЦА. Не важно, в какую сторону она летит.



**Метеор** (др.-греч. μετέωρος, «небесный»), «падающая звезда» — явление, возникающее при сгорании в атмосфере Земли мелких метеорных тел (например, осколков комет или астероидов).



**Ради́ант** (лат. *radians*, род. п. лат. *radiantis* — излучающий) — область небесной сферы, кажущаяся источником метеоров, которые наблюдаются при встрече Земли с роем метеорных тел, движущихся вокруг Солнца по общей орбите.

**Метеорный поток** (звездопад, звёздный дождь, англ. *meteor shower*) — совокупность метеоров, порождённых вторжением в атмосферу Земли роя метеорных тел.

Есть традиция называть метеорные потоки в честь созвездия, в котором находится их радиант.

Например, для Персеид радиант находится в созвездии Персея.





**Метеорит** — тело космического происхождения, упавшее на поверхность крупного небесного объекта.

# Список самых крупных объектов Солнечной системы:

Объект	Фото	Средний диаметр, км	Масса, $10^{21}$ кг	Тип объекта
Солнце		1 392 000	1 989 100 000	Звезда
Юпитер		139 822	1 898 600	Планета
Сатурн		116 464	568 460	Планета
Уран		50 724	86 832	Планета
Нептун		49 244	102 430	Планета
Земля		12742,0	5973,6	Планета
Венера		12103,6	4868,5	Планета

Объект	Фото	Средний диаметр, км	Масса, $10^{21}$ кг	Тип объекта
Марс		6780,0	641,85	Планета
Ганимед <sup>†</sup> Юпитер III		5262,4	148,2	Спутник Юпитера
Титан <sup>†</sup> Сатурн VI		5151±4 <sup>[6]</sup>	134,5	Спутник Сатурна
Меркурий		4879,4	330,2	Планета
Каллисто <sup>†</sup> Юпитер IV		4820,6	107,6	Спутник Юпитера
Ио <sup>†</sup> Юпитер I		3643,0	89,3	Спутник Юпитера
Луна		3474,2	73,5	Спутник Земли

Объект	Фото	Средний диаметр, км	Масса, $10^{21}$ кг	Тип объекта
Европа <sup>†</sup> Юпитер II		3122,0	48	Спутник Юпитера
Тритон <sup>†</sup> Нептун I		2706,8	21,5	Спутник Нептуна
Плутон 134340		2374±8 <sup>[7]</sup>	13,105	Карликовая планета Объект пояса Койпера
Эрида <sup>R</sup> 136199		2340 <sup>[8]</sup>	16,7 <sup>[9]</sup>	Карликовая планета Рассеянный диск
Титания <sup>‡</sup> Уран III		1577,8	3,526	Спутник Урана
Рея <sup>‡</sup> Сатурн V		1528,8	2,3166	Спутник Сатурна
Оберон <sup>†</sup> Уран IV		1522,8	3,014	Спутник Урана
Япет <sup>†</sup> Сатурн VIII		1471,2 <sup>[10]</sup>	1,9739	Спутник Сатурна



