

# Лекция 4.

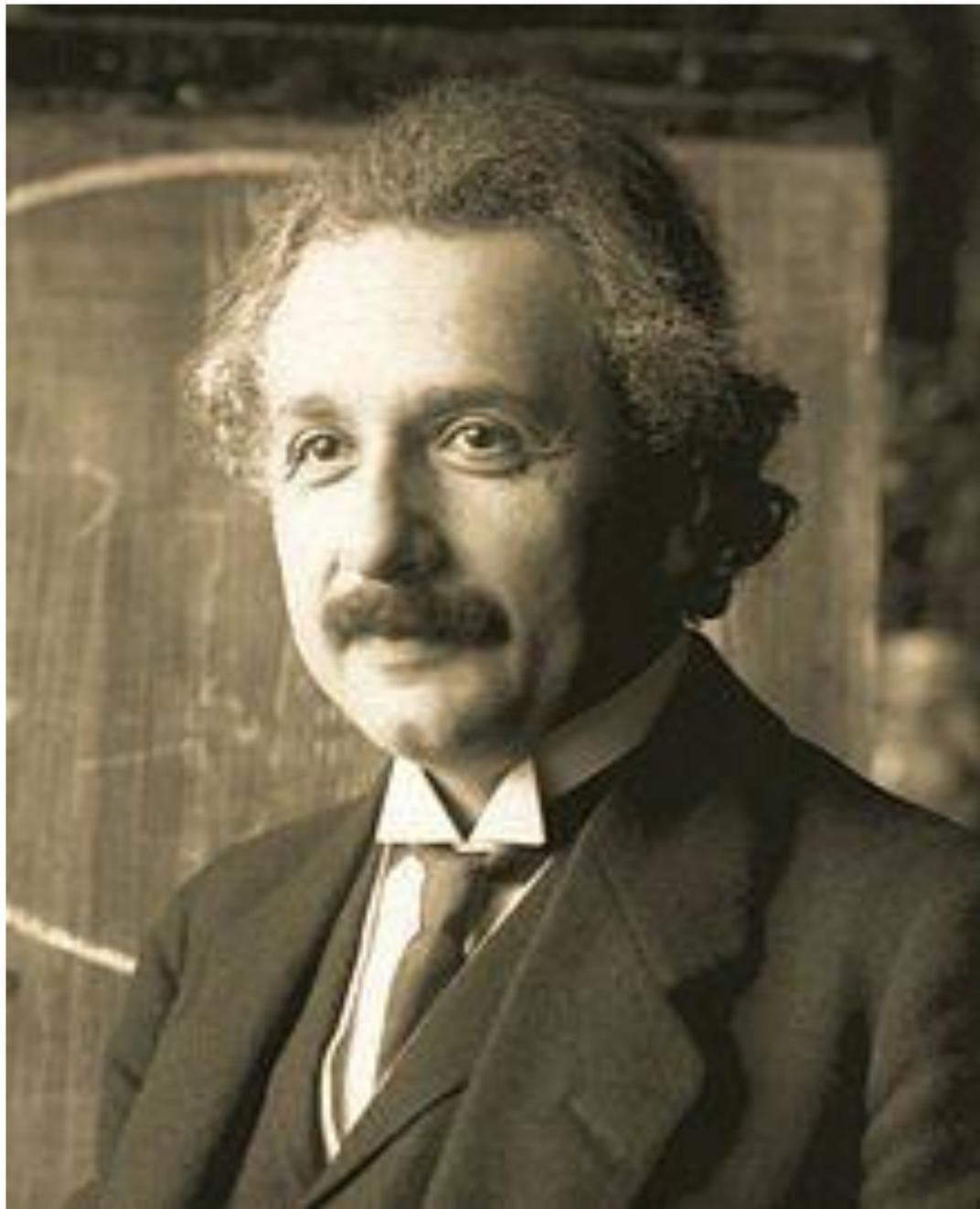
Современная космология.  
Вселенная и космос.

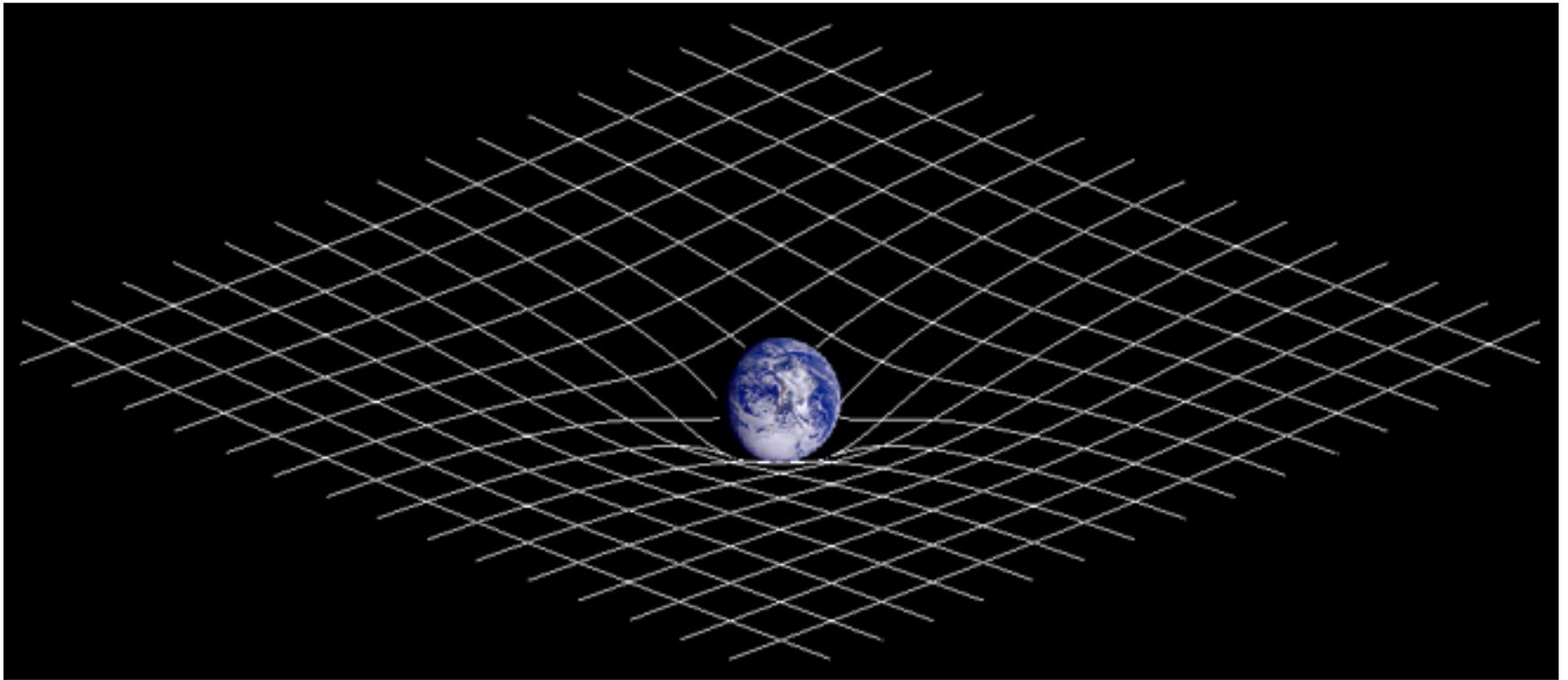
# 1. Создание современной КОСМОЛОГИИ.



- Возникновение современной космологии связано с развитием в **XX** веке **общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна** и физики элементарных частиц.

- **Первое исследование на эту тему, опирающееся на ОТО, Эйнштейн опубликовал в 1917 году под названием «Космологические соображения к общей теории относительности».**
- **В ней он ввёл 3 предположения: Вселенная однородна, изотропна и стационарна.**



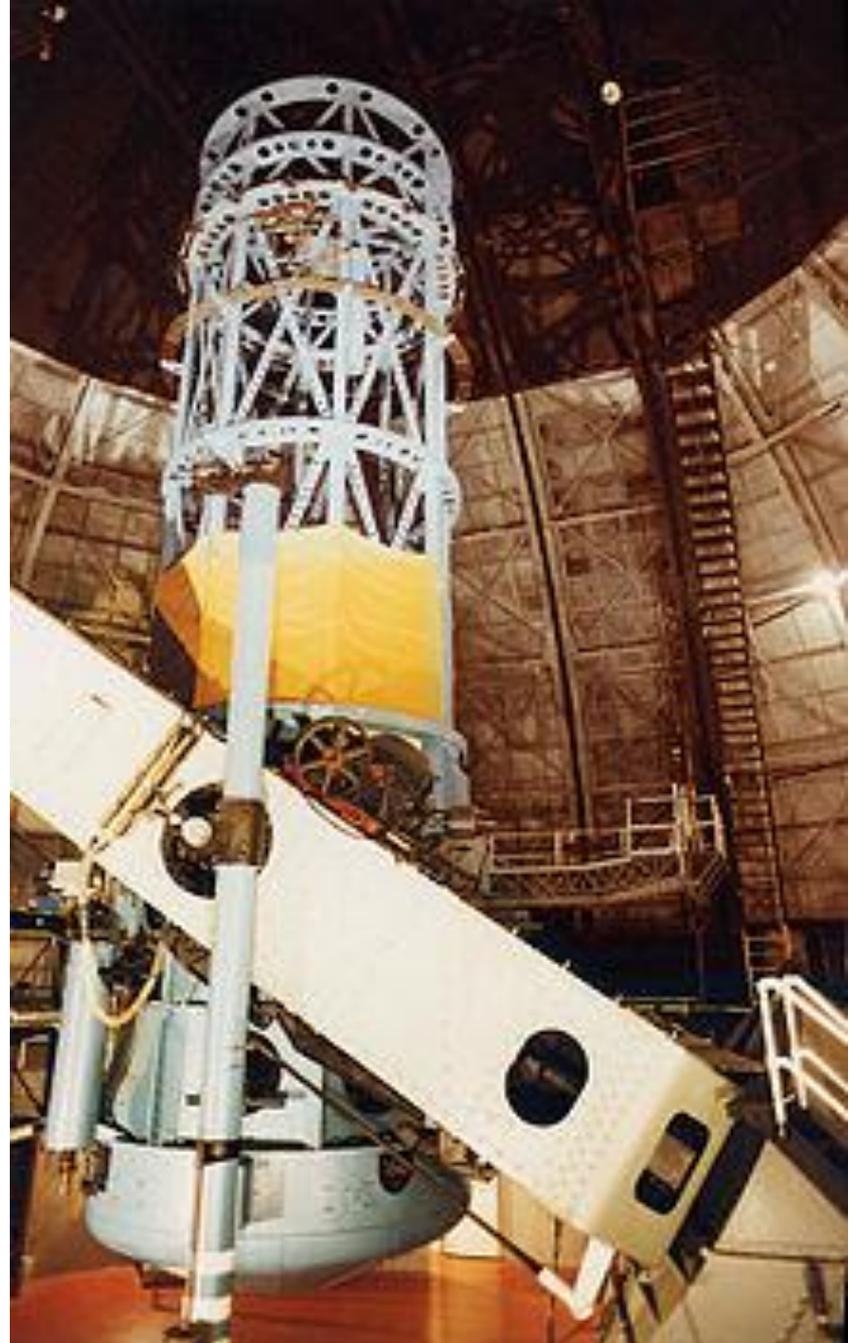


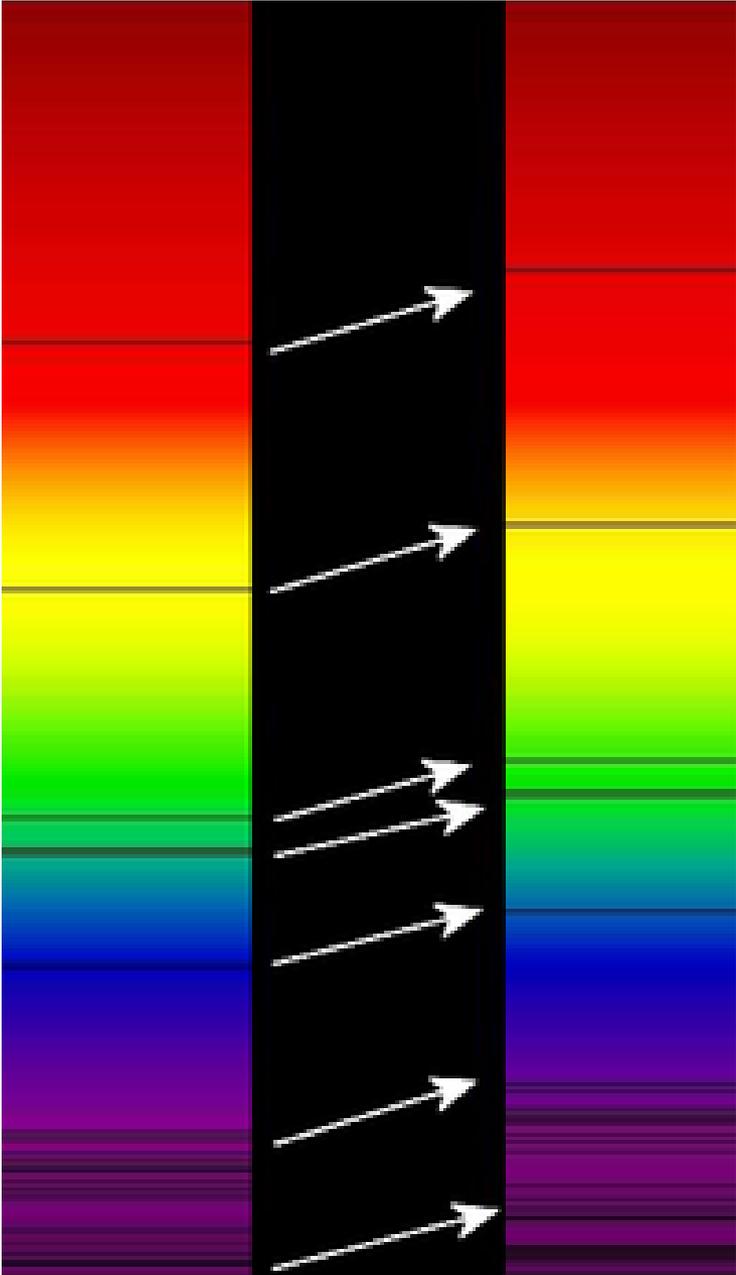
- Полученное им решение означало, что Вселенная имеет конечный объём (замкнута) и положительную кривизну.
- **В 1922 году А. А. Фридман предложил нестационарное решение уравнения Эйнштейна, в котором изотропная Вселенная расширялась из начальной сингулярности.**

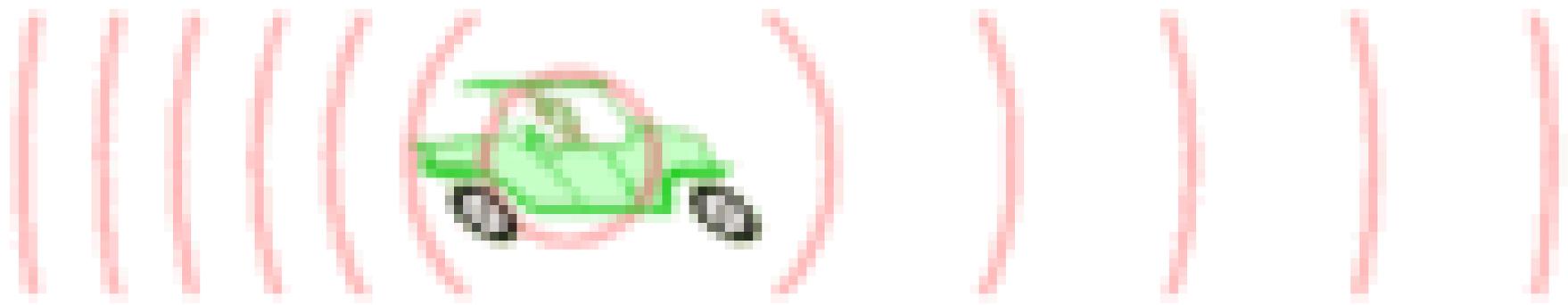
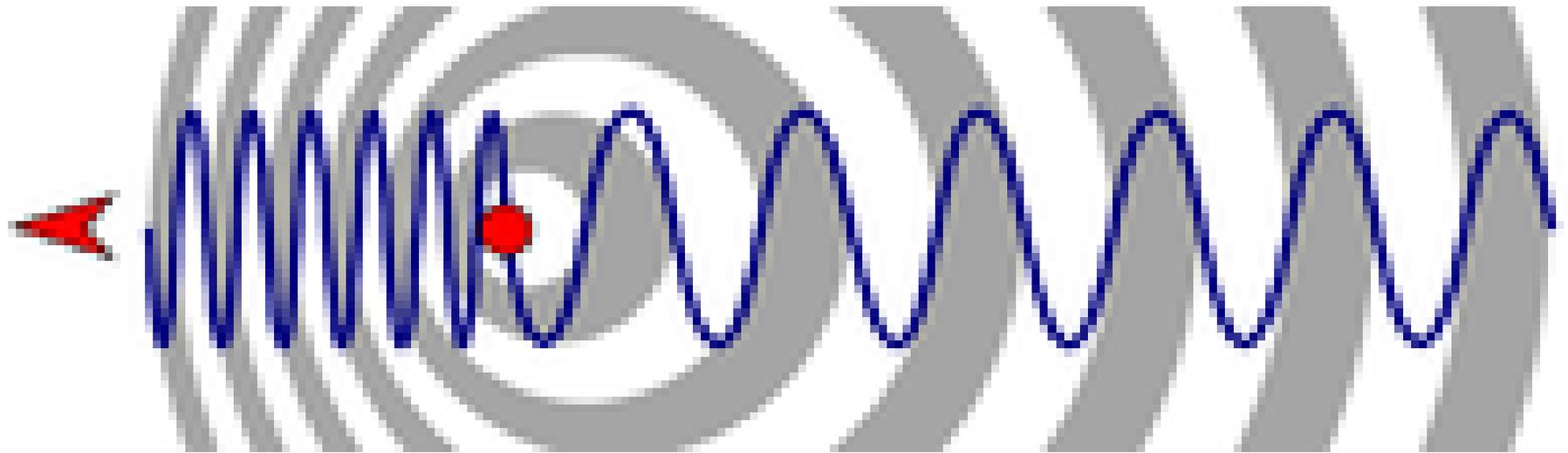


*A. P. Ferguson*

- **Подтверждением теории нестационарной вселенной стало открытие в 1929 году Э. Хабблом космологического красного смещения галактик. Таким образом, возникла общепринятая сейчас теория Большого взрыва.**







- **1929** — 17 января в Труды Национальной академии наук США поступили статьи Хьюмасаона о лучевой скорости NGC 7619 и Хаббла, называвшаяся «Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей». Сопоставление этих расстояний с лучевыми скоростями показало **чёткую линейную зависимость скорости от расстояния**, по праву называющуюся теперь **законом Хаббла**.

## 2. Большой взрыв.



- **Большой взрыв (англ. Big Bang) — космологическая модель, описывающая раннее развитие Вселенной, а именно — начало расширения Вселенной, перед которым Вселенная находилась в сингулярном состоянии.**

- **Космологическая сингулярность** — состояние Вселенной в начальный момент Большого Взрыва, характеризующееся **бесконечной плотностью и температурой вещества.**

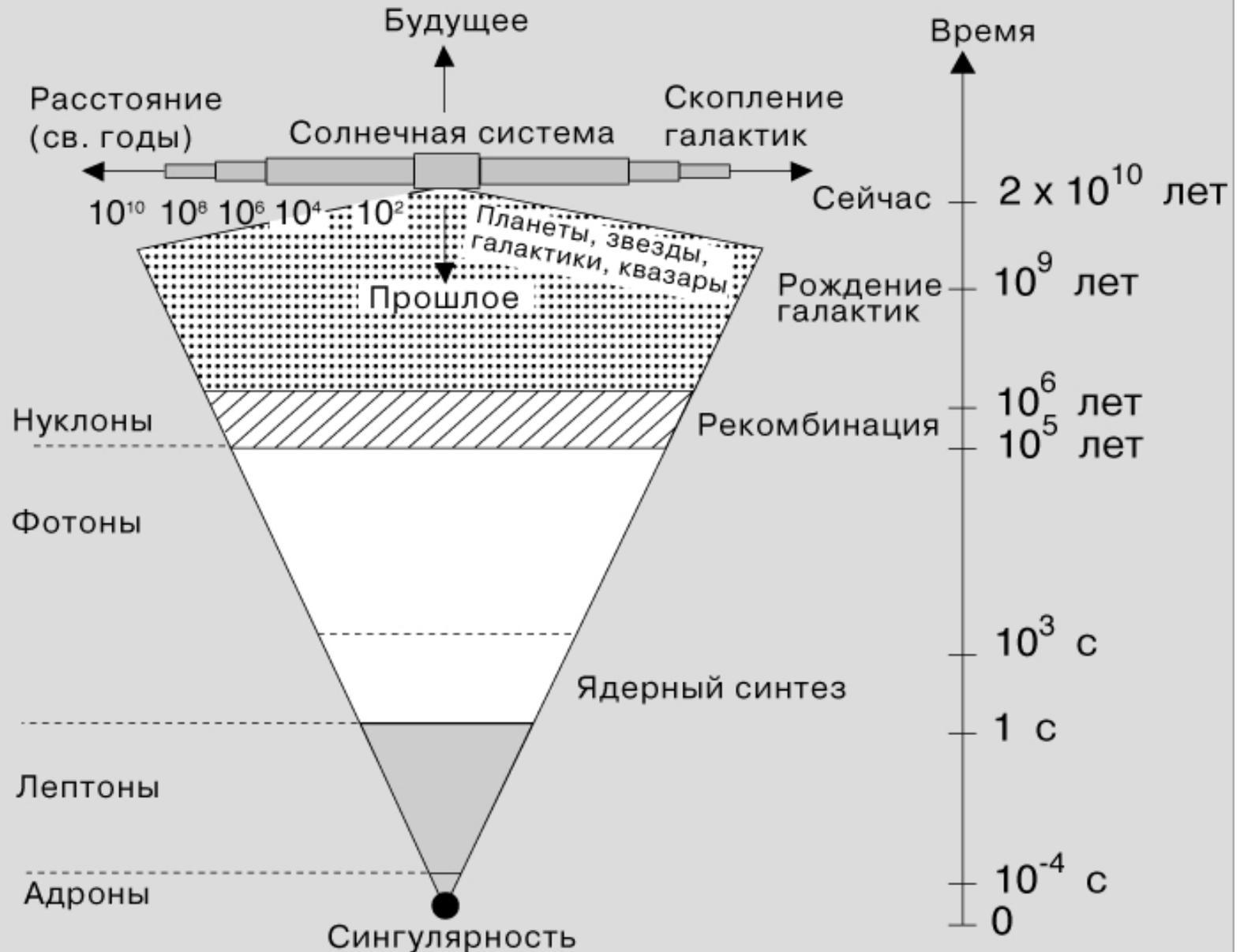
- **Возникновение этой сингулярности при продолжении назад во времени любого решения ОТО, описывающего динамику расширения Вселенной, было строго доказано в 1967 году Стивеном Хокингом**

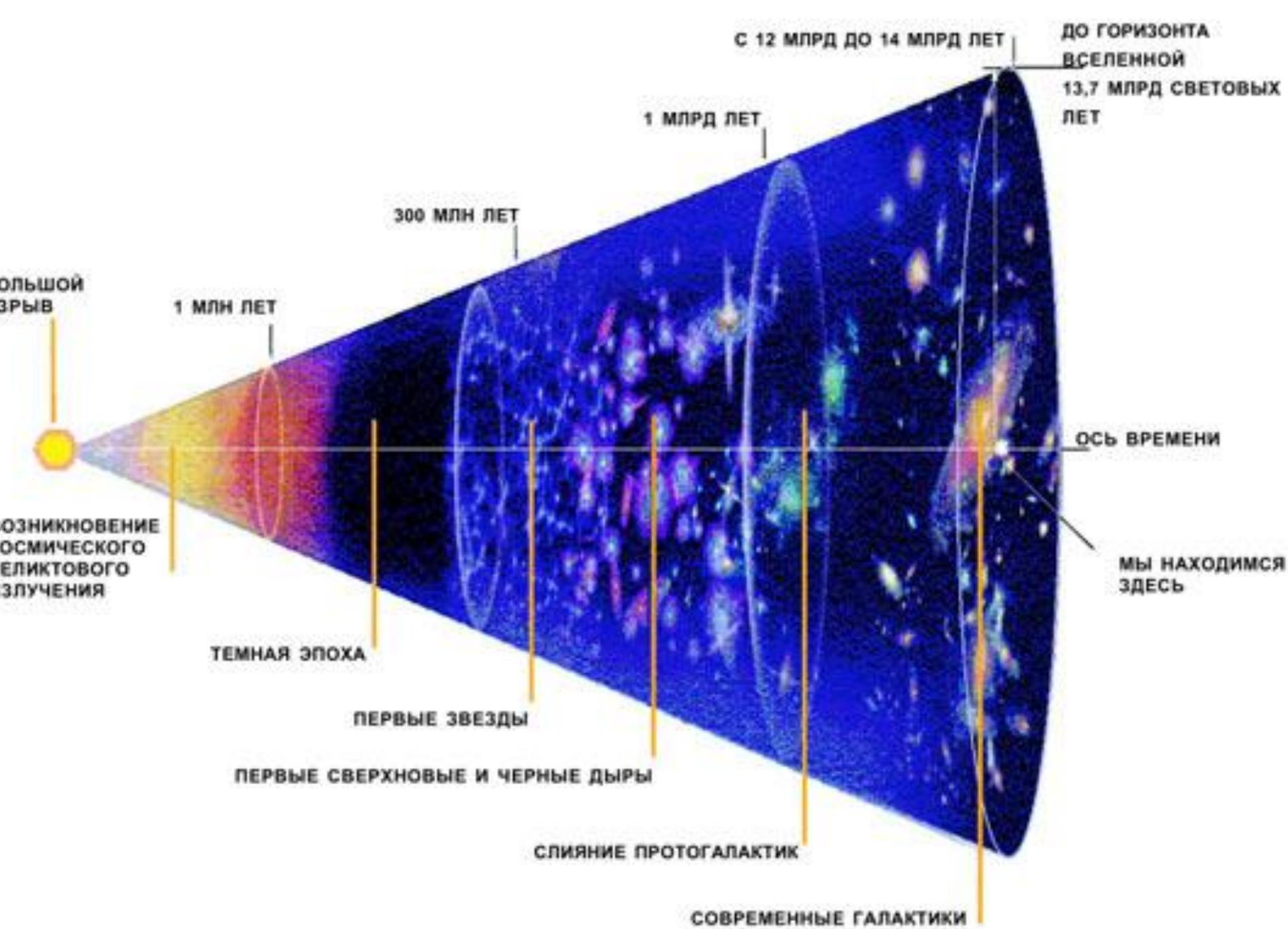
- «Результаты наших наблюдений подтверждают предположение о том, что Вселенная возникла в определённый момент времени. Однако сам момент начала творения, **сингулярность, не подчиняется ни одному из известных законов физики**».
- С. Хокинг.

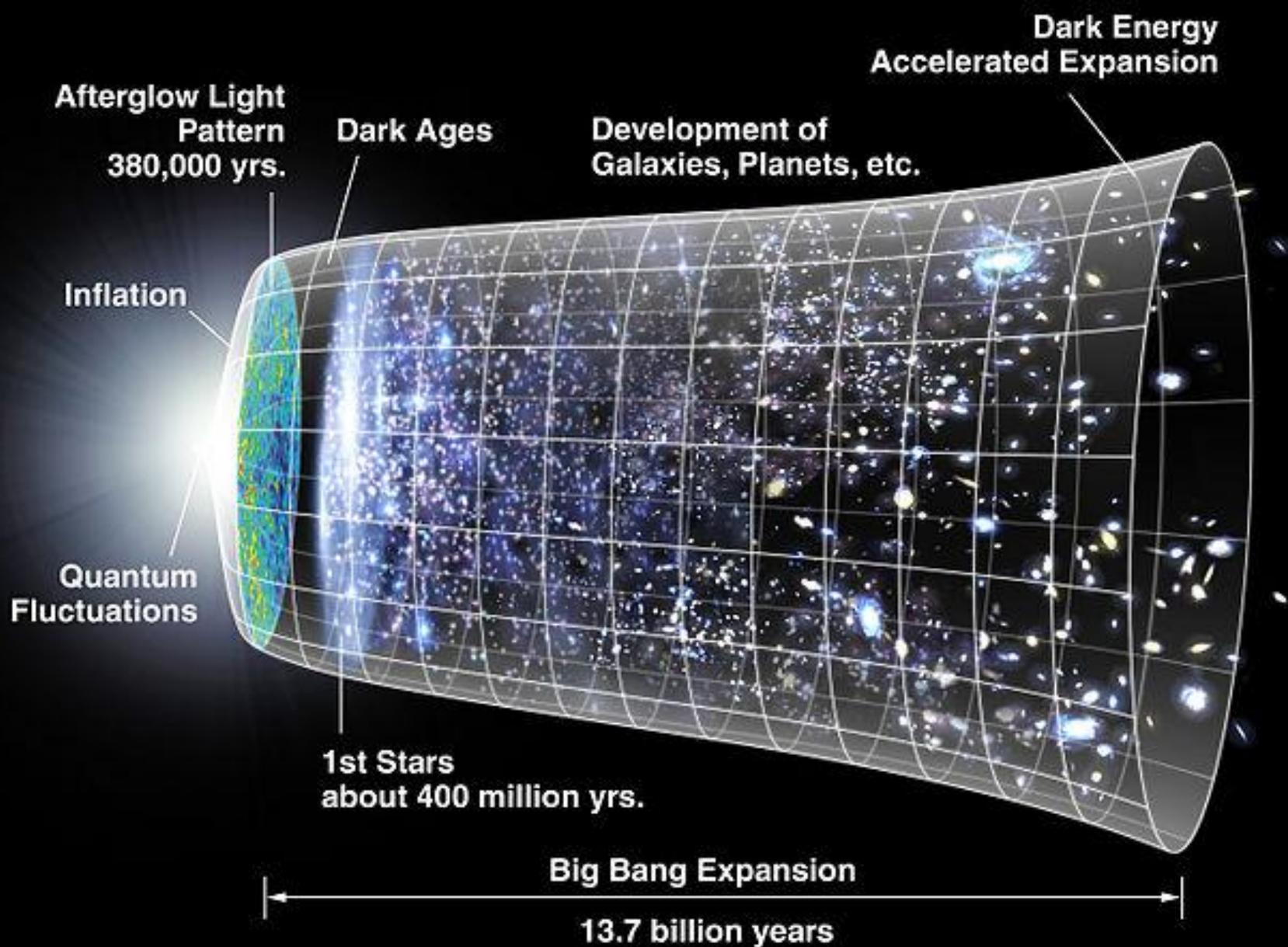




# Пространственно-временная диаграмма







- **1948** — выходит работа Г. А. Гамова о «горячей вселенной», построенная на теории **расширяющейся вселенной Фридмана**. По Фридману, вначале был взрыв. Он произошёл одновременно и повсюду во Вселенной, заполнив пространство очень плотным веществом, из которого **через миллиарды лет образовались наблюдаемые тела Вселенной** — Солнце, звёзды, галактики и планеты, в том числе Земля и всё что на ней.

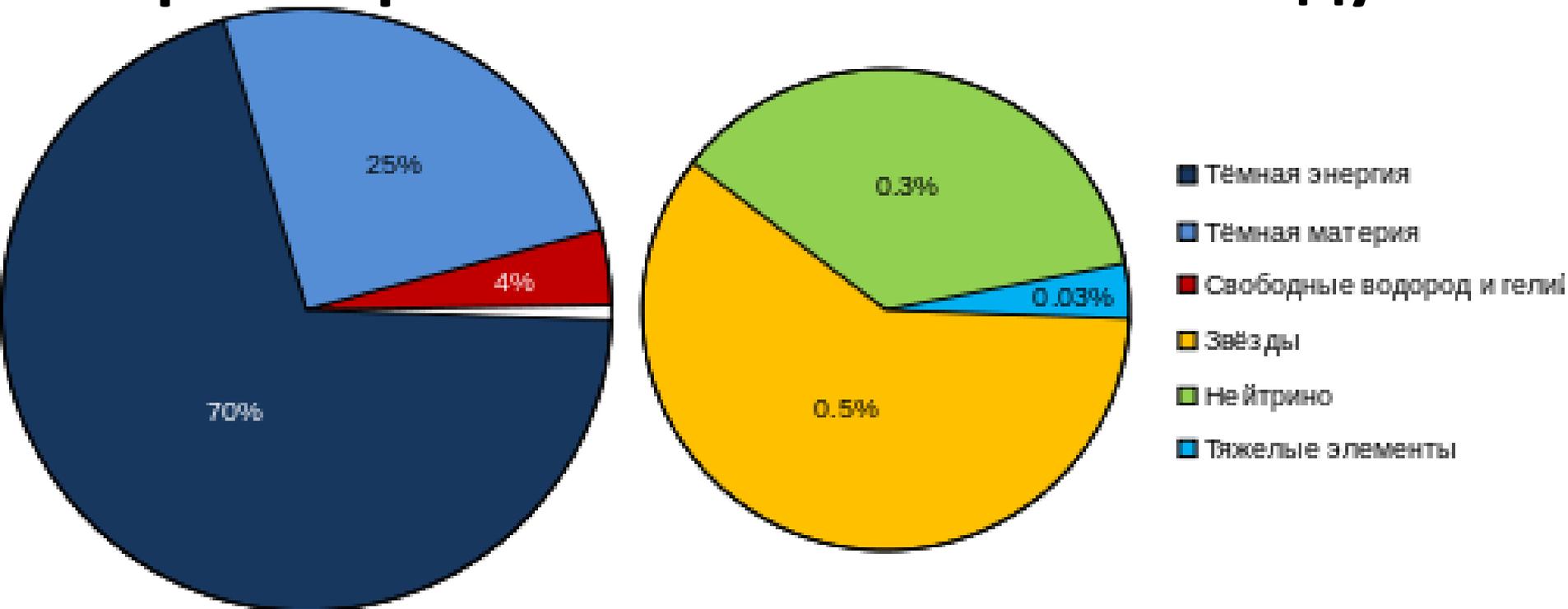
- **Гамов** добавил к этому, что первичное вещество мира было **не только очень плотным, но и очень горячим**
- Идея Гамова состояла в том, что в **горячем и плотном веществе ранней Вселенной происходили ядерные реакции, и в этом ядерном котле за несколько минут были синтезированы лёгкие химические элементы**. Самым эффективным результатом этой теории стало **предсказание космического фона излучения**.



