

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение
профессиональная образовательная организация
«Брянское государственное училище (колледж) олимпийского резерва»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по дисциплине

АСТРОНОМИЯ



ЧАСТЬ

Дмитроченков А.Е.

Астрономия. Учебное пособие в 3-х частях Часть II / А.Е. Дмитроченков, ФГБУ ПОО «БГУОР». – Брянск, 2022

Настоящее учебное пособие является переработанным вариантом широко известного учебника Б.А. Воронцова-Вельяминова «Астрономия 11 класс». В нем сохранены структура и методология изложения материала. Пособие образует завершенную предметную линию.

Содержание пособия соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования.

Курс астрономии, изложенный в данном пособии, рекомендуется использовать для обучающихся первого года обучения средних профессиональных учебных заведений, не зависимо от получаемой специальности.

Материал пособия составлен в соответствии с программой курса и предлагает комплексное (теоретическое и практическое) изучение ключевых вопросов миропонимания.

Рассмотрено и утверждено на заседании Методического Совета ФГБУ ПОО «БГУОР»

Протокол № ____ от _____ 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

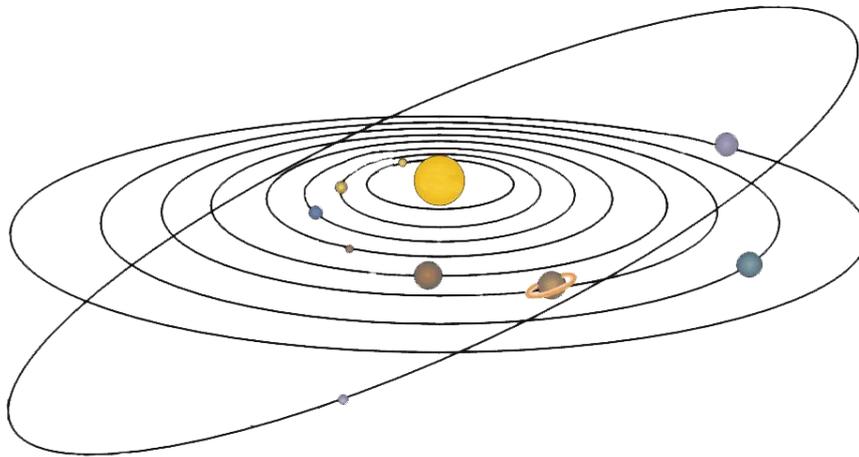
РАЗДЕЛ 4. СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

4.1	Развитие представлений о строении мира	4
4.2	Общие характеристики планет	9
4.3	Земля и Луна	12
4.4	Планеты земной группы	14
4.5	Планеты-гиганты	17
4.6	Малые тела Солнечной системы	21

РАЗДЕЛ 4. СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

4.1. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СТРОЕНИИ МИРА

Солнечная система — это прежде всего Солнце и восемь больших планет, к числу которых относится и Земля



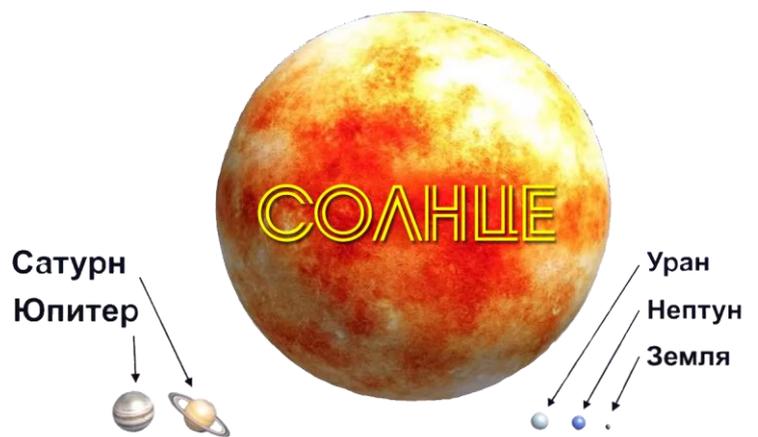
- 1 – Меркурий
- 2 – Венера
- 3 – Земля
- 4 – Марс
- 5 – Юпитер
- 6 – Сатурн
- 7 – Уран
- 8 – Нептун

Кроме больших планет со спутниками, вокруг Солнца обращаются **карли-**

ковые планеты, которые по диаметру меньше Луны и огромное число малых тел Солнечной системы - **астероиды** и **кометы**.

Вокруг Солнца движутся также тела размером в десятки и сотни метров, глыбы и камни, множество мелких камешков и пылинок. Чем меньше размеры этих частиц, тем их больше.

Межпланетная среда — это крайне разреженный газ. Движением всех больших и малых тел Солнечной системы зависит от Солнца, масса которого в 750 раз превышает суммарную массу всех планет.

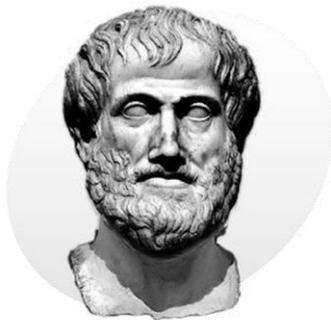


В древности считалось, что Земля является неподвижной, плоской и находится в центре мира.

Выдающийся математик **Пифагор** первым высказал мысль о том, что Земля, как и все другие небесные тела, имеет шарообразную форму и находится во Вселенной без всякой опоры.

Другой грек, **Демокрит** — считал, что Солнце во много раз больше Земли, что Луна сама не светится, а лишь отражает солнечный свет, а Млечный Путь состоит из огромного количества звезд.

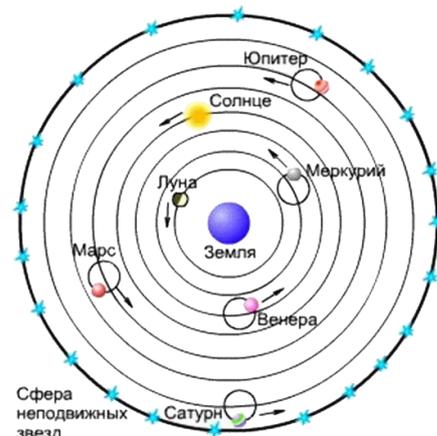




Обобщить все знания, которые были накоплены к IV в. до н.э., смог выдающийся философ античного мира **Аристотель**. Согласно его учению, менее тяжелое стремится к центру Вселенной, где скапливается и образует шарообразную массу — Землю. Планеты размещены на особых сферах, которые вращаются вокруг Земли.

Такая система мира получила название **геоцентрической** (от греческого названия Земли — Гея).

