

# Космохимия



Рис. 3. Сравнительная шкала размеров во Вселенной

Радиус протона .....	$1,2 \cdot 10^{-13}$ см
Радиус атома водорода .....	$5,29 \cdot 10^{-9}$ см
Длина волны желтой линии Na ...	$5,89 \cdot 10^{-5}$ см
Радиус Луны .....	$1,74 \cdot 10^8$ см = 1 740 км
Радиус Земли .....	$6,38 \cdot 10^8$ см = 6 384 км
Расстояние от Земли до Луны ....	$3,84 \cdot 10^{10}$ см = 384 000 км
Радиус Солнца .....	$6,96 \cdot 10^{10}$ см = 696 000 км
Расстояние от Земли до Солнца ..	1 а. е. = $1,50 \cdot 10^{13}$ см = 149 700 000 км

Расстояние от Земли до Солнца около 10 кпк  $\approx 32600$   
св.лет  $\approx 3,086 \cdot 10^{17}$  км  $\approx 309$ Эм(эксаметров)

1 парсек =  $3,086 \cdot 10^{13}$  км.

Экса –  $10^{18}$  E (Э)

Пета –  $10^{15}$  P (П)

Тера –  $10^{12}$  T (Т)

Гига –  $10^9$  G (Г)

Мега –  $10^6$  M (М)

Кило –  $10^3$  k (к)

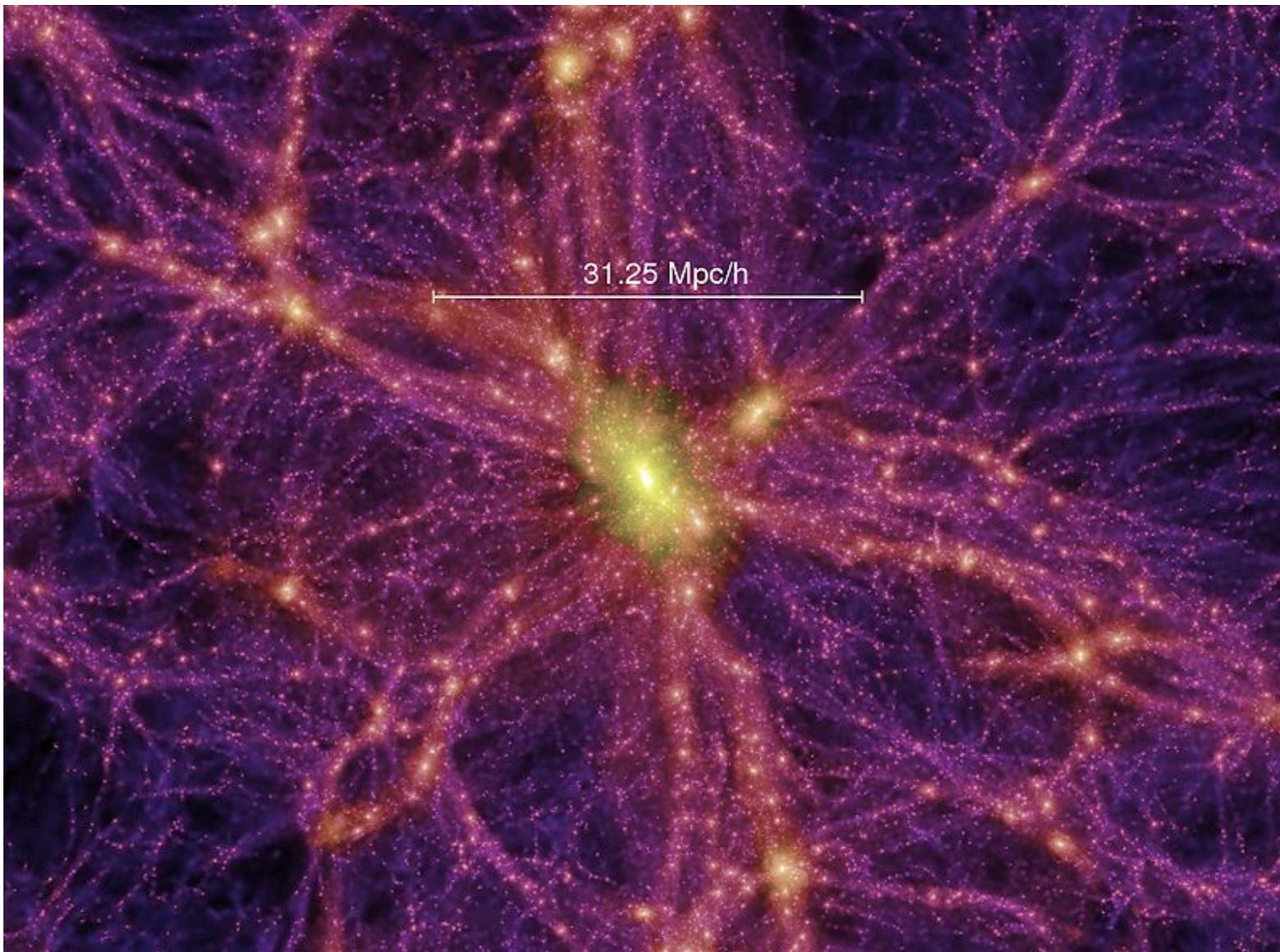
Гекто –  $10^2$  h (г)

Дека – 10 da (да)

Деци –  $10^{-1}$  d (д)

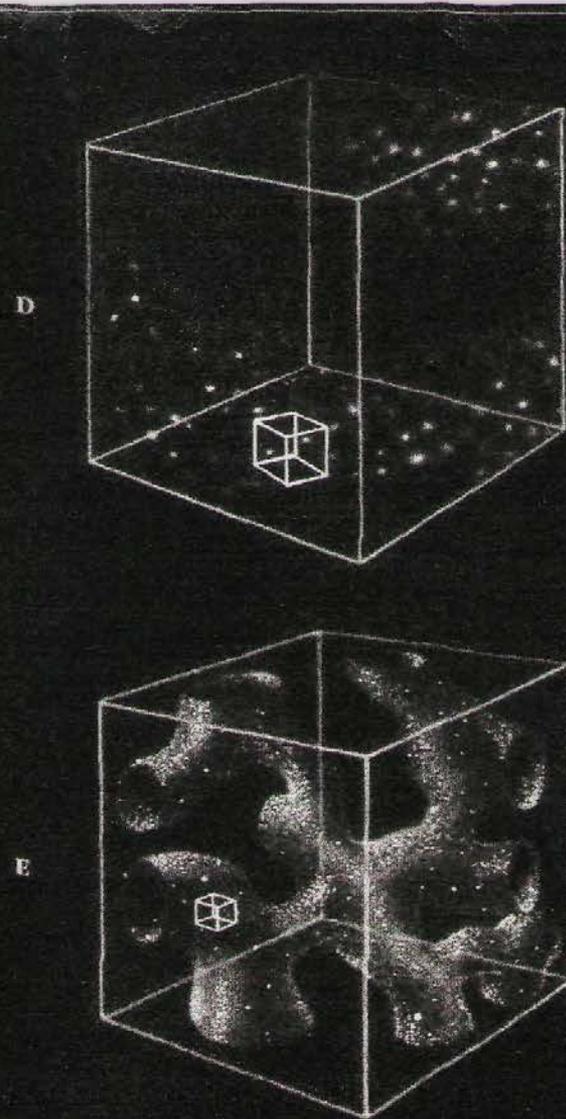
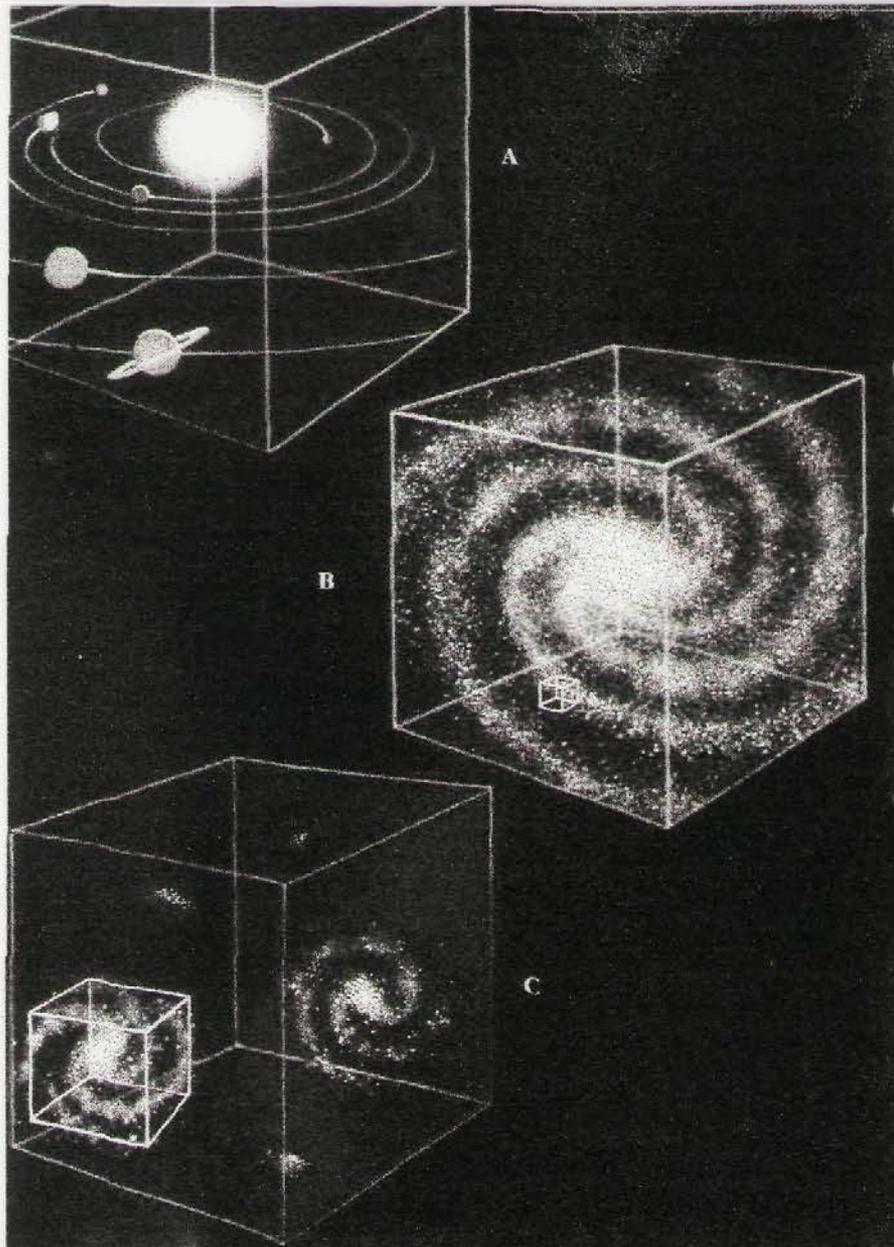
Сантис –  $10^{-2}$  c (с)