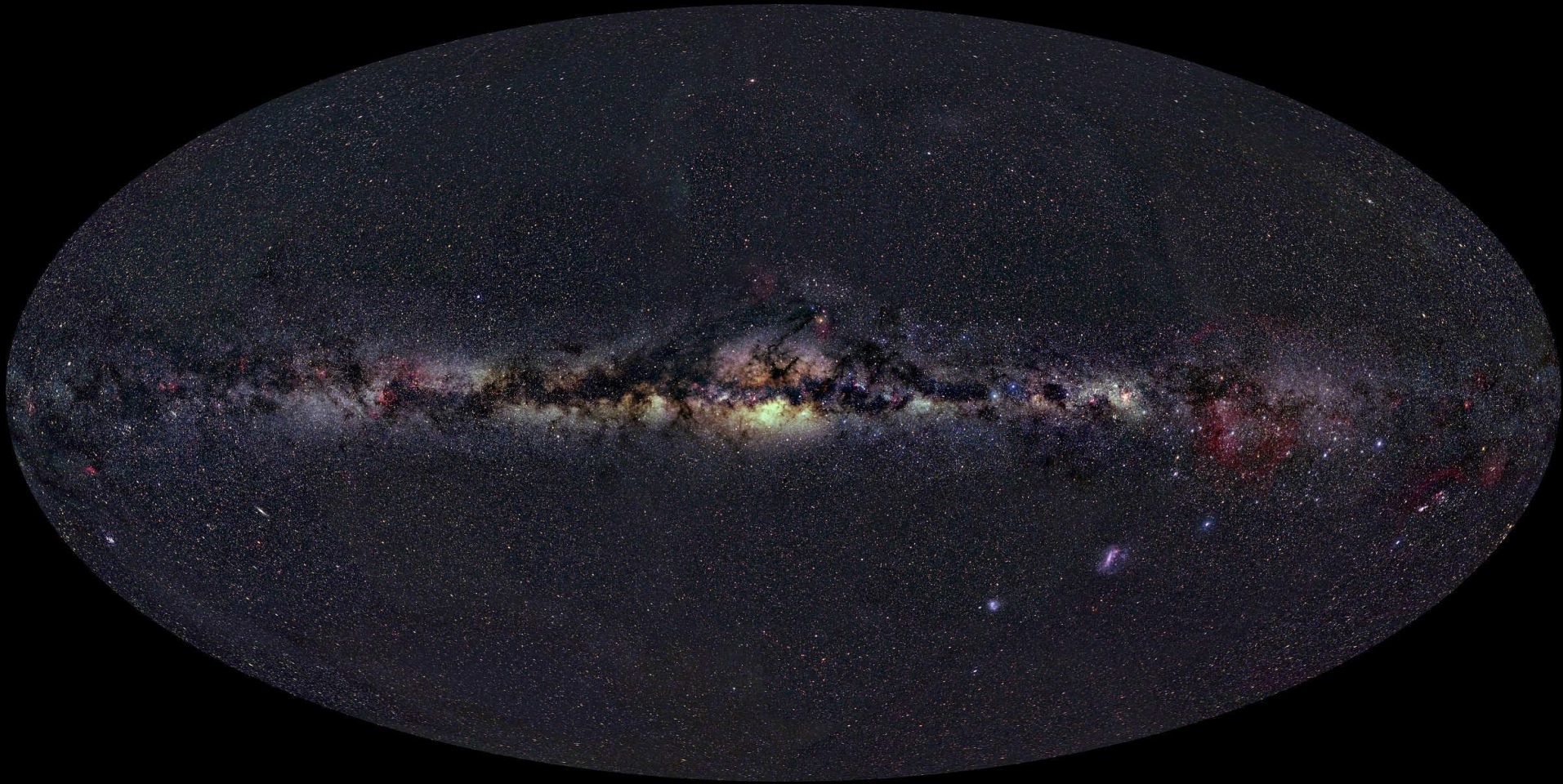
# Самые яркие объекты на

Объект	Видимая звёздная величина	Полушарие
Солнце	-26,7	
Луна	-12,74	
Венера	-4,3	
Марс	-2,8	
Юпитер	-2,5	
Сириус ( $\alpha$ Большого Пса)	-1,46	Южное
Меркурий	-1,2	
Канопус ( $\alpha$ Киля)	-0,74	Южное
Сатурн	-0,4	
Толиман ( $\alpha$ Центавра)	-0,27	Южное
Арктур ( $\alpha$ Волопаса)	-0,05	Северное
Вега ( $\alpha$ Лиры)	0,03	Северное
Капелла ( $\alpha$ Возничего)	0,08	Северное
Ригель ( $\beta$ Ориона)	0,12	Южное
Процион ( $\alpha$ Малого Пса)	0,38	Северное
Ахернар ( $\alpha$ Эридана)	0,46	Южное

# Млечный Путь



# Панорама Млечного Пути из космоса



Диаметр звёздного диска: 30 000 пк ( 100 000 св.  
лет )

Толщина звёздного диска: 300 пк ( 1000 св. лет )

Галактика Андромеды – ближайшая к Млечному Пути крупная галактика.