Многие мысли Аристотеля в то время не могли быть проверены опытом.



Среди ученых древности выделяется смелостью своих догадок **Аристарх Самосский**. Он первым определил расстояние до Луны, вычислил размеры Солнца, которое, по его данным, оказалось в 300 с лишним раз больше Земли по объему. Вероятно, эти учения стали одним из оснований для вывода о том, что Земля вместе с другими планетами движется вокруг Солнца.

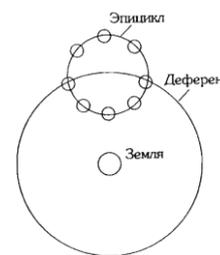


В наши дни Аристарха Самосского стали называть «Коперником античности». К сожалению, труды этого замечательного ученого до нас практически не дошли, и более полутора тысяч лет человечество было уверено, что Земля — это неподвижный центр мира.

В немалой степени этому способствовало математическое описание видимого движения светил, которое разработал для геоцентрической системы мира — **Клавдий Птолемей** во II в. н. э.



Птолемей в своем знаменитом сочинении «Альмагест» утверждал, что каждая планета равномерно движется по *эпициклу* — малому кругу, центр которого движется вокруг Земли по *деференту* — большому кругу. Тем самым ему удалось объяснить особый характер движения планет, которым они отличались от Солнца и Луны.

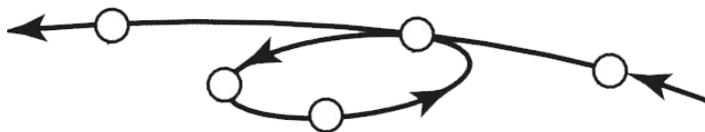


Гелиоцентрическая система мира

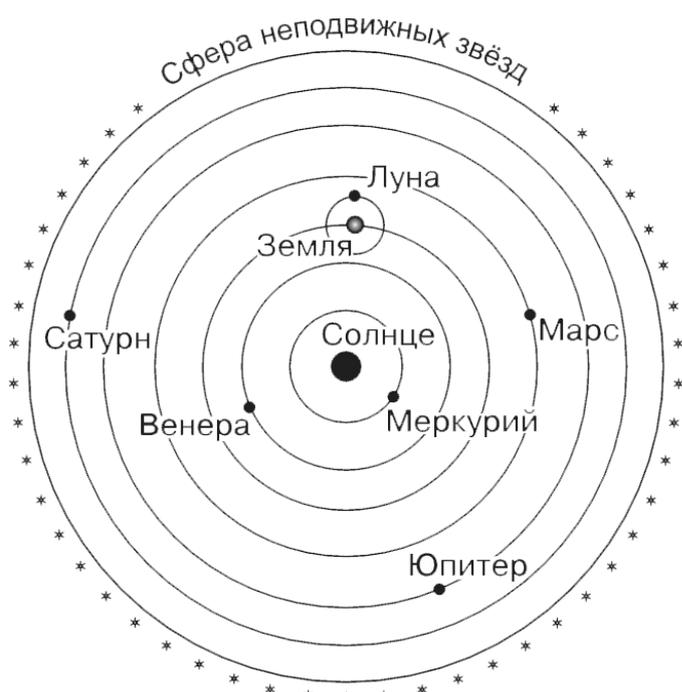
С течением времени требования к точности расчетов движения небесных тел постоянно возрастали. Увеличить точность с помощью эпициклов Птолемея не получалось. Все это усложняло геоцентрическую систему. Тем не менее, она просуществовала около 1000 лет. Наступила эпоха средневековья, в течение которого не было сделано ни одного существенного открытия в области астрономии.

Лишь в конце периода Средневековья — в эпоху Возрождения наблюдается новый всплеск интереса к знаниям. В 1543 г. была издана книга польского ученого

Николая Коперника в которой он обосновал новую **гелиоцентрическую** систему мира.



Дело в том, что при наблюдении за движением некоторых планет с Земли наблюдатели замечали, что планеты совершают петлю (объяснялась это петлеобразное движение эпициклом, но точность измерений движения не совпадала с наблюдаемыми данными).



Геоцентрический подход к объяснению движения перестал устраивать ученых. Необходимо было другое объяснение наблюдаемому событию!

Коперник предположил, что все планеты движутся одинаково вокруг общего центра, но движение планет по орбитам неравномерное. Планеты, расположенные ближе к Солнцу согласно закона центростремительного ускорения, движутся быстрее расположенных дальше от него.

Таким образом, пока Земля и Марс движутся последовательно, наблюдатель видит прямолинейное движение Марса.

Но затем Земля начинает обгонять Марс (т.к. ее орбита ближе к Солнцу) и для наблюдателя создается иллюзия попятного движения Марса (как будто планета совершает петлю). Затем орбиты снова выравниваются и вновь наблюдатель видит прямолинейное движение.

На самом деле Коперник понял, что если в центре мира разместить не Землю, а Солнце (Гелиос) и представить, что все планеты вращаются вокруг него, то не потребуется никаких эпициклов и деферентов для понимания движения планет.

Создание гелиоцентрической системы мира ознаменовало новый этап в развитии не только астрономии, но и всего естествознания.



Особо важную роль сыграла идея Коперника о том, что за наблюдаемой картиной происходящих явлений, которая нам кажется истинной, нужно искать и находить недоступную для непосредственного наблюдения сущность этих явлений.

Гелиоцентрическая система открытая, но недоказанная Коперником получила подтверждение и развитие в трудах таких выдающихся ученых, как Галилео Галилей и Иоганн Кеплер.

Галилей (1564—1642), одним из первых направивший телескоп на небо, истолковал сделанные при этом открытия как доводы в пользу теории Коперника.

Обнаруженные им четыре спутника Юпитера опровергали представления о том, что Земля является центром мироздания.

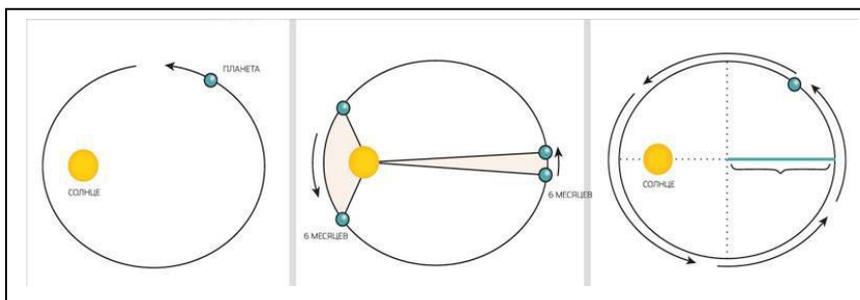
Галилей не только увидел горы на Луне, но даже измерил их высоту. Он также наблюдал пятна на Солнце и заметил их перемещение по солнечному диску. На этом основании он заключил, что Солнце вращается.