Милли –  $10^{-3}$  m (м)

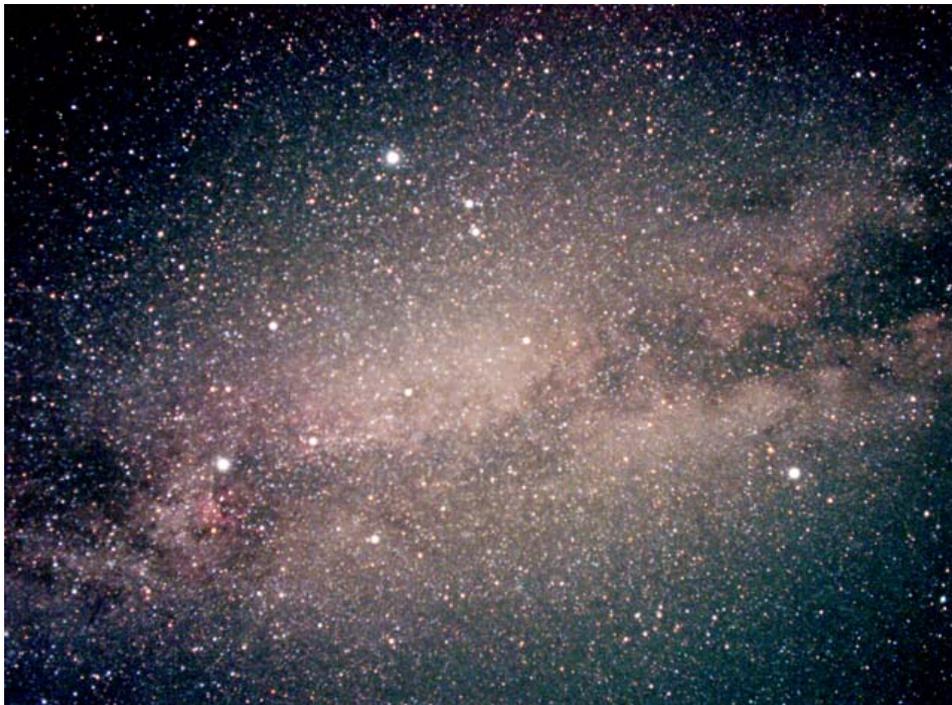


Расчётная структура Вселенной по данным Millennium simulation. Отмеченное белой линией расстояние составляет около 141 млн световых лет. Жёлтым обозначена материя, фиолетовым — наблюдаемая лишь косвенно тёмная материя. Каждая жёлтая точка представляет собой одну галактику.

# Вселенная



Детальное исследование Вселенной показало, в каком фантастическом космическом балете участвует Земля. Сначала Земля увлекает нас за собой со скоростью 30 км/с в ежегодное путешествие вокруг Солнца по Солнечной системе диаметром в 10,4 световых часа (рис. А). Солнечная система совершает кругосветное путешествие вокруг негра Млечного Пути со скоростью 230 км/с (рис. В). Млечный Путь летит со скоростью 90 км/с к своей подруге Андромеде, при этом они являются частью «местной группы», которая простирается на десятки миллионов световых лет (рис. С). В свою очередь, местная группа звезд падает со скоростью примерно в 600 км/с, притягиваемая созвездием Девы в местном суперскоплении и суперскоплении Пидры и Центавра, которое простирается на расстоянии примерно в 60 000 000 световых лет (рис. D). Созвездия Девы, Пидры и Центавра падают к другой галактической агломерации, к «Великому Притягивателю». Эти скопления и образуют гигантские цепочки протяженностью в тысячи световых лет (рис. E).



"THE SUMMER TRIANGLE" (Vega, Deneb, and Altair) -- 24mm Nikon lens for 7.5 minutes at f/2.8 -- hypered Fuji 800 Super G Plus -- by ANDY STEERE

# Галактики



Галактика Бодe— самый удалённый объект, который можно увидеть невооружённым глазом

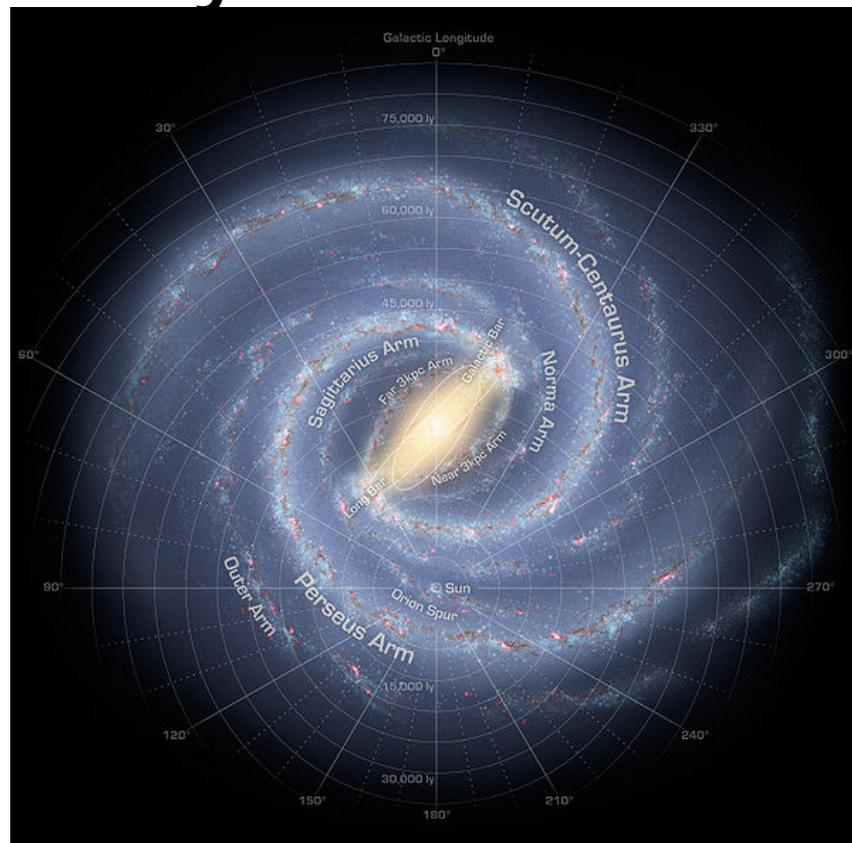


Галактика Сигара

# Млечный Путь



Млечный Путь



Млечный путь (компьютерная модель).  
Спиральная галактика с перемычкой.  
Доминируют два из четырёх рукавов.

# Квazarы

**Квazár** (англ. *quasar* — сокращение от *QUASi stellar radio source* — «квазизвёздный радиоисточник») — класс внегалактических объектов, отличающихся очень высокой светимостью и настолько малым угловым размером, что в течение нескольких лет после открытия их не удавалось отличить от «точечных источников» — звёзд.

Впервые квазары обнаружили в 1960 году как радиоисточники, совпадающие в оптическом диапазоне со слабыми звездообразными объектами. Очень сложно определить точное число обнаруженных на сегодняшний день квазаров. Это объясняется, с одной стороны, постоянным открытием новых квазаров, а с другой — некоторой размытостью границы между квазарами и другими типами активных галактик. В опубликованном в 1987 году списке Хьюита-Бэрбиджа число квазаров 3594.



Галактика NGC4319 и квазар Маркарян 205



В 2005 году группа астрономов использовала в своём исследовании данные уже о 195 000 квазаров.

**Происхождение квазаров не известно:**

По одной из теорий, квазары представляют собой галактики на начальном этапе развития, в которых сверхмассивная черная дыра поглощает окружающее вещество.

По другим данным - это ядра будущих галактик

Есть мнение, что это места массового столкновения звезд в ядрах галактик

# Мазеры

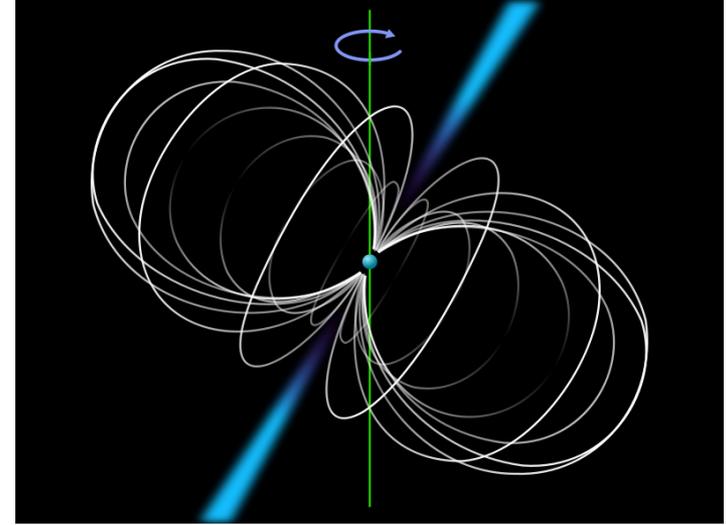
- **Мáзер** (англ. *maser*) — квантовый генератор, излучающий когерентные радиоволны. Его название — сокращение фразы «Усиление микроволн с помощью вынужденного излучения» (*microwave amplification by stimulated emission of radiation*). В мазерах частота колебаний составляет  $10^{-19}$ - $10^{-12}$  Гц, поэтому они рассматриваются как эталон частоты и времени.