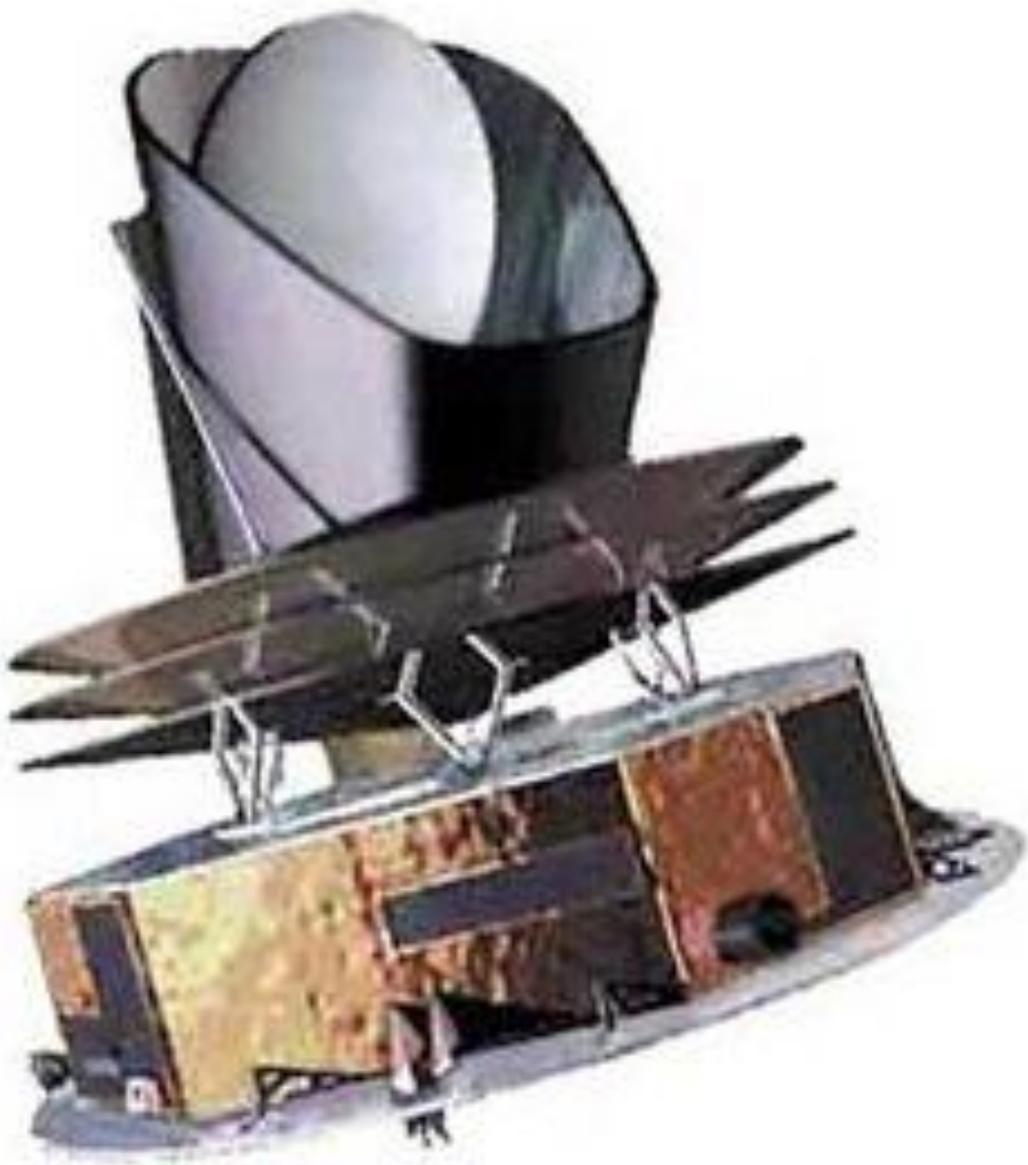
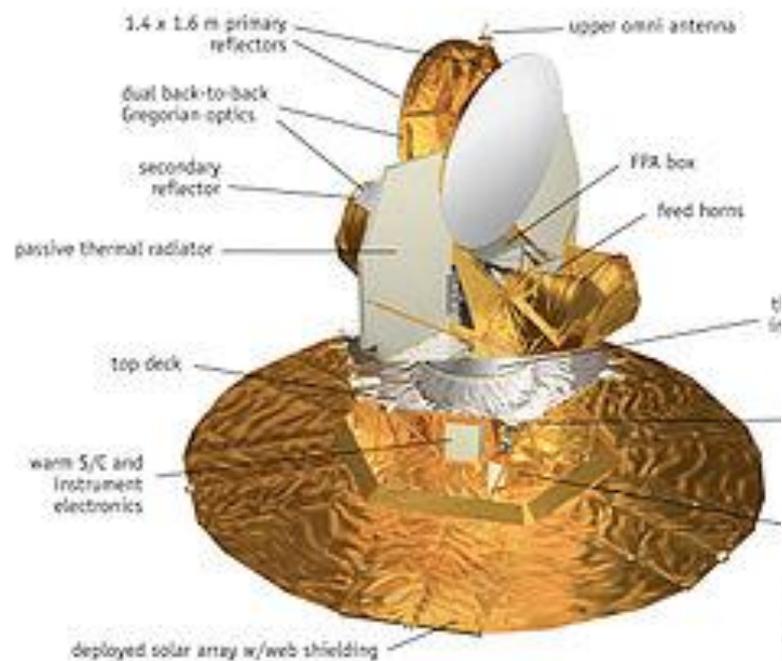
- **1955** — Советский радиоастроном Тигран Шмаонов экспериментально обнаружил шумовое СВЧ-излучение с температурой около 3К
- **1964** — американские радиоастрономы А. Пензиас и Р. Вилсон открыли космический фон излучения и измерили его температуру. Она оказалась равной именно 3 К.

- **$\Lambda$ CDM** (читается «Лямбда-СиДиЭм») — сокращение от Lambda-Cold Dark Matter, современная стандартная космологическая модель, в которой пространственно-плоская Вселенная заполнена, помимо обычной барионной материи, тёмной энергией (описываемой космологической постоянной  $\Lambda$  в уравнениях Эйнштейна) и холодной тёмной материей (англ. Cold Dark Matter)

- Модель  $\Lambda$ CDM стала стандартом вскоре после открытия ускорения расширения Вселенной в 1998 году



- В настоящее время это излучение носит название **реликтового**.
- **2003** — спутник **WMAP** с высокой степенью точности **измеряет анизотропию реликтового излучения**. Вместе с данными предшествующих измерений (COBE, Космический телескоп Хаббла и др.), **полученная информация подтвердила космологическую модель  $\Lambda$ CDM и инфляционную теорию**.



- С высокой точностью был установлен возраст Вселенной  $13,75 \pm 0,11$  млрд лет и распределение по массам различных видов материи (барионная материя — 4 %, тёмная материя — 23 %, тёмная энергия — 73 %)



- **2009** — запущен спутник Планк, который в настоящее время измеряет анизотропию реликтового излучения с ещё более высокой точностью.

- В теории Большого взрыва **не рассматривается вопрос о причинах возникновения сингулярности, или материи и энергии для её возникновения, обычно просто постулируется её безначальность. Считается, что ответ на этот вопрос даст теория квантовой гравитации.**

- Существует ряд не до конца проверенных фактов и интерпретаций, ставящих стандартную космологическую модель под сомнение:

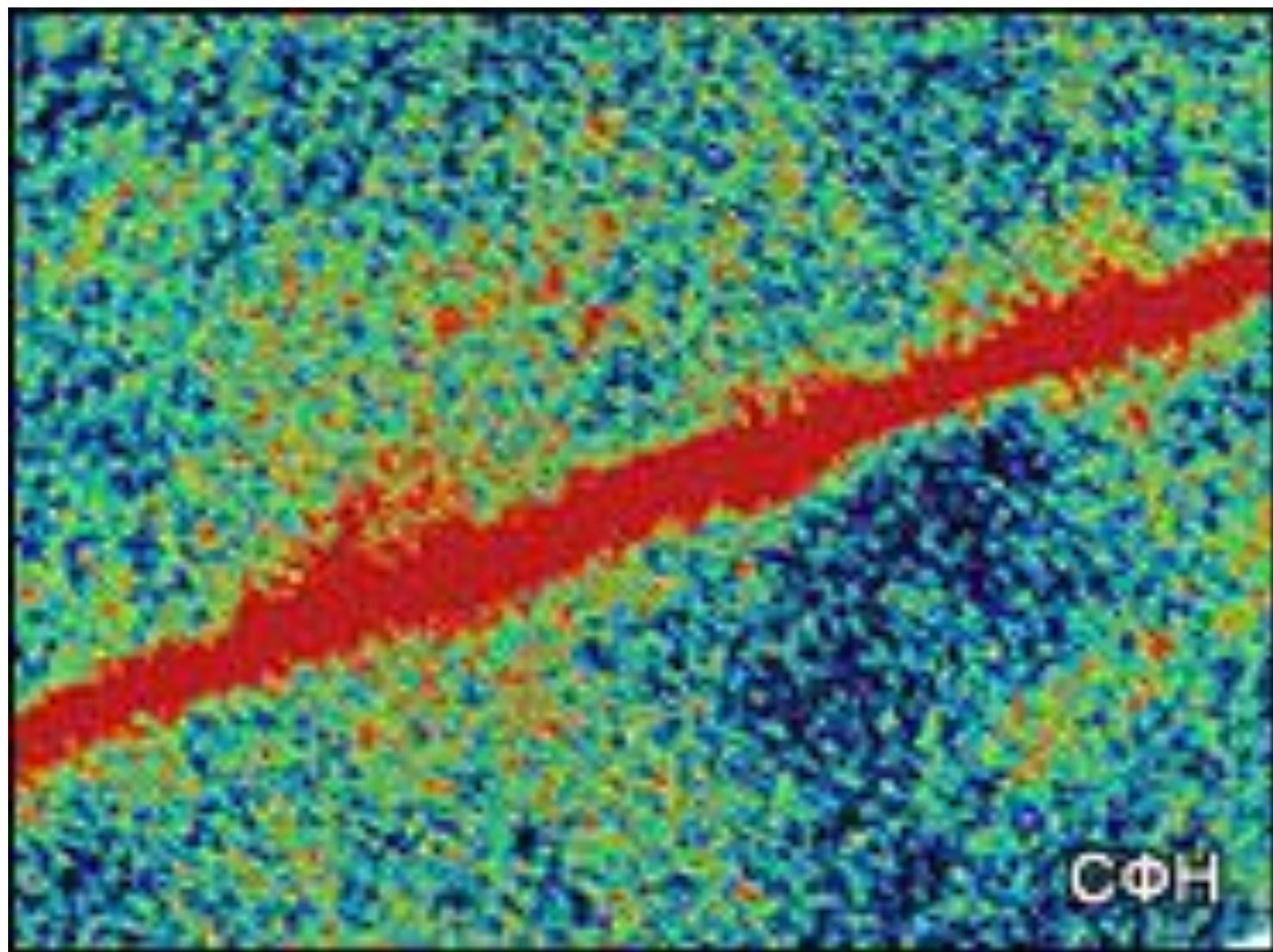
1. Ось зла;

2. Избыток и дефицит мюонов на небесной сфере;

3. Признаки струн в реликтовом излучении;

4. Галактики (Abell68c1 и Abell2219c1) с аномально высоким красным смещением.

- **Ось зла (англ. axis of evil) — гипотетическая протяжённая область («ось» вселенского масштаба), вокруг которой происходит ориентация всей структуры Вселенной.**
- В 2012 году команда WMAP объявила, что наиболее вероятное объяснение совпадения осей — **статистическая флуктуация**



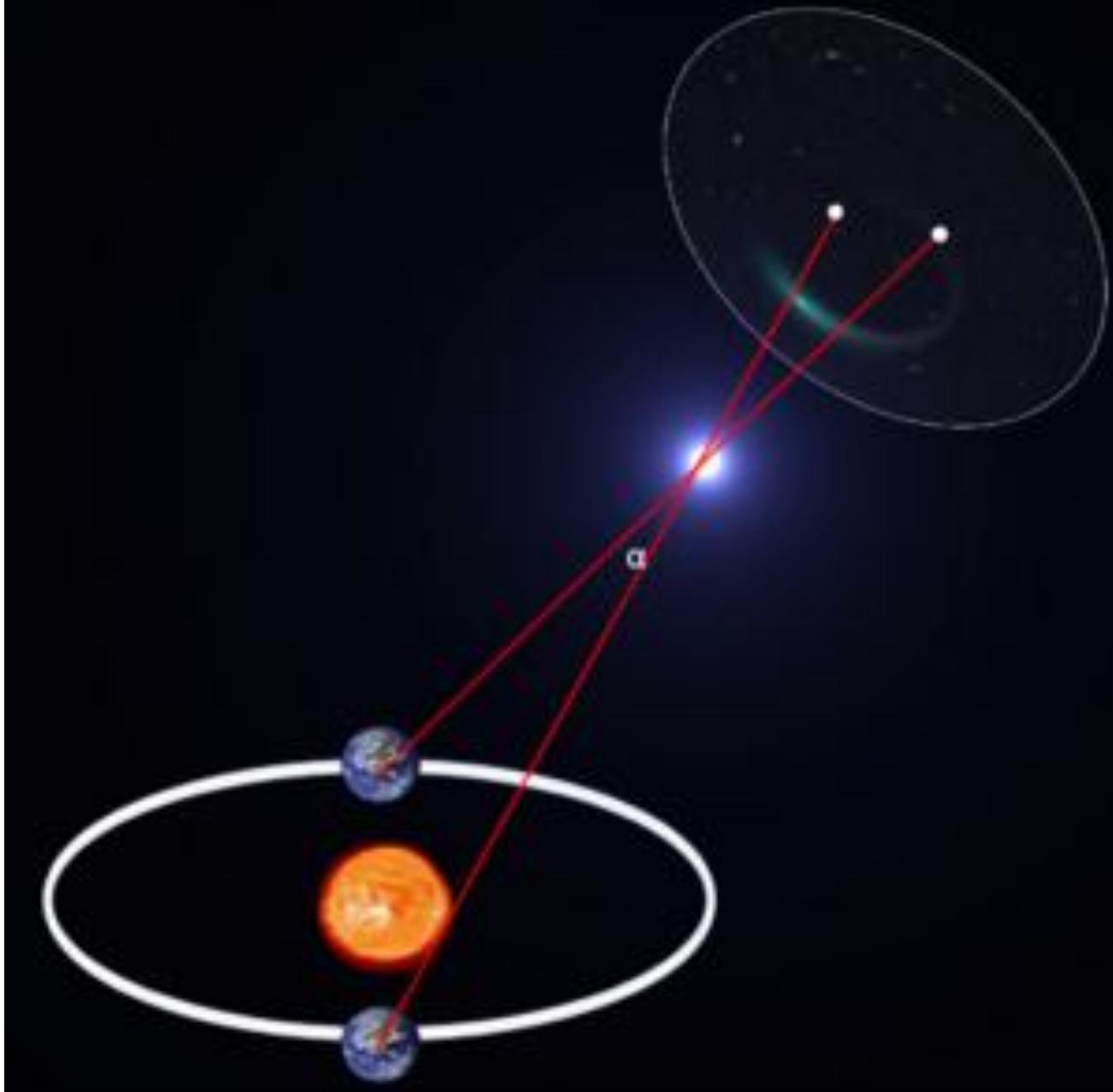
# **3. Наблюдаемый космос**

- **3.1 Дальний космос.**
- **Звёзды образуют скопления, называемые галактиками.**

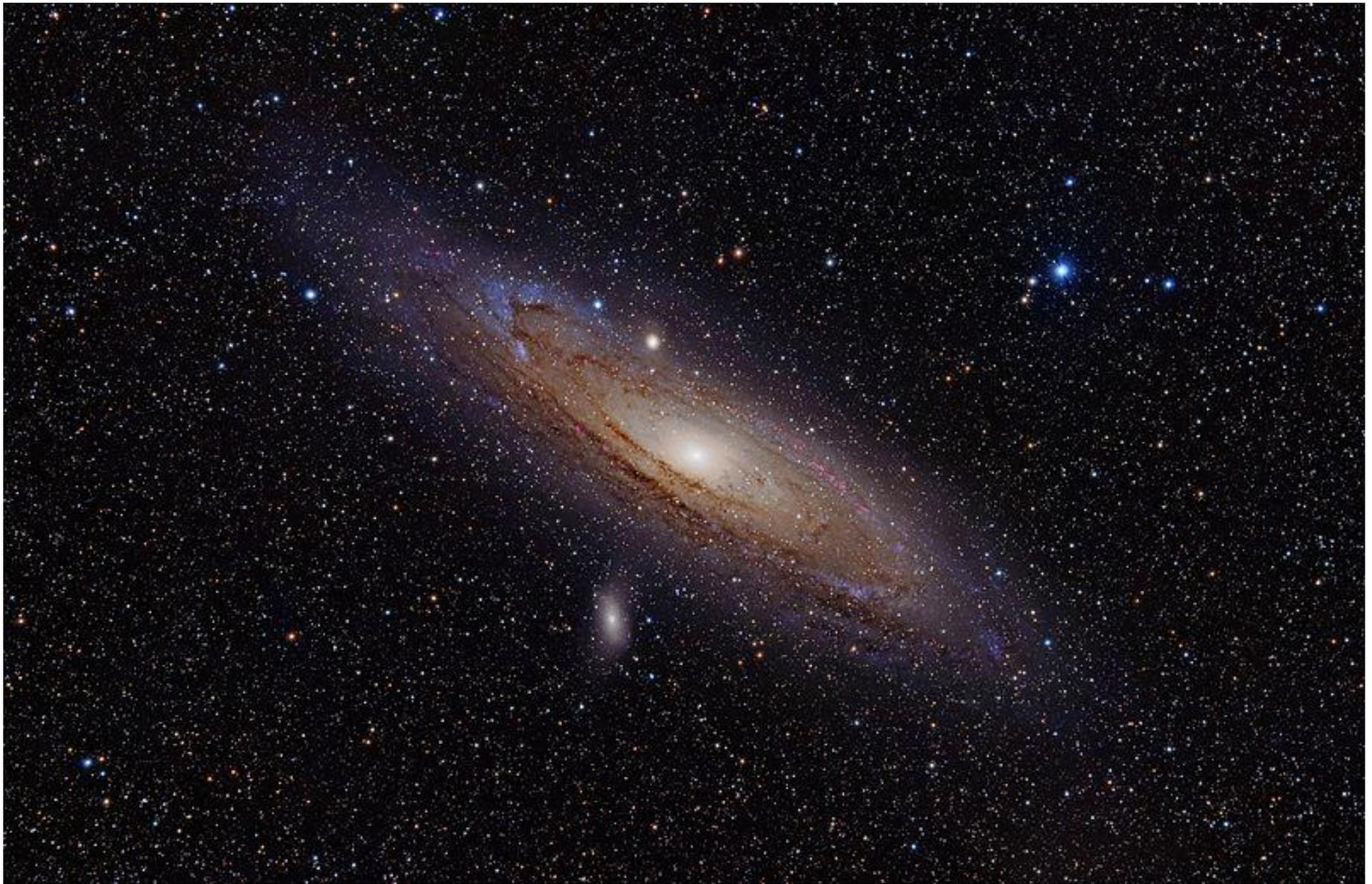
- **Гала́ктика** (др.-греч. Γαλαξίας — молочный, млечный) — гигантская, гравитационно-связанная система из звёзд и звёздных скоплений, межзвёздного газа и пыли, и тёмной материи. Все объекты в составе галактики участвуют в движении относительно общего центра масс



- **Галактики — чрезвычайно далёкие астрономические объекты.**  
Расстояние до ближайших из них принято измерять в **мегапарсеках.**
- **Парсек = 3,2616 светового года.**



- Из-за удалённости различить на небе невооружённым глазом можно всего лишь три из них: туманность Андромеды (видна в северном полушарии), Большое и Малое Магеллановы Облака (видны в южном).





- **Млѐчный Путь (или Галáктика, с заглавной буквы) — спиральная галактика с перемычкой, в которой находятся Земля, Солнечная система и все звѐзды, видимые невооружѐнным глазом.**



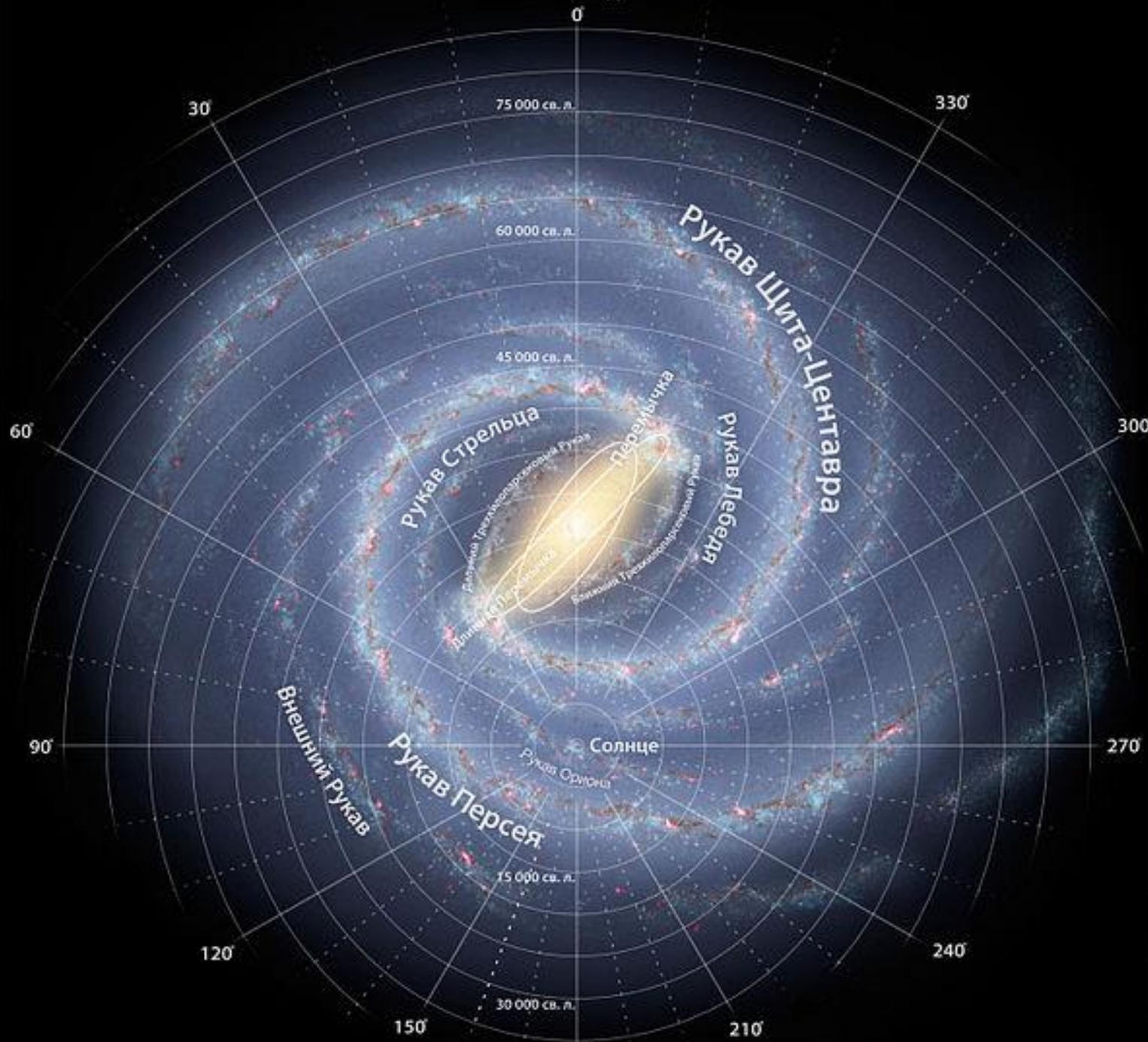


- Название Млечный Путь — калька с лат. *via lactea* «молочная дорога», которое, в свою очередь, калька с др.-греч. *κίυιλος γαλαξίας* «молочный круг»

- **Диаметр Галактики составляет около 30 тысяч парсек (порядка 100 000 световых лет, 1 квинтиллион километров) при оценочной средней толщине порядка 1000 световых лет.**

- Галактика **содержит**, по самой низкой оценке, **порядка 200 миллиардов звёзд** (современная оценка колеблется в диапазоне предположений **от 200 до 400 миллиардов**).

Галактическая Долгота



- **В средней части Галактики находится утолщение, которое называется балджем (англ. bulge — утолщение), составляющее около 8 тысяч парсек в поперечнике.**



- **В центре Галактики, по всей видимости, располагается сверхмассивная чёрная дыра (Стрелец А) (около 4,3 миллиона  $M_{\odot}$  вокруг которой, предположительно, вращается чёрная дыра средней массы от 1000 до 10 000  $M_{\odot}$  и периодом обращения около 100 лет и несколько тысяч сравнительно небольших.**

- Галактика относится к классу спиральных галактик, что означает, что **у Галактики есть спиральные рукава, расположенные в плоскости диска.**

- **Солнечная система находится на расстоянии 8,5 тысяч парсек от галактического центра, вблизи плоскости Галактики, на внутреннем крае рукава, носящего название рукав Ориона.**



- **Млечный Путь вместе с галактикой Андромеды (M31), Треугольника (M33), и более 40 меньшими галактиками-спутниками образуют Местную Группу Галактик, которая, в свою очередь, входит в Сверхскопление Девы**

**ГАЛАКТИЧЕСКАЯ КОРОНА**  
Горячий газ, окружающий Галактику

**ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ОБЛАКО**  
Влетающий сгусток  
сравнительно свежего газа

**ДИСК ГАЛАКТИКИ**  
Сплюснутая система  
звезд, газа  
и пыли

**ПУЗЫРЬ**  
Газ, нагретый  
сверхновыми;  
источник  
«фонтана»

**ОБЛАКО С  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
СКОРОСТЬЮ**  
Остывший газ;  
возвратный поток  
«фонтана»

**БОЛЬШОЕ МАГЕЛЛАНОВО  
ОБЛАКО**  
Галактика – спутник  
Млечного Пути

**МАЛОЕ МАГЕЛЛАНОВО ОБЛАКО**  
Галактика – спутник Млечного Пути

**КАРЛИКОВАЯ СФЕРОИДАЛЬНАЯ  
ГАЛАКТИКА В СТРЕЛЬЦЕ**  
Галактика – спутник Млечного Пути

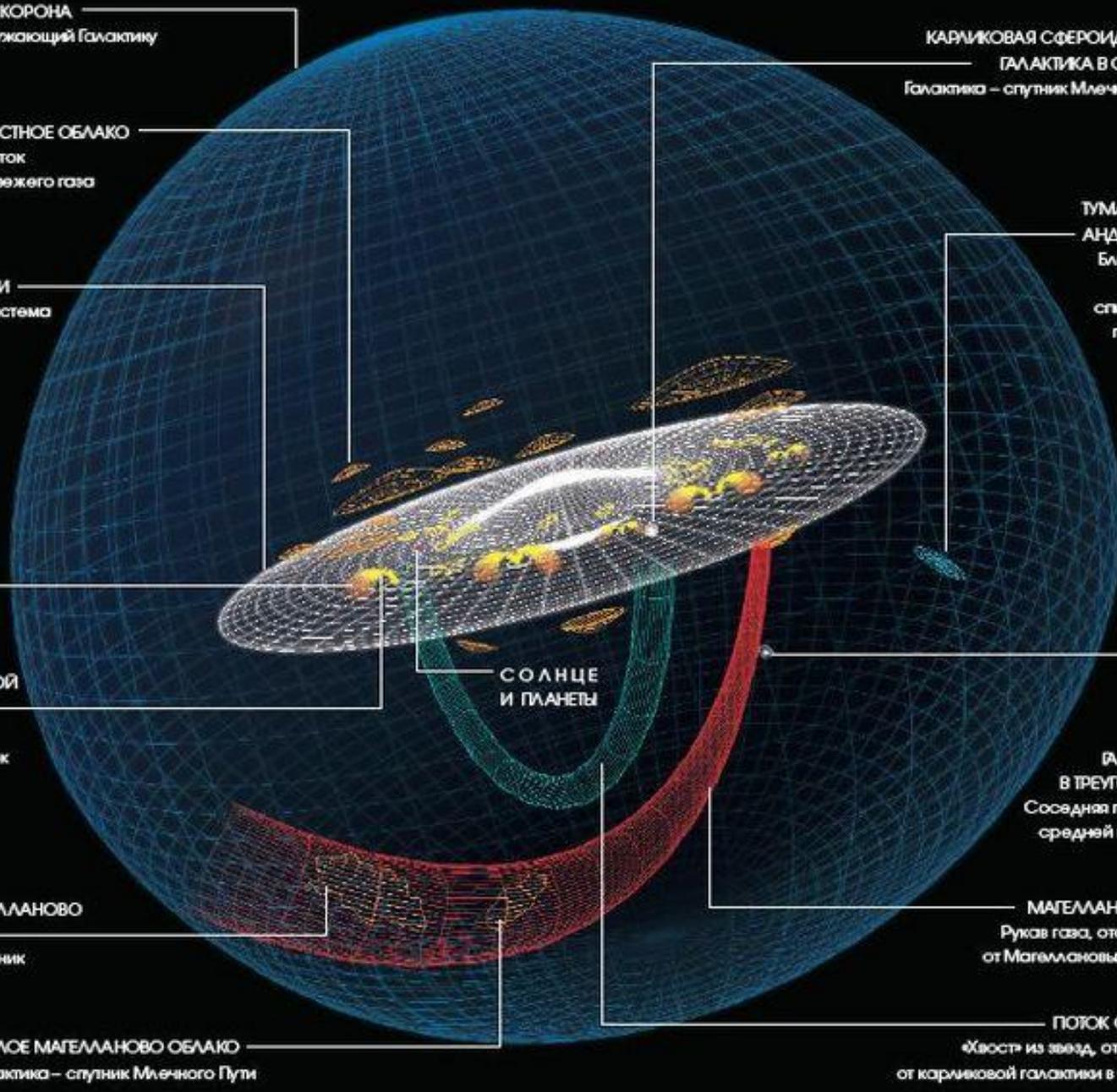
**ТУМАННОСТЬ  
АНДРОМЕДЫ**  
Ближайшая  
крупная  
спиральная  
галактика

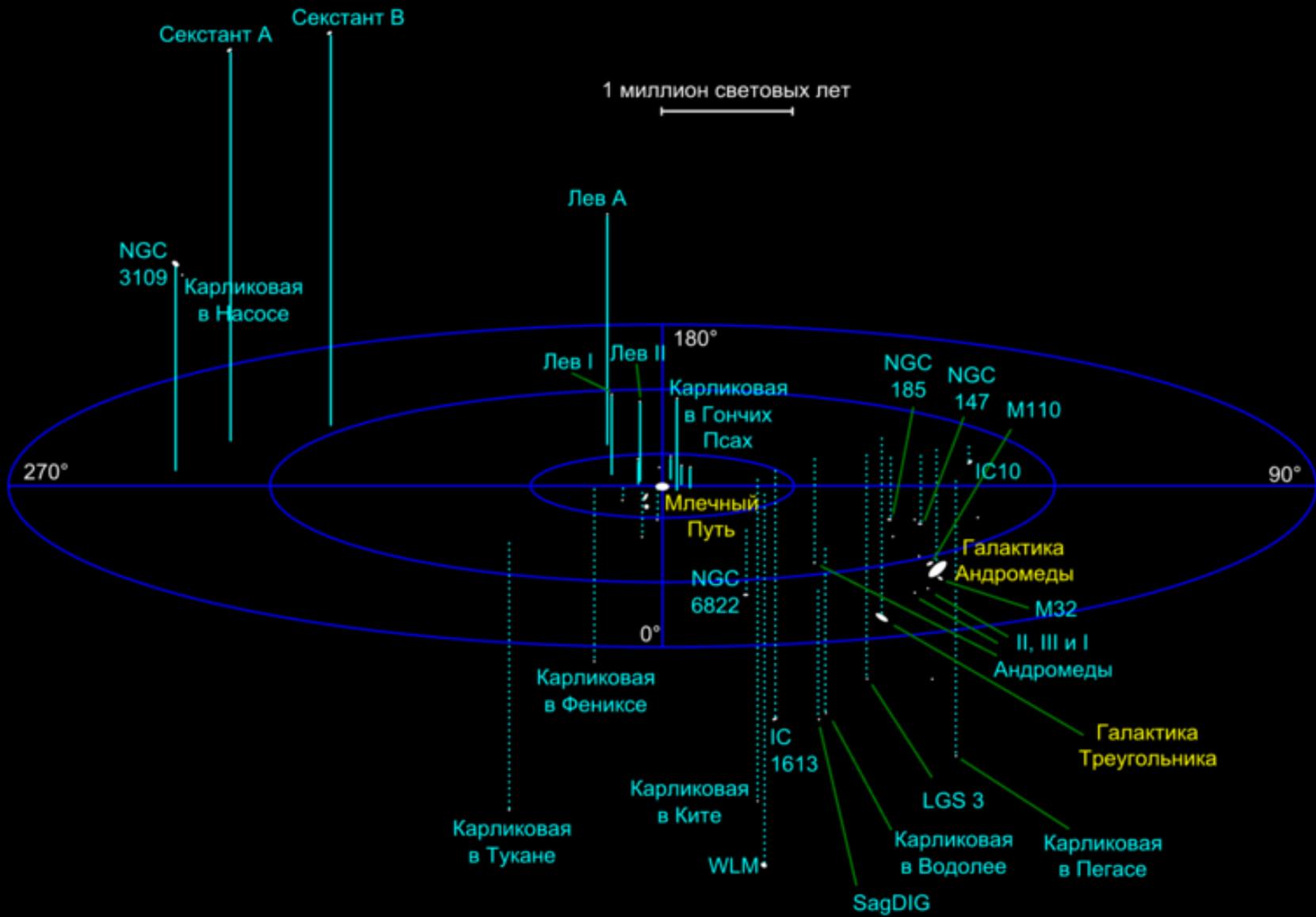
**СОЛНЦЕ  
И ПЛАНЕТЫ**

**ГАЛАКТИКА  
В ТРЕУГОЛЬНИКЕ**  
Соседняя галактика  
средней величины

**МАГЕЛЛАНОВ ПОТОК**  
Рукав газа, оторванного  
от Магеллановых Облаков

**ПОТОК СТРЕЛЬЦА**  
«Хвост» из звезд, оторванных  
от карликовой галактики в Стрельце

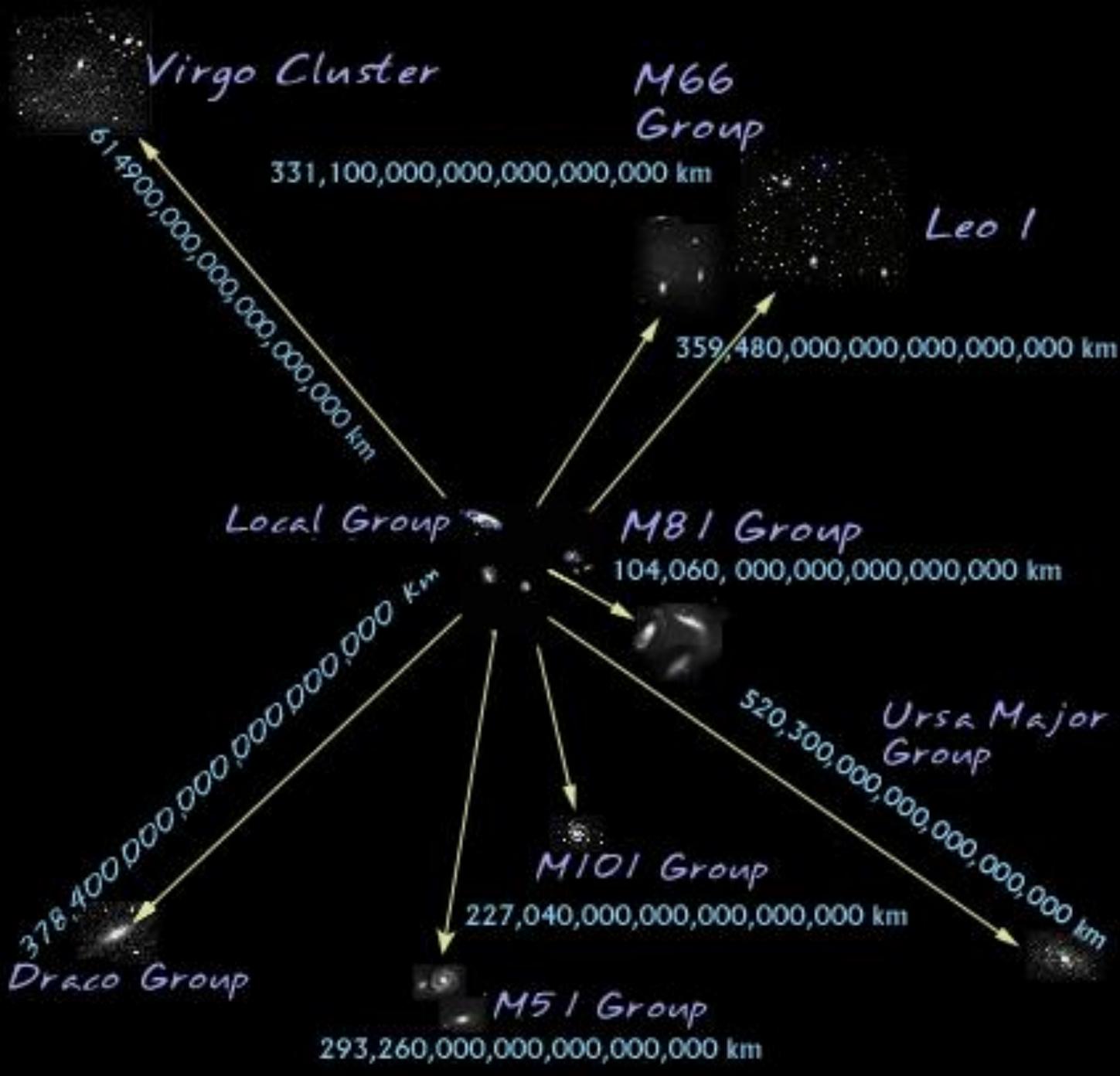






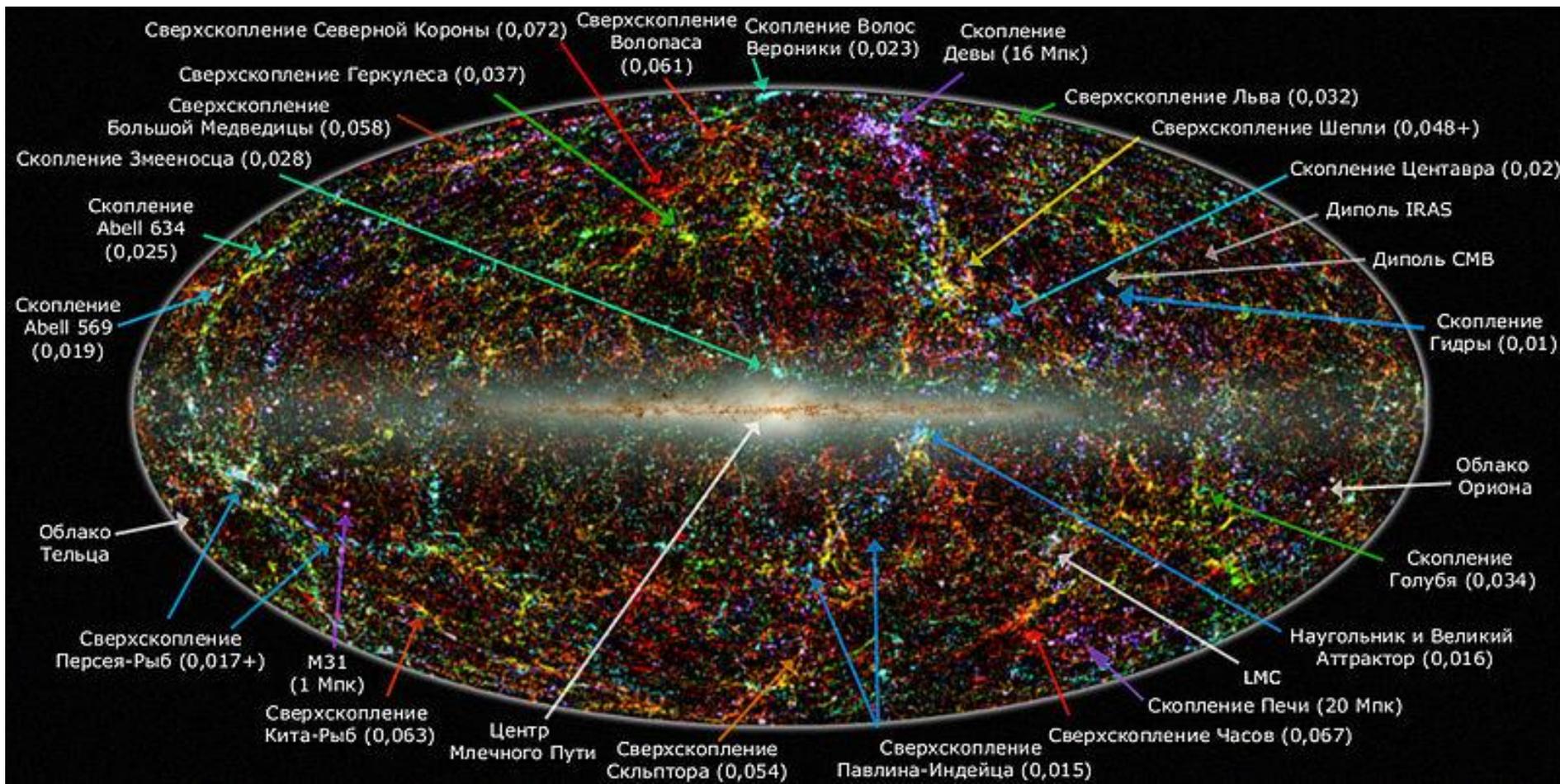
- Местное сверхскопление галактик (Сверхскопление Девы) — система галактик размером около 200 млн. св. лет, включающая Местную группу галактик, скопление галактик в Деве и несколько других скоплений и групп галактик.