Наконец, наблюдая в Млечном Пути множество слабых звезд, недоступных невооруженному глазу, Галилей сделал вывод о том, что расстояния до звезд различны и никакой «сферы неподвижных звезд» не существует.



Законь движения планет Кеплера

Важную роль в формировании представлений о строении Солнечной системы сыграли также законы движения планет, которые были открыты **Иоганном Кеплером** (1571—1630).



Первый закон Кеплера

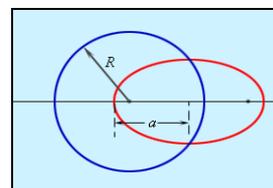
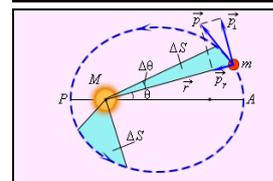
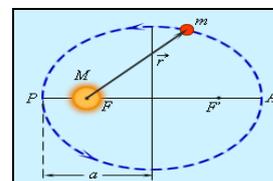
Планеты Солнечной системы движутся по эллиптическим орбитам в одном из фокусов которой находится Солнце.

Второй закон Кеплера

Радиус-вектор планеты описывает в равные промежутки времени равные площади.

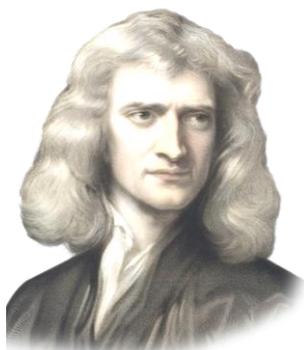
Третий закон Кеплера

Квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их орбит (на рисунке круговая и эллиптическая орбиты; при $R=a$ периоды обращения тел по этим орбитам одинаковы).



Работы Кеплера создали возможность для обобщения знаний по механике и появления законов динамики и закона всемирного тяготения, сформулированных позднее Исааком Ньютоном.

Закон всемирного тяготения Ньютона



Согласно закону всемирного тяготения, изученному в курсе физики, все тела во Вселенной притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

где, M и m — массы тел; r — расстояние между ними; G — гравитационная постоянная ($6,67 \times 10^{-11}$)

$$F = G \frac{M m}{r^2}$$

Вычисление размеров Земли, её форма и расстояние от Солнца

Представление о Земле как о шаре, который свободно, без опоры находится в космическом пространстве является одним из величайших достижений науки древнего мира.

Считается, что первое достаточно точное определение размеров Земли провел греческий ученый **Эратосфен**, живший в Египте.

Идея, положенная в основу измерений Эратосфена, весьма проста: вычислить длину дуги в 1° , а затем длину окружности и величину ее радиуса, т. е. радиуса земного шара.

Эратосфен сравнил полуденную высоту Солнца в один и тот же день в двух городах, находящихся на одном меридиане. Измерив высоту Солнца в городе Сиенна в полдень 22 июня и городе Александрии, Эратосфен установил, что Солнце отстоит от зенита на $7,2^\circ$. Следовательно, длина дуги составляет $7,2^\circ$.

Расстояние между Сиеной и Александрией 5000 греческих стадий (~790 км).

Дуга, соответствующая центральному углу $\alpha = 7,2^\circ$, составляет $1 / 50$ длины окружности ($360^\circ / 7,2^\circ = 50$)

Длина окружности (L) разделенное на расстояние между пунктами измерения должно равняться 50.

$$50 = L / S$$

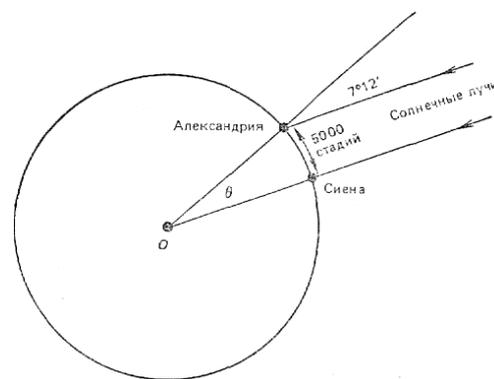
L — неизвестно

S — расстояние между пунктами (~790)

Из этой формулы длина окружности Земли (L) будет равна:

$$L = 50 \times S = 50 \cdot 790 = 39\,375$$

Соответственно радиус Земли: $R = L / 2\pi = 39375 / 6,28 \approx 6\,270$ км.



Современные измерения установили точные размеры Земли:

$$L = 40\,075 \text{ км}$$

$$R = 6\,371 \text{ км}$$

Эратосфен ошибся всего на 1,5%, что поразительно, учитывая используемые им древние измерительные приборы.

Форма Земли — не идеальный шар: она сплюснута у полюсов. Ее полярный радиус на 21 км короче экваториального. Более точно форму нашей планеты передает фигура, называемая *эллипсоидом вращения*.

$$\text{Масса Земли} - 6 \times 10^{24} \text{ кг}$$

$$\text{Расстояние до Солнца} \sim 150\,000\,000 \text{ км}$$

Это расстояние принимается за одну астрономическую единицу (1 а. е.) и используется при измерении расстояний между телами Солнечной системы.

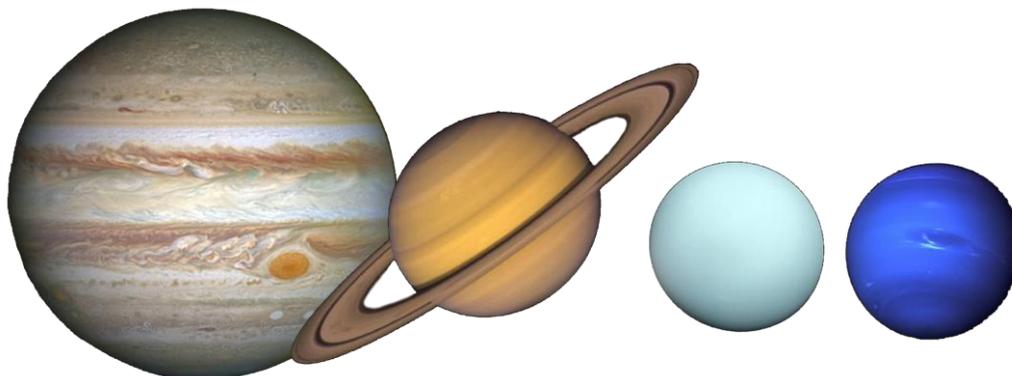


Проведите расчеты вычисления длины окружности и радиуса Земли в тетради самостоятельно, основываясь на прочтенном материале.