Представляют собой облака возбужденных молекул водяного пара или гидроксила в пылегазовых туманностях галактик.

# Пульсары

Пульсары - быстро вращающиеся сверхплотные звезды. Они излучают импульсы радиоволн через строго определенные промежутки времени. Пульсары представляют собой нейтронные звезды. Период пульсации – это период вращения звезды вокруг своей оси.

Изображение Крабовидной туманности в условных цветах (синий — рентгеновский, красный — оптический диапазон). В центре туманности — пульсар



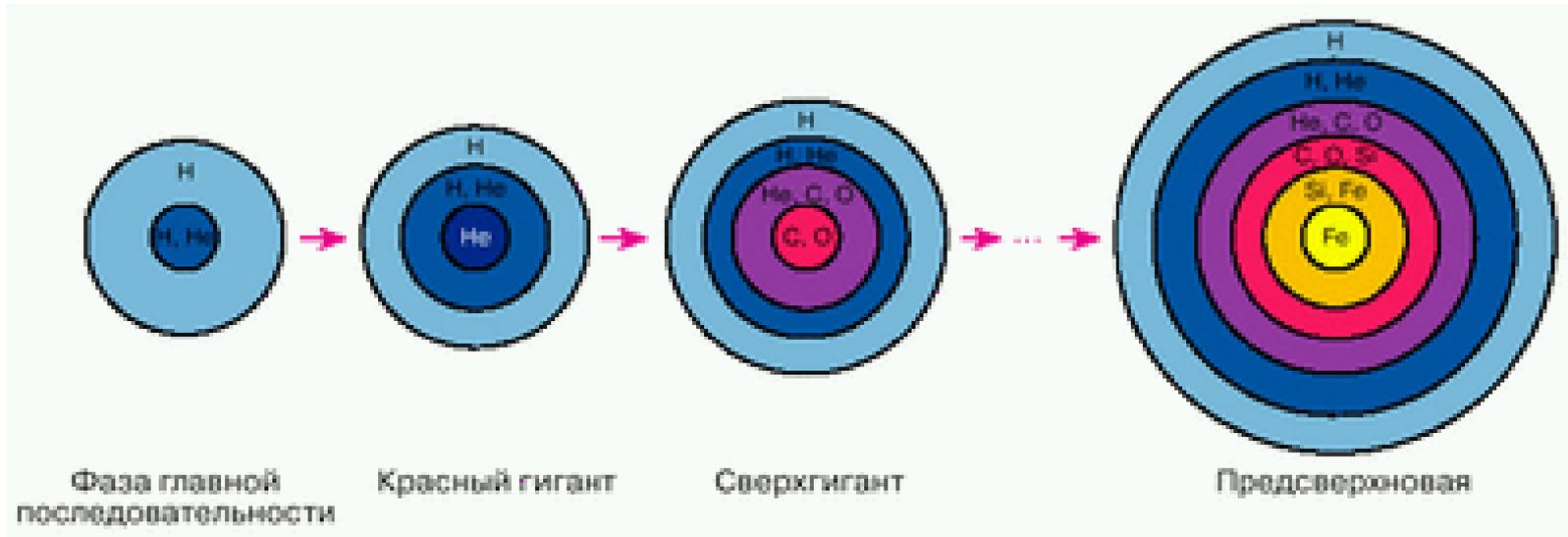
Схематическое изображение пульсара. Сфера в центре изображения — нейтронная звезда, кривые линии обозначают линии магнитного поля пульсара, голубые конусы — потоки излучения пульсара



# История звезд

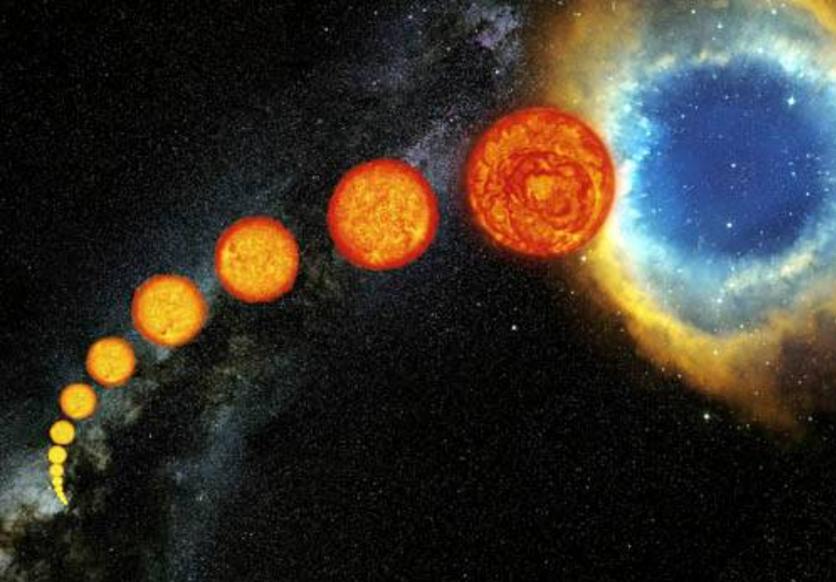
История звезд начинается с того, что межзвездный газ, главным образом **водород**, конденсируется в протозвезду. В ее недрах идет превращение **H в He**. При этом, чем больше масса H, тем интенсивнее идет процесс, тем быстрее H «сгорает» и прежде всего в центральных частях звезды. Образовавшееся He ядро окружено H оболочкой. Разделившиеся части ведут себя по-разному: He ядро сжимается, а H – He оболочка расширяется, теряя часть своего тепла. Поверхность звезды краснеет и она превращается в Красный гигант.

# История звезд

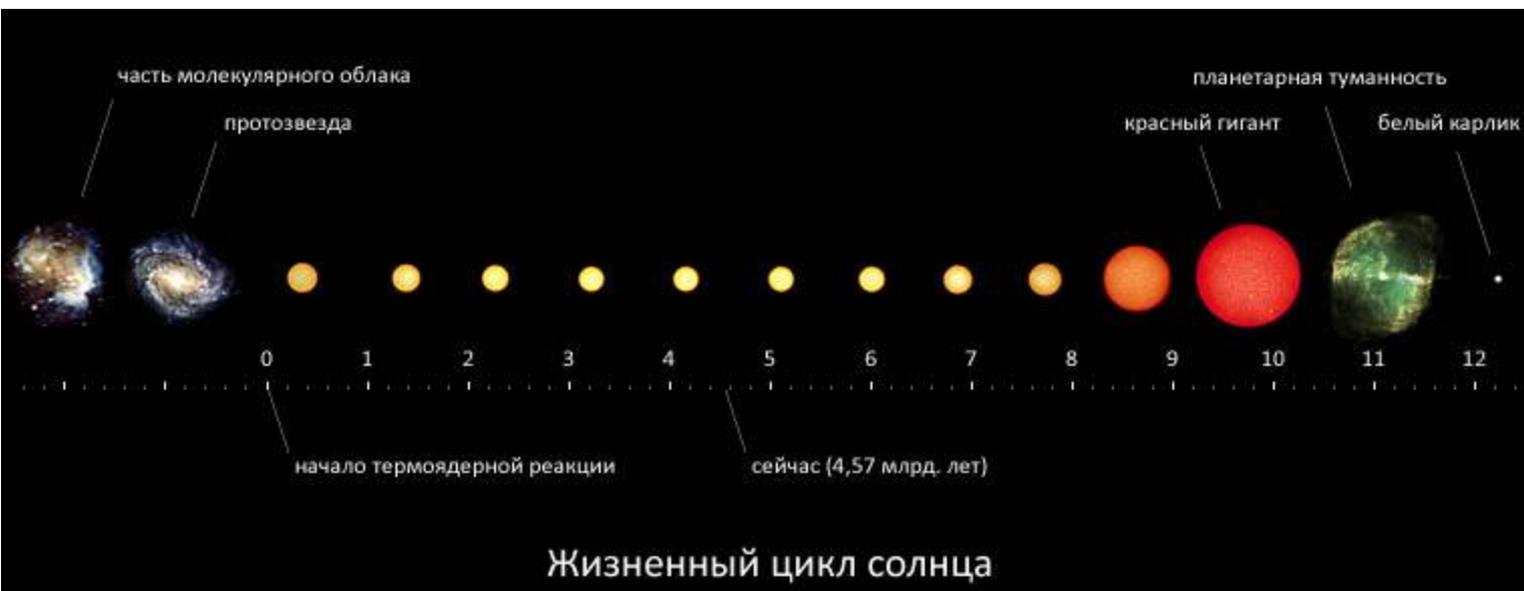


История Звезды зависит от ее массы:

1.  $M < 1,2M_{\odot}$  – белый карлик
2.  $1,2M_{\odot} < M < 2M_{\odot}$  - нейтронная звезда
3.  $M > 2M_{\odot}$  - черная дыра