- **Всего в состав Местного сверхскопления входят 100 групп и скоплений галактик (с доминирующим скоплением Девы в центре) и около 30 тысяч галактик; его масса по порядку величины  $10^{15}$  масс Солнца ( $2 \cdot 10^{46}$  кг).**



- **Сверхскопление Девы притягивается к гравитационной аномалии под названием Великий аттрактор, которая расположена рядом со скоплением Наугольника.**

- **Этот объект, имеющий массу десятков тысяч Галактик, наблюдается благодаря эффекту, который он оказывает на движение наблюдаемых нами галактик и их скоплений на участке пространства, протяжённостью в несколько сотен миллионов световых лет.**

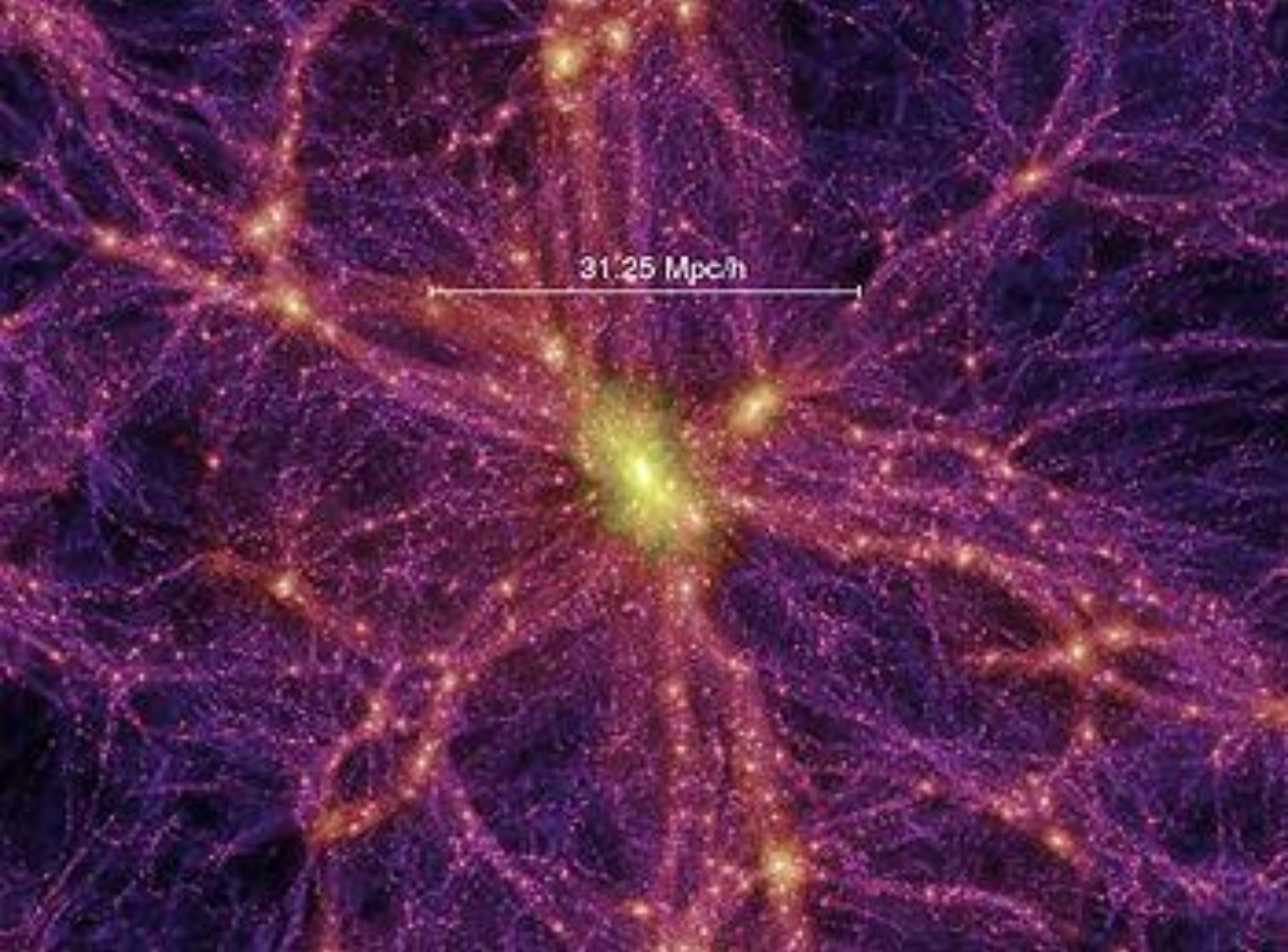


- **Крупномасштабная структура Вселенной в космологии — структура распределения материи на самых больших наблюдаемых масштабах.**

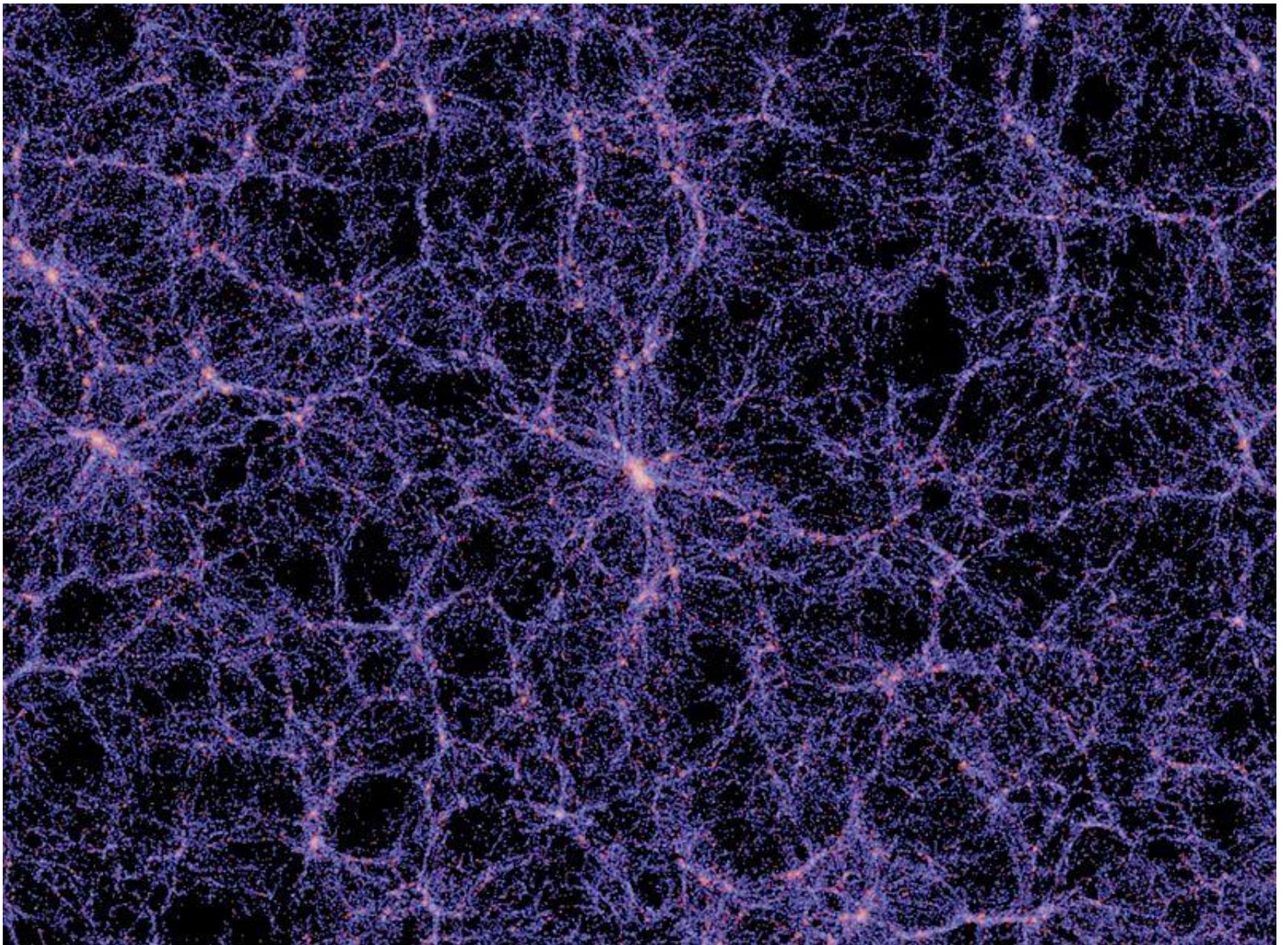
- **В 1990-е Маргарет Геллер и Джон Хунра выяснили, что на масштабах порядка 300 мега-парсек Вселенная практически однородна.**

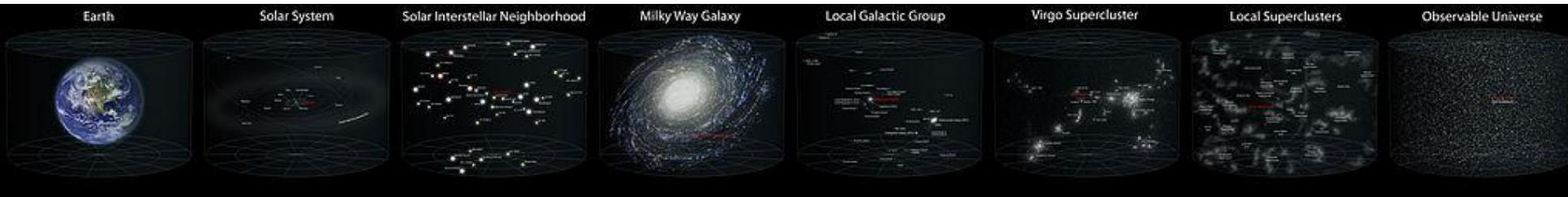
- По современным представлениям, **Вселенная представляет собой совокупность довольно плоских «листов», разделённых областями, в которых практически нет светящейся материи. Эти области (пустоты, войды, англ. voids) имеют размер порядка сотни мегапарсек.**

- **Первым наблюдаемым листом стала Великая Стена, находящаяся в 200 миллионах световых лет и имеющая размер около 500 млн св. лет и толщину всего 15 млн св. лет.**



31.25 Mpc/h

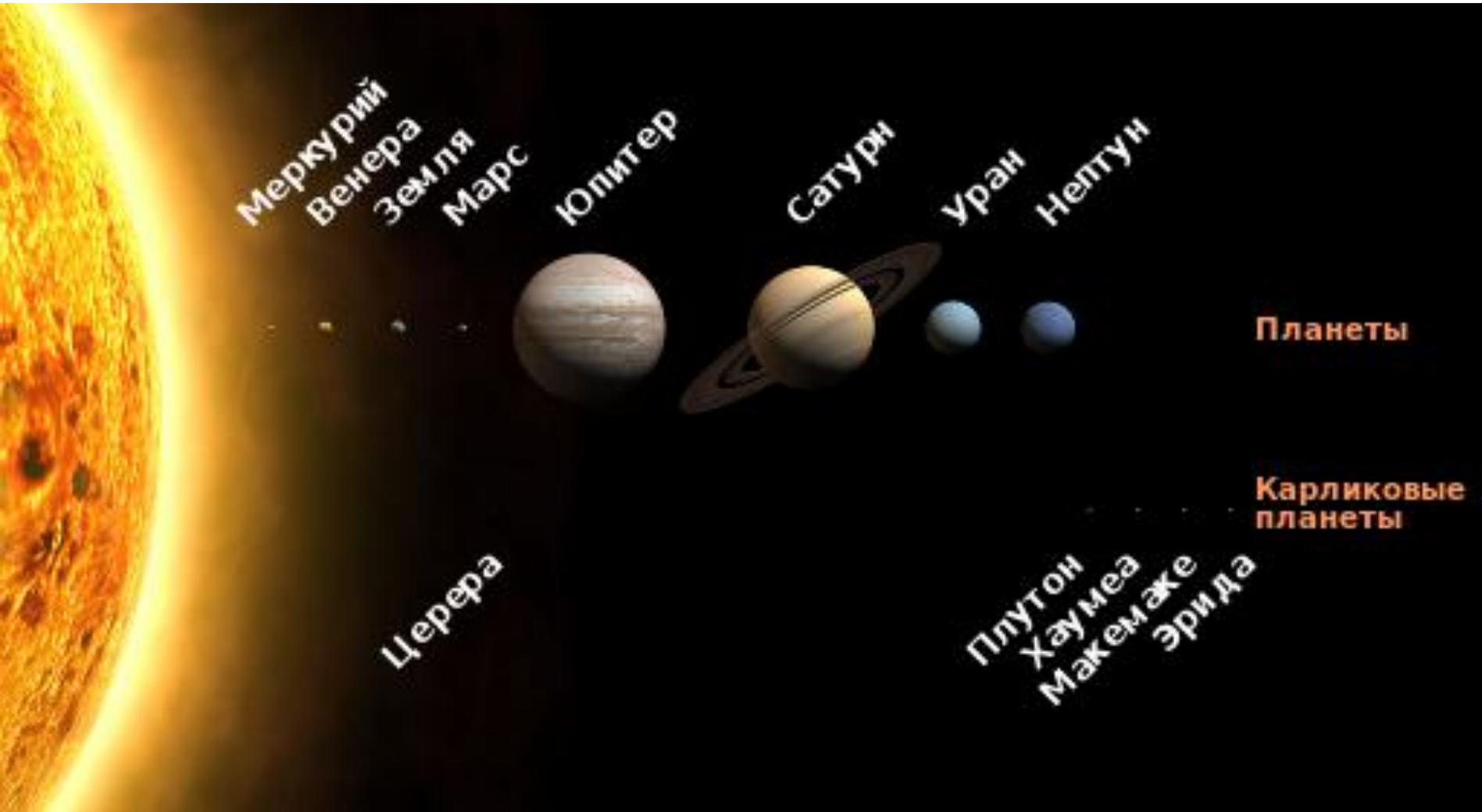




# Согласно последним наблюдениям Вселенная:

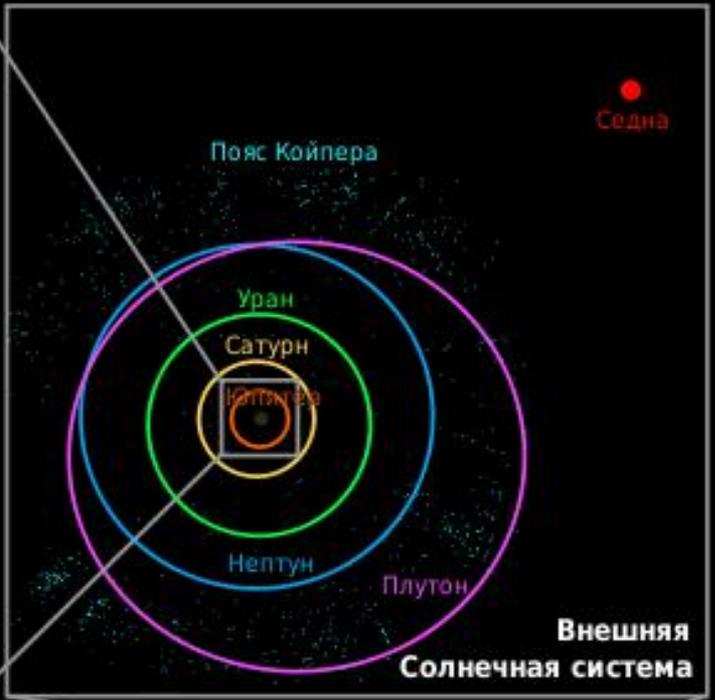
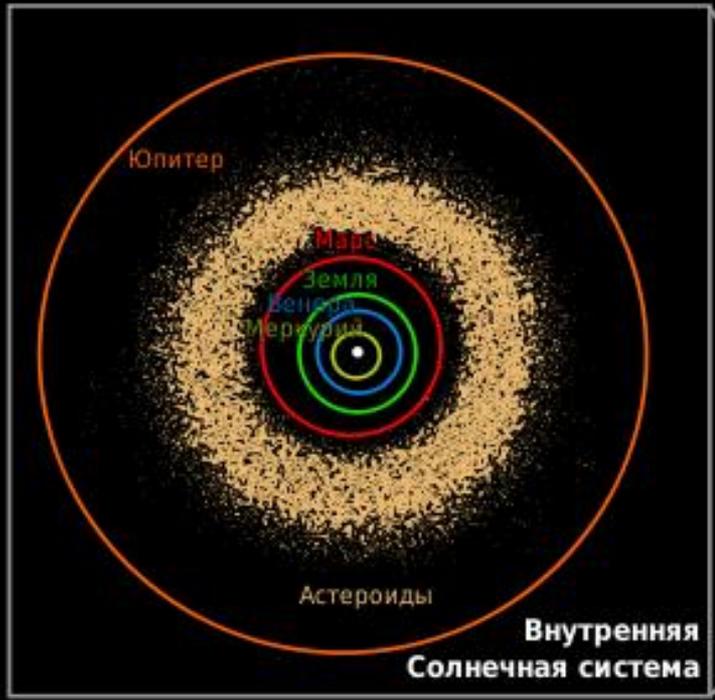
- **Бесконечна**
- **Нестационарна, расширяется ускоренно**
- **Обладает плоской (евклидовой) геометрией**

## 3.2 Солнечная система



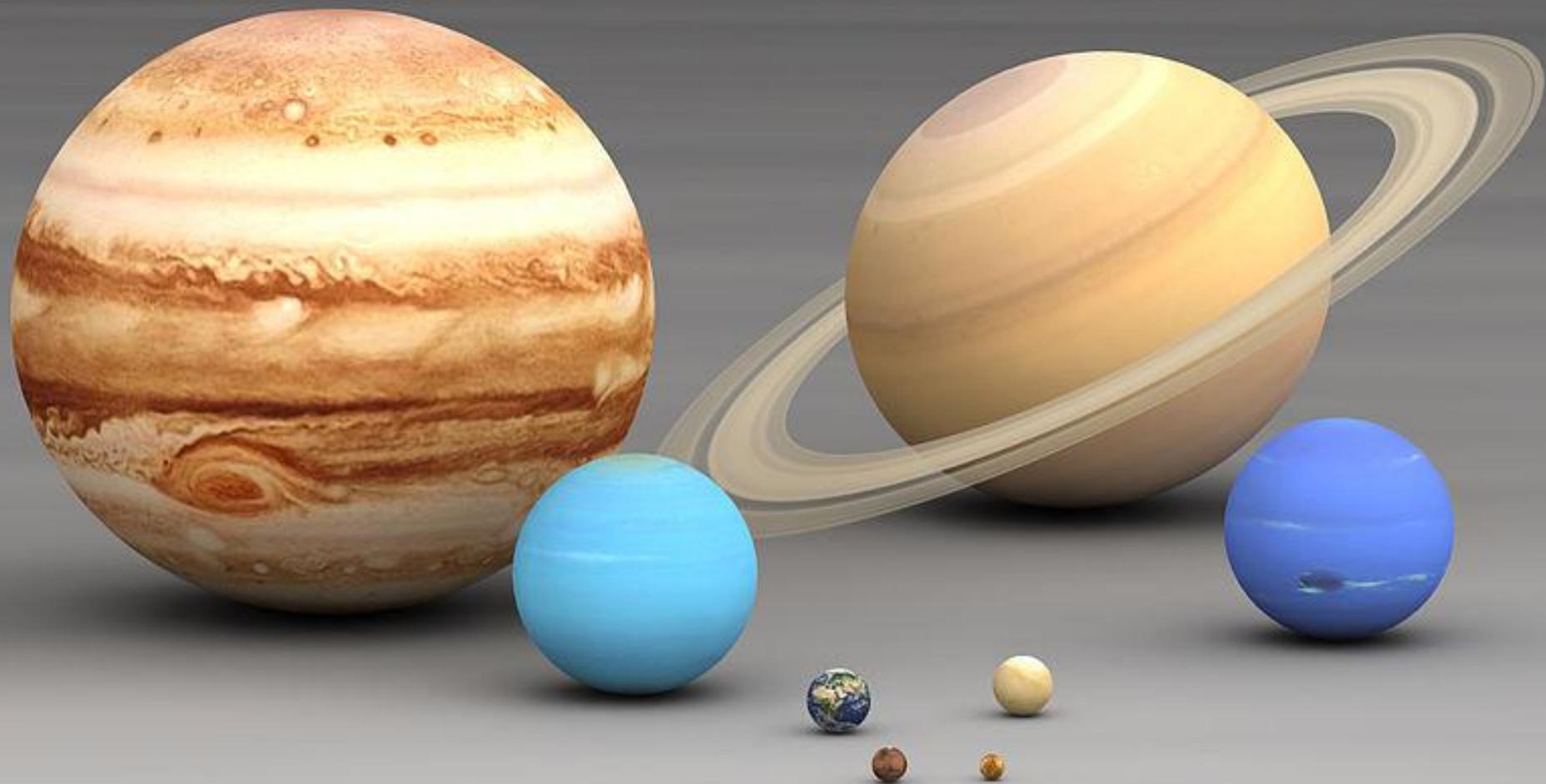
- **Солнечная система — планетная система, включающая в себя центральную звезду — Солнце — и все естественные космические объекты, обращающиеся вокруг Солнца.**

- **Сформировалась путём гравитационного сжатия газопылевого облака примерно 4,57 миллиарда лет назад.**



- **Бóльшая часть массы объектов Солнечной системы, приходится на Солнце**
- **Четыре меньшие внутренние планеты: Меркурий, Венера, Земля и Марс (также называемые планетами земной группы), состоят в основном из силикатов и металлов.**

- **Четыре внешние планеты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, также называемые газовыми гигантами, намного более массивны, чем планеты земной группы.**



- **Крупнейшие планеты Солнечной системы, Юпитер и Сатурн, состоят, главным образом из водорода и гелия**
- **более меньшие Уран и Нептун, помимо водорода и гелия, содержат в своём составе также метан и угарный газ, их выделяют в отдельный класс «ледяных гигантов»**

- 1
- 2
- 3
- 4



5



6



7



8

- **Шесть планет из восьми и три карликовые планеты окружены естественными спутниками. Каждая из внешних планет окружена кольцами пыли и других частиц.**

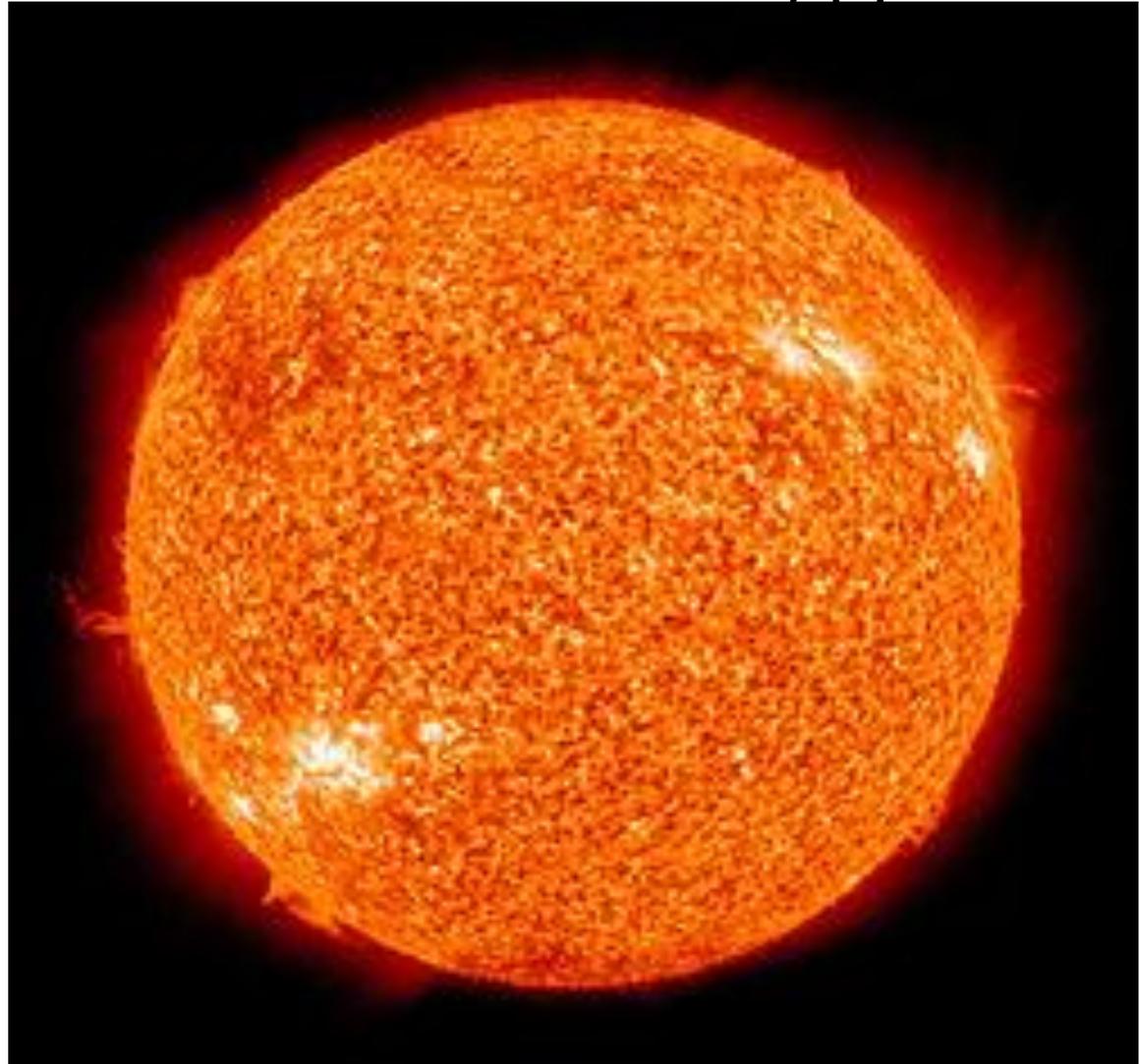
- **Пояс астероидов, находящийся между Марсом и Юпитером, сходен по составу с планетами земной группы, поскольку состоит из силикатов и металлов.**
- **Крупнейшими объектами пояса астероидов являются Церера, Паллада и Веста.**

- **За орбитой Нептуна располагаются транснептуновые объекты, состоящие из замёрзшей воды, аммиака и метана, крупнейшими из которых являются Плутон, Седна, Хаумеа, Макемаке и Эрида.**

- В Солнечной системе существуют и **другие популяции малых тел**, такие как **планетные квазиспутники и троянцы, околоземные астероиды, кентавры, дамоклоиды**, а также перемещающиеся по системе **кометы, метеороиды и космическая пыль**.