4.2. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНЕТ

Восемь планет Солнечной системы можно разделить на две группы в зависимости от размера, плотности и массы:

- **планеты земной группы**
(Меркурий, Венера, Земля, Марс)



- **планеты-гиганты** (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун)

Средняя плотность планет земной группы примерно в 5 раз выше, чем у группы планет-гигантов. Основная часть массы планет земной группы приходится на долю твердого состояния вещества — оксидов и других соединений тяжелых химических элементов: металлов и неметаллов.

Малая плотность планет-гигантов (у Сатурна плотность — меньше плотности воды) объясняется тем, что значительная часть их массы находится в газообразном и жидком состояниях. В составе планет-гигантов преобладают водород и гелий. Этим Они похожи на Солнце и многие другие звезды, у которых водород и гелий составляют примерно 98% массы.

Отличия между планетами двух групп проявляются и в том, что:

- планеты-гиганты гораздо быстрее вращаются вокруг своей оси
- количество спутников: у планет земной группы всего 3 спутника, у планет-гигантов — 158(!)



Зарисуйте в тетради планеты Солнечной системы, учитывая их взаимные масштабы. В чем разница между планетами земной группы и планетами-гигантами.

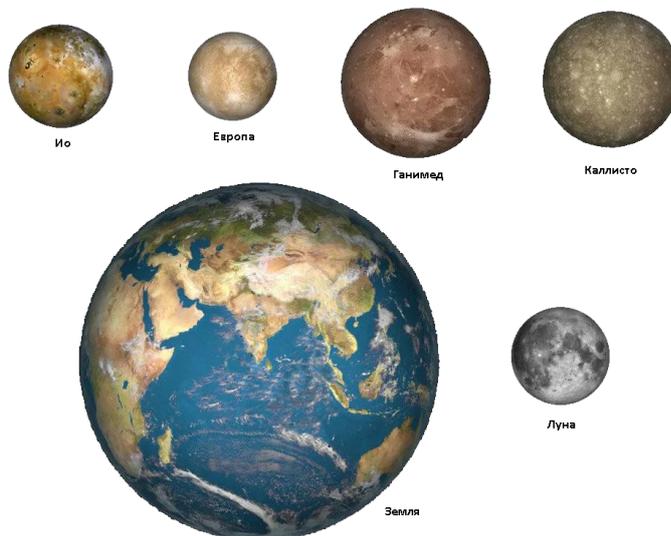


Рис. Крупные спутники Юпитера в сравнении с Землей и Луной

Теория образования Солнечной системы

Солнечная система сформировалась в результате длительной эволюции огромного холодного газо-пылевого облака. В 40-х гг. XX в. появляется гипотеза академика **Отто Юльевича Шмидта** об образовании планет из холодных твердых тел – *планетозималей*.

Возраст наиболее древних пород Земли составляет примерно 4,5 млрд лет. Породы такой же древности обнаружены в образцах лунного грунта. Расчеты возраста Солнца дали близкую величину - 5 млрд лет.



Рис. Туманность Столпы творения, в которой рождаются молодые звезды

На основании этих данных принято считать, что все тела, которые в настоящее время составляют Солнечную систему, образовались примерно 4,6 — 5 млрд лет назад.

Газо-пылевое облако, основу массы которого составлял **водород** (самое распространенное вещество в наблюдаемой части Вселенной) сжималось под воздействием гравитации. Когда сжатие достигло критических величин, в центре этого сгустка расстояние между атомами вещества стало столь малым, что началась самопроизвольная ядерная реакция – родилась звезда.

Подобные процессы можно наблюдать и сегодня, например в туманности «Столпы творения», где рождаются молодые звезды (см. рис).

Остальное вещество облака под действием гравитации стало вращаться вокруг ядра. Облако становилось все более и более плоским диском. Частицы этого диска, обращаясь вокруг Солнца по самым различным орбитам, сталкивались между

собой. В результате столкновений частицы разрушались и вновь объединялись в более крупные, появлялись зародыши планет.

Считается, что число таких допланетных тел достигало многих миллионов. Но, в конце концов, основная масса вещества оказалась сосредоточенной в немногих крупных телах — больших планетах.

Под влиянием сильного нагрева из окрестностей Солнца улетучивались газы (водород и гелий) и оставались лишь твердые тугоплавкие частицы. Из этого вещества впоследствии сформировались Земля, а также планеты земной группы.

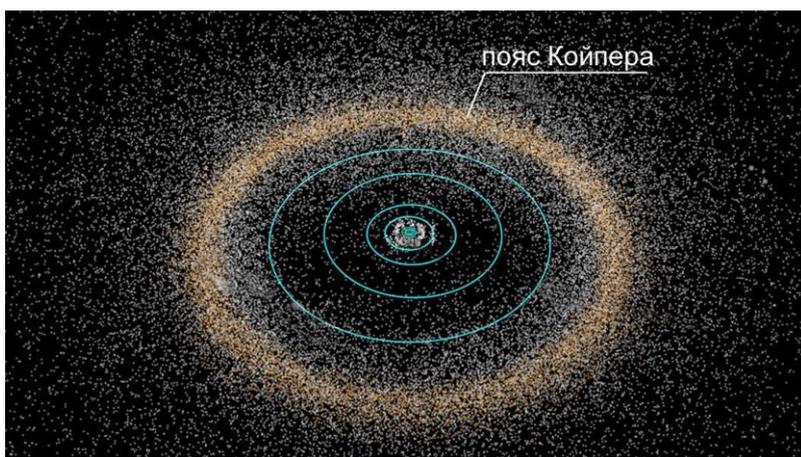


Рис. Образование планетозималей

Вдали от Солнца летучие вещества замерзали на твердые частицы, относительное содержание водорода и гелия оказалось повышенным. Объем периферийных частей облака был больше, а стало быть, больше и масса вещества, из которого образовались далекие от Солнца планеты.

В начале существования протопланет продолжался процесс их т.н. «поздней тяжелой бомбардировки», в ходе которого поверхность планет подвергалась ударам метеоритов и комет в течение многих сотен миллионов лет. Этот процесс продолжается и сегодня с учетом того, что интенсивность ударов значительно снизилась.

Тем не менее, количество потенциальных комет в Солнечной системе, сосредоточенных в т.н. «**поясе Койпера**», не поддается подсчету (счет идет на сотни миллиардов). Еще больше малых тел в т.н. «**облаке Оорта**» на границе Солнечной системы.