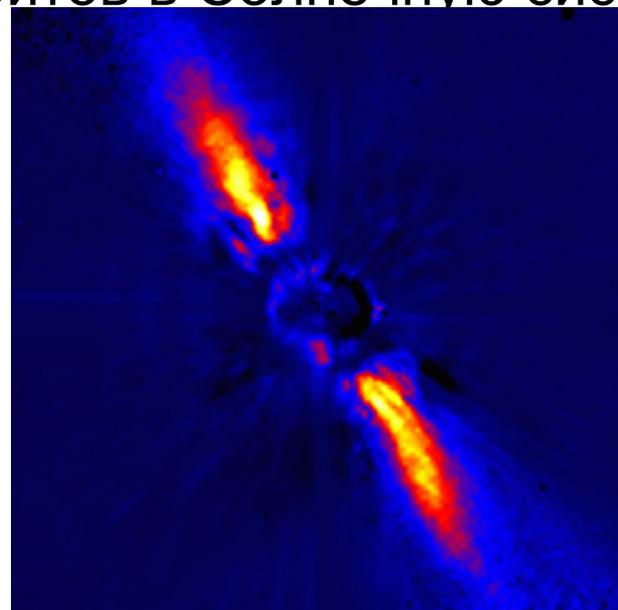
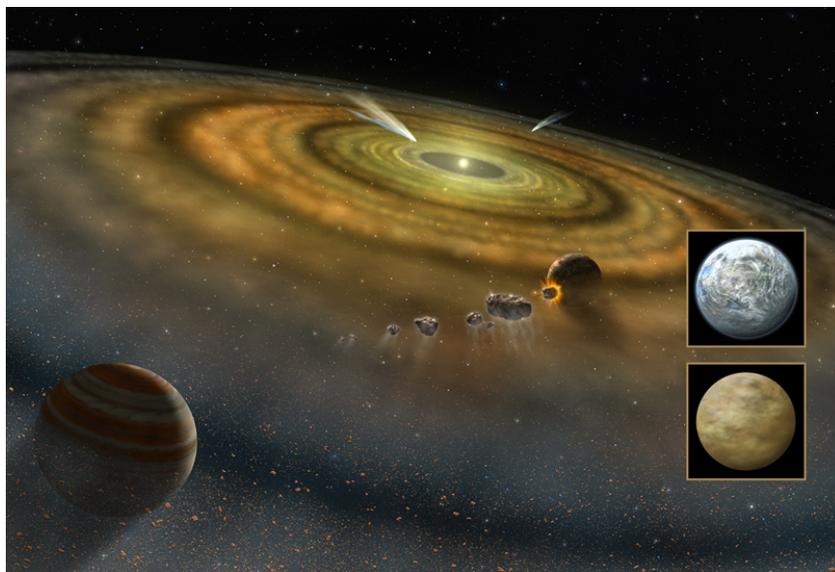


## Жизненный цикл звезд солнечного типа



Красный гигант – последняя стадия эволюции звезды

# Бета Живописца – поставщик метеоритов в Солнечную систему



Бета Живописца в два раза массивнее Солнца и в девять раз ярче. Живёт эта звезда в так называемой Движущейся группе звёзд Беты Живописца, в которой, как видно и из названия, является главной. Вся группа состоит из звёзд одинакового возраста, они объединены общим происхождением и направлением движения. Среди звёзд своего типа Бета Живописца выделяется превышением инфракрасных выбросов. Вокруг звезды – большое количество пыли. Из которой на орбите сформировался огромный газо-пылевой диск. Существуют сведения, что пространство вокруг звезды активно занимается не только производством комет, но и созданием экзопланет. От этой звезды можно ожидать, что процессы формирования планет вокруг неё ещё могут продолжаться. А материал из обломков диска Беты Живописца считается основным источником межзвездных метеоритов в Солнечной системе. Если эти данные подтвердятся, то Бета живописца станет ближайшей к Солнцу звездой, вокруг которой вращается диск из камней и пыли, подобный диску Сатурна.

# Состав Вселенной

H-72%

He-25%

C, O, N, Fe, Ne, Si и другие – 3%



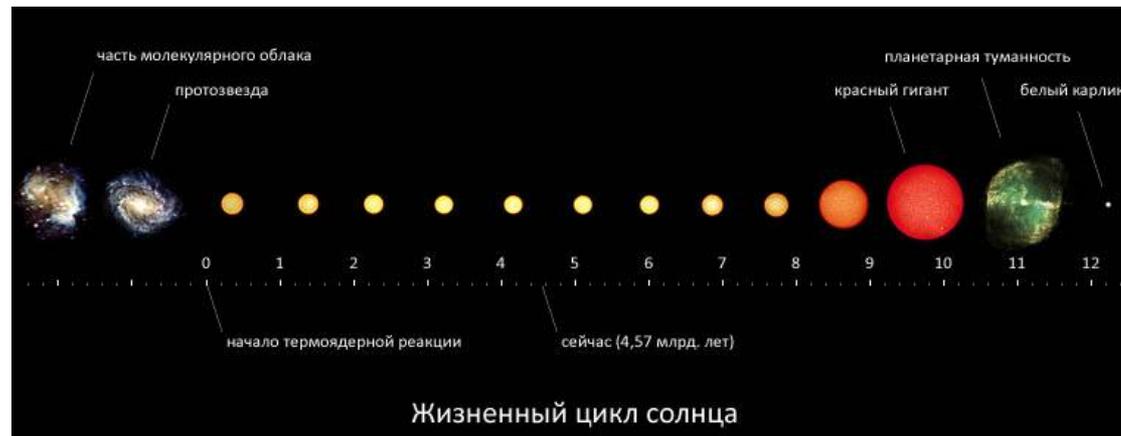
# Солнечная система

Планеты издавна делились учеными на две группы. Первая – это планеты земного типа: **Меркурий, Венера, Земля, Марс**. Для них характерны относительно небольшие размеры, малое количество спутников и твердое состояние. Оставшиеся – **Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун** – планеты-гиганты, состоящие из газообразного водорода и гелия. Все они движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, отклоняясь от заданной траектории, если рядом проходит планета-сосед.

Кроме Солнца и шариков больших размеров, к нашей системе причисляются **спутники планет, астероиды, кометы и метеориты**.

Особо стоит отметить **два астероидных пояса** – один между орбитами Марса и Юпитера, а второй в районе орбит Нептуна и Плутона. Ученые спорят о том, как могли образоваться столь странные «кольца». Одни считают, что у вещества не хватило силенок самоорганизоваться в планеты, другие, наоборот, утверждают, что это уже разрушенные космическими столкновениями планеты.

Прогноз на будущее: **через пять миллиардов лет наше Солнце погаснет и система распадется окончательно**.



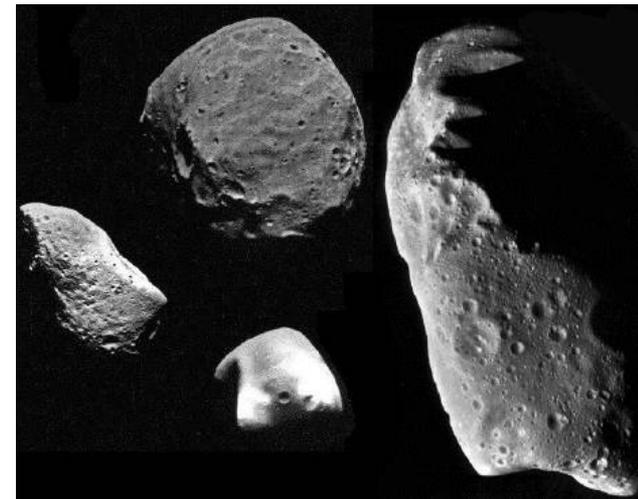
# Солнечная система

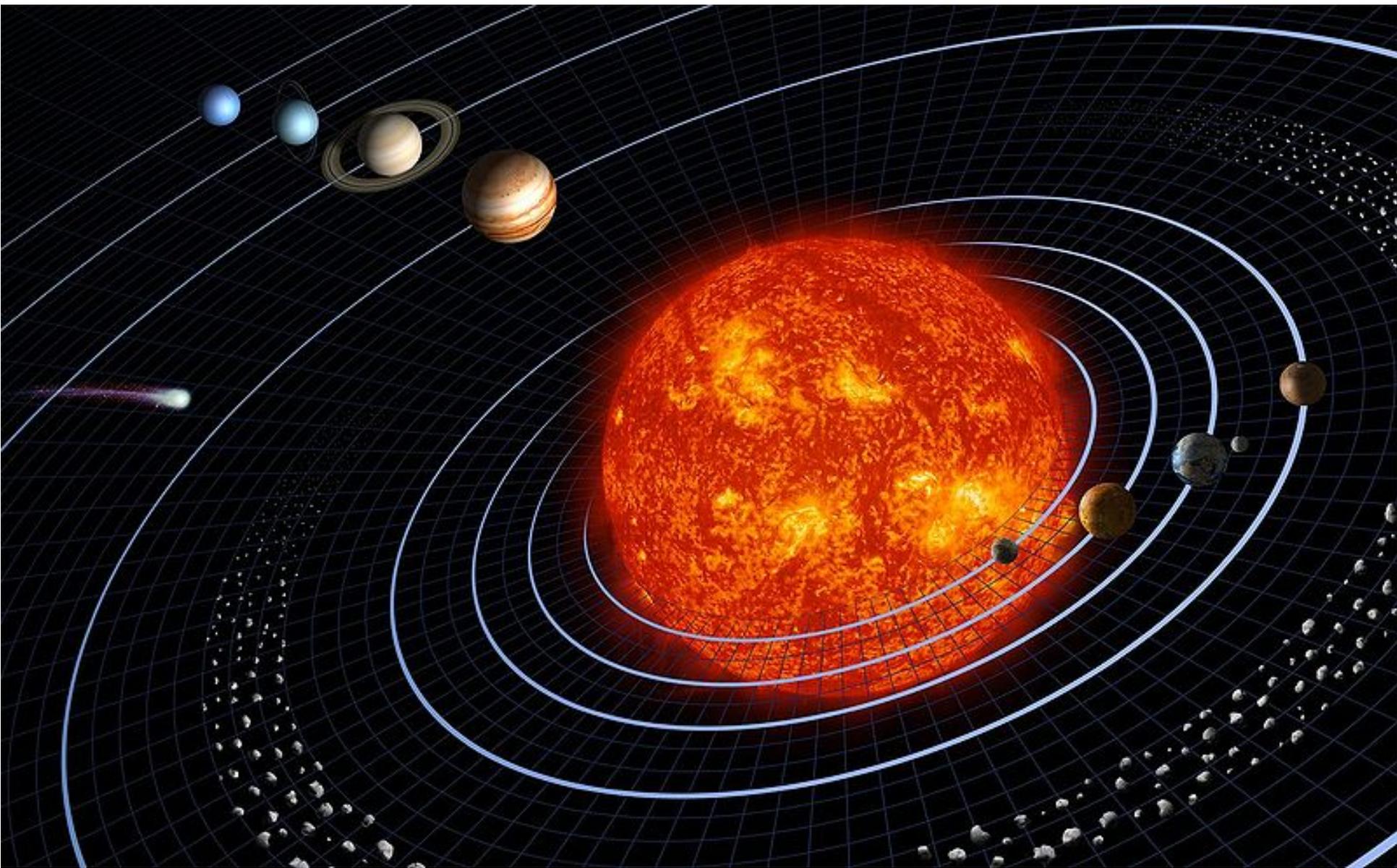
**Астероиды** – многочисленные малые планеты, вращающиеся вокруг Солнца. Их число уже превысило 40 тыс. Диаметр наиболее крупной из них, Цереры, составляет 770 км. Общая масса астероидов 1/1000 массы Земли.