- **Солнечный ветер** (поток плазмы от Солнца) **создаёт пузырь в межзвёздной среде, называемый гелиосферой**, который простирается до края рассеянного диска.  
**Гипотетическое облако Оорта, служащее источником долгопериодических комет, может простираться на расстояние примерно в тысячу раз дальше гелиосферы.**

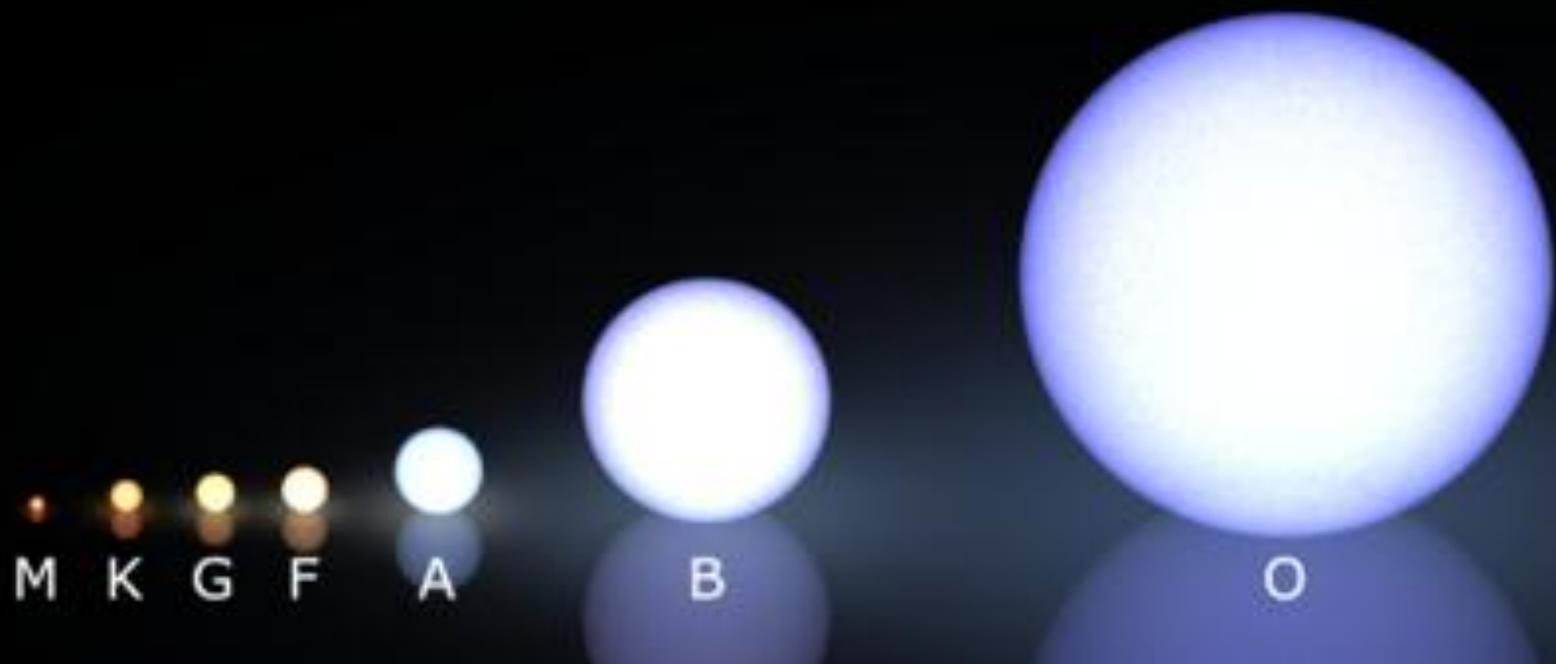
- **Сóлнце** (астр.  $\odot$ ) — единственная звезда Солнечной системы, дневное светило



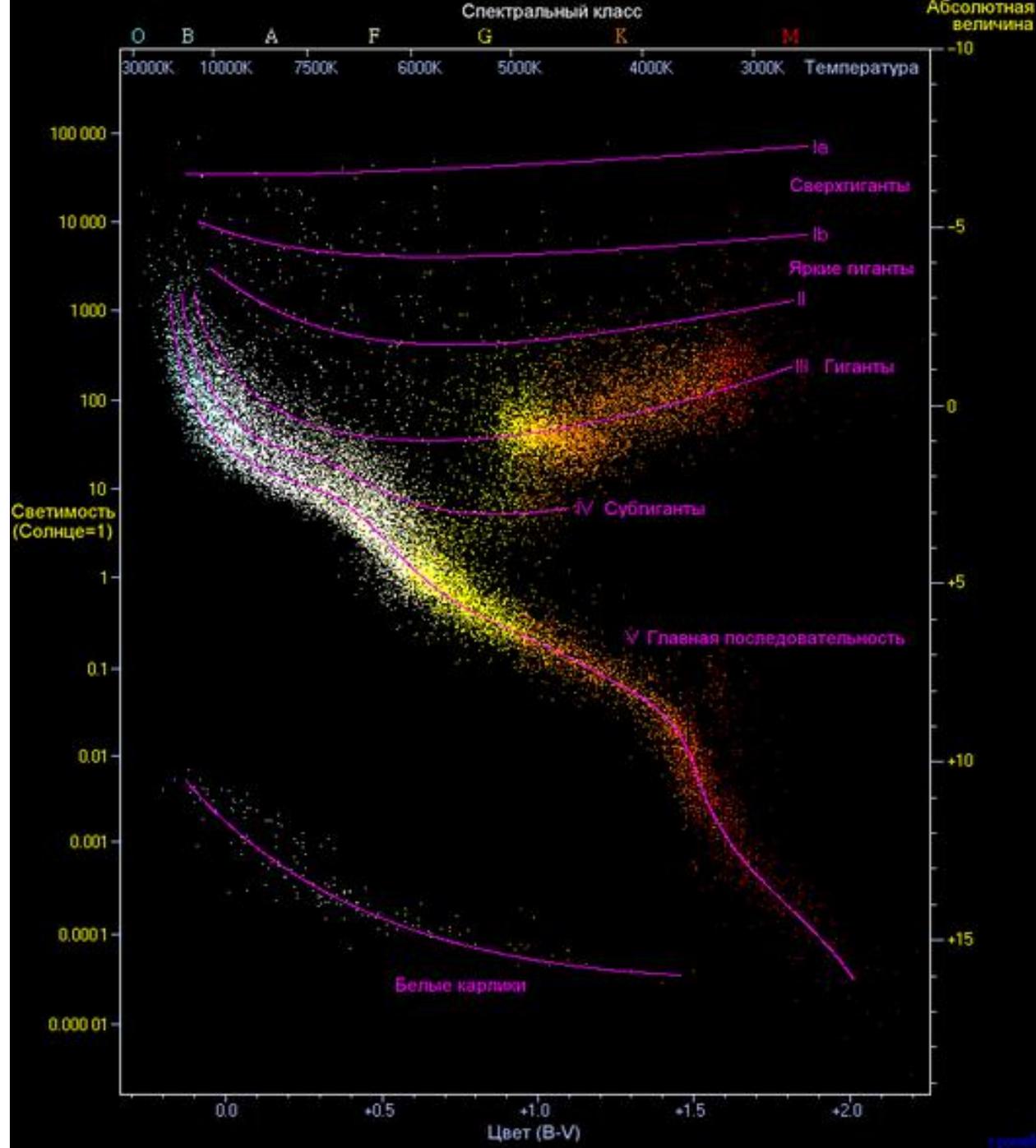
- Его масса (332 900 масс Земли) достаточно велика для поддержания термоядерной реакции синтеза в его недрах, при которой высвобождается большое количество энергии, излучаемой в пространство в основном в виде электромагнитного излучения, максимум которого приходится на диапазон длин волн 400—700 нм, соответствующий видимому свету



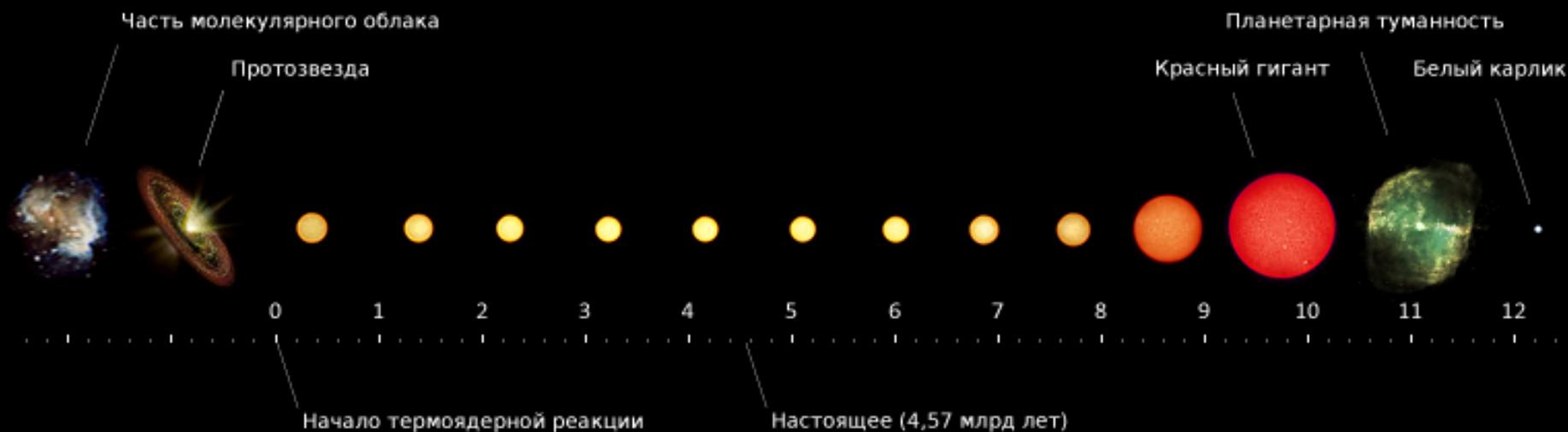
- По спектральной классификации Солнце относится к типу G2V («жёлтый карлик»). Температура поверхности Солнца достигает 6000 К.



**Диаграмма спектральный класс—  
светимость (диаграмма Герцшпрунга —  
Рассела)**



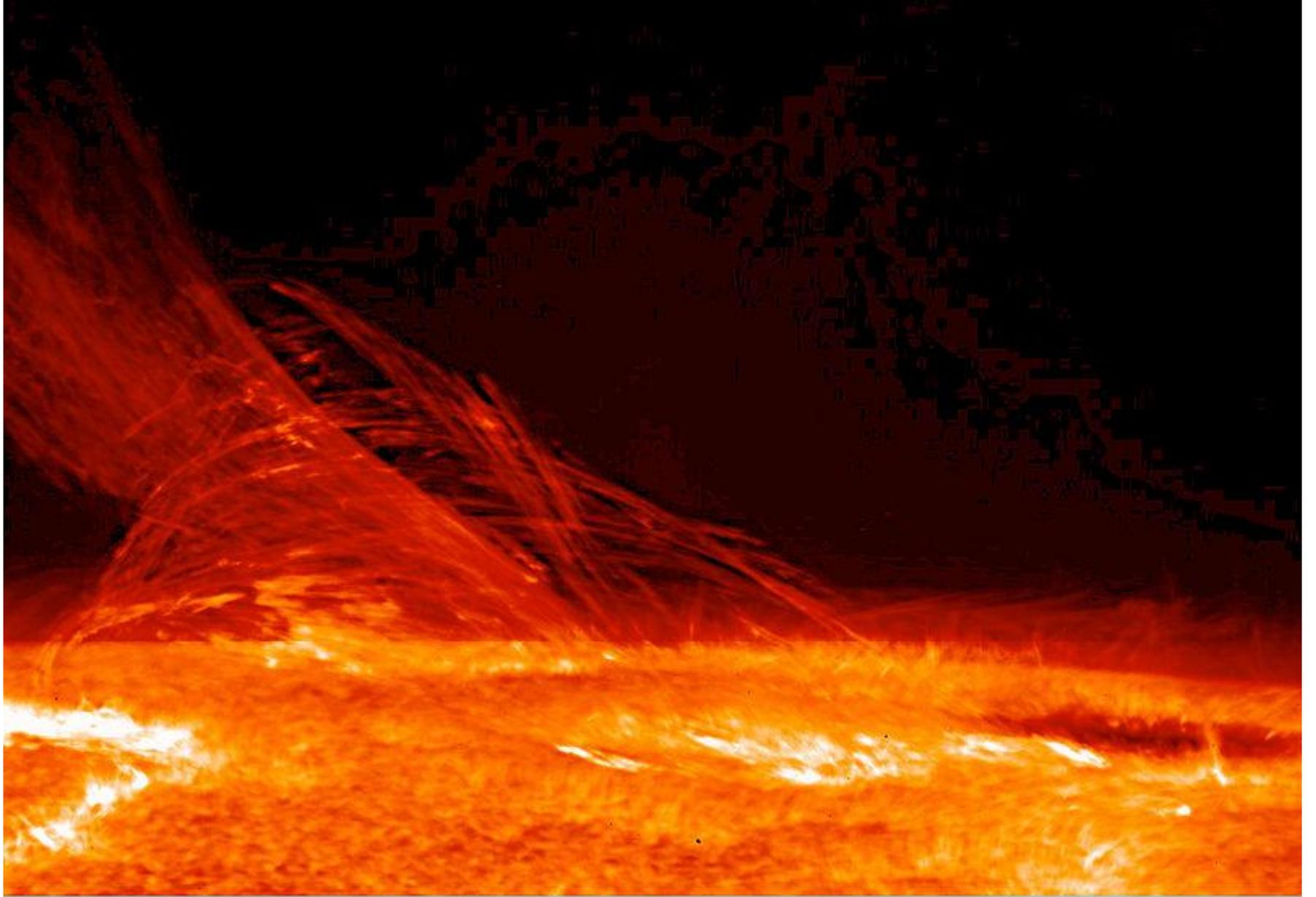
- Положение Солнца на главной последовательности показывает, что **оно ещё не исчерпало свой запас водорода для ядерного синтеза и находится примерно в середине своей эволюции.**



## Жизненный цикл Солнца

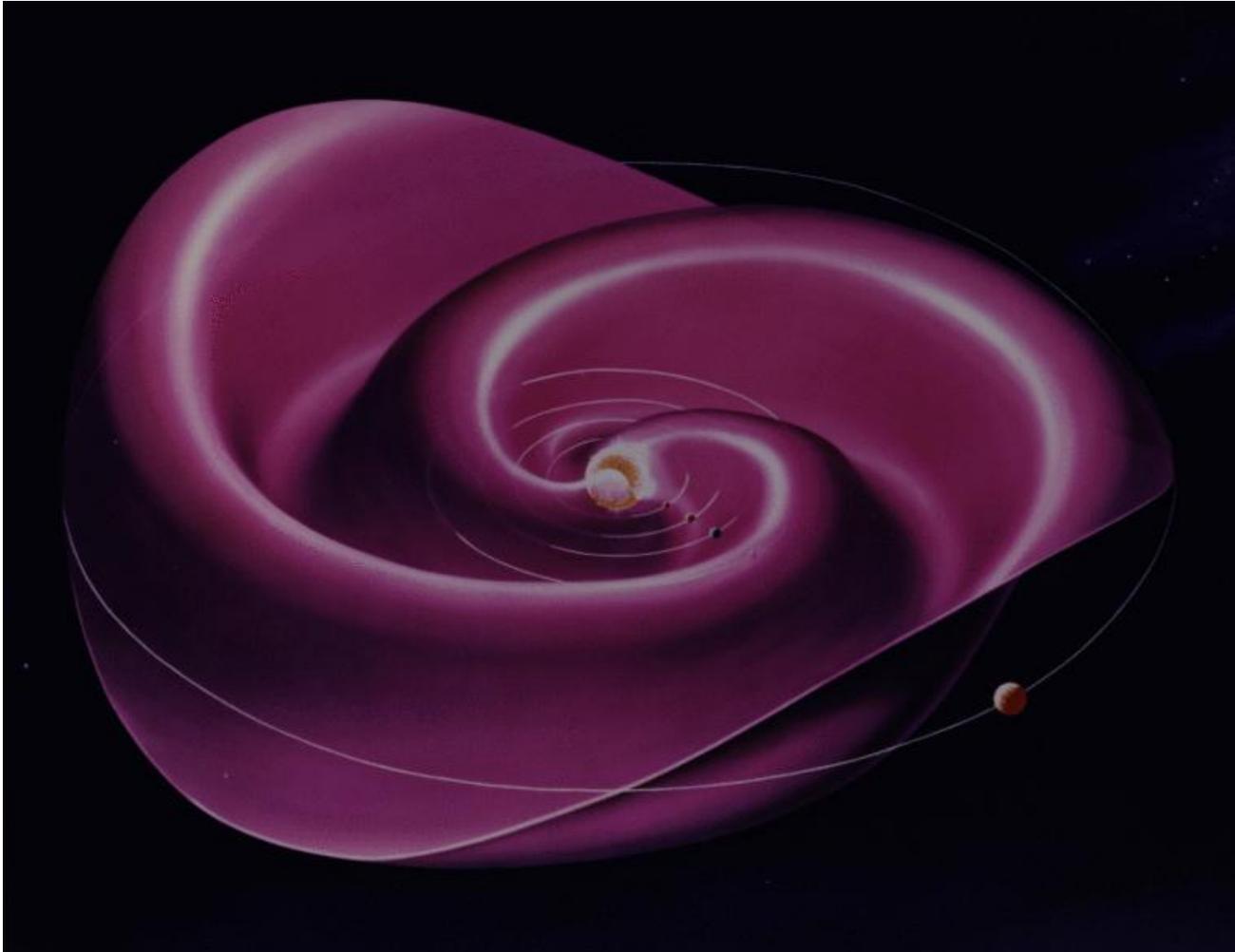
Масштаб и цвета условны. Временная шкала в миллиардах лет (приблизительно)

- **Солнце постепенно становится более ярким, на более ранних стадиях развития его яркость составляла лишь 70 % от сегодняшней**

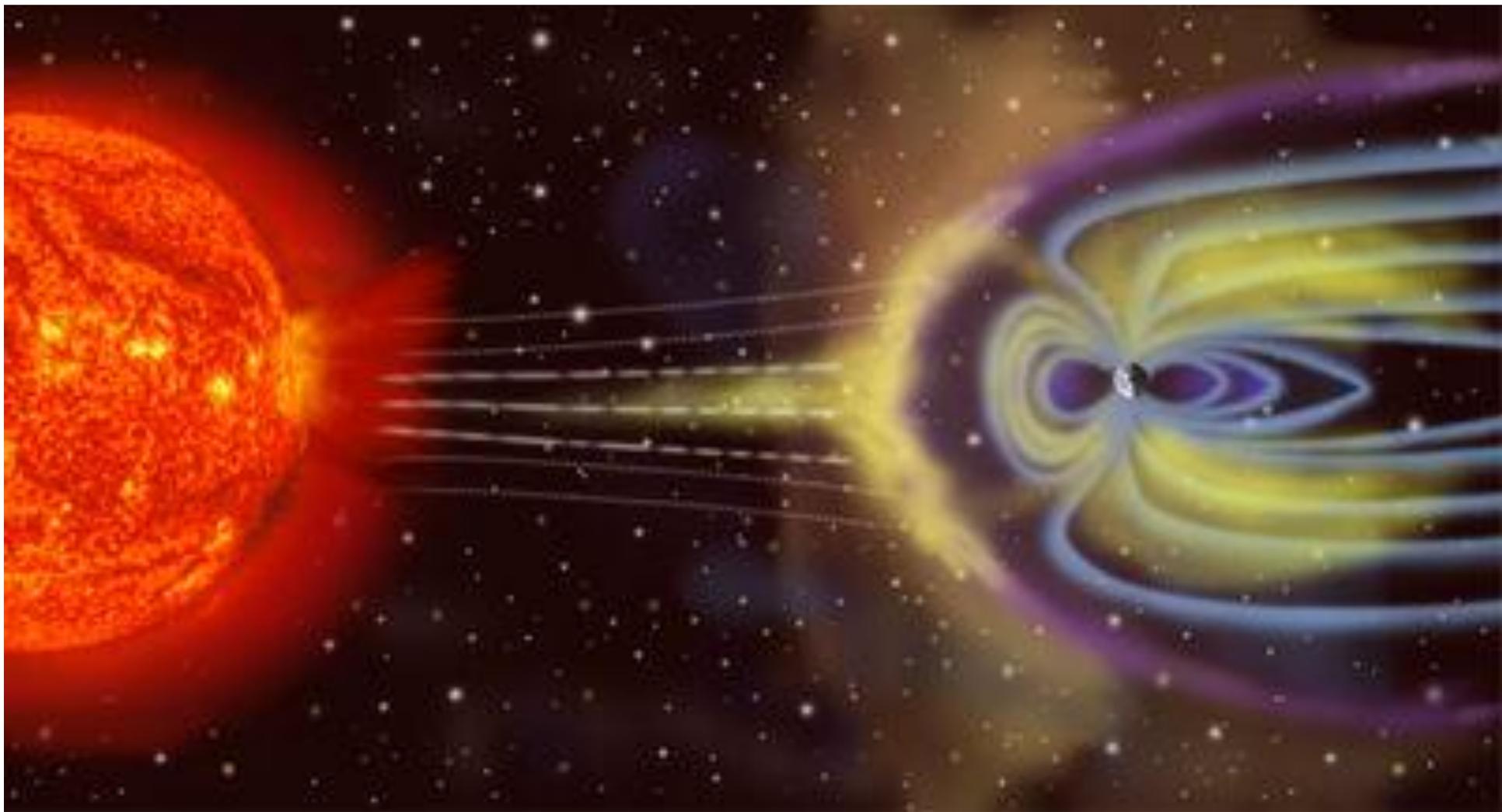


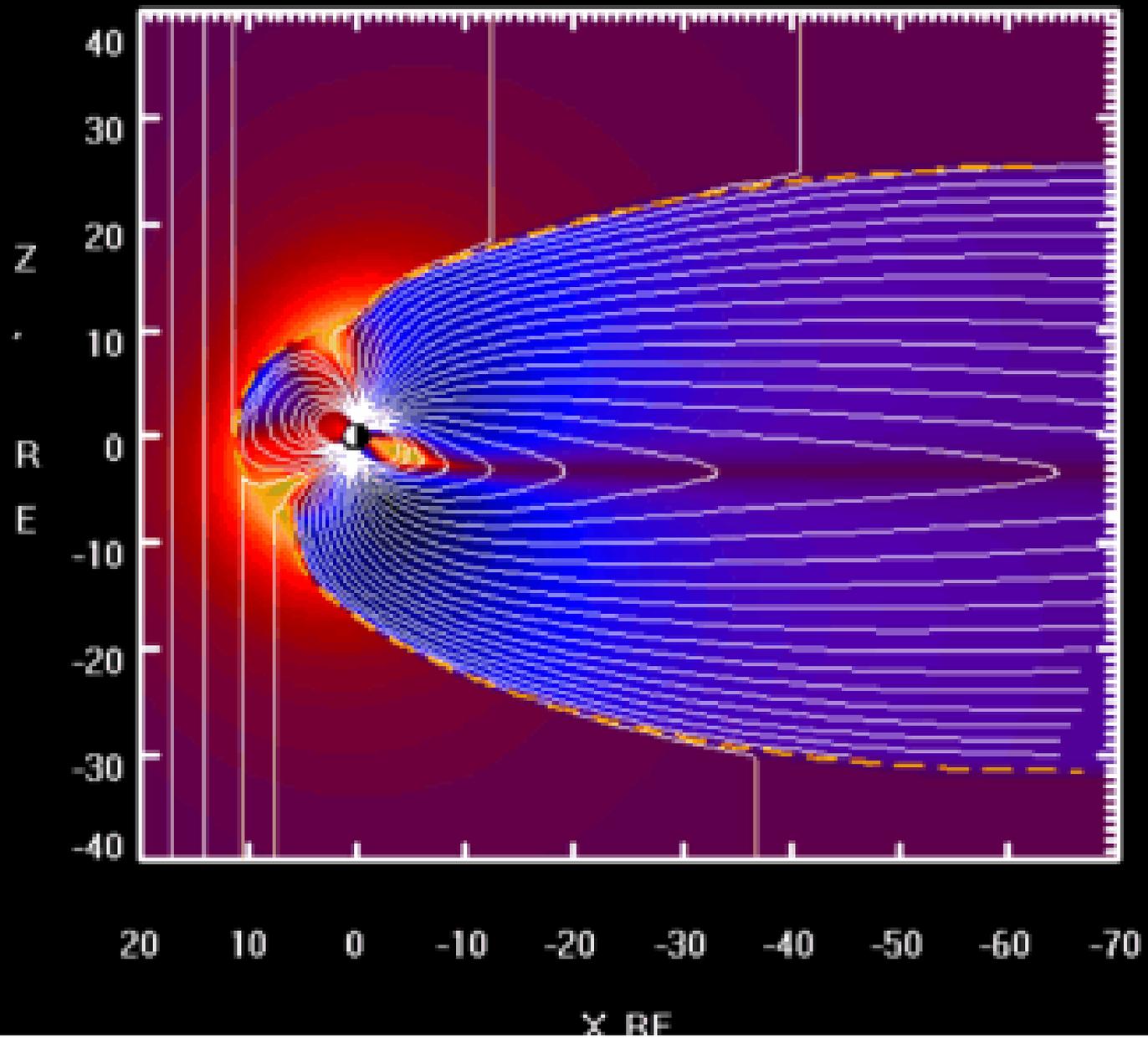
- **Солнце** — звезда I типа звёздного населения, оно **образовалось на сравнительно поздней ступени развития Вселенной** и поэтому характеризуется **большим содержанием элементов тяжелее водорода и гелия** (в астрономии принято называть такие элементы «металлами»), чем более старые звёзды II типа

- Наряду со светом, **Солнце излучает непрерывный поток заряженных частиц (плазмы), известный как солнечный ветер.**



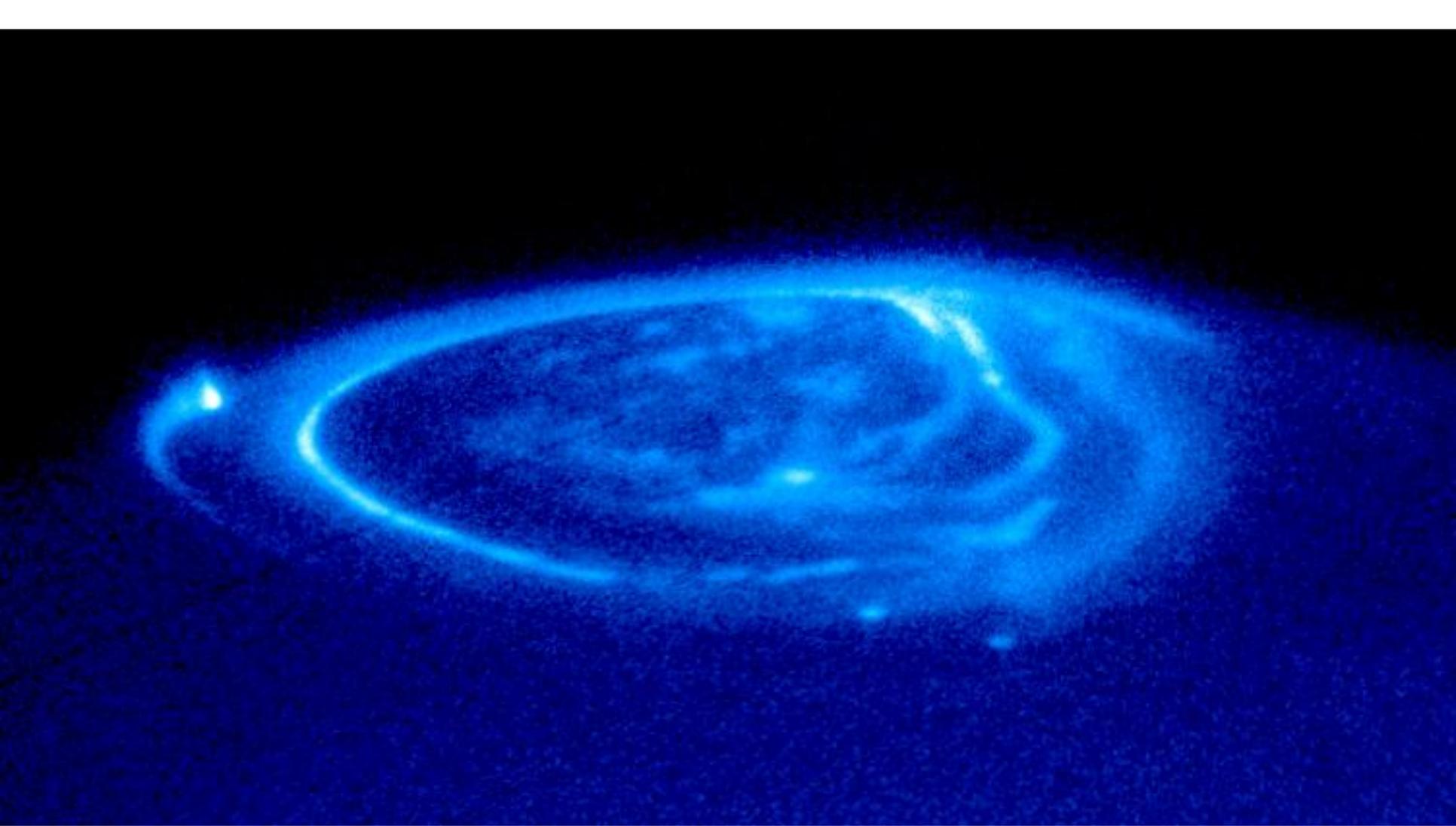
- **Многие природные явления на Земле связаны с возмущениями в солнечном ветре, в том числе геомагнитные бури и полярные сияния.**

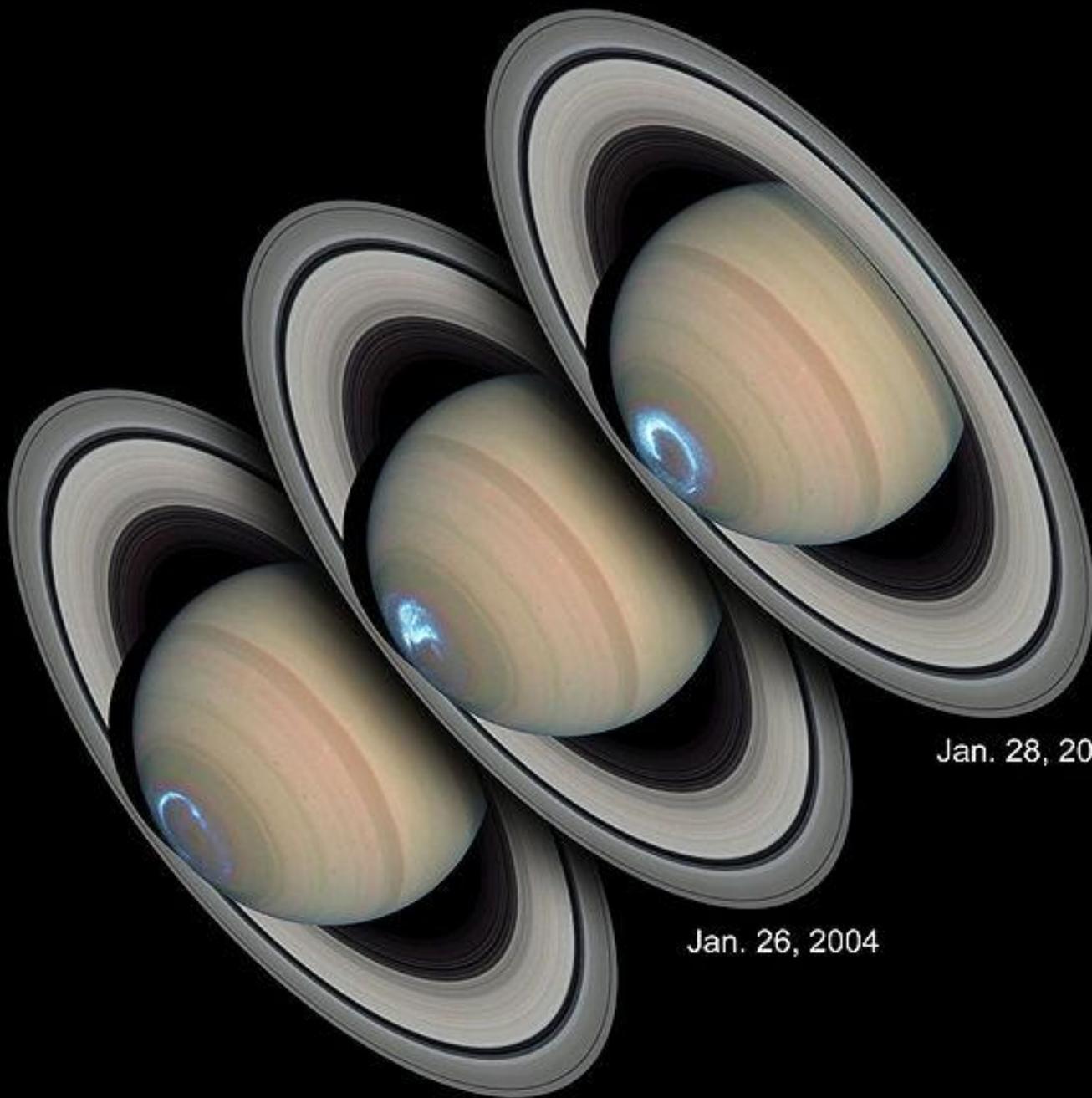












Jan. 28, 2004

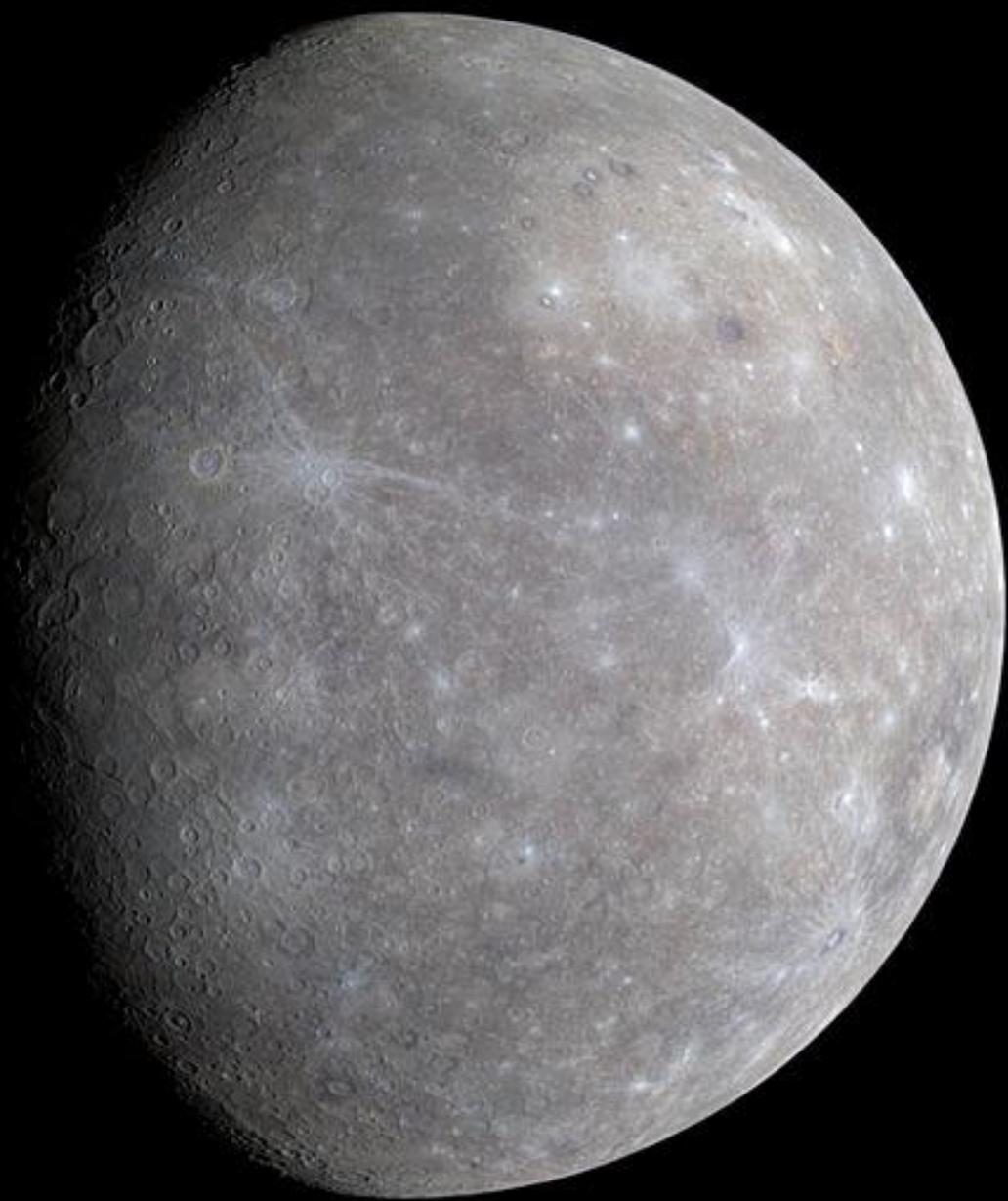
Jan. 26, 2004

Jan. 24, 2004

# Планеты земной группы

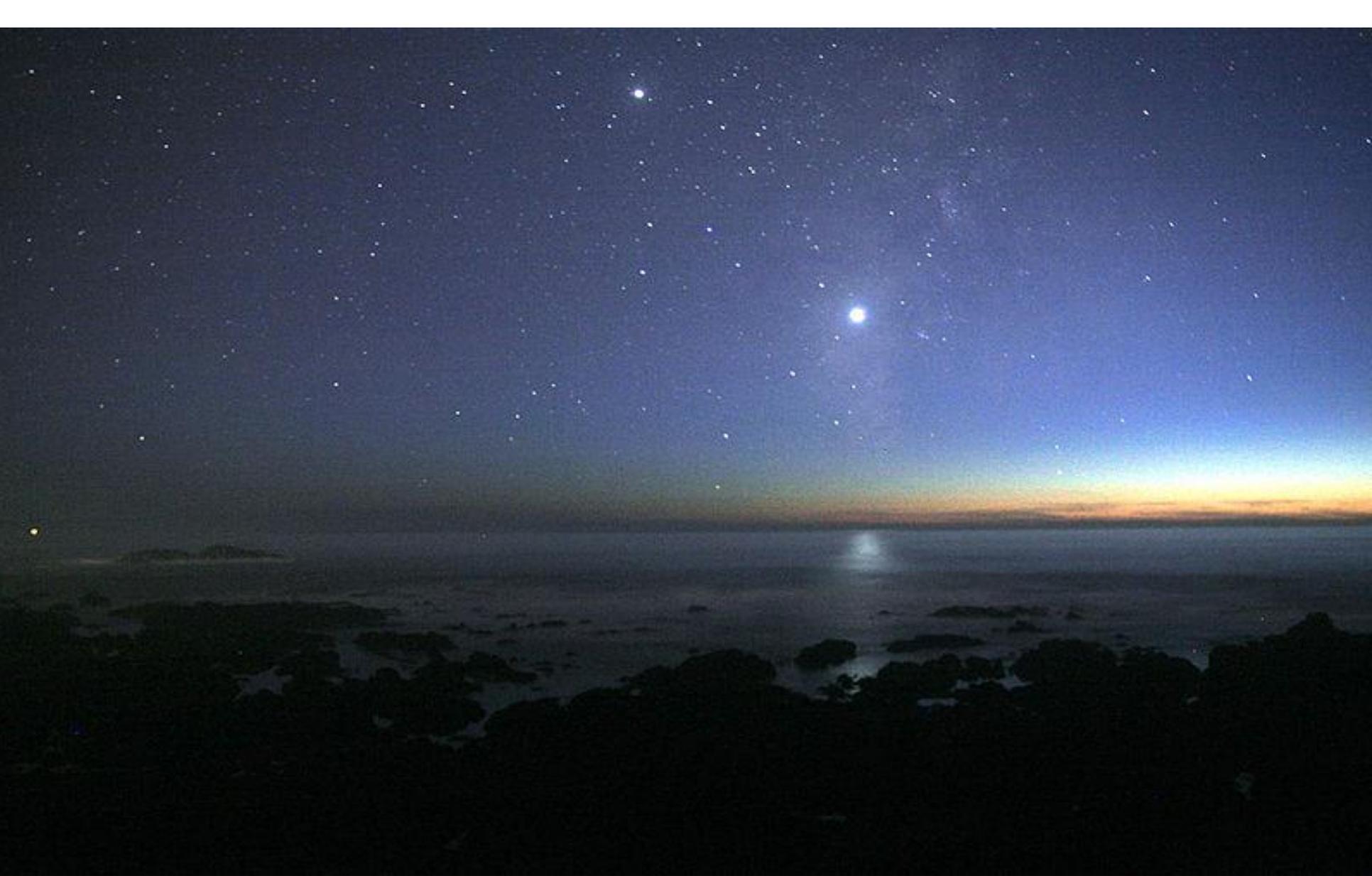


- **Меркурий** (0,4 а. е. от Солнца) является **ближайшей планетой к Солнцу** и **наименьшей планетой системы** (0,055 массы Земли).
- Его радиус составляет всего  $2439,7 \pm 1,0$  км, что меньше радиуса спутника Юпитера Ганимеда и спутника Сатурна Титана.