В ходе формирования планет и позднее на протяжении миллиардов лет в их недрах и на поверхности происходили процессы плавления, кристаллизации, окисления и другие физико-химические процессы.

Однако не все вещество протопланетного облака вошло в состав планет и их спутников.

Оставшаяся его часть — это малые тела, одни «мигрируют» внутри планетной системы, другие — кометы — находятся в основном за ее пределами.



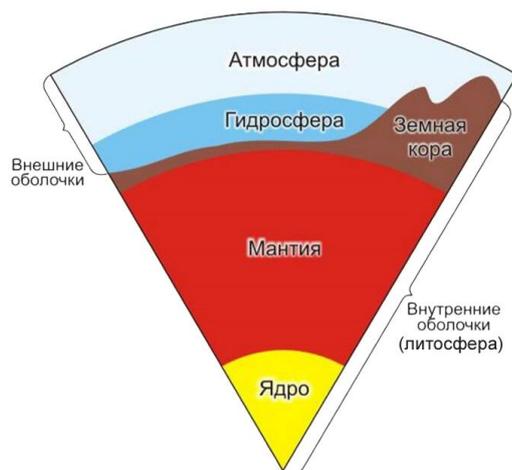
*Опишите процесс образования звездной системы, согласно теории О.Шмидта.
В чем главная разница планет земной группы и планет-гигантов?
Как шло их образование?
Что такое пояс Койпера?*

4.3. ЗЕМЛЯ И ЛУНА

Основными оболочками земного шара являются: *атмосфера, гидросфера и литосфера*.

Соответствующие этим оболочкам три агрегатных состояния вещества — газообразное, жидкое и твердое.

Атмосферой обладает большинство больших планет Солнечной системы, твердая оболочка характерна для планет земной группы, спутников планет и астероидов. Вода в жидком виде может существовать лишь при определенных значениях температуры и давления среды. Будучи весьма распространенным во Вселенной, вода на других планетах встречается в виде снега, льда или пара.



Литосфера Земли

В ходе миллиардов лет существования каменной оболочки Земли легкие соединения (силикаты) оказались наверху и образовали *кору Земли*, а более ее тяжелые элементы (магний) опустились к центральной части — *ядру*.

Толщина коры относительно невелика и составляет 10 км под океанами до 70 км под материками.

Радиус ядра составляет примерно половину радиуса планеты, причем в его внутренней части вещество находится в твердом состоянии, а во внешней — в жидком. Между ядром и корой располагается промежуточная оболочка - *мантия*.

Атмосфера Земли

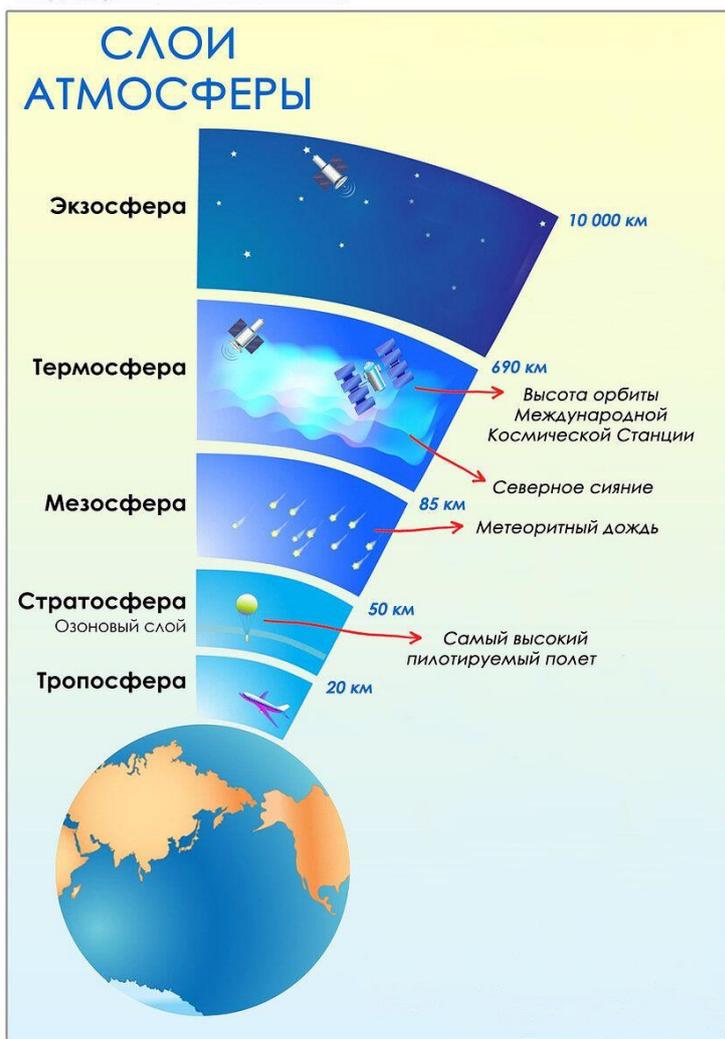
Атмосфера рассеивает и поглощает солнечное излучение, она во многом определяет тепловой баланс планеты благодаря т.н. *парниковому эффекту* (нагретая солнечным излучением поверхность Земли излучает инфракрасные лучи, которые поглощаются углекислым газом и парами воды атмосферы, удерживая тем самым тепло и разогревая атмосферу).

На протяжении миллионов лет установилось равновесие между потоком энергии, поступающей от Солнца, и потоком энергии, излучаемой планетой обратно в космическое пространство.

Чем плотнее атмосфера планеты и чем больше в ней содержится углекислого газа и водяных паров, тем сильнее проявляется парниковый эффект и меньше изменения температуры от дня к ночи.

Эта закономерность хорошо прослеживается у планет земной группы. На Земле равновесие установилось при средней температуре около +15 °С, а на Венере — при значительно более высокой — около +470 °С.

Нижний слой атмосферы (до 20 км) называется *тропосферой*. По мере удаления от земной поверхности температура снижается и на верхней границе тропосферы составляет примерно -50 °С.



Над тропосферой до высоты 50 км простирается **стратосфера**, в которой находится слой озона (O_3), благодаря которому идет поглощение убийственных ультрафиолетовых лучей Солнца.

Выше от 50 до 85 км простирается **мезосфера**, где температура падает до -90°C .

Плотность атмосферы с высотой уменьшается. На больших высотах, в **термосфере** (85 — 700 км) основными компонентами атмосферы становятся гелий и водород. За счет поглощения ультрафиолета температура резко возрастает (до 1500°C).