**Кометы** – ледяные тела, состоящие из  $C_3$ ,  $C_2$ ,  $CN$ ,  $CH$ ,  $OH$ ,  $NH$ ,  $NH_2$ , а также  $CO$ ,  $N^{2+}$ ,  $CH^+$  и атомов  $H$ ,  $O$ ,  $Na$  и др. Время жизни кометы не может превышать 1000 оборотов вокруг солнца, так как они теряют значительную часть своего вещества

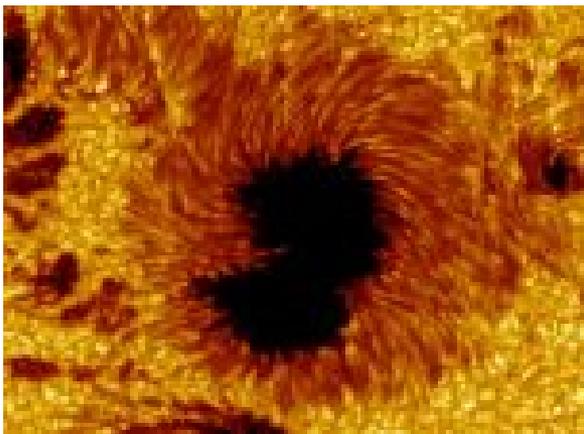


КА "Галилео" передал на Землю показанное слева изображение астероида Гаспра в октябре 1991 г. Размеры астероида - 20 x 12 x 11км. Разрешение снимка 100 м





Солнечная система (масштаб не соблюден )



*Краткие характеристики планеты  
Меркурий*

Планета	Расстояние от Солнца
Меркурий	0,387
Венера	0,72
Земля	1
Марс	1,52
Юпитер	5,2
Сатурн	9,54
Уран	19,18
Нептун	30,06
Плутон	39,44

**Солнце** — основное тело Солнечной системы, ближайшая к нам звезда (среднее расстояние от Земли примерно 149,6 млн. км), плазменный шар, удерживающий вокруг себя все остальные её тела своим тяготением. Излучение Солнца является основным источником энергии для жизни на Земле.

Солнце — одна из 100 миллиардов звёзд нашей Галактики; расположено в одном из её рукавов примерно в 25 000—28 000 световых годах от центра Млечного Пути и совершает один оборот примерно за 226 млн. лет. Возраст Солнца — 5 млрд. лет. Спектральный класс Солнца G2V, оно является жёлтым карликом.

# Солнце

Солнце неоднородно и в разрезе и на поверхности. Яркий слой поверхности, который мы видим – это нижняя часть атмосферы – фотосфера. Ее диаметр  $\approx 1,5$  млн.км. Фотосфера непрозрачна. Выше ее находится розоватая хромосфера. Ее мощность  $\approx 14\,000$  км.

Еще более грандиозная солнечная корона окружает хромосферу. Ее мощность - несколько солнечных радиусов.

- **Состав Солнца:**
- **H - 94%**
- **He – 5.9%**
- **Остальные 67 элементов, установленные на Солнце – 0,1%. Преобладают O, C, N, Mg и Si.**
- **На Солнце не известны As, Se, Br и некоторые другие. Из тяжелых атомов обнаружен лишь Pb.**

Распространенность элементов на Солнце совпадает с их распространенностью в метеоритах → общность их происхождения. Но резкое преобладание здесь H и He отражает его газообразную природу.

# Влияние Солнца на процессы на Земле

## Примеры:

- изменение потока солнечного излучения на 0,1 % достаточно, чтобы вызвать глобальные изменения климата
- Влияние на состояние трубопроводов. Если в атмосфере изменяется электромагнитное поле, то в трубе может возникнуть индукционный ток. Он разрушает катодную защиту трубопровода, который в результате ржавеет.
- Во время магнитных бурь плотные слои атмосферы устремляются вверх, скорость вращения спутников замедляется – происходит аномальное торможение. По этой причине в начале 70-х годов сошли с орбиты и сгорели в атмосфере американская станция «Скайлэб» и наш «Союз-7».
- В 1989 г. куда более слабая вспышка на Солнце, чем идут сейчас вызвала перегрузку в электросетях и Оттава на 9 часов осталась без электроэнергии.
- В 17 веке отмечались сбои в поведении Солнца. Тогда на Солнце отмечалось очень мало пятен и на Земле началось похолодание, продолжавшееся почти 70 лет (маундеровский минимум)
- Вспышка 23.02.1956 г. замедлила вращение Земли на  $2 \text{ мкс/сут. } 10^{-7}$  части этой энергии вспышки хватило бы, чтобы превратить всю воду океанов Земли в пар.

# Меркурий



Атмосфера Меркурия своеобразна и состоит, в основном, из **кислорода, натрия и гелия**. Из-за высокой температуры планеты атомы атмосферы все время улетучиваются в космос, но также постоянно пополняются за счет атомов, приносимых солнечным ветром.

Из-за очень сильного разрежения, понятие – атмосфера Меркурия, носит скорее условный характер, атмосферное давление Меркурия меньше земного в 500 000 000 000 раз, а это сравнимо с обыкновенным вакуумом.

Поверхность Меркурия покрыта тысячами кратеров, возникших вследствие столкновения с метеорами. В условиях почти отсутствующей атмосферы, падающие метеоры не сгорают от трения и благополучно достигают поверхности планеты. Наряду с этим Меркурий содержит возвышенности и равнины. Одна из самых заметных равнин Меркурия это Равнина Жары. Ее размер составляет 1300 км. в диаметре. Появление равнины предписывают столкновением планеты с массивным астероидом.

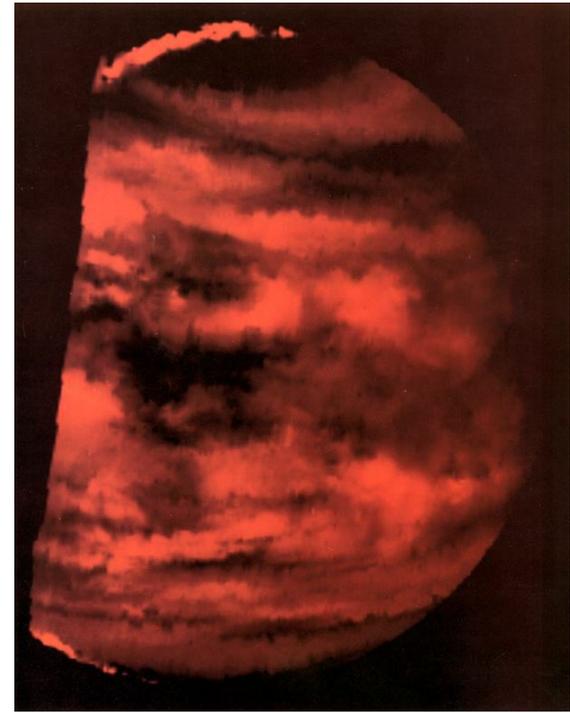
За всю историю освоения космоса, только один космический аппарат, Mariner-10, посещал Меркурий (1974 – 1975). Благодаря его полету была составлена карта около половины поверхности планеты. Mariner-10 обнаружил наличие у планеты слабого магнитного поля, подобное магнитному полю Земли, но намного меньше его. Однако если сопоставить размеры планет, то магнитное поле Земли и Меркурия вполне сравнимы.

В 1991 году астрономы обнаружили на планете водный лед, на северном и южном полюсах планеты. Лед находится в глубоких кратерах, куда не попадают прямые солнечные лучи.

В августе 2004 года с мыса Канаверал к Меркурию стартовал межпланетный американский космический аппарат Messenger. 18 марта 2011 года станция благополучно вышла на орбиту Меркурия. Ученые возлагают на эту миссию большие надежды и рассчитывают получить данные о составе поверхности планеты и ее атмосфере а так же составить подробную карту Меркурия.

# Венера

Климатические условия на планете достаточно суровы. Температура на её поверхности практически не подвержена суточным колебаниям и находится на уровне 450-480 градусов Цельсия. Венера получает солнечной радиации в пять раз больше Земли, но её температура сравнима с Меркурием (солнечной радиации получает в 10 раз больше, чем Земля и в 2 раза больше Венеры). Почему же на планете так горячо? Все дело в «парниковом эффекте». Из-за особенности Венерианской атмосферы, излишки тепла не рассеиваются в космосе, а остаются на планете. Давление атмосферы в 90 больше Земного, примерно такое же давление оказывает на человека вода на глубине 900 метров. Атмосфера Венеры состоит, в основном из **углекислого газа (CO<sub>2</sub>) – 97%, азота(N<sub>2</sub>) – 3% и водяного пара (H<sub>2</sub>O) - 0,05%**. Предполагается, что облачный слой Венеры содержит концентрированную (75-80%) **серную кислоту и водяной пар**.