- **Венера близка по размеру к Земле (0,815 земной массы) и, как и Земля, имеет толстую силикатную оболочку вокруг железного ядра и атмосферу. Имеются также свидетельства её внутренней геологической активности. Однако количество воды на Венере гораздо меньше земного, а её атмосфера в девяносто раз плотнее. У Венеры нет спутников. Это самая горячая планета, температура её поверхности превышает 400 °С.**





- **Земля является крупнейшей и самой плотной из внутренних планет.**  
Вопрос о наличии жизни где-либо, кроме Земли, остаётся открытым.  
Однако среди планет земной группы **Земля является уникальной (прежде всего — гидросферой). Атмосфера Земли радикально отличается от атмосфер других планет — она содержит свободный кислород**



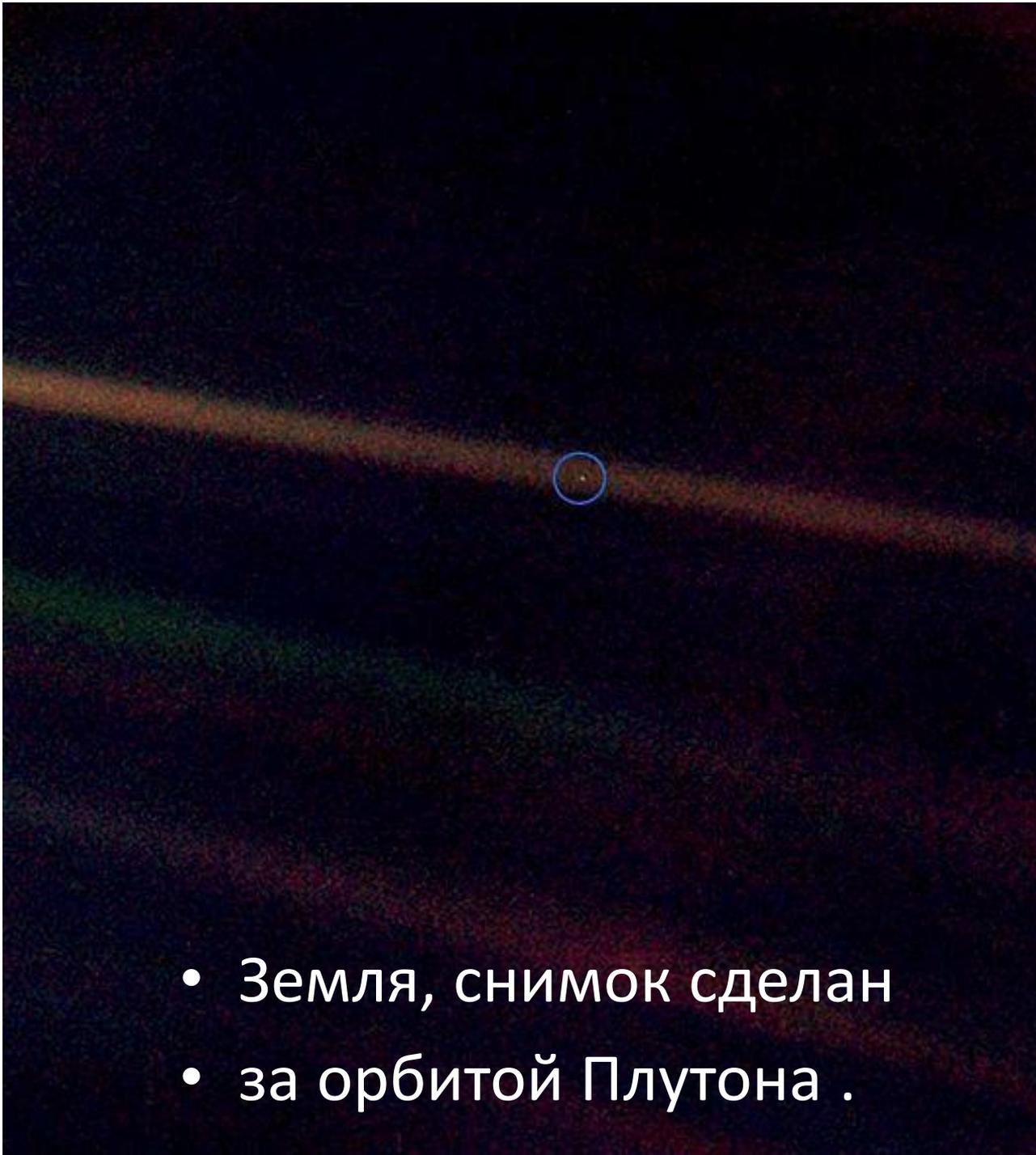


- Земля, снимок с Луны.

**You are here**



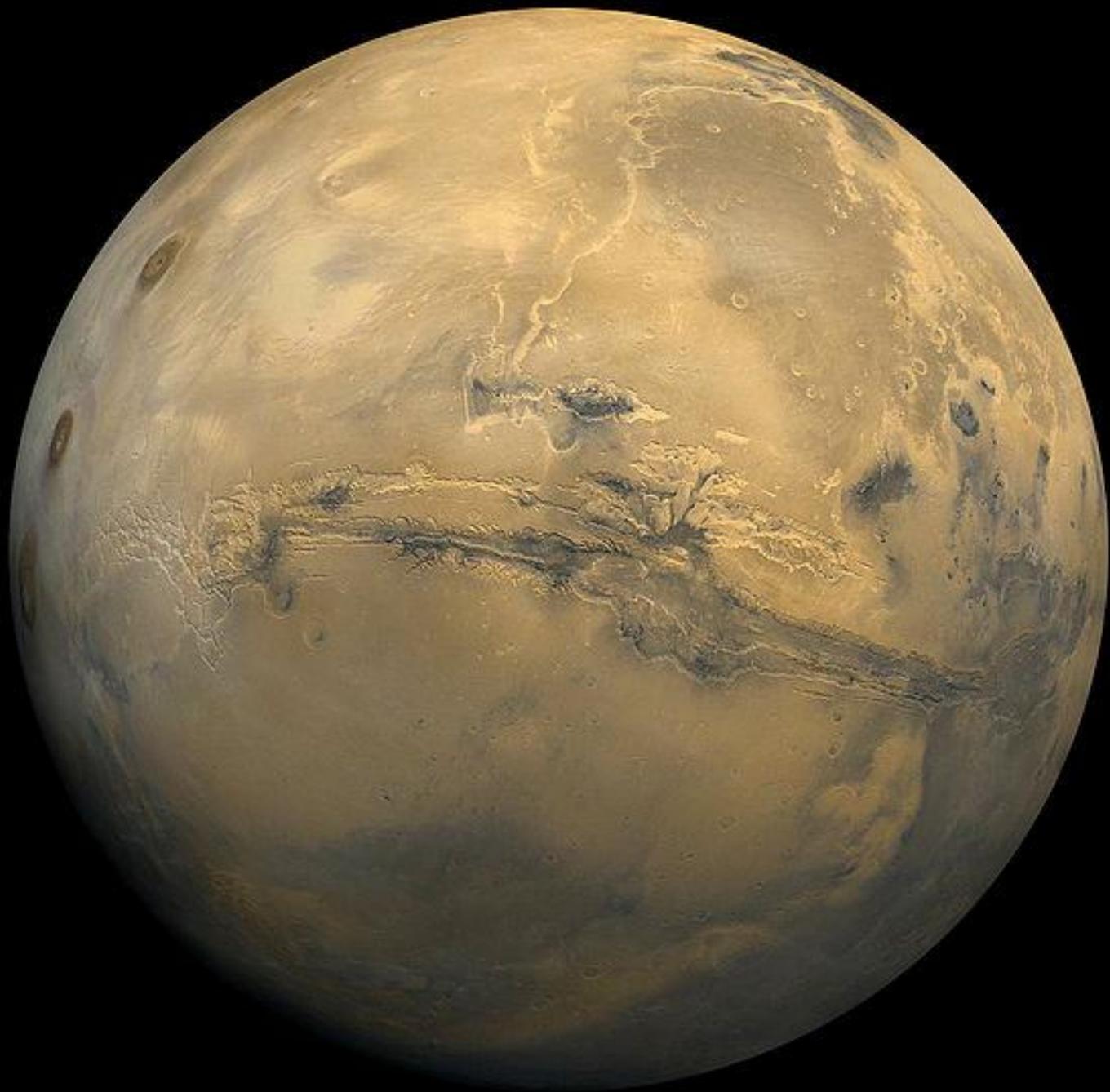
- Земля, снимок с Марса.

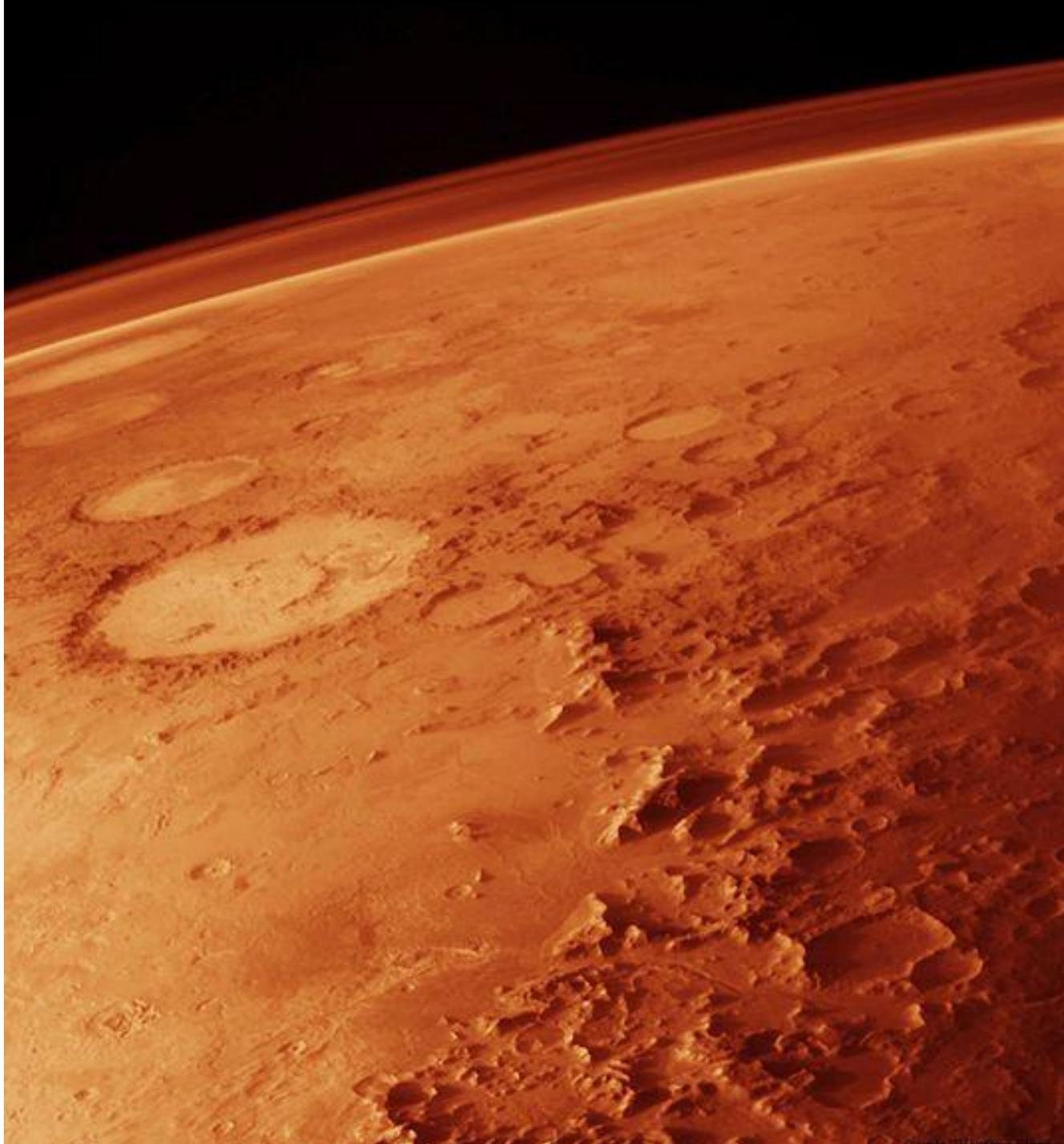


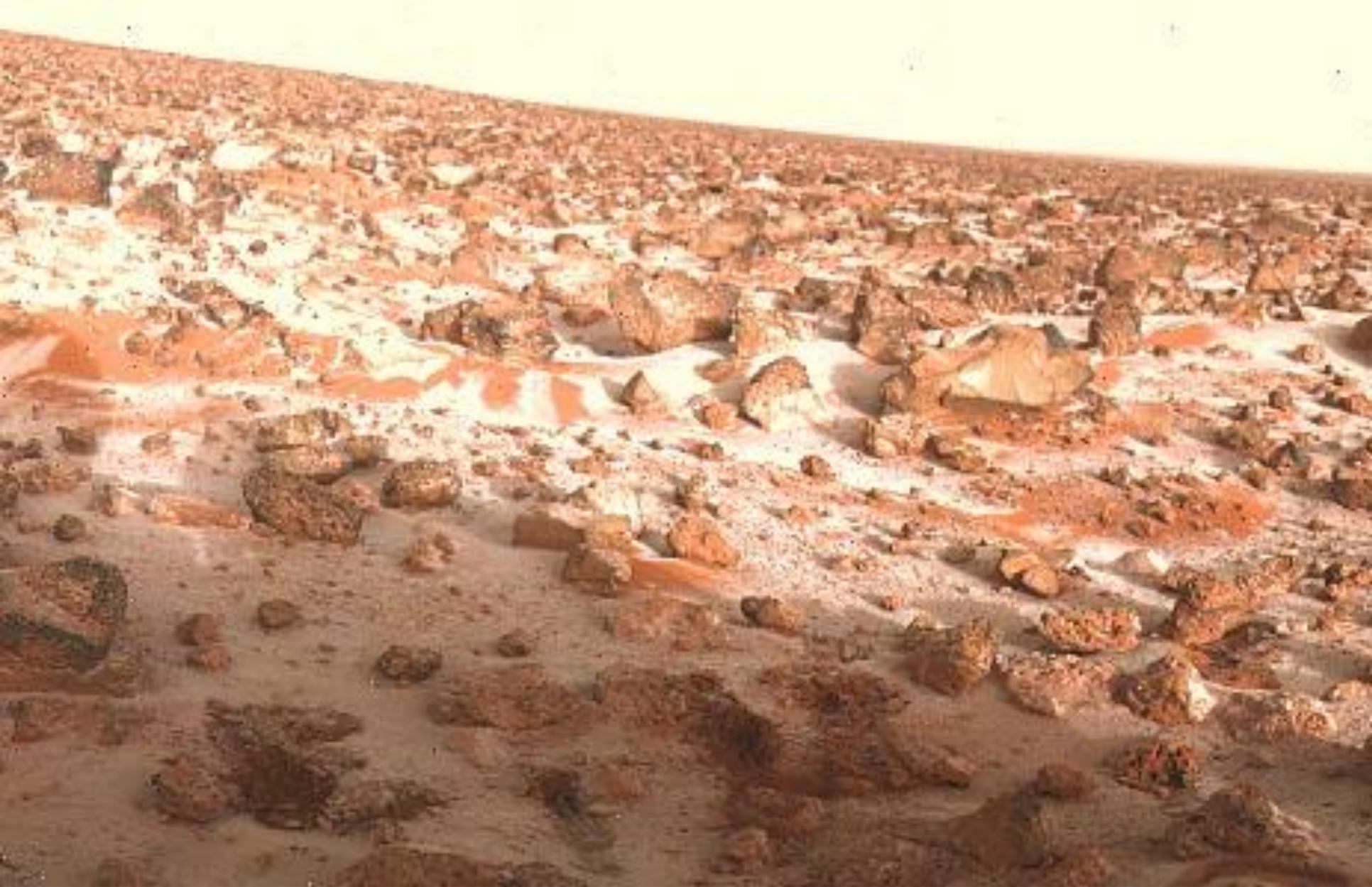
- Земля, снимок сделан
- за орбитой Плутона .

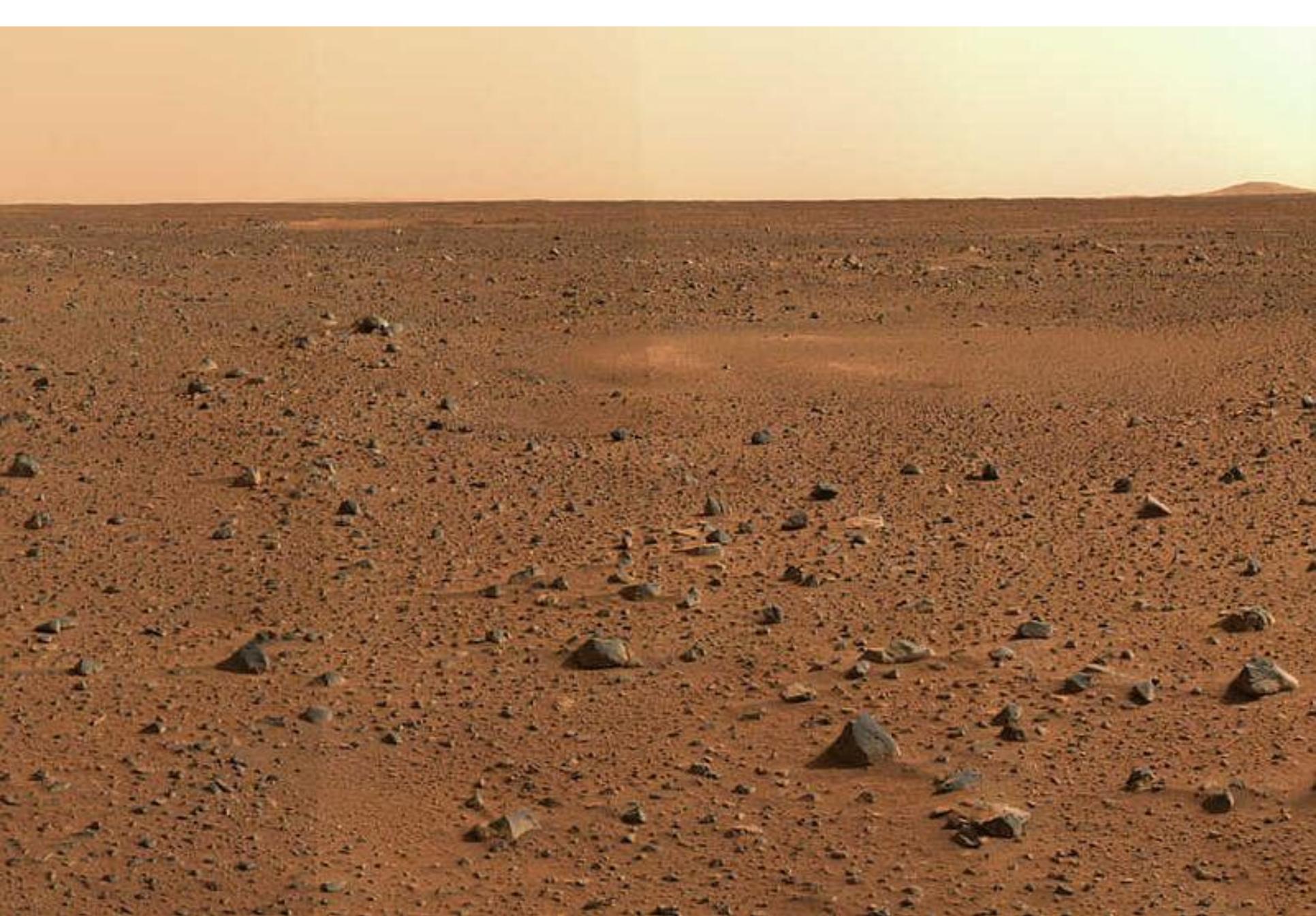
- **Марс меньше Земли и Венеры (0,107 массы Земли). Он обладает атмосферой, состоящей главным образом из углекислого газа, с поверхностным давлением 6,1 мбар (0,6 % от земного)**

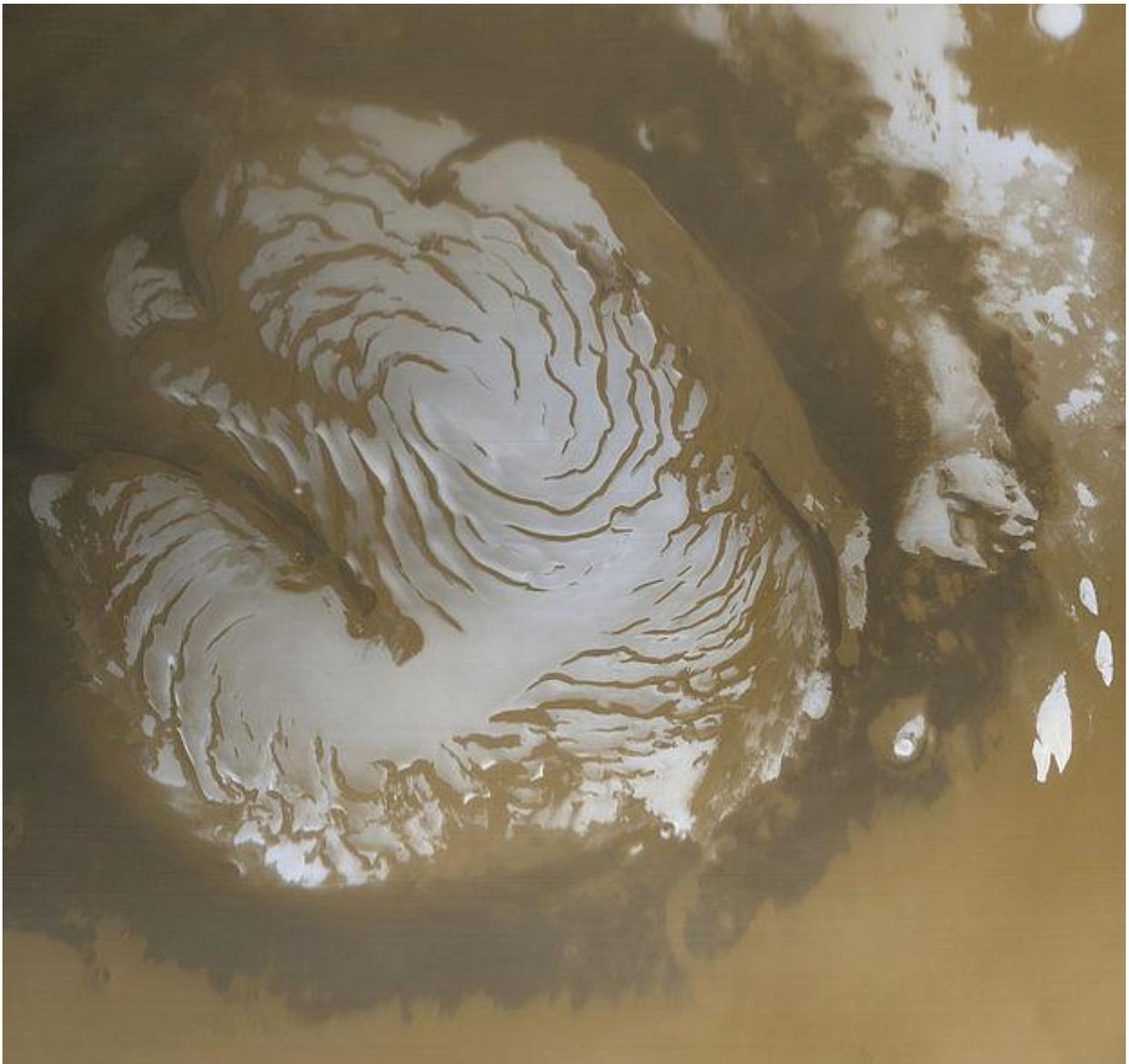
- У планеты есть **два спутника — Фобос и Деймос**. Предполагается, что они являются захваченными астероидами

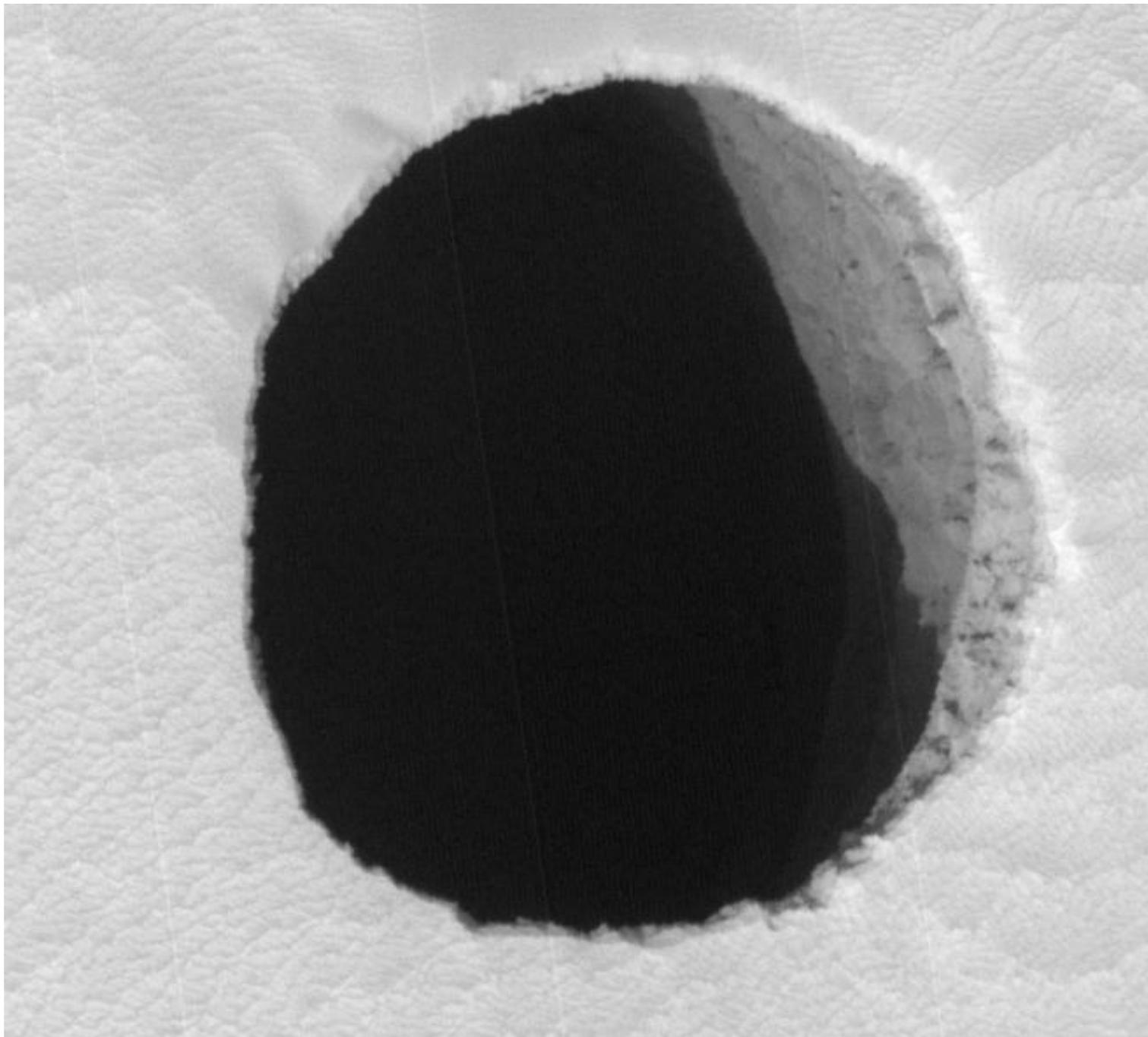




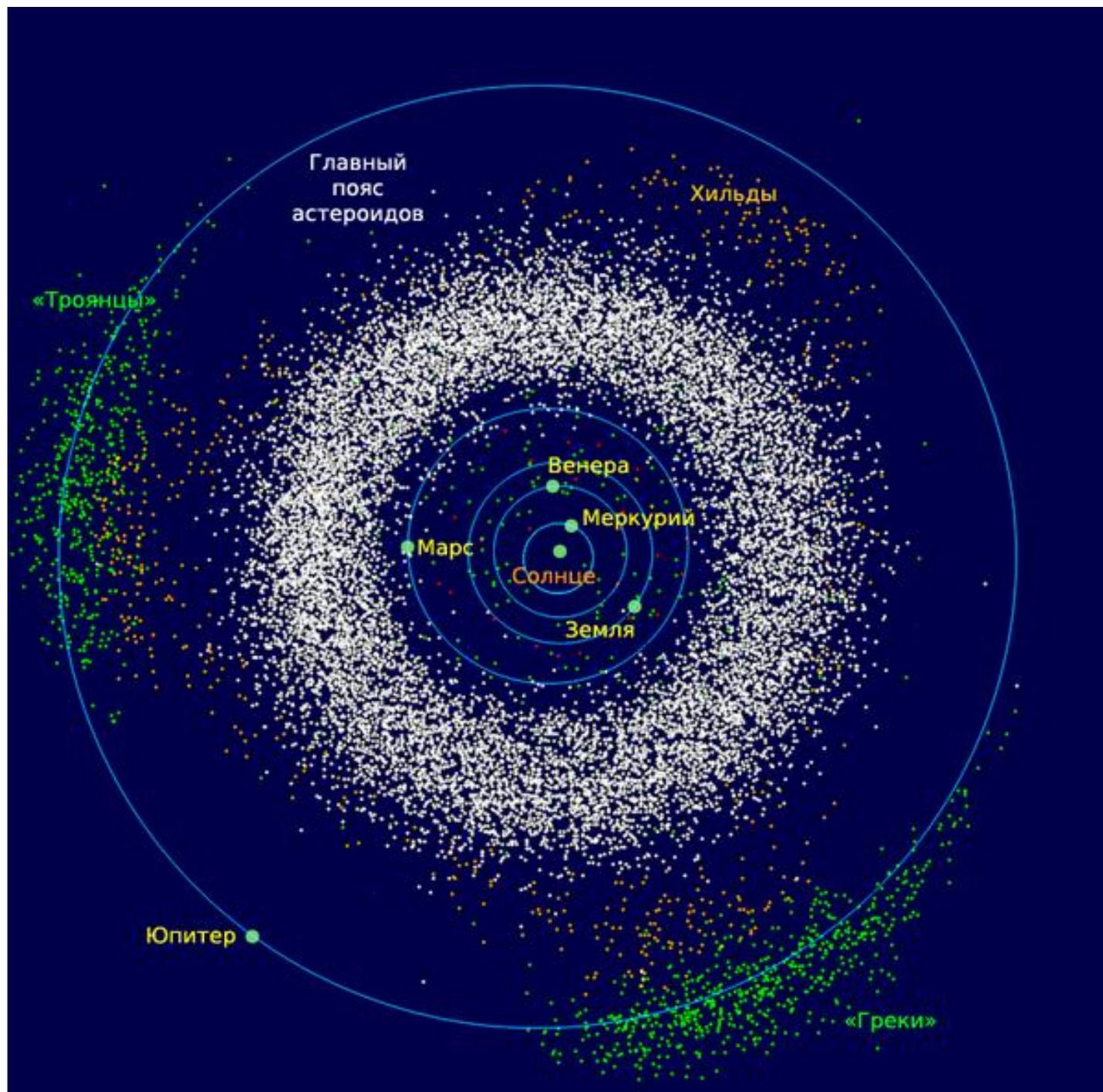








- **Пояс астероидов занимает орбиту между Марсом и Юпитером, между 2,3 и 3,3 а. е. от Солнца. Полагают, что это остатки формирования Солнечной системы, которые были не в состоянии объединиться в крупное тело из-за гравитационных возмущений Юпитера**



- Размеры астероидов варьируются от нескольких метров до сотен километров.
- Пояс содержит **десятки тысяч, возможно, миллионы объектов больше одного километра в диаметре. Несмотря на это, общая масса астероидов пояса вряд ли больше одной тысячной массы Земли**

- **Небесные тела с диаметрами от 100 мкм до 10 м называют *метеороидами*.**
- **После входа в атмосферу планеты такое тело получает название *метеорит*.**
- **Очень яркий, сгорающий в атмосфере, метеорит называют *болидом*.**

- Крупные космические объекты, диаметр которых составляет более километра, грозят человечеству явной глобальной катастрофой в случае столкновения с Землей. Несколько меньшие астероиды (такие как 325-метровый Апофис и 270-метровый 2007 TU24) способны вызвать почти такие же серьёзные последствия. Судя по геологическим данным (разведано несколько сотен ударных кратеров), столкновения с крупными небесными телами в истории нашей планеты случалось неоднократно.

- Падение на Землю крупных (диаметром в несколько тысяч км) астероидов представляет опасность её разрушения, однако все наблюдаемые в современную эпоху подобные тела для этого слишком малы и их **падение опасно только для биосферы.**

Согласно распространённым гипотезам **такие падения могли послужить причиной нескольких массовых вымираний.**

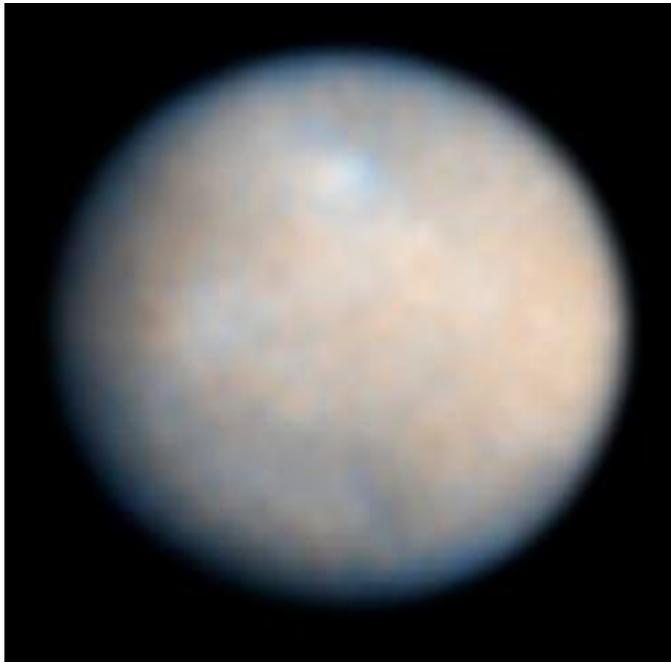
- По современным оценкам, **столкновения с подобными телами** (по самым пессимистическим прогнозам) **вряд ли происходят чаще, чем раз в сто тысяч лет.**
- Всего зарегистрировано около 6200 объектов, которые проходят на расстоянии до 1,3 астрономических единиц от Земли.