Самый внешний слой атмосферы называется **экзосферой**, откуда атомы и молекулы могут беспрепятственно ускользать в космическое пространство.

Магнитосфера Земли

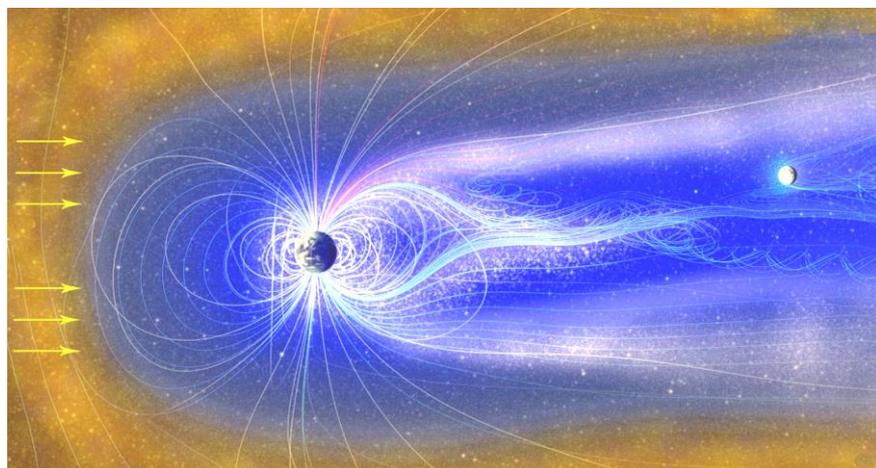
На высотах более 1000 км поведение и распределение заряженных частиц неразрывно связано с магнитным полем Земли.

В околоземном космическом пространстве существует область, которую называют **магнитосферой**, хотя по своей форме она вовсе не является сферой.

На Землю постоянно воздействует поток высоко заряженных частиц Солнца (плазмы) т.н. «солнечный ветер». Магнитное поле Земли защищает планету от убийственного воздействия солнечного ветра, отклоняя частицы солнечного ветра вдоль силовых линий поля.

Небольшая часть захваченных магнитосферой заряженных частиц образует вокруг Земли **пояс радиации** (пояс Ван-Аллена).

Эти частицы, попадая в верхние слои атмосферы в районе



полюсов, заставляют светиться ее основные составляющие — азот и кислород, вызывая **полярные сияния**.

ЛУНА

По своей природе Луна относится к телам планетного типа, ее радиус составляет около 1700 км, масса к 81 раз меньше земной.

Сила тяжести на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на поверхности Земли. На Луне нет атмосферы и магнитного поля.

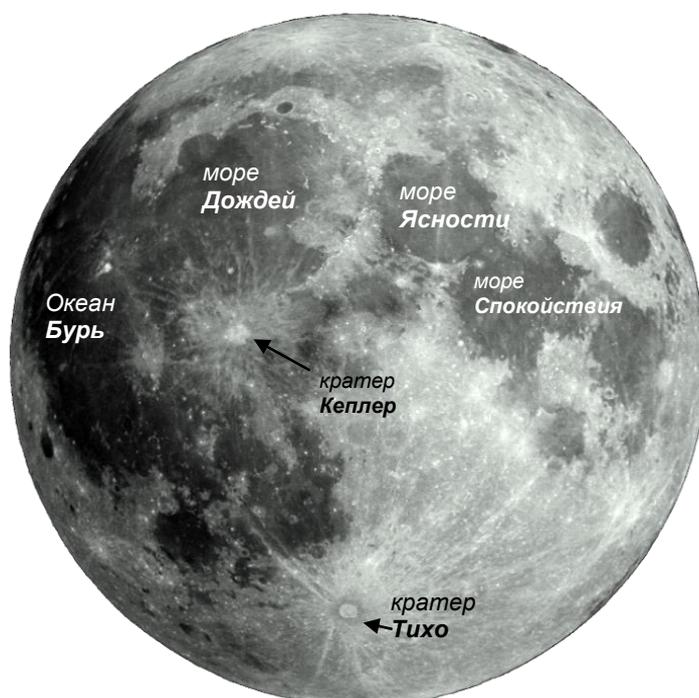
Медленное вращение вокруг оси приводит к тому, что в течение дня поверхность Луны нагревается до $+130^{\circ}\text{C}$, а в течение ночи остывает до -170°C . Из-за отсутствия атмосферы лунная поверхность подвержена непосредственному воздействию всех видов излучения, а также постоянной «бомбардировке» метеоритами и более мелкими частицами — микрометеоритами, которые падают на нее с космическими скоростями (десятки километров в секунду). В результате вся Луна покрыта слоем мелкораздробленного вещества — **реголита**.

Даже невооруженным глазом видно, что на Луне есть светлые области — **материки** и более темные — **моря**.

Самая крупная равнина получила название Океан Бурь, следом идет Море Дождей, Море Холода, Море Спокойствия и др.

Море Дождей окружают горные хребты высотой 3—5 км, получившие такие же названия, как и земные горные массивы, — Кавказ, Альпы, Апеннины и т. п.

Наиболее характерными формами рельефа Луны являются **кратеры** самого различного размера. Они получили имена в честь известных ученых — Коперника, Кеплера, Птолемея и др. Их насчитывается около 300 тыс. Кратеры образуются при падении на Луну тел из космического пространства. Самые крупные кратеры (100 км и более в диаметре) окружены возвышающимся на 2—3 км над окружающей местностью валом с пологими склонами.



4.4. ПЛАНЕТЫ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

Характерная черта для планет земной группы - наличие литосферы. На всех планетах, кроме Меркурия присутствует атмосфера.

Атмосферы Венеры и Марса близки по составу между собой, но значительно отличаются от земной. За миллионы лет в земной атмосфере сократилось содержание углекислого газа и произошло обогащение кислородом.

Меркурий

Эта самая близкая к Солнцу планета во многом похожа на Луну, которую Меркурий лишь немного превосходит по размерам. Расстояние от Солнца – около 58 млн км. Сутки на Меркурии длятся 58 земных дней. Год длится 88 земных суток.