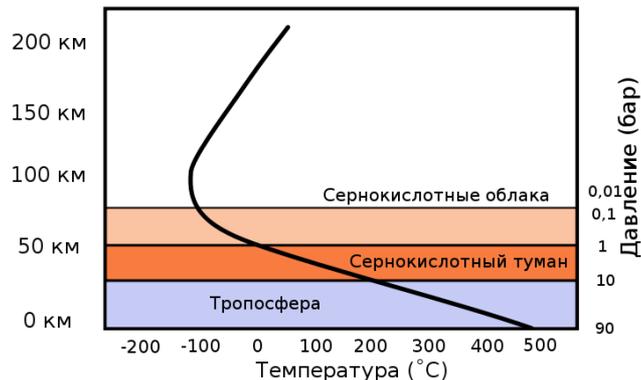


Фотография Венеры со спутника Галилео

# Венера

Первые две автоматические станции "Венера" в шестидесятых годах не смогли достигнуть планеты, сойдя с траектории. Следующие станции разрушились, не выдержав суровых условий атмосферы, и лишь спускаемый аппарат "Венера-7" 15 декабря 1970 года достиг поверхности и проработал на ней 23 минуты, успев провести массу исследований в атмосфере, измерить температуру на поверхности (около 500°C) и давление (100 атмосфер). Средняя плотность поверхностных пород равна 2,7 г/см<sup>3</sup>, что близко к плотности земных базальтов. Аппараты "Венера-13" и "Венера-14" выяснили, что грунт Венеры состоит на 50 % из кремнезема, 16 % - алюминиевых квасцов и на 11 % из окиси магния.

Пейзаж, снятый "Венерой-13", имеет оранжевый оттенок, т.к. атмосфера не пропускает синие лучи. Если удалить освещение, создаваемое атмосферой, то скалы видны в их натуральном сером цвете. На фотографиях поверхности Венеры можно различить каменистую пустыню с характерными скальными образованиями. Свежие осыпи камней и застывшие потоки лавы говорят о непрекращающейся тектонической активности.



# Марс

МАРС, планета, среднее расстояние от Солнца 228 млн. км, период обращения 687 суток, период вращения 24,5 ч, средний диаметр 6780 км, масса  $6,4 \cdot 10^{23}$  кг;

2 естественных спутника — Фобос и Деймос. Участки поверхности Марса, покрытые кратерами, похожи на лунный материк.

Значительный научный материал о Марсе получен с помощью космических аппаратов «Маринер» и «Марс».

Минимальное расстояние от Солнца примерно 207, максимальное — 249 млн. км; из-за этого различия количество поступающей от Солнца энергии варьируется на 20-30%.

Поскольку наклон экватора к плоскости орбиты значителен ( $25,2^\circ$ ), на планете существуют заметные сезонные изменения. Период обращения Марса вокруг Солнца почти вдвое больше земного года (686,98 земных суток). Период суточного обращения Марса вокруг своей оси почти такой же, как у Земли (24 ч 37 мин 22,58 с).

Экваториальный радиус планеты равен 3394 км, полярный — 3376,4 км.

Уровень поверхности в южном полушарии в среднем на 3-4 км выше, чем в северном.

Масса Марса составляет  $6,44 \cdot 10^{23}$  кг, то есть 0,108 массы Земли. Средняя плотность 3,95 г/см<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения на экваторе 3,76 м/с<sup>2</sup>.

Качественно новый уровень исследований Марса начался в 1965, когда для этих целей стали использоваться космические аппараты, которые вначале облетали планету, а затем (с 1971) и опускались на ее поверхность.

# Марс

Состав атмосферы:

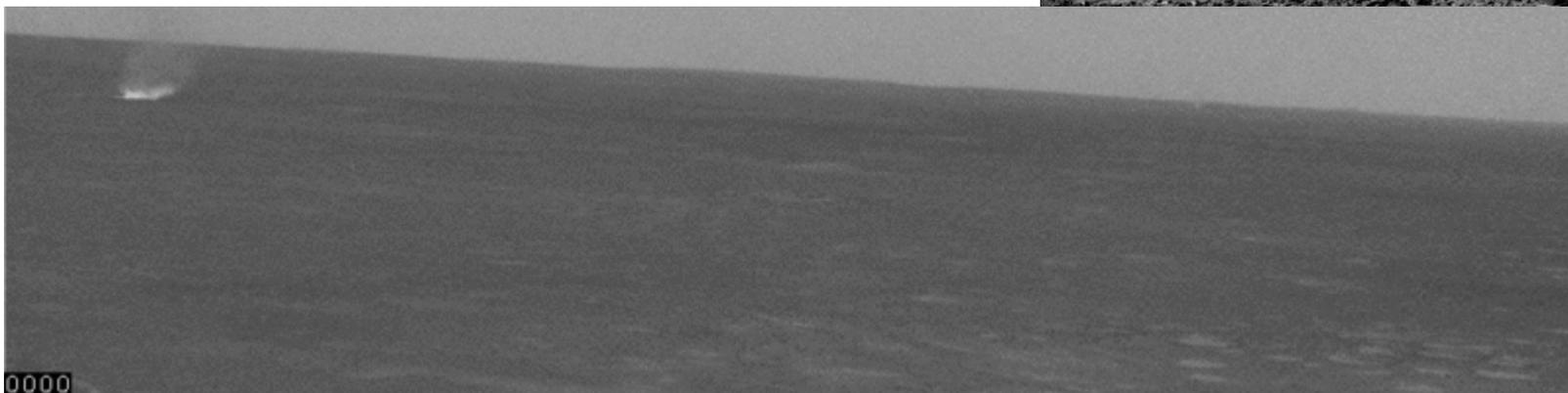
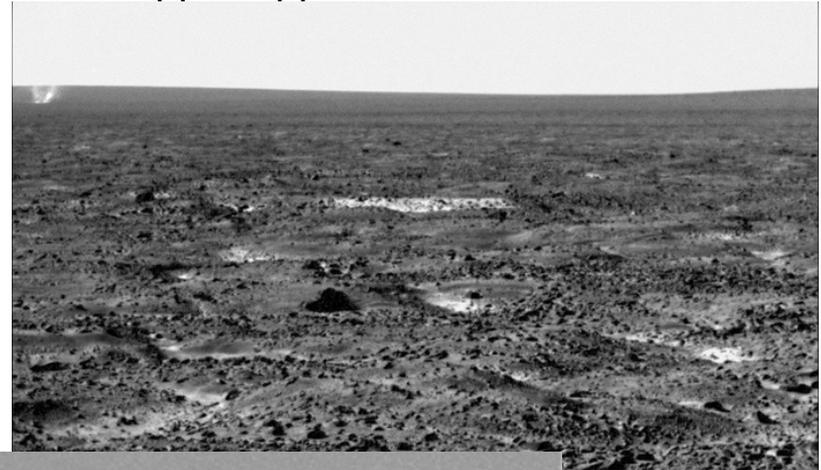
Газ	Содержание
CO <sub>2</sub>	95,32
N <sub>2</sub>	2,7
Ar	1,6
O	0,13
CO	0,07
H <sub>2</sub> O	0,03
Ne	0,0025
Kr	0,0003
Xe	0,000008
O <sub>3</sub>	0,000003

Атмосфера сильно разрежена (0,01 от земной).

Полярные шапки состоят из льда. Летом они сильно тают, зимой – разрастаются. Мощность покрова оценивается от 1 м до 1 км.

Поверхность похожа на лунную. Цвет обусловлен наличием гидроокислов железа.

T<sup>0</sup> на экваторе от +16<sup>0</sup>C в полдень до -80<sup>0</sup>C в полночь.  
На полюсах до -143<sup>0</sup>C



# Марс



Снимок Марса космическим телескопом Хаббл



Элементный состав поверхностного слоя марсианской почвы по данным посадочных аппаратов неодинаков в разных местах. Основная составляющая почвы —  $\text{SiO}_2$  (20-25 %), содержащий примесь гидратов окиси Fe (до 15 %), придающих почве красноватый цвет. Имеются значительные примеси соединений S, Ca, Al, Mg, Na (единицы % для каждого).

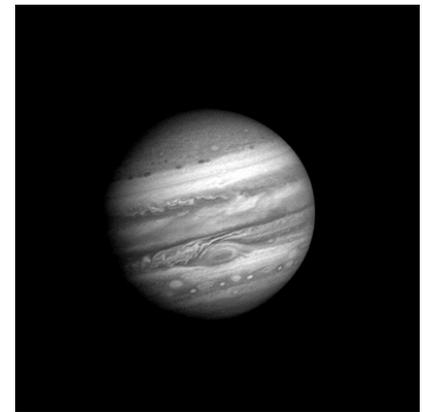
Соотношение pH и некоторые другие параметры марсианских почв близки к земным и на них теоретически можно было бы выращивать растения. «Фактически, мы обнаружили, что почва на Марсе отвечает требованиям, а также содержит необходимые элементы для возникновения и поддержания жизни как в прошлом, так и в настоящем и будущем». «Мы были приятно удивлены полученными данными. Такой тип грунта широко представлен и у нас на Земле. В нём отмечено высокое (значительно большее, чем предполагалось) содержание щелочей, обнаружены кристаллы льда. Такой грунт вполне пригоден для выращивания различных растений. Здесь нет ничего, что делало бы жизнь невозможной. Даже наоборот: с каждым новым исследованием мы находим дополнительные подтверждения в пользу возможности её существования», сообщил ведущий исследователь-химик проекта Сэм Кунейвс.