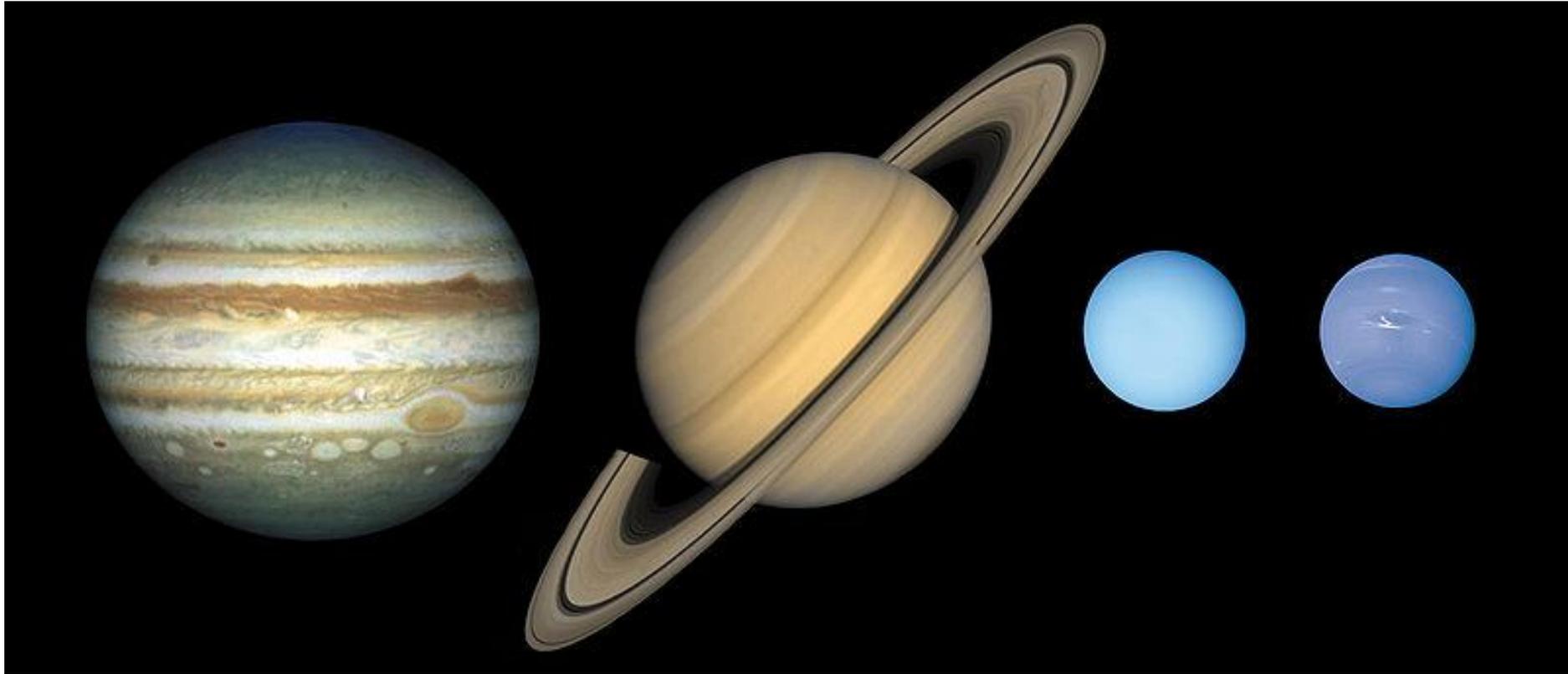
- Оценить опасность падения на Землю менее крупных тел – метеороидов – в настоящее время невозможно. Их слишком много, обнаружить их очень трудно.
- **Метеориты падают на Землю постоянно.**

- **Многие из мелких астероидов-метеороидов обнаруживаются всего за несколько часов до падения (например, 2008 TC3), что даёт мало возможностей предотвращения последствий.**

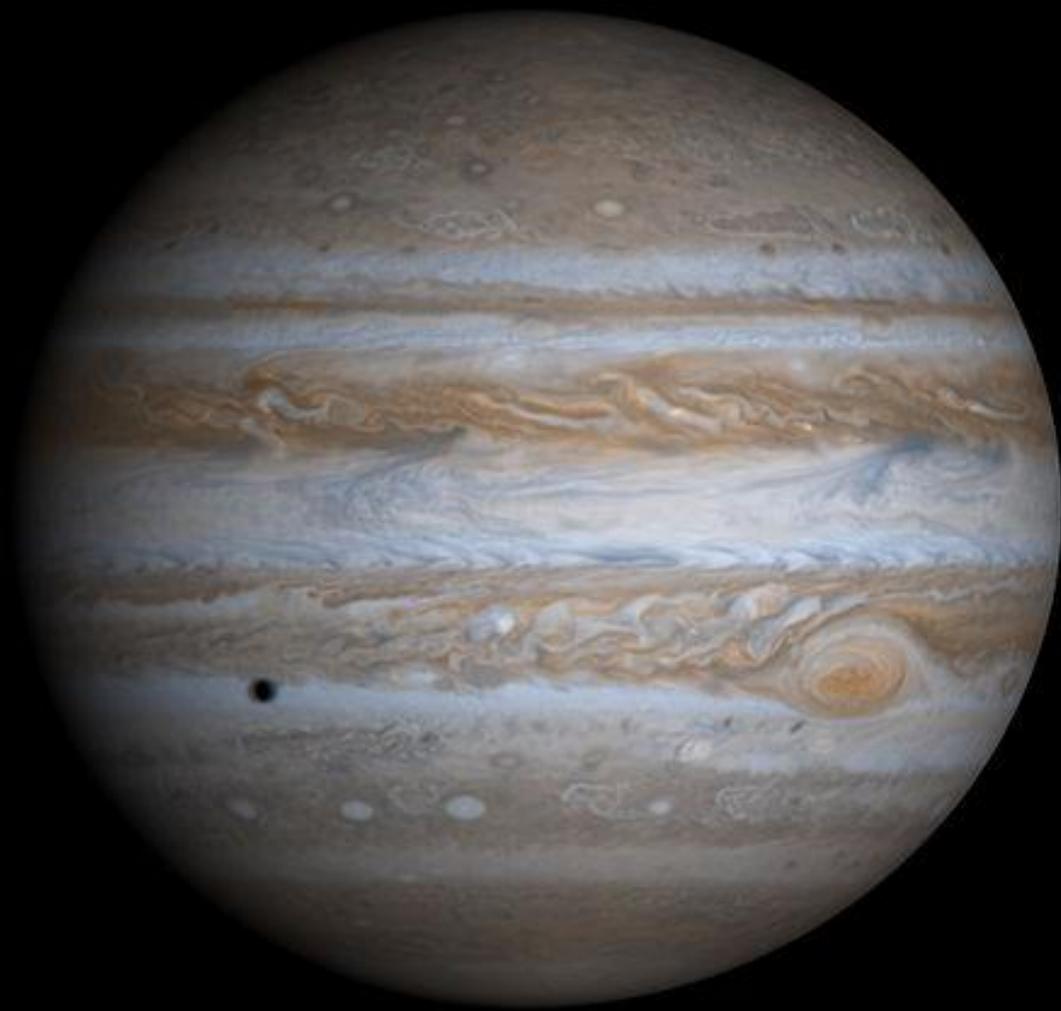
- **Церера (2,77 а. е.) — крупнейшее тело пояса астероидов, классифицирована как карликовая планета, имеет диаметр немногим менее 1000 км**

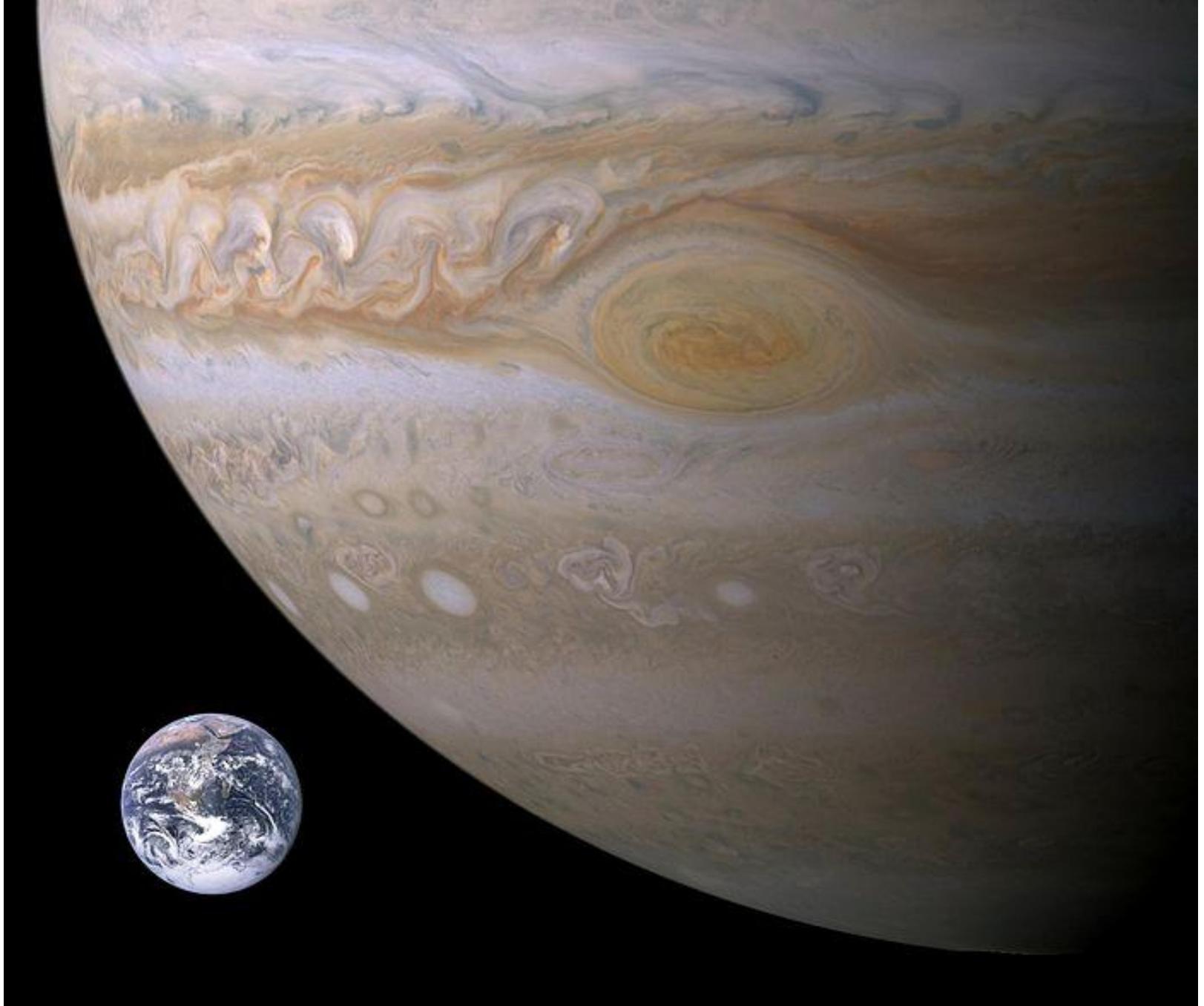


# Внешняя Солнечная система



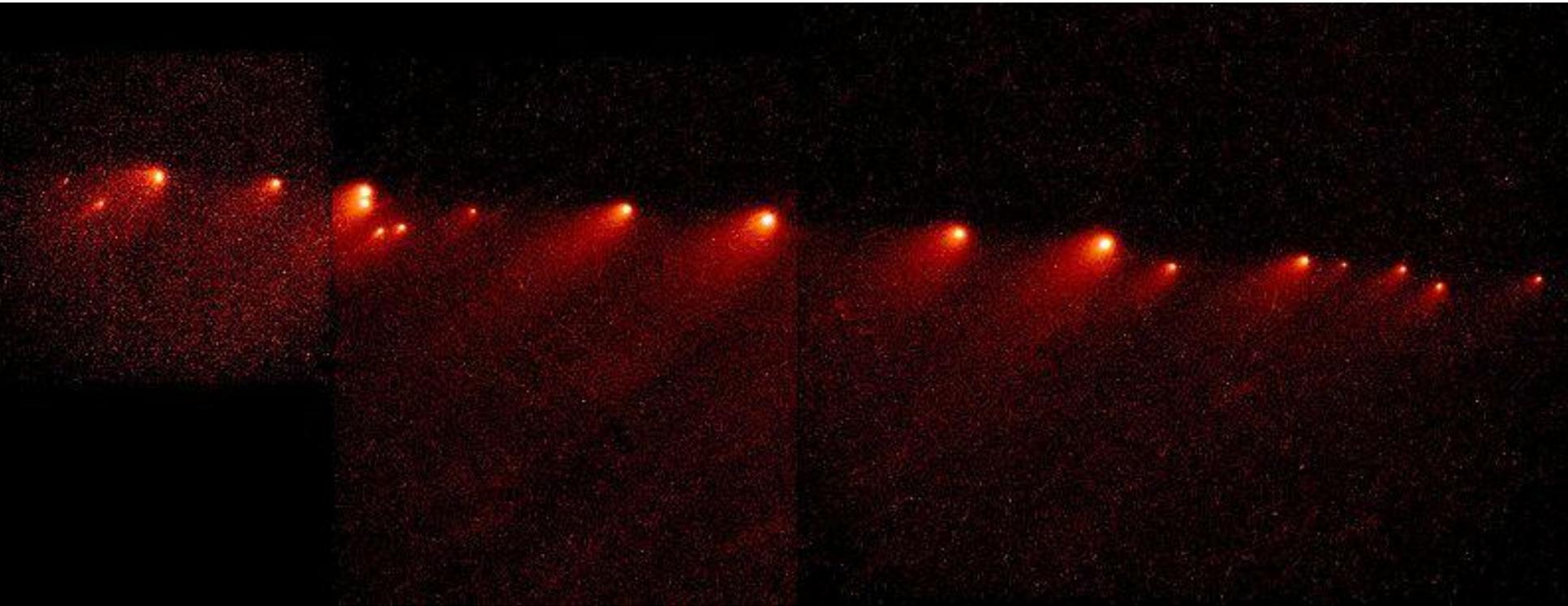
- **Юпитер обладает массой в 318 раз больше земной, то есть в 2,5 раза массивнее всех остальных планет, вместе взятых. Он состоит главным образом из водорода и гелия. Высокая внутренняя температура Юпитера вызывает множество полупостоянных вихревых структур в его атмосфере, таких как полосы облаков и Большое красное пятно.**





- Благодаря своей огромной массе, **Юпитер оказывает заметное действие на окружающие тела. Его притяжение «выстраивает» орбиты объектов пояса астероидов. Юпитер притягивает кометы, «очищая» от них Солнечную Систему.**

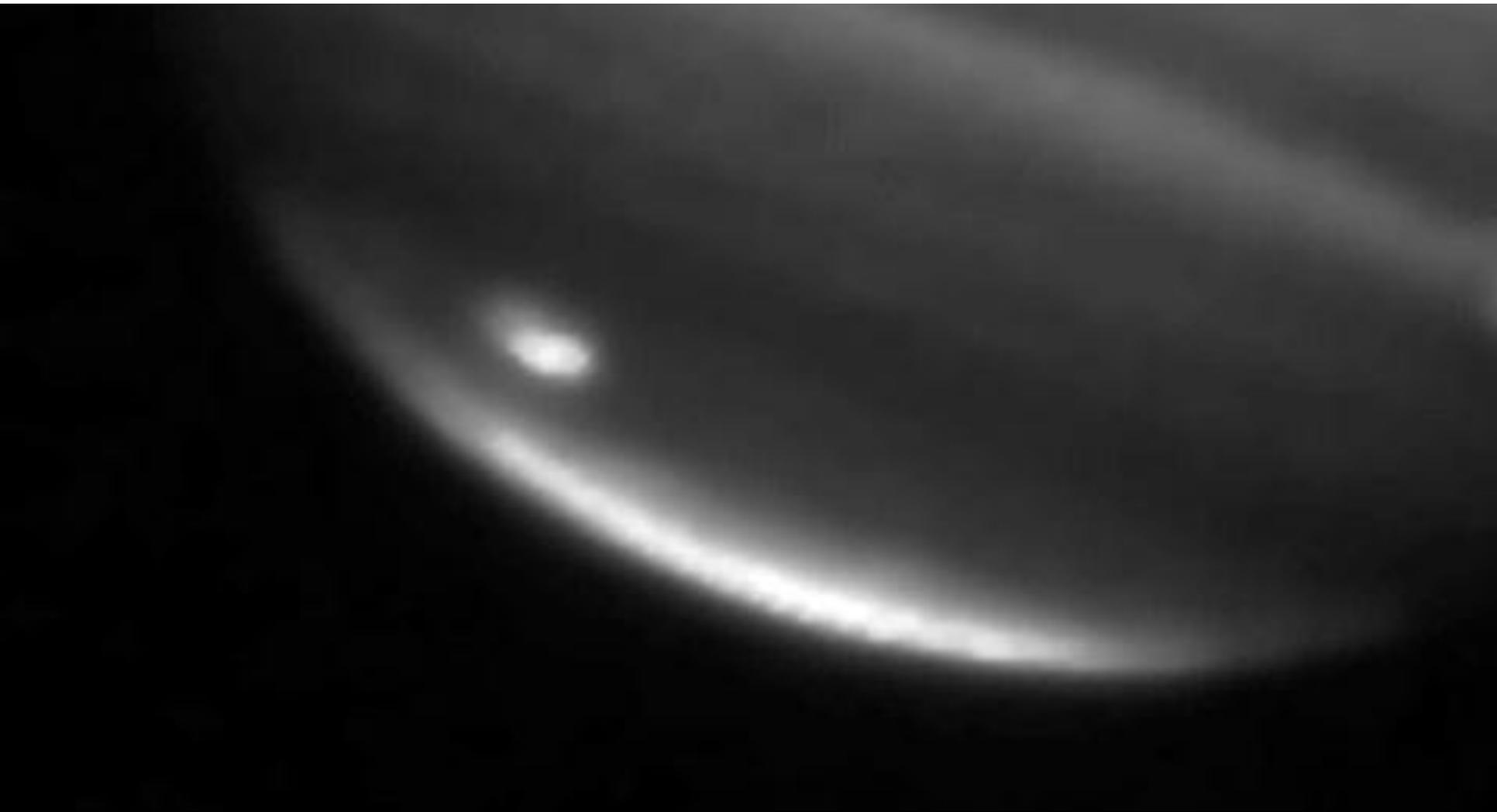
- Комета Шумейкеров — Лёви 9 (D/1993 F2) — короткопериодическая комета, ставшая первым (и до июля 2009 года единственным) небесным телом, чьё падение на Юпитер (июль 1994) было зафиксировано астрономами







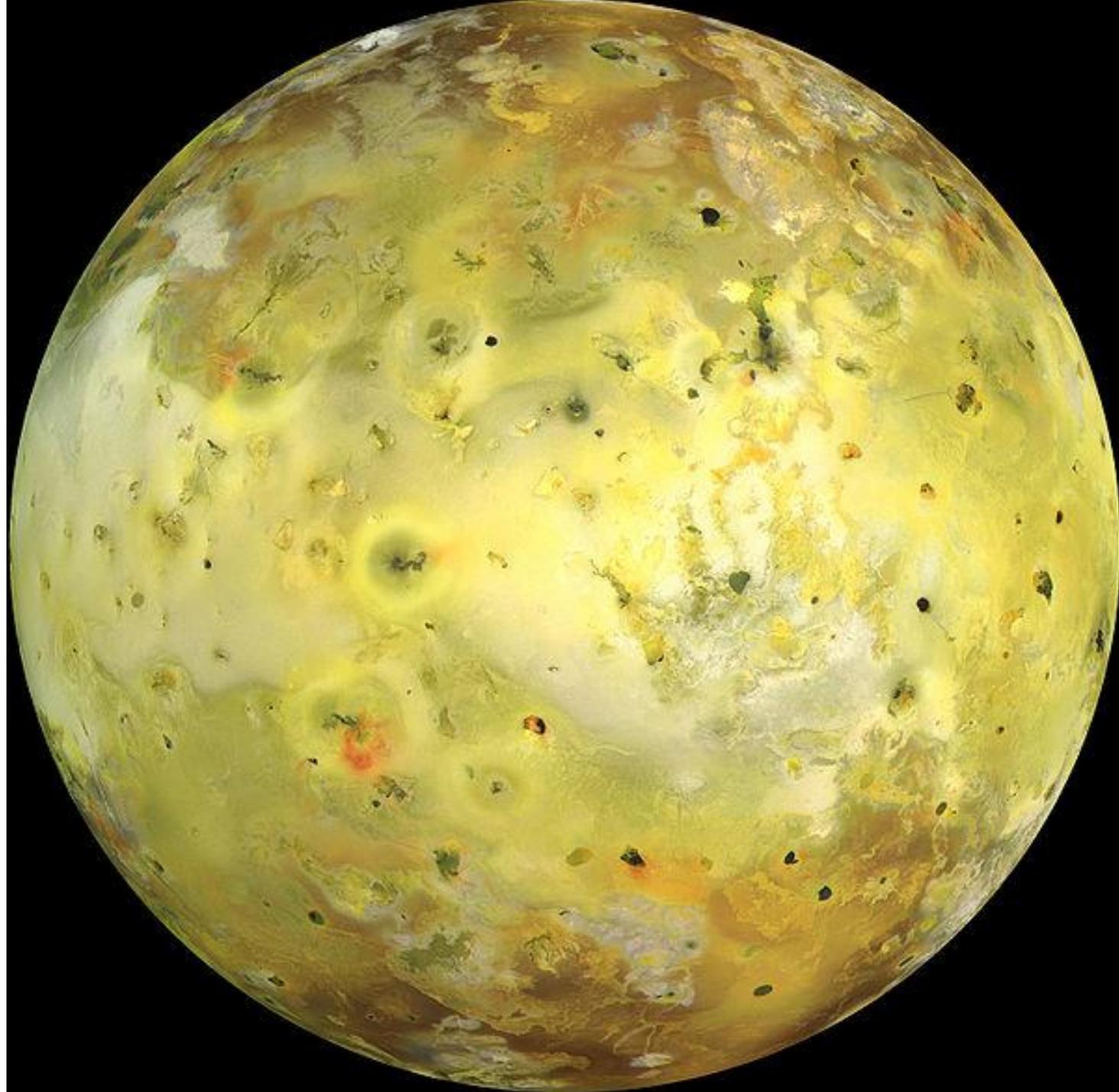


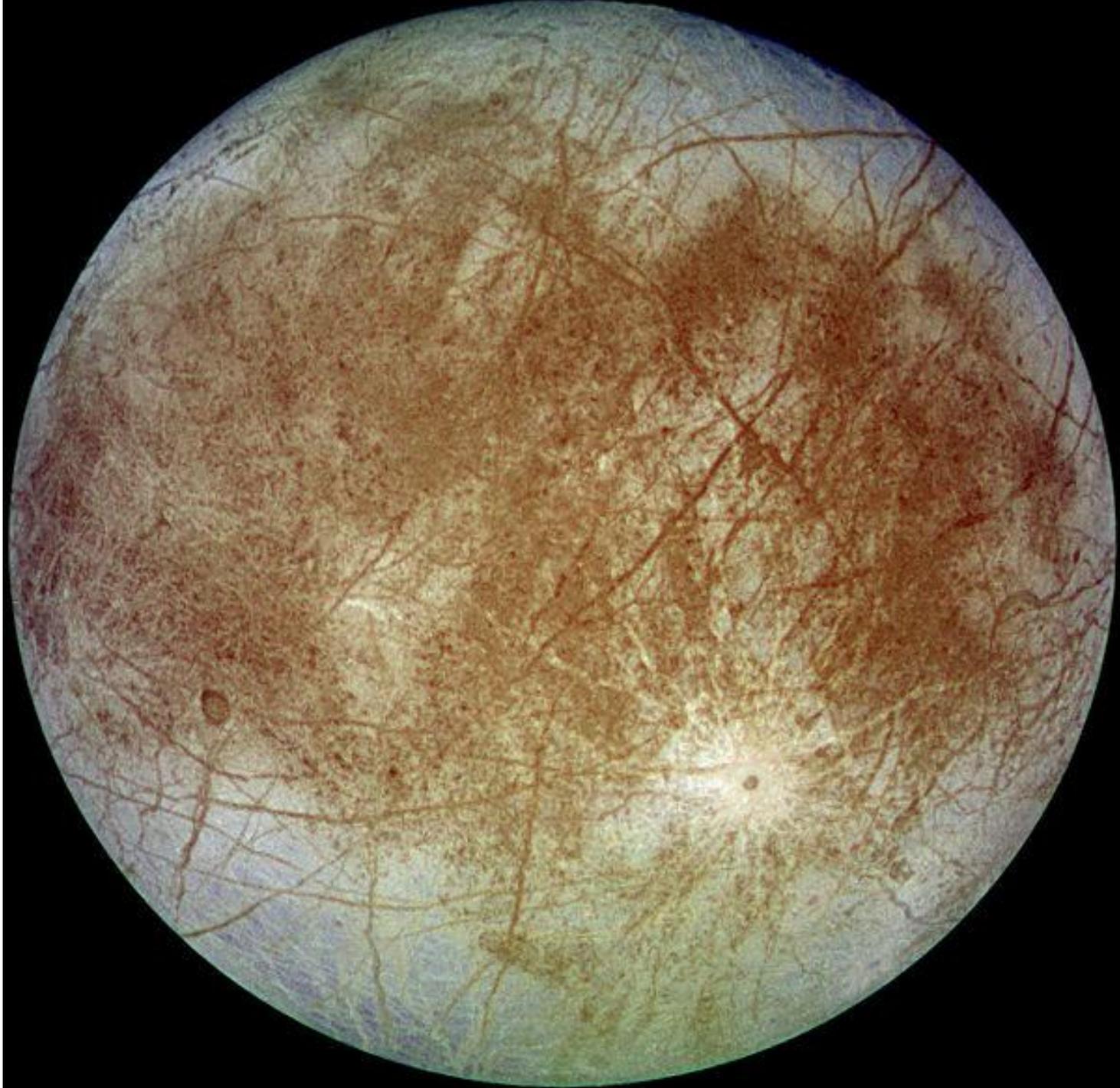


- **У Юпитера имеется 67 спутников. Четыре крупнейших — Ганимед, Каллисто, Ио и Европа — схожи с планетами земной группы**
- **Ганимед, крупнейший спутник в Солнечной системе, больше Меркурия.**

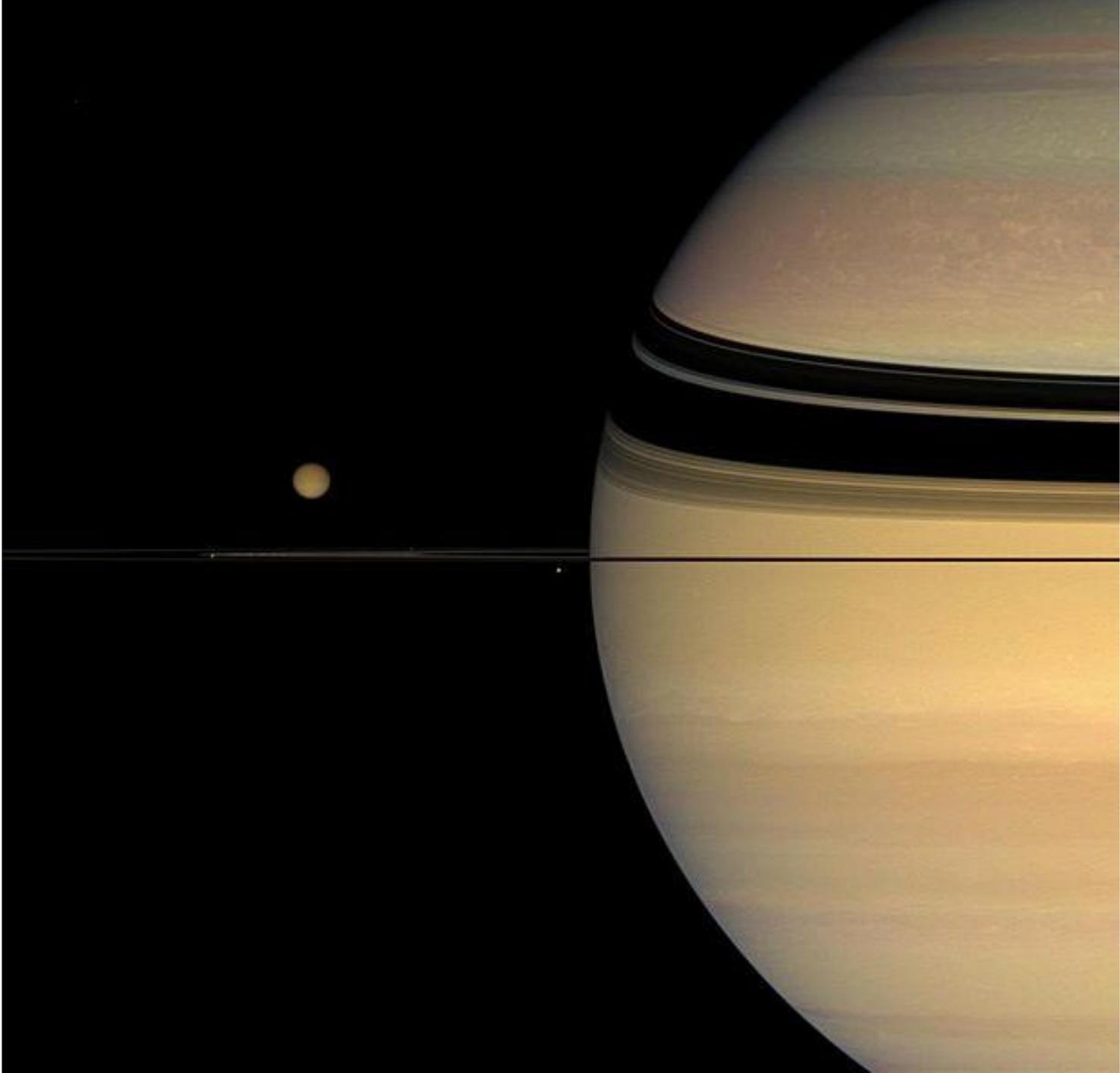






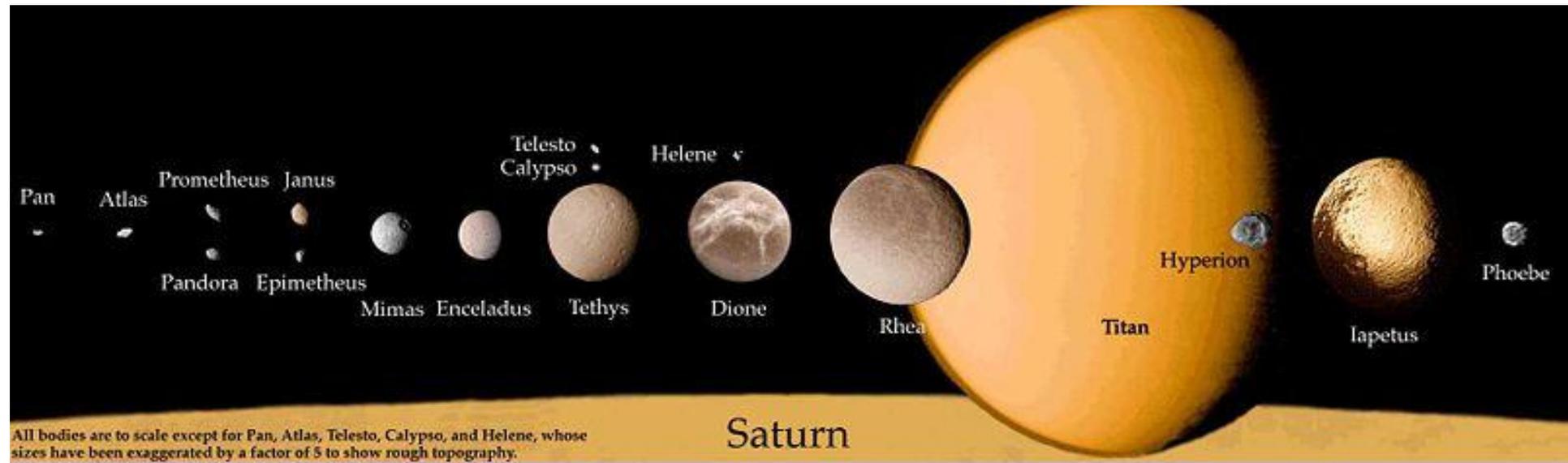


- **Сатурн, известный своей обширной системой колец, имеет несколько схожие с Юпитером структуру атмосферы и магнитосферы. Хотя размер Сатурна составляет 60 % юпитерианского, масса (95 масс Земли) — меньше трети юпитерианской**



- У Сатурна имеется 62 подтверждённых спутника; два из них — Титан и Энцелад — проявляют признаки геологической активности. Активность эта, однако, не схожа с земной, поскольку в значительной степени обусловлена активностью льда





# Saturn

All bodies are to scale except for Pan, Atlas, Telesto, Calypso, and Helene, whose sizes have been exaggerated by a factor of 5 to show rough topography.