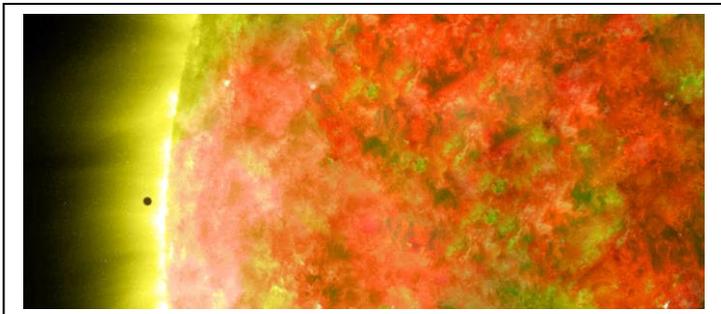
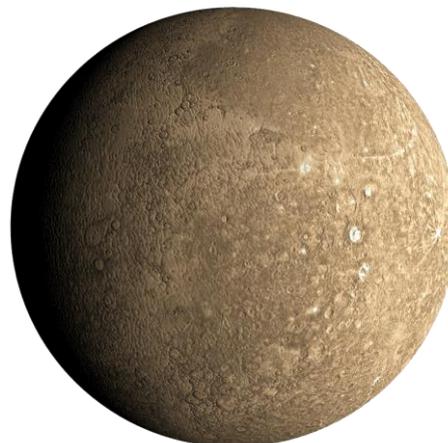


Рис. Меркурий на фоне Солнца



Космические аппараты, пролетавшие вблизи планеты, измерили магнитное поле, которое оказалось в 100 раз слабее земного. Атмосфера отсутствует.

Перепады температуры на поверхности планеты в течение суток (176 земных суток) еще больше, чем на Луне. На дневной стороне планеты температура составляет около 300°C. На ночной стороне она падает до -200°C.

Венера

Эта планета по размерам и массе почти одинакова с Землей. Расстояние от Солнца – 108 млн км.

Вращение планеты происходит в направлении противоположном вращению Земли и других планет. Ученые предполагают, что аномальное вращение — это последствия некой катастрофы. Вполне вероятно, что Венера в прошлом столкнулась с другим крупным объектом.

Ось вращения Венеры почти перпендикулярна к плоскости ее орбиты, так что северное и южное полушария планеты всегда освещаются Солнцем одинаково.

Сутки на Венере длятся 243 земных дня. Год длится 225 земных суток. Таким образом, год на Венере длится меньше, чем её сутки(!)

Венера очень плотно окутана облачностью. Атмосфера планеты на 97% состоит из углекислого газа. Венерианские облака состоят из капелек концентрированной серной кислоты (H₂SO₄).

Вследствие парникового эффекта температура на поверхности Венеры почти 500°C. Давление в 100 раз больше земного.



Венера — одна из самых ярких и крупных светящихся объектов небесной сферы, который можно увидеть с Земли даже без специального оборудования. Известно, что древние греки называли ее “утренней и вечерней звездой”. Венера становится видимой в тот момент, когда Солнце восходит или заходит за горизонт.

Марс

Расстояние от Солнца – 225 млн. км. Сутки на Марсе длятся 24 ч 37 мин. Год длится 686 земных дней.

Марс имеет два небольших спутника: **Фобос** (Страх) и **Деймос** (Ужас). Размеры Фобоса 20 x 20 км, а Деймос еще меньше — 25 x 10 км.

Из всех планет Марс более всего похож на Землю. Планета обладает атмосферой, хотя и очень разреженной (атмосферное давление всего лишь 1% земного). Природные условия и а Марсе весьма суровы: средняя температура на его поверхности -60°C .

На полюсах температура падает до -150°C , при этом замерзает не только вода, но даже углекислый газ превращается в сухой лед.

В телескоп на Марсе можно заметить белые полярные шапки, а также темные пятна (моря) на общем оранжево-красном фоне материка.

На Марсе наблюдаются горные цепи (гора Олимп высотой 27 км), системы трещин коры и огромные **каньоны**. Наиболее крупный из них — Долина Маринера — имеет длину около 4000 км, ширину до 200 км, а глубина достигает 5 км. Поверхность представляет собой каменистую пустыню. Красноватая окраска поверхности Марса объясняется присутствием оксидов железа.

Интерес к Марсу к значительной степени всегда был связан с надеждой обнаружить на этой планете жизнь, а может быть, и разумных обитателей.

Воды в атмосфере Марса мало, но при низком атмосферном давлении и низких температурах даже такого количества достаточно для образования облаков и туманов.

Возможно, что в прошлом плотность марсианской атмосферы была выше. На эту мысль наводит наличие на его поверхности протяженных ветвящихся долин, которые тянутся порой на сотни километров и напоминают по своему виду русла высохших земных рек.



Расставьте планеты земной группы в порядке увеличения размеров.

В чем разница движения по орбите планеты Венера?

Найдите в сети дополнительный материал о геологических объектах планеты Марс.

4.5. ПЛАНЕТЫ - ГИГАНТЫ

Любая из планет-гагатов превосходит по массе вес планеты земной группы, вместе взятые. Все планеты-гиганты имеют мощные атмосферы, состоящие в основном из водорода, гелия, метана, аммиака и воды.

Юпитер

Наиболее изученным среди планет-гигантов является **Юпитер**.

Расстояние от Солнца – 778 млн. км. Продолжительность суток – 9 ч.50 мин. Длительность года – 12 лет. У планеты – 80 спутников. Самые крупные из них: **Ганимед, Каллисто, Ио, Европа**.

В атмосфере Юпитера, состоящей на 90% из водорода, можно наблюдать темные и светлые полосы, тянущиеся параллельно экватору. Так выглядят облака в его атмосфере. Красновато-коричневый цвет полос объясняется тем, что в них содержатся соединения серы и фосфора.

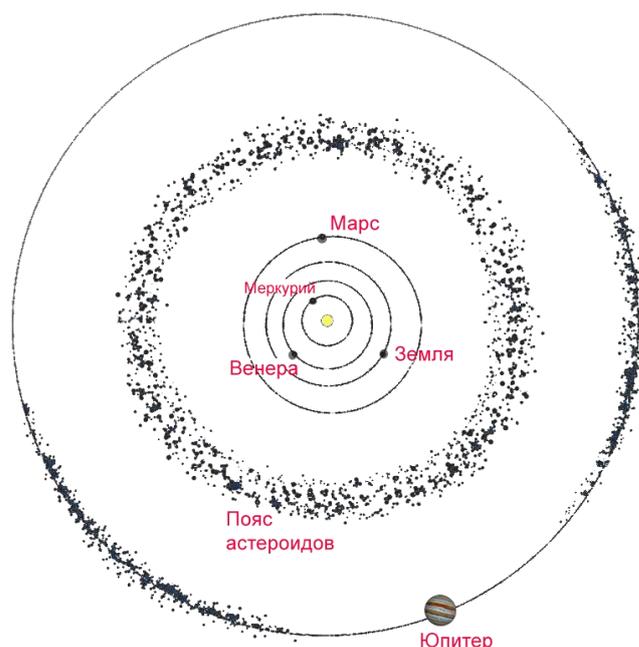
Один из атмосферных вихрей, получивший название **Большое Красное Пятно**, наблюдается на Юпитере уже свыше 350 лет.