# ЮПИТЕР

ЮПИТЕР, пятая от Солнца большая планета Солнечной системы, самая крупная из планет-гигантов.

Юпитер имеет 16 спутников (Адрастея, Метида, Амальтея, Фива, Ио, Европа, Ганимед, Каллисто, Леда, Гималия, Лиситея, Элара, Ананке, Карме, Пасифе, Синопе), а также кольцо шириной около 6 тыс. км, почти вплотную примыкающее к планете. Юпитер движется вокруг Солнца по близкой к круговой эллиптической орбите, плоскость которой наклонена к плоскости эклиптики под углом  $1^{\circ}18,3'$ . Экватор наклонен к плоскости орбиты под углом  $3^{\circ}5'$ ; из-за малости этого угла сезонные изменения на Юпитере выражены весьма слабо. Юпитер, совершает один оборот за 11, 862 земных года. Юпитер не имеет твердой поверхности, поэтому, говоря о его размерах, указывают радиус верхней границы облаков, где давление порядка 10 КПа; радиус Юпитера на экваторе равен 71400км.

В атмосфере Юпитера отчетливо просматриваются параллельные плоскости его экватора слои, или зоны, вращающиеся вокруг оси планеты с различными угловыми скоростями. Быстрее всего вращается экваториальная зона — период ее обращения 9 ч 50 мин 30 с, что на 5 мин 11 с меньше периода обращения полярных зон. Так быстро не вращается ни одна другая планета Солнечной системы. Масса Юпитера составляет  $1,899 \times 10^{27}$  кг, что в 317,8 раз превосходит массу Земли, но при этом средняя плотность равна  $1,33 \text{ г/см}^3$ , то есть в 4 раза меньше, чем у Земли.





# Сатурн

Планета Сатурн. Радиус планеты Сатурн - 60 268 км, масса -  $5,685 \times 10^{23}$  т., плотность -  $0,69 \text{ г/см}^3$ , сутки - 10 часов 11 минут, угол орбиты -  $26,73^\circ$ . Температура на планете  $-150^\circ\text{C}$ . Сатурн с его кольцом - самая удивительная планета в Солнечной системе. Широкое, совершенно плоское кольцо окружает экватор планеты, как шляпу - ее поля. Оно расположено наклонно к тому кругу, по которому Сатурн обходит Солнце за 29,5 лет. Поэтому в зависимости от положения Сатурна на его пути кольцо поворачивается к нам то одной стороной, то другой. Каждые 15 лет оно располагается к нам ребром, и тогда его нельзя разглядеть даже в самые сильные телескопы. Сатурн во многом напоминает Юпитер. Многие особенности Юпитера выражены у Сатурна еще более резко. Например, он сжат у полюсов еще сильнее и состоит из вещества, более легкого, чем вода. Сатурн, как и Юпитер, окружен сплошным облачным покровом, но только эта туманная пелена на нем менее пестрая. Полосы и пятна на Сатурне хотя и есть, но они выделяются не так резко, как на диске Юпитера.

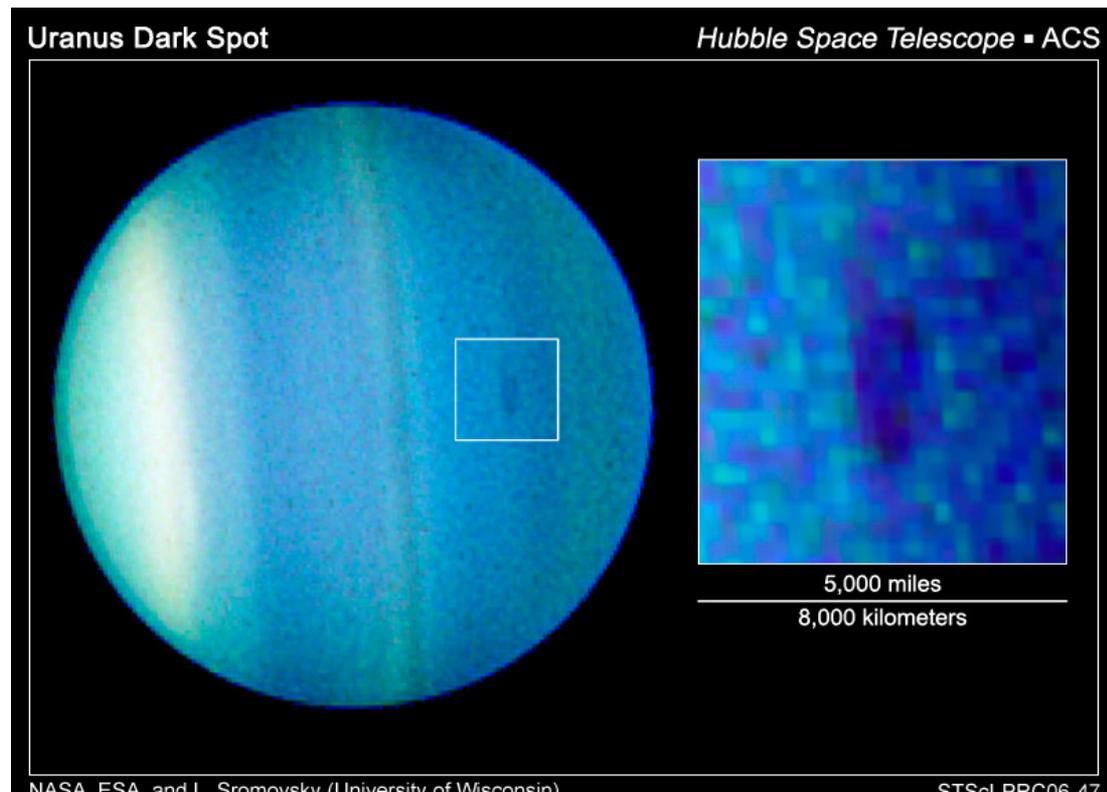
Планета Сатурн движется по своей орбите со средней скоростью 2,64 км/с; период обращения вокруг Солнца составляет 29,46 земных лет. Планета не имеет четкой твердой поверхности, оптические наблюдения затрудняются непрозрачностью атмосферы. Для экваториального и полярного радиусов приняты значения 60 тыс. км и 53,5 тыс. км. Средний радиус Сатурна в 9,1 раз больше, чем у Земли. Масса Сатурна составляет  $5,68 \cdot 10^{26}$  кг, что в 95,1 раз превосходит массу Земли; при этом средняя плотность Сатурна, равная  $0,68 \text{ г/см}^3$ , почти на порядок меньше, чем плотность Земли. Ускорение свободного падения у поверхности Сатурна на экваторе равно  $9,06 \text{ м/с}^2$ . Поверхность Сатурна (облачный слой), как и Юпитера, не вращается как единое целое. Тропические области в атмосфере Сатурна обращаются с периодом 10 ч 14 мин земного времени, а на умеренных широтах этот период на 26 мин больше. Атмосфера планеты Сатурн - в основном, **водород и гелий**. Но из-за особенности образования планеты большая, нежели на Юпитере, часть Сатурна приходится на другие вещества. Вояджер 1 выяснил, что около 7 процентов объема верхней атмосферы Сатурна - **гелий** (по сравнению с 11-ю процентами в атмосфере Юпитера), в то время как почти все остальное - **водород**.

# Уран

Уран — седьмая планета от Солнца и третья по размеру. Интересно, что Уран хоть и больше в диаметре, но меньше массой, чем Нептун. Расстояние от Солнца 2870990000 км, экваториальный диаметр: 51 118 км, в 4 раза больше земного, масса:  $8.686 \cdot 10^{25}$  кг, 14 масс Земли. Период обращения вокруг Солнца 84,25 года. Средняя температура на Уране - около 60 Кельвинов. Уран сформировался из первоначальных твердых тел и различных льдов (подо льдами здесь надо понимать не только водяной лед), он лишь на 15% состоит из **водорода, а гелия нет почти совсем** (в контраст Юпитеру и Сатурну, которые, по большей части, - водород). **Метан, ацетилен и другие углеводороды** существуют в значительно больших количествах, чем на Юпитере и Сатурне. Ветры в средних широтах на Уране перемещают облака в тех же направлениях, что и на Земле. Эти ветры дуют со скоростью от 40 до 160 метров в секунду; на Земле быстрые потоки в атмосфере перемещаются со скоростью около 50-ти метров в секунду. Синий цвет Урана является результатом поглощения красного света метаном в верхней части атмосферы. Вероятно, существуют облака других цветов, но они прячутся от наблюдателей перекрывающим слоем метана.

Атмосфера Урана (но не Уран в целом!) состоит примерно из 83% Н, 15% Не и 2%  $\text{CH}_4$ . Кроме того, оказывается, что Уран не имеет твердого ядра, и вещество более или менее единообразно распространено по всему объему планеты. Это отличает Уран (да и Нептун тоже) от его более крупных родственников.

Возможно, эта обедненность легкими газами — следствие недостаточной массы зародыша планеты, и в ходе образования, Уран не смог удержать возле себя большее количество водорода и гелия. А может быть, в этом месте зарождающейся планетной системы вовсе не было столько легких газов, что, конечно, в свою очередь, тоже требует объяснений.



# НЕПТУН

НЕПТУН, планета, среднее расстояние от Солнца 30,06 а. е. (4500 млн. км), период обращения 164,8 года, период вращения 17,8 ч, экваториальный диаметр 49 500 км, масса  $1,03 \cdot 10^{26}$  кг, состав атмосферы:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{He}$ . Нептун имеет 6 спутников. Из всех элементов на Нептуне преобладают **водород и гелий** примерно в таком же соотношении, как и на Солнце: на один атом гелия приходится около 20 атомов водорода. В несвязанном состоянии водорода на Нептуне значительно меньше, чем на Юпитере и Сатурне. Присутствуют и другие элементы, в основном легкие. На Нептуне, как и на других планетах-гигантах, произошла многослойная дифференциация вещества, в процессе которой образовалась протяженная ледяная оболочка как на Уране. По теоретическим оценкам, имеется и мантия, и ядро. Масса ядра вместе с ледяной оболочкой согласно расчетным моделям может достигать 90% всей массы планеты.