Not shown:			
Pan	2.22 Rs	Titan	20.3 Rs
Atlas	2.28 Rs	Hyperion	24.6 Rs
Prometheus	2.31 Rs	Iapetus	59.1 Rs
Pandora	2.35 Rs	Phoebe	214.9 Rs

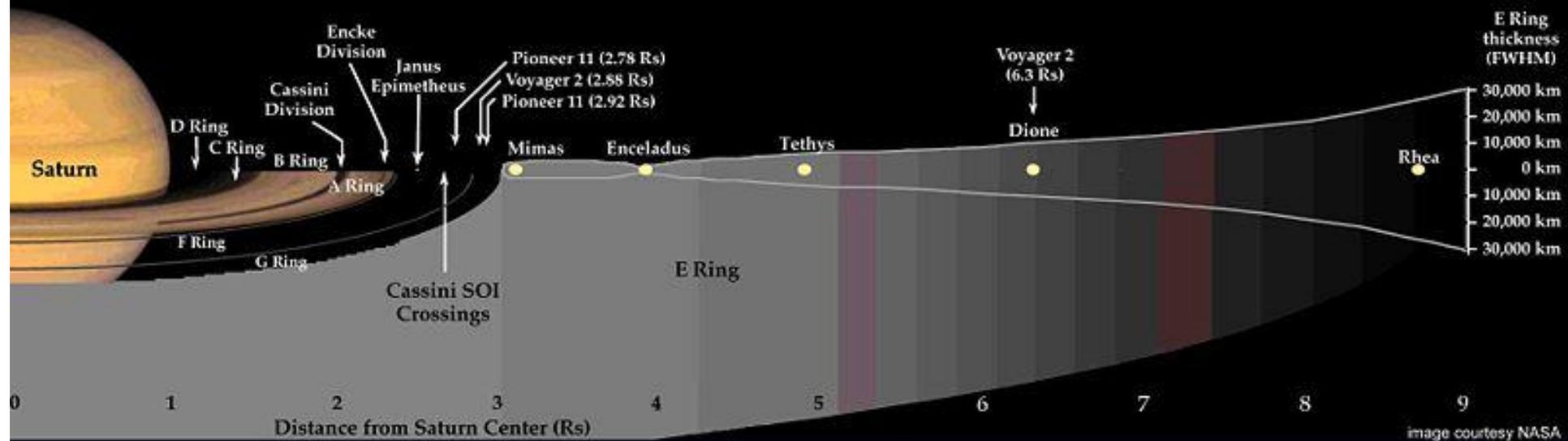
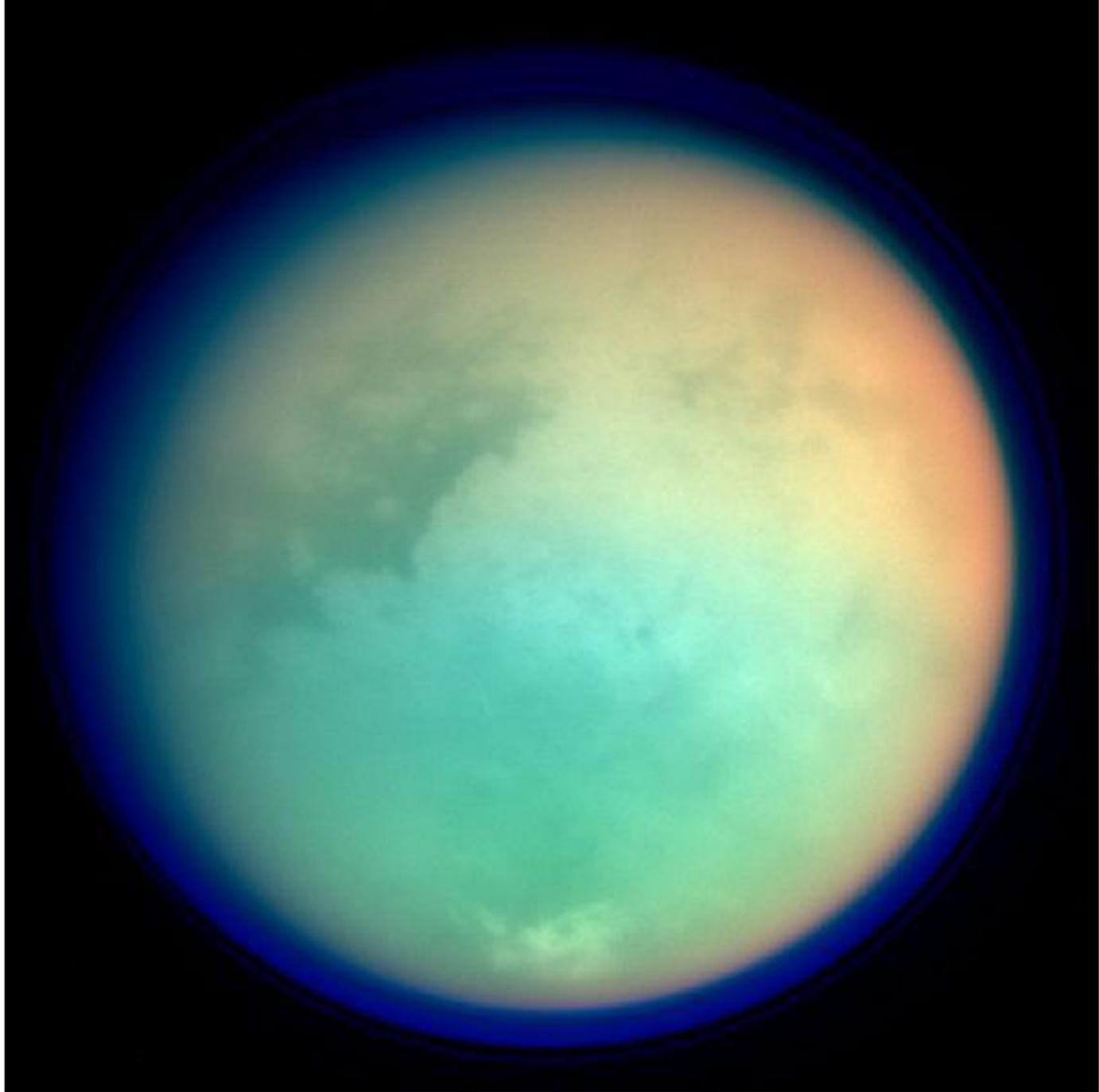
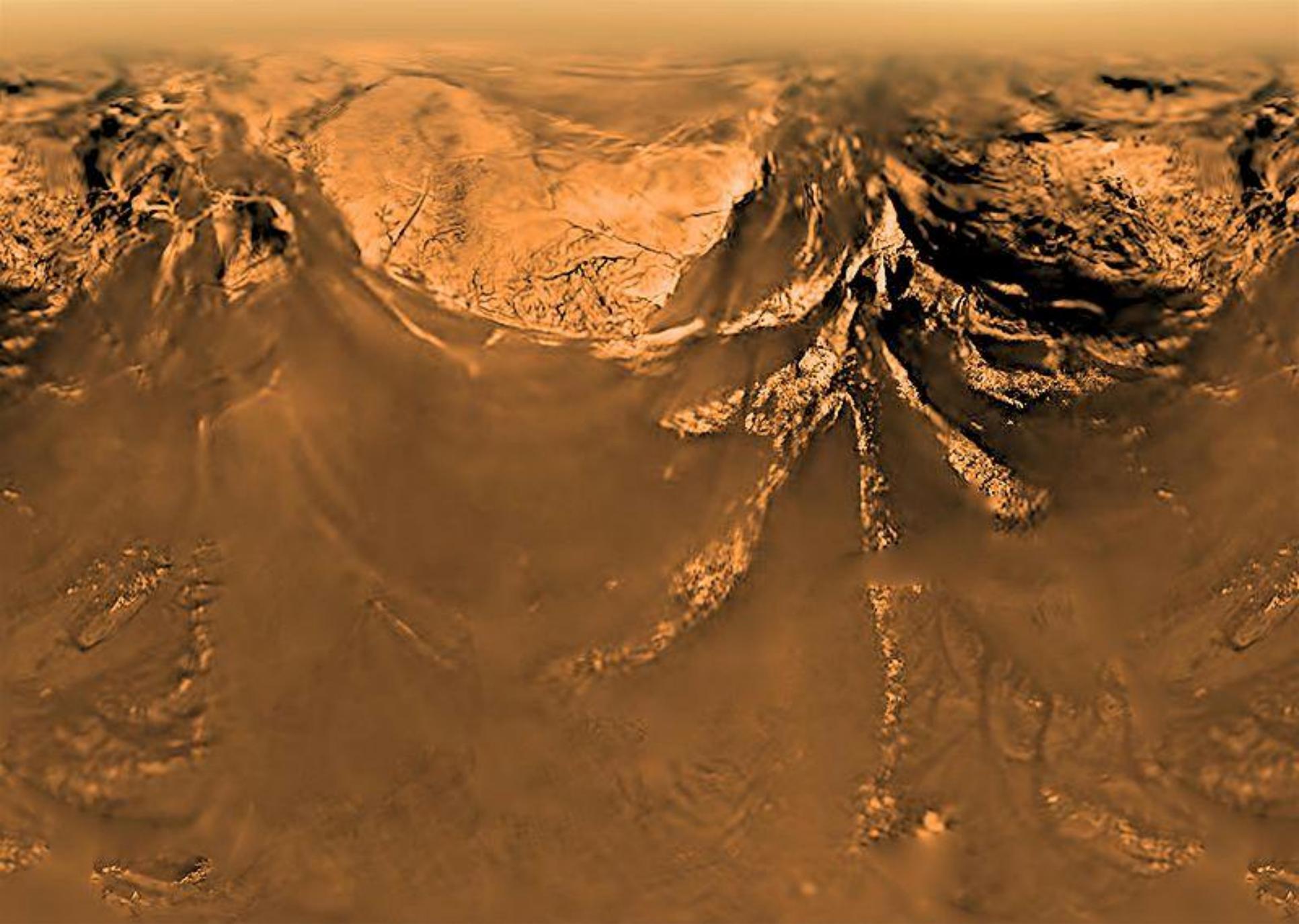


image courtesy NASA

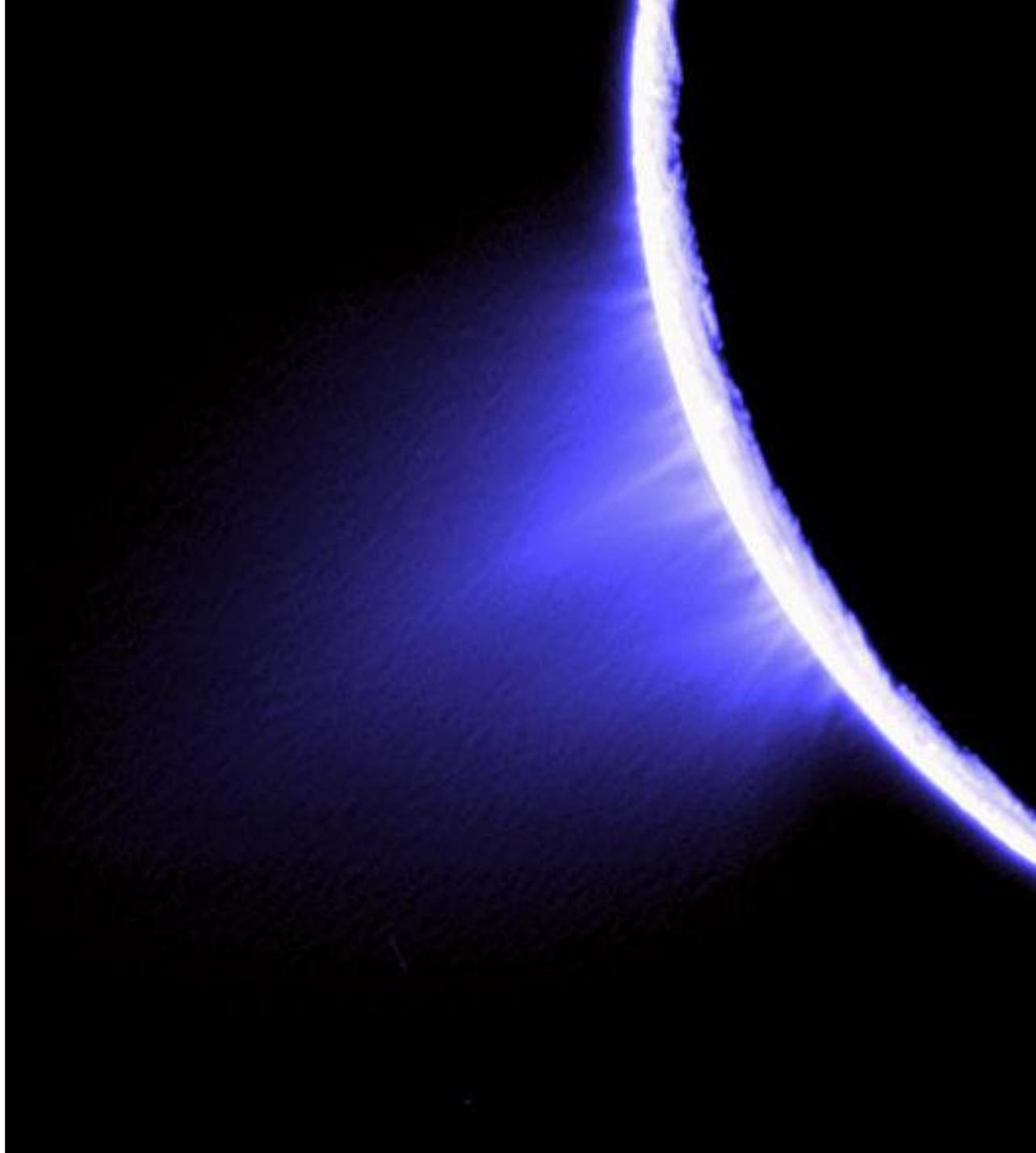
- **Титан, превосходящий размерами Меркурий, — единственный спутник в Солнечной системе с существенной атмосферой**
- Систему Сатурна и спутники Титан и Энцелад исследовал космический аппарат «Кассини-Гюйгенс».
- Обнаружены **озёра из метана на Титане, гейзеры водяного пара на Энцеладе.**



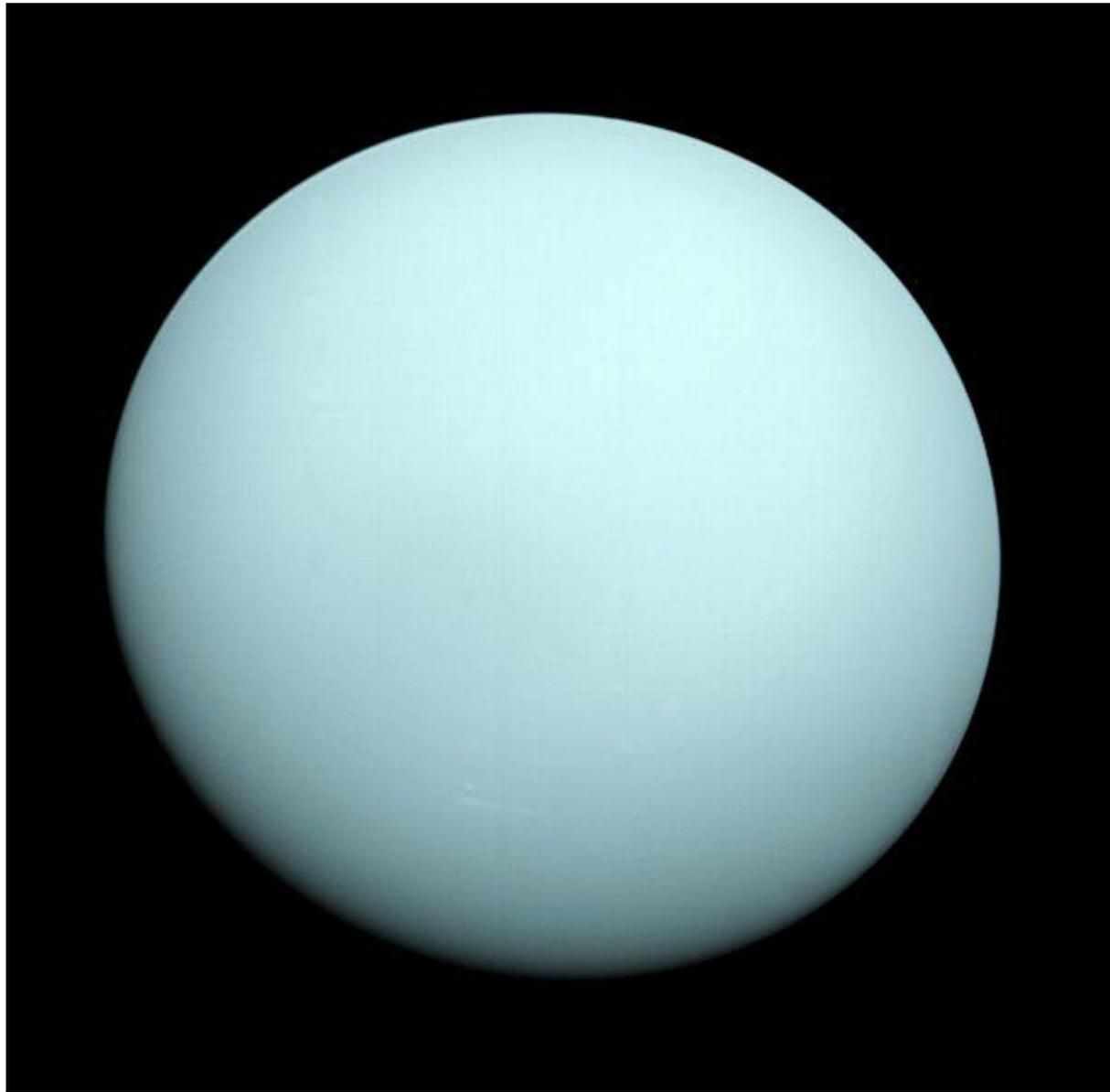
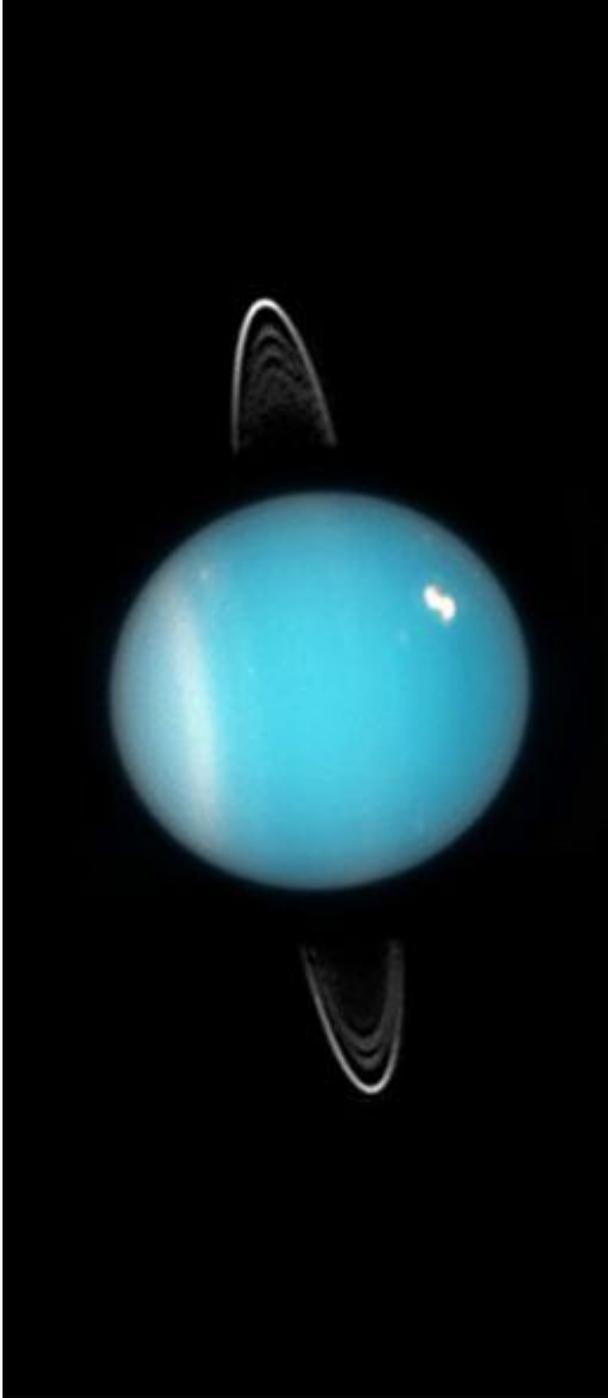




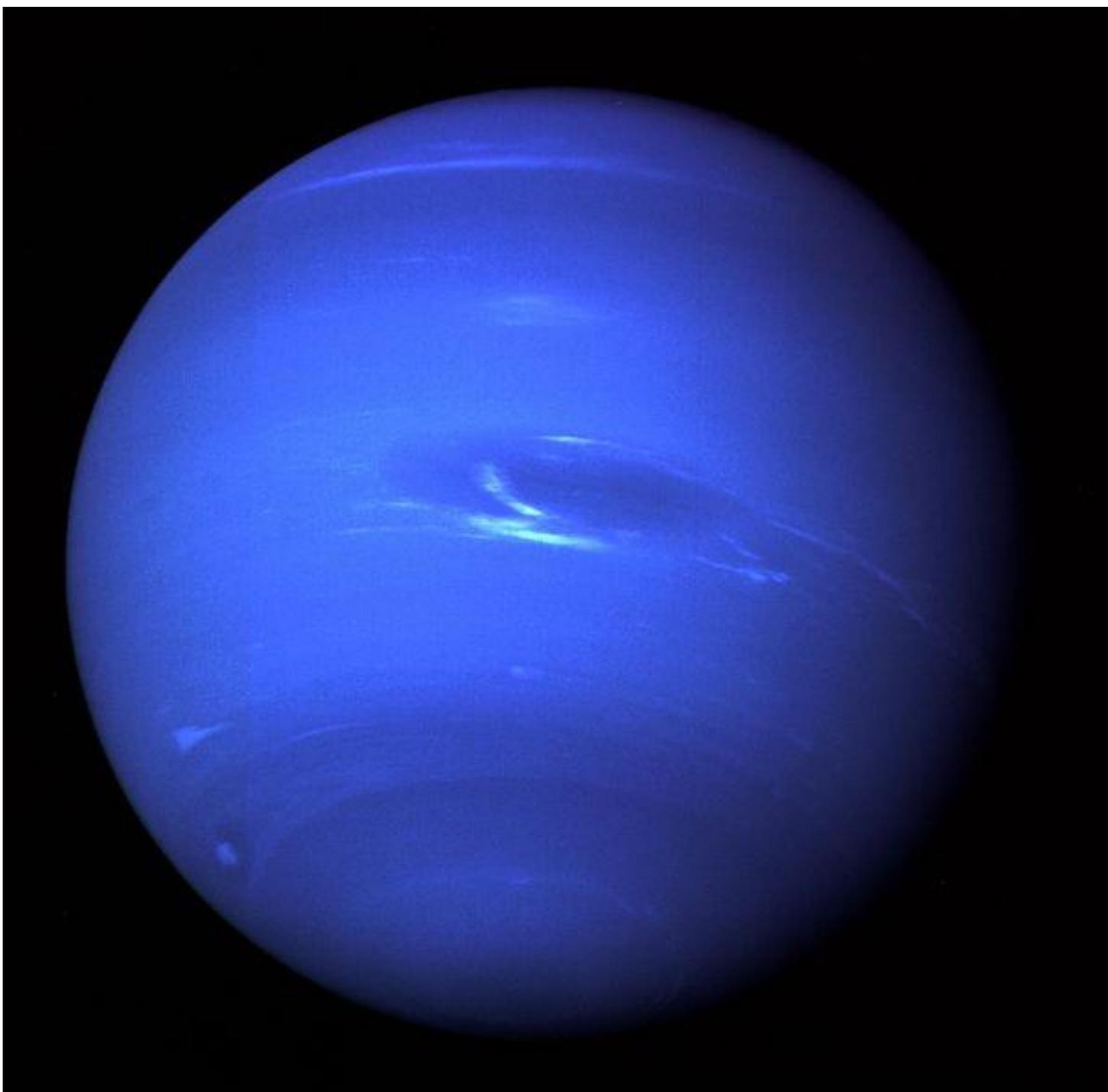




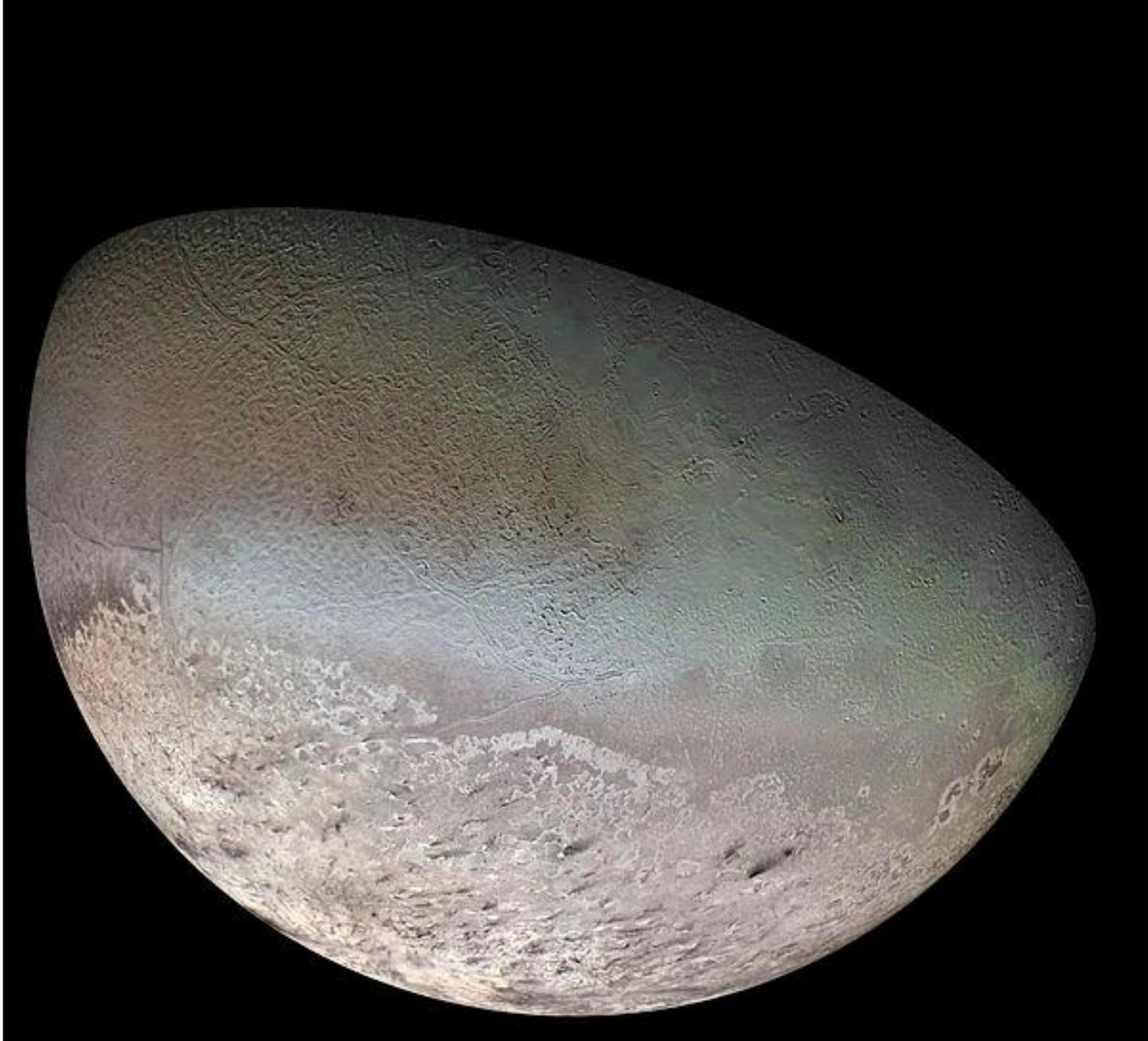
- **Уран с массой в 14 раз больше, чем у Земли, является самой лёгкой из внешних планет. Уникальным среди других планет его делает то, что он вращается «лёжа на боку»**
- **У Урана открыты 27 спутников; крупнейшие — Титания, Оберон, Умбриэль, Ариэль и Миранда.**



- **Нептун, хотя и немного меньше Урана, более массивен (17 масс Земли) и поэтому более плотный. Он излучает больше внутреннего тепла, но не так много, как Юпитер или Сатурн**



- У Нептуна имеется **13** известных спутников. Крупнейший — Тритон, является геологически активным, с гейзерами жидкого азота



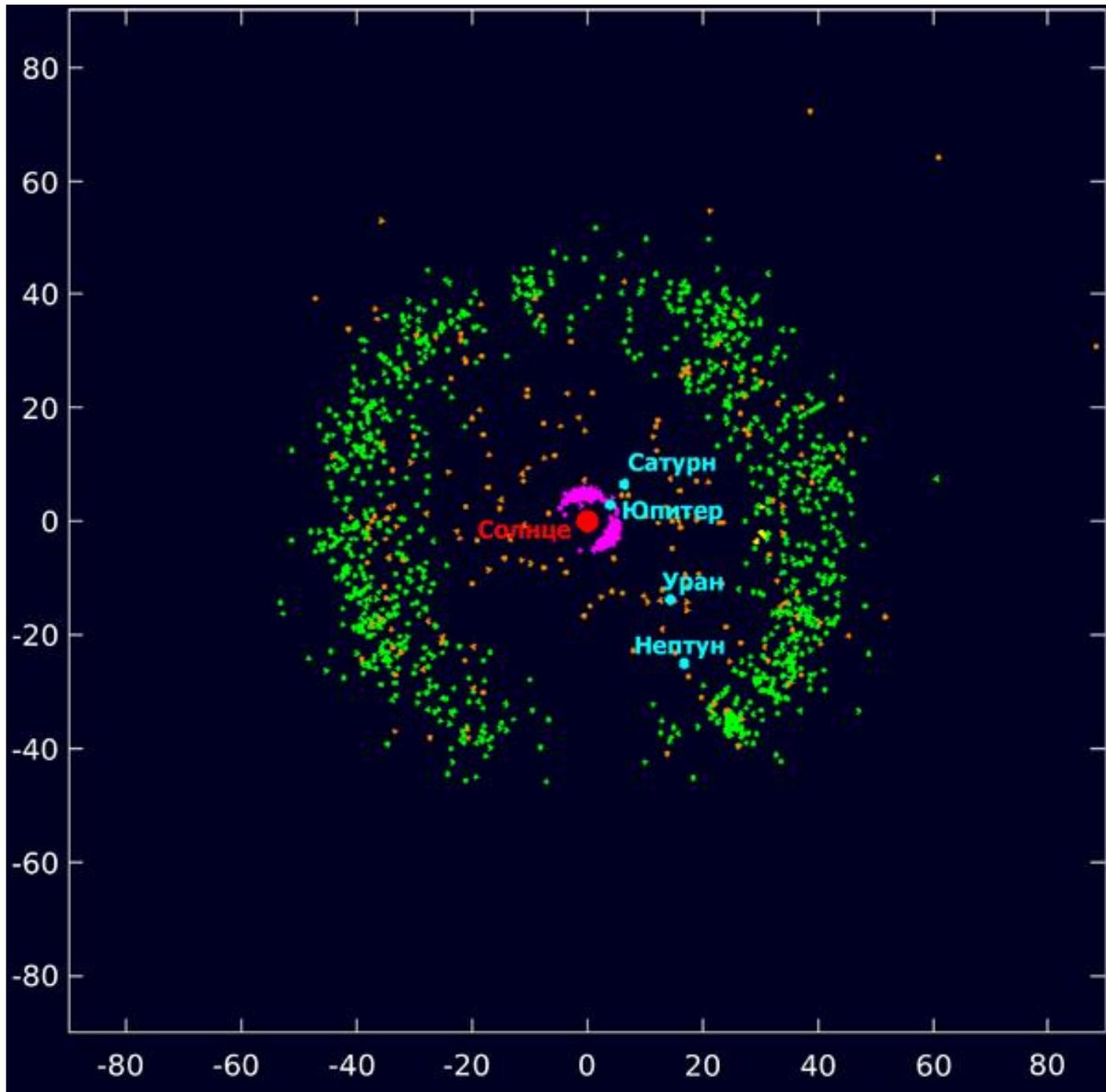
- **Кометы — малые тела Солнечной системы, обычно размером всего в несколько километров, состоящие главным образом из летучих веществ (льдов). Их орбиты имеют большой эксцентриситет, как правило, с перигелием в пределах орбит внутренних планет и афелием далеко за Плутоном.**



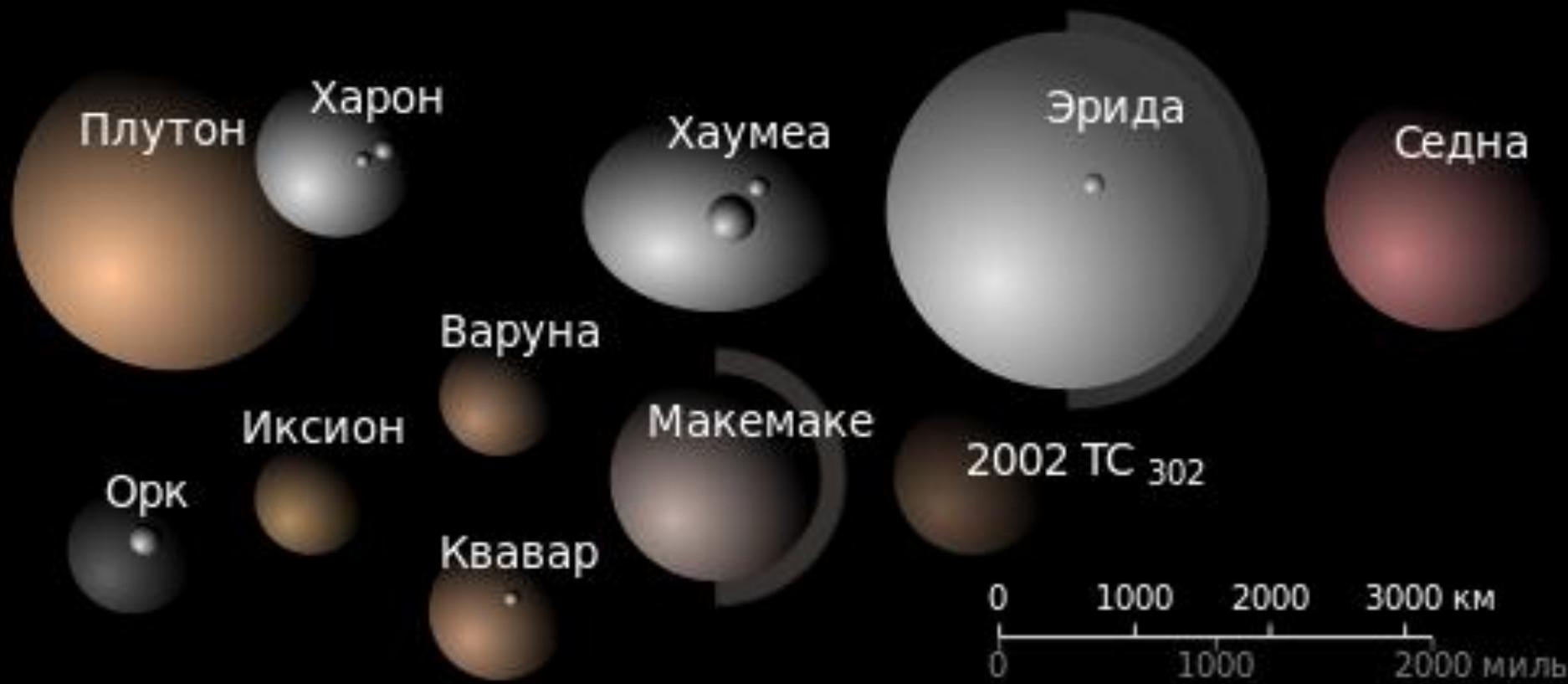
- Когда комета входит во внутреннюю область Солнечной системы и **приближается к Солнцу, её ледяная поверхность начинает испаряться и ионизироваться, создавая кому:** длинное облако из газа и пыли, часто видимое с Земли невооружённым глазом.

- Полагают, что **источником короткопериодических служит *пояс Койпера***, в то время как **источником долгопериодических комет, таких как комета Хейла — Боппа, считается *облако Оорта***.

- **Пояс Койпера — область реликтов времён образования Солнечной системы, являющейся большим поясом осколков, подобным поясу астероидов, но состоящий в основном из льда. Он простирается между 30 и 55 а. е. от Солнца.**



- многие из крупнейших объектов пояса Койпера, такие как **Кварвар**, **Варуна** и **Орк**, могут быть переклассифицированы в **карликовые планеты**



# Крупнейшие из известных транснептуновых объектов (ТНО)

Дисномия



Эрида

Никта



Плутон

Харон



Гидра



Макемаке

Нанака



Хаумеа

Хииака



Седна



Орк



2007 OR<sub>10</sub>

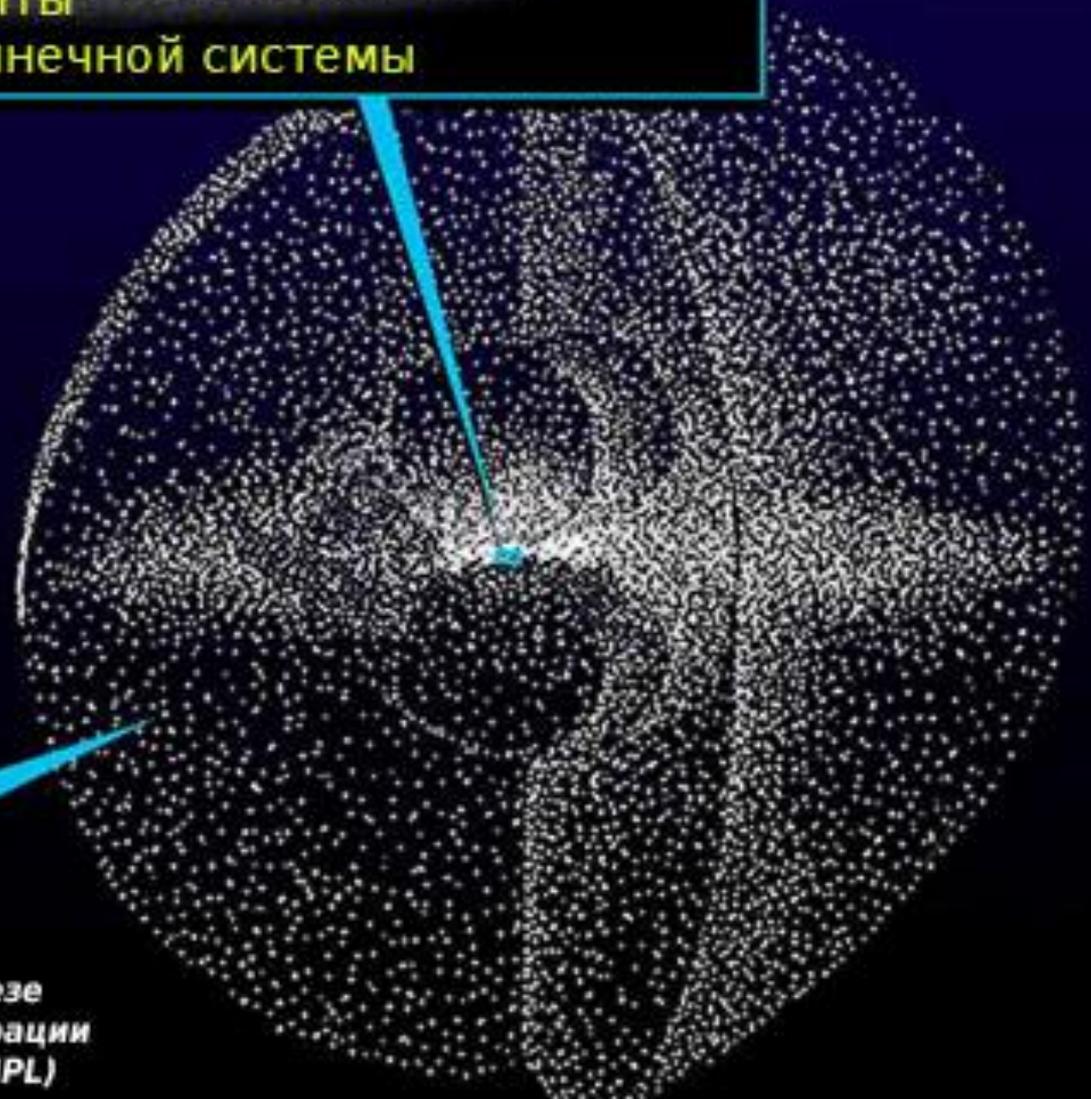
Бейвот



Квавар



- **Рассеянный диск частично перекрывается с поясом Койпера, но простирается намного далее за его пределы**
- **Предполагаемое расстояние до внешних границ облака Оорта от Солнца составляет от 50 000 до 100 000 а. е. — примерно световой год.**

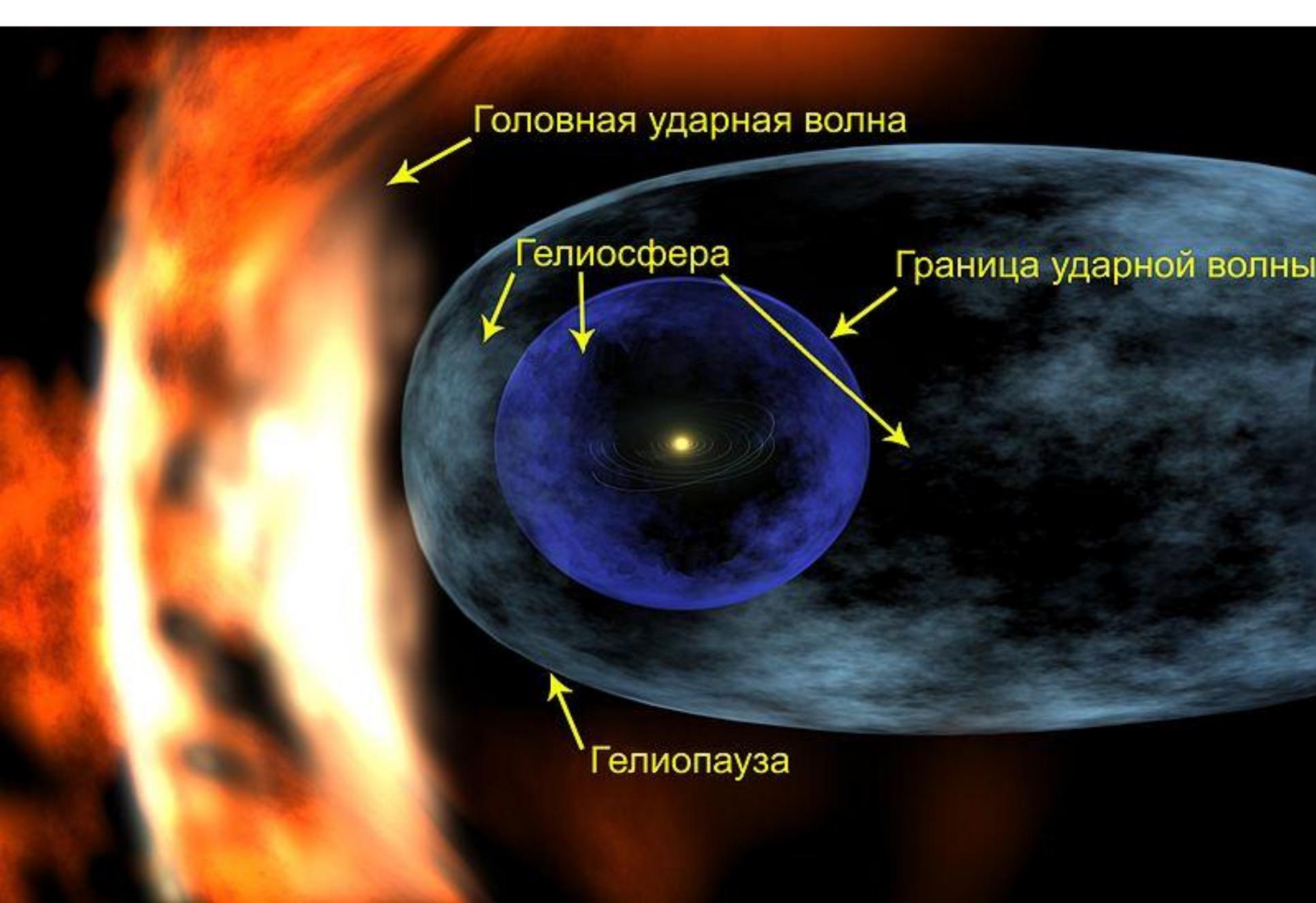


Облако Оорта  
(содержит многие миллиарды комет)

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

- **Вопрос о том, где именно заканчивается Солнечная система и начинается межзвёздное пространство, неоднозначен. Ключевыми в их определении принимают два фактора: солнечный ветер и солнечное тяготение.**

- **Внешняя граница солнечного ветра — *гелиопауза*, за ней солнечный ветер и межзвёздное вещество смешиваются, взаимно растворяясь. Гелиопауза находится примерно в четыре раза дальше Плутона и считается началом межзвёздной среды. Однако предполагают, что область, в которой гравитация Солнца преобладает над галактической — *сфера Хилла*, простирается в тысячу раз дальше**



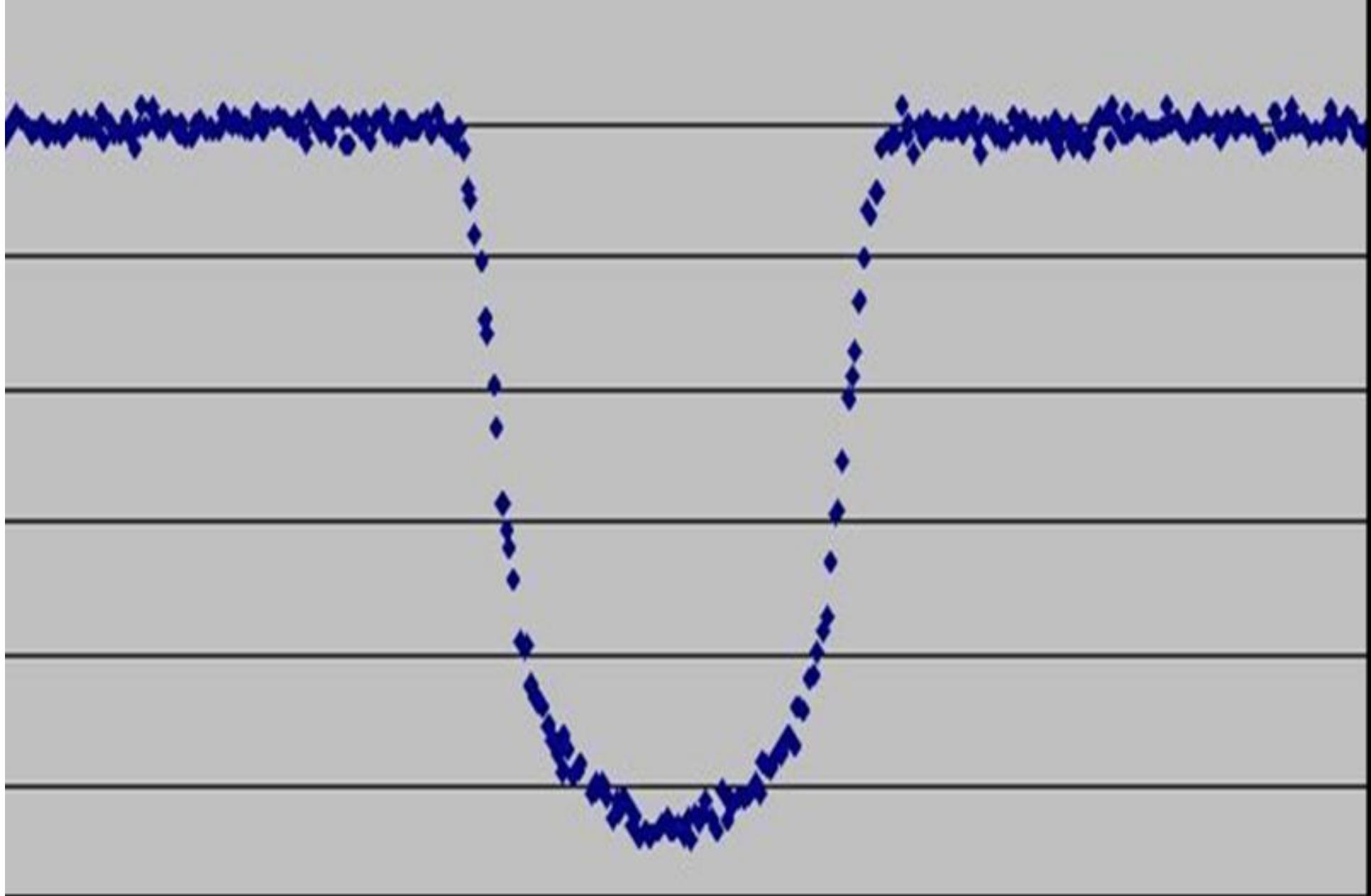
## 3.3 Экзопланеты

- **Экзопланёта** (др.-греч.  $\epsilon\xi\omega$ ,  $\epsilon\chi\omicron$  — вне, снаружи), или **внесолнечная планета** — планета, обращающаяся вокруг звезды за пределами Солнечной системы.

- К середине февраля 2013 года достоверно **подтверждено существование 864 экзопланет** в 679 планетных системах, из которых в 129 имеется более одной планеты

- Так по проекту «Кеплер» на 9 января 2013 года числится **2740 кандидатов.**
- Поиск одинаковых по размеру с Землёй планет в обитаемых зонах звезд — ключевая часть миссии «Кеплер», которая использует космический телескоп (запущен 7 марта 2009 года).





- **Обита́емая зо́на, зо́на обита́емости (HZ, habitable zone) — в астрономии условная область в космосе, определённая из расчёта, что условия на поверхности находящихся в ней планет будут близки к условиям на Земле. Соответственно, такие планеты и луны будут благоприятны для возникновения жизни, похожей на земную.**

- Первая подтверждённая экзопланета в обитаемой зоне — **Kepler-22 b** — была обнаружена в **2011** году
- На 3 февраля 2012 года известно **четыре** достоверно подтвержденных планеты, находящихся в обитаемых зонах своих звёзд.

# Kepler-22 System

# Solar System

Habitable Zone



**Kepler-22b**

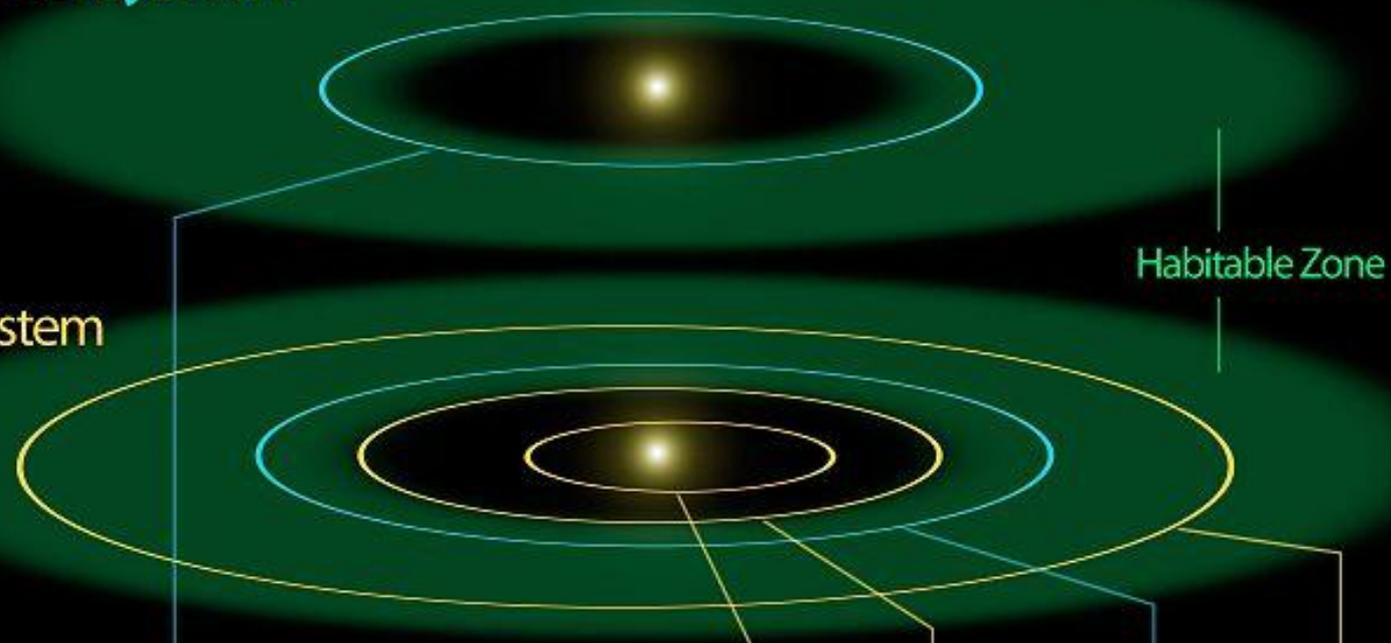
Mercury

Venus

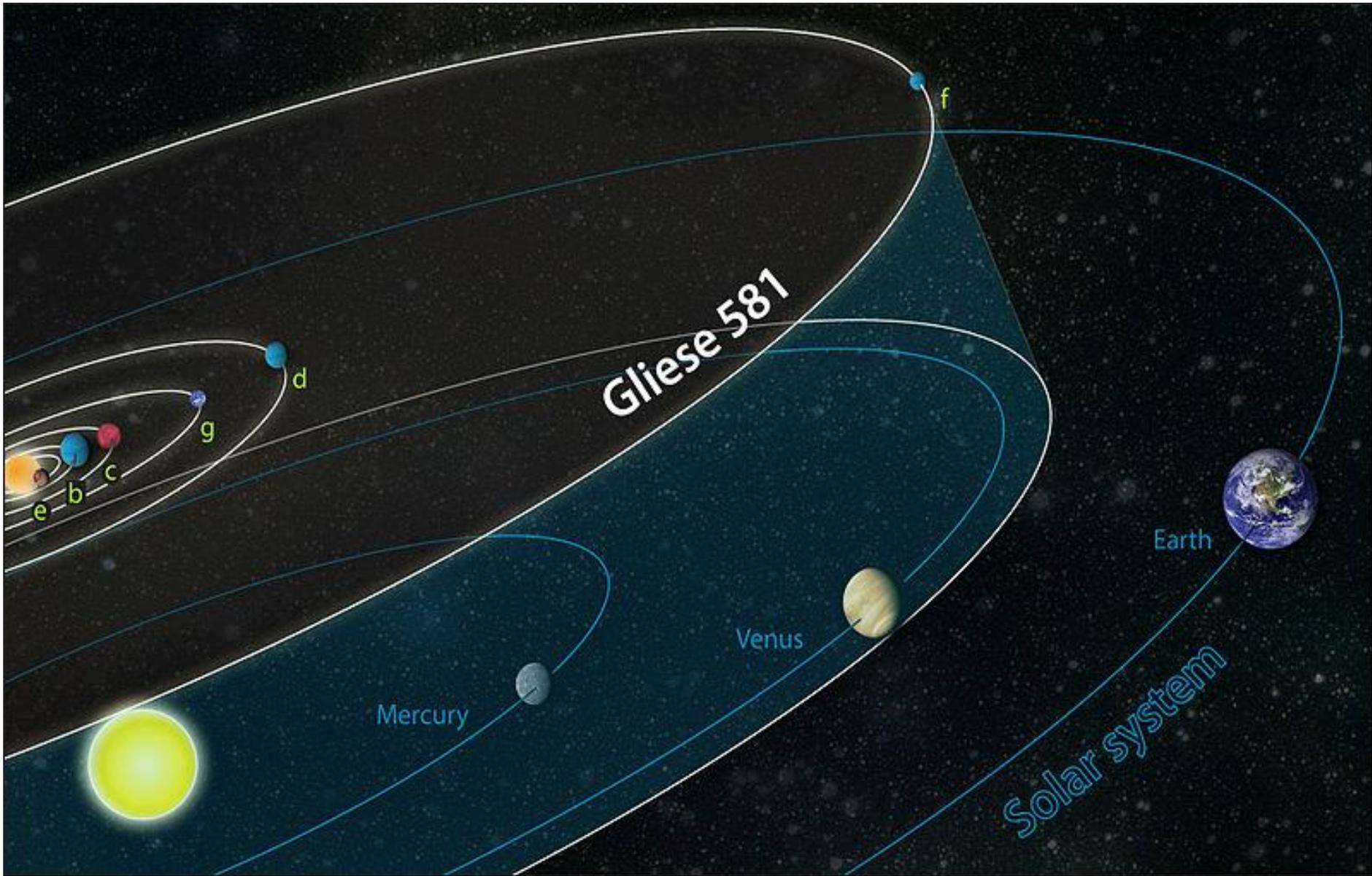
Earth

Mars

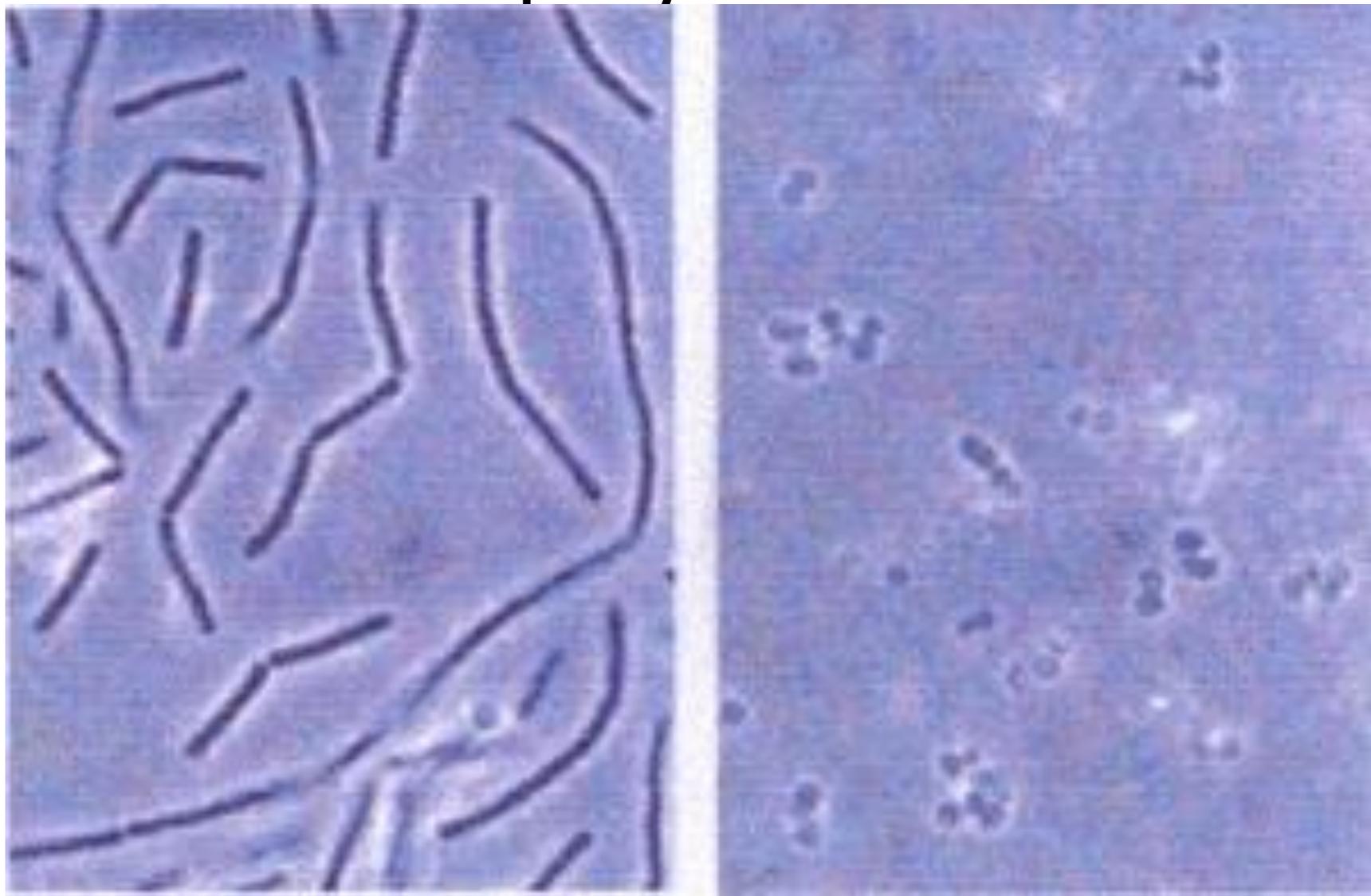
Planets and orbits to scale



- **Глизе 581 g (Gliese 581 g)** — экзопланета (суперземля), которая расположена в планетной системе звезды Глизе 581, красного карлика, находящегося на расстоянии около 20 световых лет от Земли в созвездии Весов



## 4. Жизнь и разум во Вселенной



- **В составе углеродосодержащих (углистых) метеоритов обнаруживают вещества, которые в земных условиях являются продуктами жизнедеятельности.**

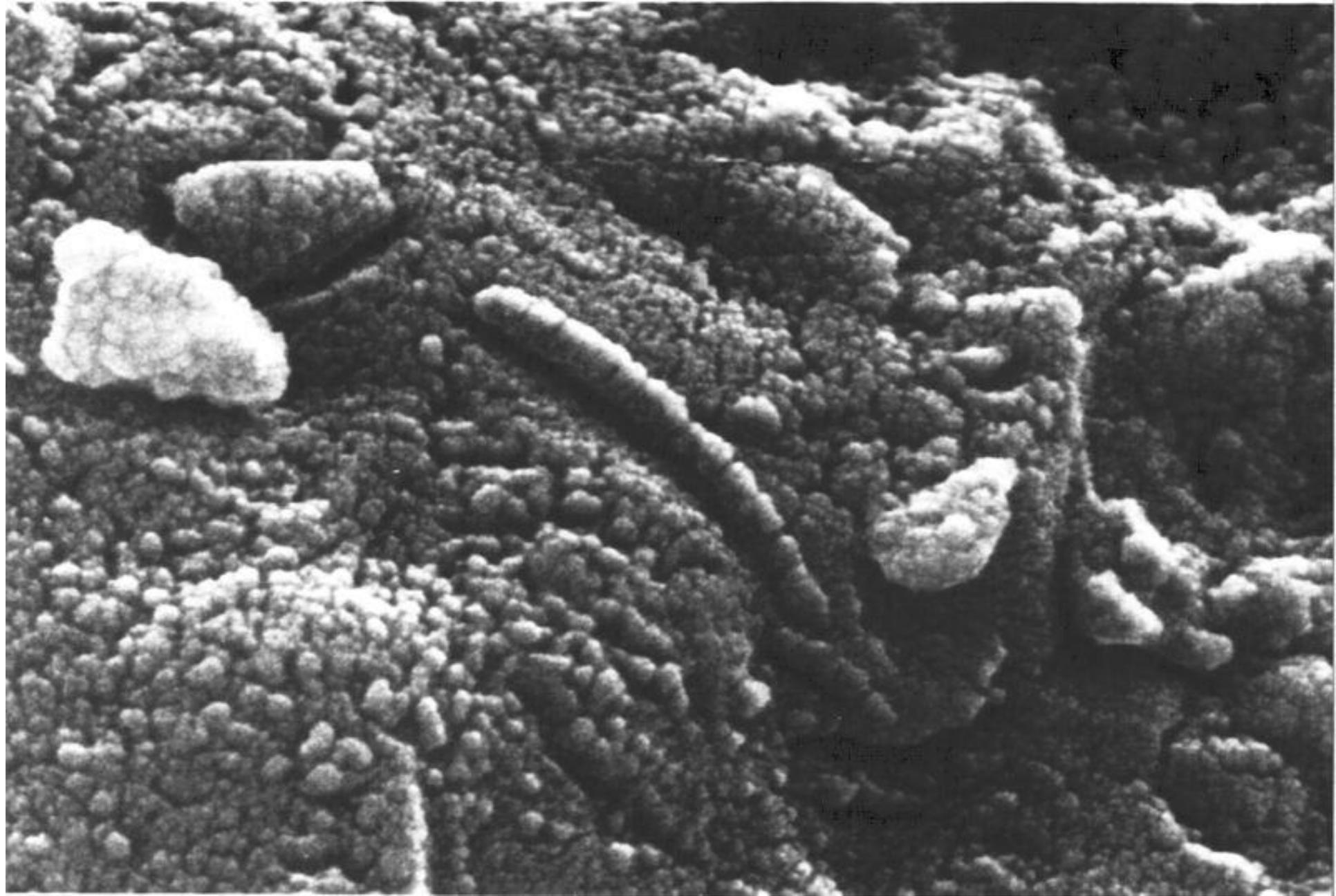
- При исследовании каменных метеоритов иногда обнаруживаются т. н. «организованные элементы» — микроскопические (5-50 мкм) «одноклеточные» образования, часто имеющие явно выраженные двойные стенки, поры, шипы и т. д.

ALH84001,0



N1

1cm.



- На сегодняшний день **не доказано, что эти окаменелости принадлежат останкам каких-либо форм внеземной жизни.** Но, с другой стороны, эти образования имеют такую высокую степень организации, которую принято связывать с жизнью.

- Индекс РНІ:
- Титан – 0,64;
- Марс – 0,59;
- Европа — 0,49;
- Gliese 581g — 0,45;
- Gliese 581d – 0,43;
- Gliese 581c – 0,41;
- Юпитер — 0,37;
- Сатурн — 0,37;
- Венера – 0,37;
- Энцелад – 0,35;

- **Парадóкс Фéрми — отсутствие видимых следов деятельности инопланетных цивилизаций, которые должны были бы расселиться по всей Вселенной за миллиарды лет своего развития.**

- Соединение распространённой веры в то, что во Вселенной существует значительное количество технологически развитых цивилизаций, с отсутствием каких-нибудь наблюдений, которые бы её подтверждали, является парадоксальным и приводит к выводу, что или наше понимание природы, или наши наблюдения неполны и ошибочны.

- **Уравнение Дрейка** — формула, с помощью которой **можно определить число цивилизаций в галактике**, с которыми у человечества есть шанс **вступить в контакт**.

$$N = R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

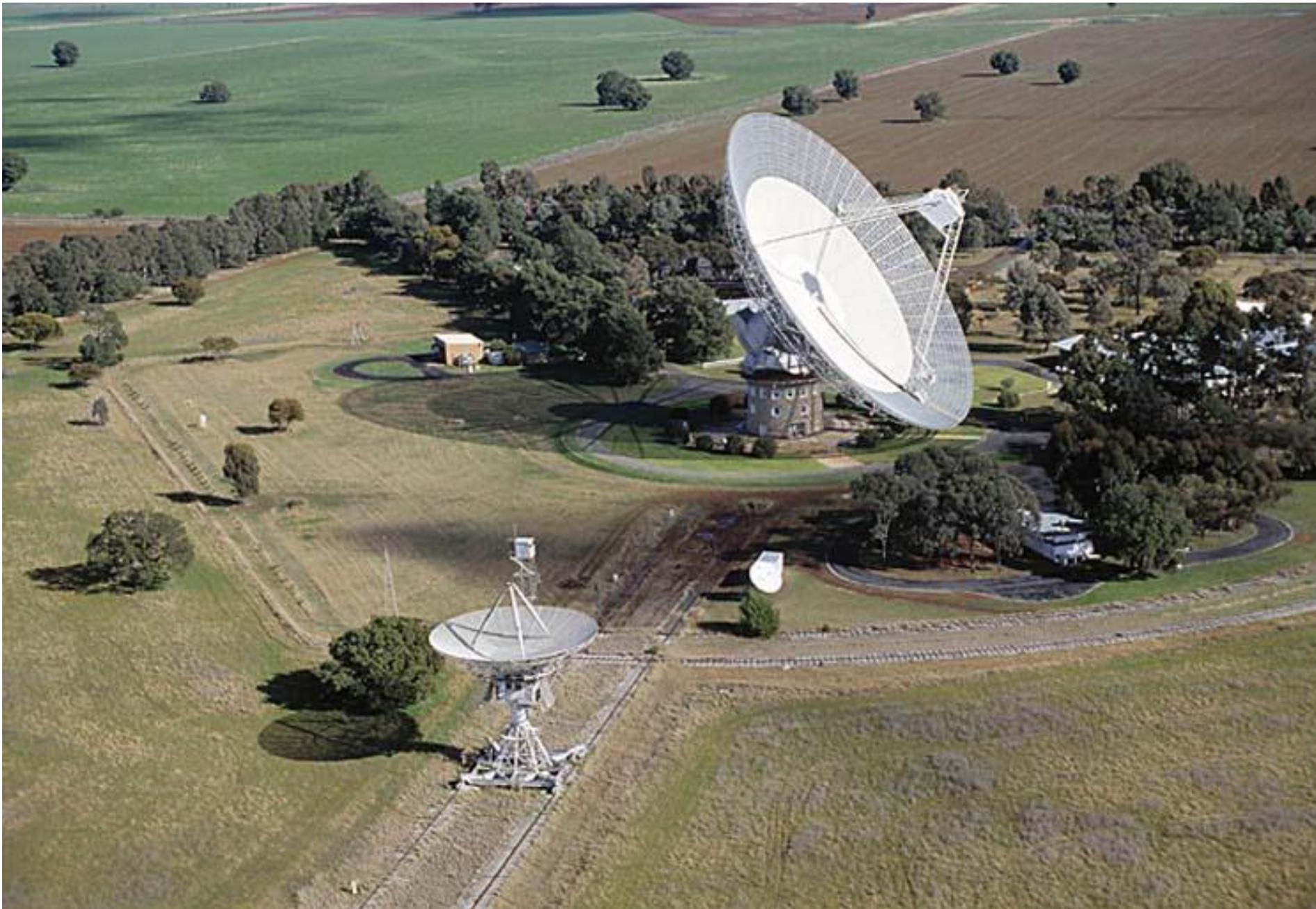
- **Антропный принцип** — аргумент «Мы видим Вселенную такой, потому что только в такой Вселенной мог возникнуть наблюдатель, человек». Этот принцип был предложен с целью объяснить, с научной точки зрения, почему в наблюдаемой нами Вселенной имеет место ряд нетривиальных соотношений между фундаментальными физическими параметрами, которые необходимы для существования разумной жизни.

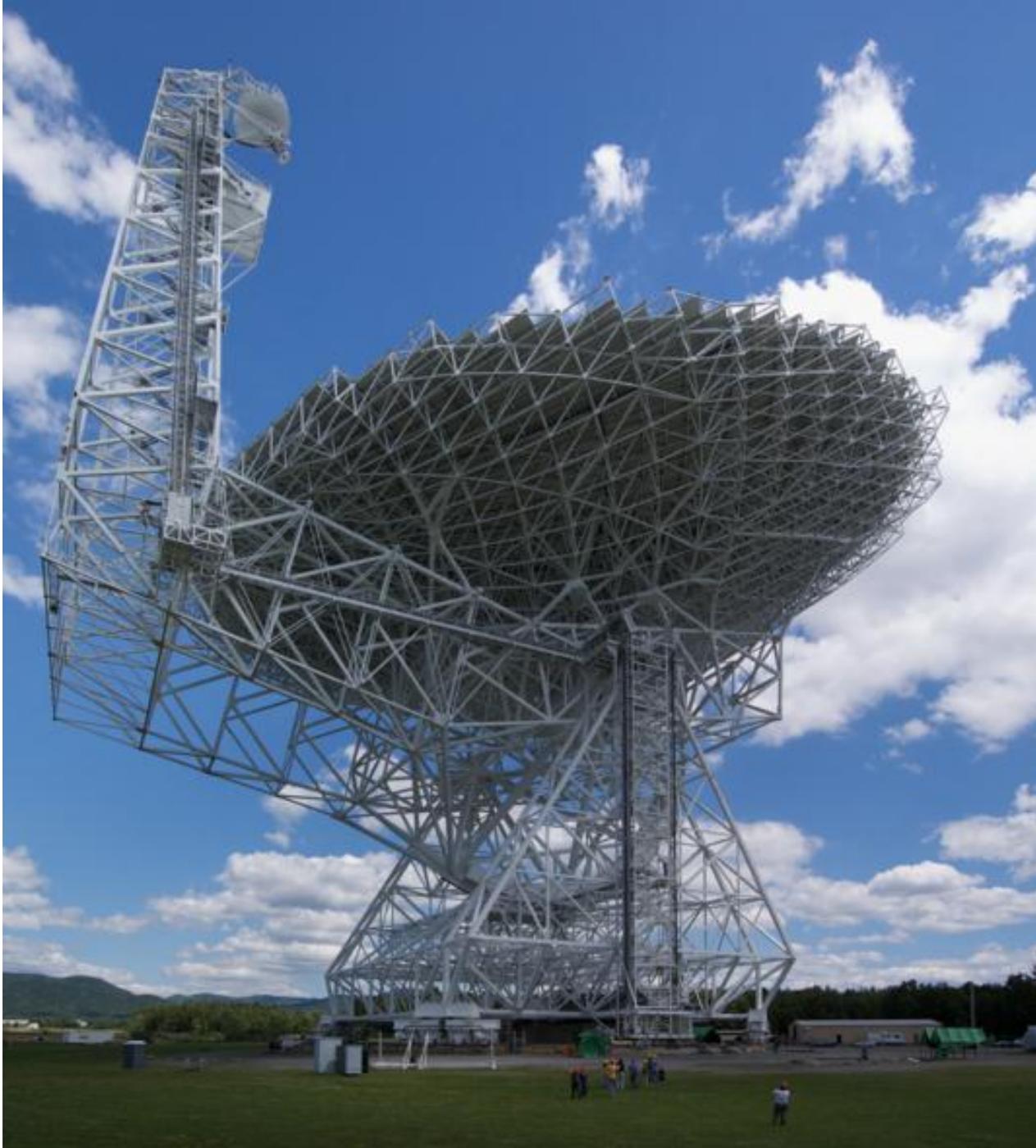
- Слабый антропный принцип: во Вселенной встречаются разные значения мировых констант, но наблюдение некоторых их значений более вероятно, поскольку в регионах, где величины принимают эти значения, выше вероятность возникновения наблюдателя.

- Сильный антропный принцип:  
Вселенная должна иметь свойства,  
позволяющие развиться разумной  
жизни.

- **Проект SETI** (англ. SETI, Search for Extraterrestrial Intelligence) — общее название проектов и мероприятий по поиску внеземных цивилизаций и возможному вступлению с ними в контакт.







Wow!

1		2				1	4	3
1	16	1				1		1
1	11	1			1			11
	1							1
	6	2				3		
1	E24	3	12		1	31		
	Q	1	6	1	2	1	21	1
	U	3	1			3	7	1
2	J	1	31	3	11	1	11	1
	5	1						
	14		1		113		2	11
	1	3	1		1		1	
	1	4			1	1	1	11
		4	1	1	1	11		111
		1				1		1
	1	1	1				2	1
							11	1
				1				14

- **SETI@home** (от англ. Search for Extra-Terrestrial Intelligence at Home — поиск внеземного разума на дому) — научный некоммерческий проект добровольных вычислений на платформе BOINC, использующий свободные вычислительные ресурсы на компьютерах добровольцев для поиска радиосигналов внеземных цивилизаций.