Около Нептуна движутся 6 спутников. Самый крупный из них — Тритон — имеет радиус 1600 км, что немногим (на 138 км) меньше радиуса Луны, хотя масса его на порядок меньше. Второй по величине спутник, Нереида, значительно меньших размеров (радиус 100 км) и в 20000 раз меньше по массе, чем Луна.

## Химический состав лунного реголита, в%.

Элементы	Доставлен «Луной-20»	Доставлен «Луной-16»
Si	20,0	20,0
Ti	0,28	1,9
Al	12,5	8,7
Cr	0,11	0,20
Fe	5,1	13,7
Mg	5,7	5,3
Ca	10,3	9,2
Na	0,26	0,32
K	0,05	0,12

# Луна

Луна – небольшое небесное тело.  $R=1740$  км, масса –  $7,345 \times 10^{25}$  г.

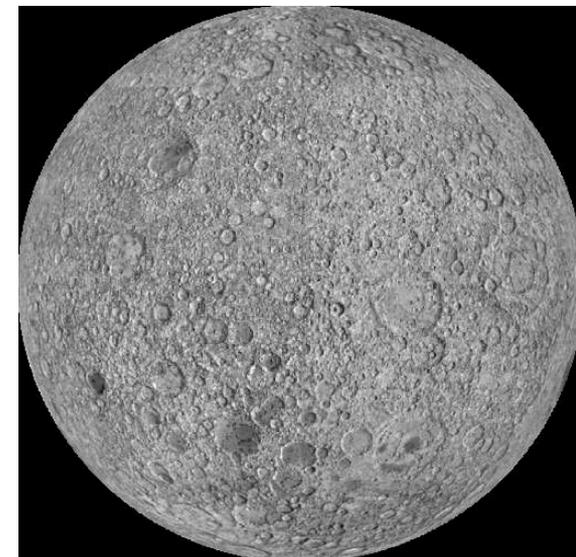
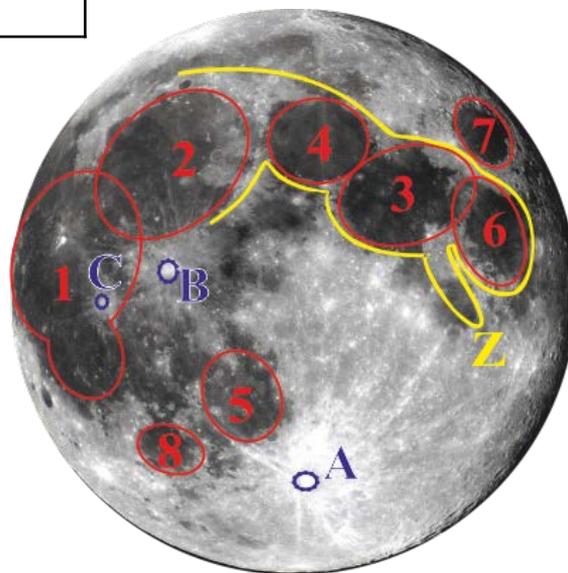
Ее объем меньше земного в 49 раз, масса – 81,3 раза. Поверхность представляет собой чередование темных “морей” и светлых “материков”. Моря находятся только на видимой стороне луны и представляют собой поля базальтов. Материки сложены анортозитами.

В результате падения метеоритов вся поверхность Луны превращена в пылевидный материал - реголит.

АМС «Луна - 20» доставила грунт из материкового района, «Луна - 16» из морского.

Основные детали на лунном диске, видимые невооружённым глазом.

Z — «лунный заяц», А — кратер Тихо, В — кратер Коперник, С — кратер Кеплер, 1 — Океан Бурь, 2 — Море Дождей, 3 — Море Спокойствия, 4 — Море Ясности, 5 — Море Облаков, 6 — Море Изобилия, 7 — Море Кризисов, 8 — Море Влажности



# Луна

Строение Луны:

1. Кора мощностью  $\approx 60$  км на видимой стороне и 100 км на темной стороне.
2. Мантия  $\approx 800-1000$  км.
3. Ядро  $\approx 700$  км.

Предполагается, что ядро нагрето до  $1500^{\circ}\text{C}$  и соответствует по свойствам астеносфере.

Луна тектонически активна. Ежегодно здесь фиксируется до 3000 лунотрясений. Глубина их очагов 600-800 км.

Установлены факты современного вулканизма.

**Источник энергии???**

# Луна

Состав лунных недр

Окисел	Нижняя мантия	Верхний слой	метеорит
SiO <sub>2</sub>	49,1	48,0	49,48
TiO <sub>2</sub>	0,45	0,80	0,46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,0	16,0	5,1
FeO	18,0	9,0	17,39
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5	-	1,34
MgO	19,6	14,0	20,5
CaO	5,3	12,0	4,02
Na <sub>2</sub> O	0,1	-	0,17
MnO	0,5	0,4	0,5

По данным показателей отражения Луны морские базальты составляют 16% ее поверхности, нориты – 11%, анортозитовое габбро – 54%, габбровые анортозиты – 19%.

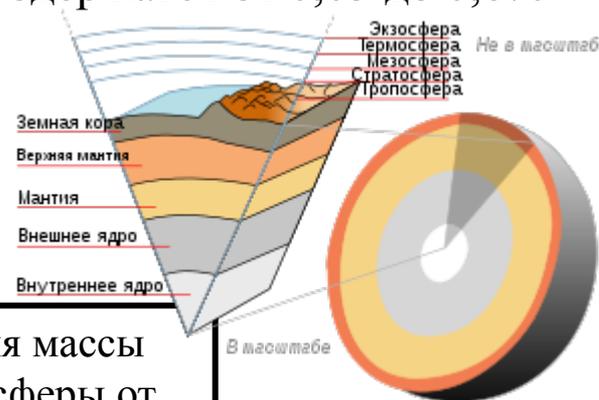
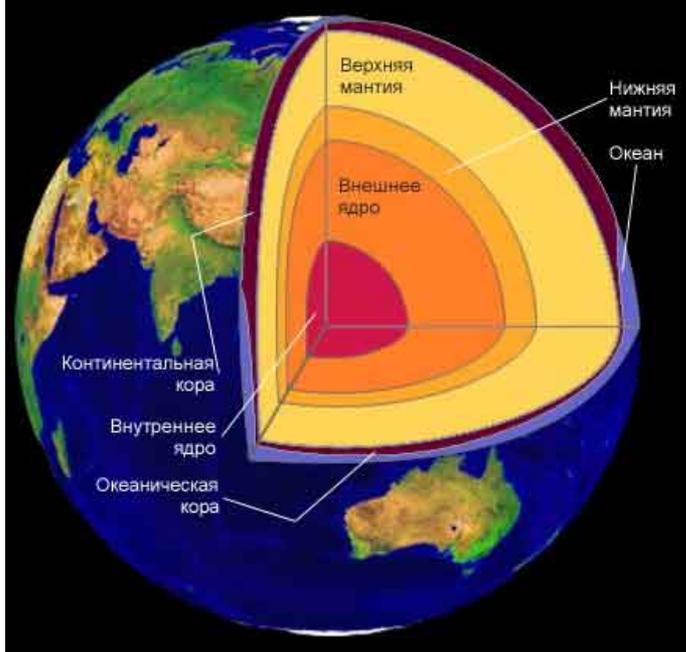
Отсутствие слюд и хлоритов указывает на отсутствие постмагматических (гидротермальных) процессов. Лунные базальты отличаются от земных. Они богаче Ti, Fe, Mg, Zr, Ba, U, но беднее Si, Na и летучими. Они ближе к метеоритам.

Луна имеет разреженную атмосферу (примерно 0,001 земной по концентрации молекул). Днем в атмосфере увеличивается содержание Ar, ночью – H, He и Ne

# Земля

**Общий состав Земли.** Земля состоит в основном из 15 элементов:

- 1. Fe, O, Si и Mg** составляют 92% ее массы
- 2. Ni, Ca, S, Al** содержатся в количестве более 1% каждый;
- 3. Na, Cr, Mn, Co, P, K, Ti** содержатся от 0,05 до 0,6% каждый



Геосфера	Расстояние от нижней границы до поверхности Земли, км	Объем $10^{18} \text{м}^3$	Масса $10^{21} \text{кг}$	Доля массы геосферы от массы Земли
Атмосфера	2000	1320	~ 0,005	~ $10^{-6}$
Гидросфера	До 11	1,4	1,4	0,02
Земная кора	5-70	10,2	28	0,48
Мантия	До 2900	896,6	4013	67,2
Ядро	6371	175,2	1934	32,3
Вся Земля (без атмосферы)		1083,4	5976	100

# Земля

Валовый состав Земли  
по Mason, 1966, вес%

**Ядро** – предположительно имеет Fe-Ni состав. Ядро жидкое, так как затухают поперечные волны.

**Мантия** – состав верхней мантии может быть установлен по ксенолитам.

Элемент	Состав, %
Fe	34,63
Ni	2,39
Co	0,13
S	1,93
O	29,53
Si	15,2
Mg	12,7
Ca	1,13
Al	1,03
Na	0,57
Cr	0,26
Mn	0,22
K	0,07
Ti	0,05
P	0,10

Окисел	мантия	Верхняя мантия
SiO <sub>2</sub>	49,9	45,0
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,64	3,3
FeO	8,0	8,0
MgO	35,1	39,8
MnO	-	0,13
CaO	2,89	2,6
Na <sub>2</sub> O	0,34	0,34
K <sub>2</sub> O	0,02	0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,44
Сумма	100	100