У Юпитера нет поверхности в привычном нам понимании. Это газовый гигант. Огромные размеры планеты - причина того, что давление непрерывно растет по мере погружения в атмосферу. В центре планеты давление так огромно, что водород в ядре Юпитера сжат до состояния металла.

Магнитное поле Юпитера колоссальное и простирается далеко за пределы орбит его спутников!

Одной из самых важных особенностей местонахождения Юпитера в Солнечной системе является наличие огромного пояса астероидов, находящегося между орбитами Марса и Юпитера. Сотни тысяч каменных глыб размерами от нескольких сантиметров до тысячи километров в поперечнике вращаются в пространстве, удерживаемая силой притяжения гигантской планеты (более подробно астероиды и карликовые планеты мы рассмотрим в разделе «Малые тела Солнечной системы»).

У самого Юпитера на 2022 г. обнаружены 80 спутников различного размера. Кроме того, у Юпитера



есть система колец.

Кроме черырёх весьма крупных спутников (их называют Галилиевы Луны) остальные имеют неправильную форму и небольшие размеры.

Около 50 спутников размером от 1 до 5 км вращаются вокруг Юпитера в обратную сторону.

Ганимед — самый большой спутник в Солнечной системе, он больше Меркурия! Хотя по массе он Меркурию в 2 раза проигрывает: как и почти во всех далёких от Солнца спутниках, у Ганимеда внутри много льда, и из-за этого плотность у него маленькая — лёд ведь гораздо легче камня.

Так же обстоит дело и с **Каллисто**, по диаметру одинакового с Меркурием, а по массе — в 3 раза меньше его. У Ганимеда и Каллисто обнаружена атмосфера: у Ганимеда — из кислорода, у Каллисто — из углекислого газа.

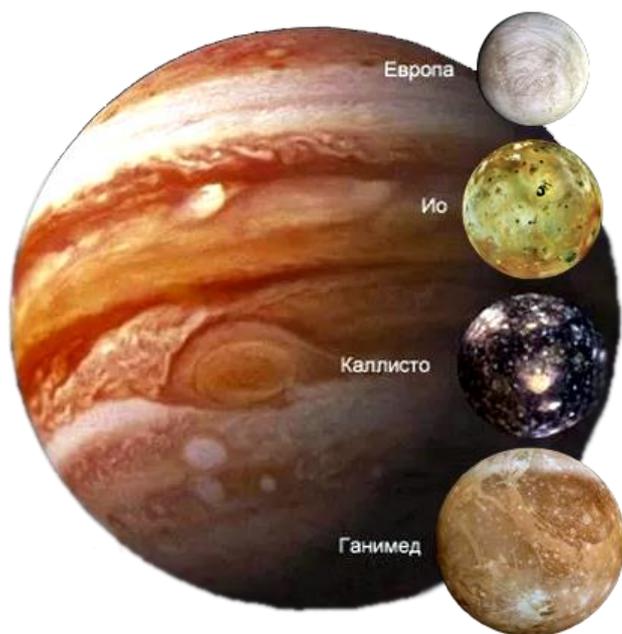
Из-за особенностей вращения все четыре спутника повернуты к Юпитеру одной своей стороной (как и Луна к Земле). Благодаря огромной гравитации Юпитера спутники испытывают мощные приливные воздействия, разогревающие внутренние недра небесных тел.

Особенно это заметно по спутнику **Ио**. На нем 400 действующих вулканов! Из-за соединений серы вся поверхность спутника раскрашена жёлтым, красным и зелёным.



Европа по размерам немного меньше Луны. На ее поверхности мощный слой льда (10-30 км) под которым находится не раскалённая магма, а солёная вода! Огромный

океан глубиной до 100 км. Благодаря ледяной поверхности, Европа — один из самых светлых объектов Солнечной системы. Ни, ни кратеров — только загадочные тёмные линии шириной до 20 км, которыми исчерчена поверхность. Возможно это трещины, через которые выливается наружу — и потом замерзает — вода.



Почему это Земля и все планеты земной группы состоят в основном из атомов железа, кремния, кислорода, а планеты-гиганты — из водорода с небольшой примесью гелия?

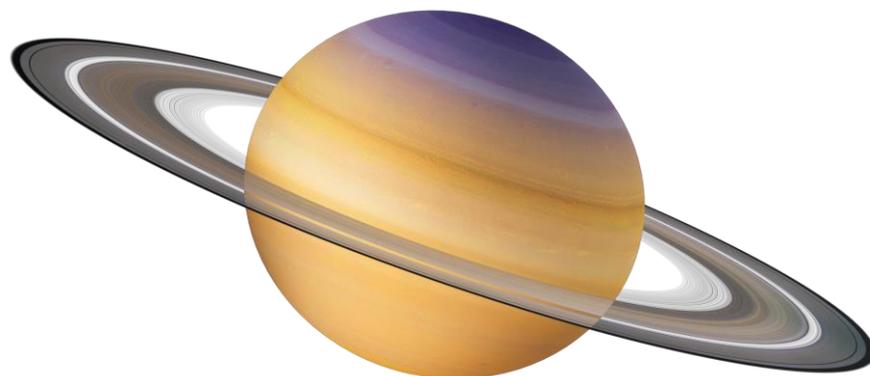
Почему в крупных спутниках планет-гигантов (скоро увидим, что и Сатурна тоже) много льда, а в Луне и планетах земной группы льда и воды почти нет?

Сатурн

Сатурн - вторая по размеру планета Солнечной системы. Это газовый гигант, известный большинству благодаря видимым кольцам.

Сатурн находится на расстоянии 1,5 млрд км от Солнца. Сутки на Сатурне длятся 10 ч 45 мин. Год длится почти земных 30 лет. Планета состоит из водорода (96,3%), который насыщен гелием. Под первым слоем находится скопление металлического водорода и гелия в жидком состоянии. В центре Сатурна расположено твердое горячее ядро.

На Сатурне бушуют ветра, скорость которых достигает 500 м/с. Из-за высокой скорости форма планеты является не круглой, а сферической.



Сатурн обладает самыми заметными кольцами среди всех планет Солнечной системы. Они состоят в основном из частиц льда и пыли.

На данный момент известно семь колец газового гиганта. Для удобства они назывались буквами английского

алфавита: A, B, C, D, E, F, G. Ширина колец составляет 66 000 км, толщина - 1 км. Скорее всего кольца появились в результате разрушения гравитационными силами планеты своего спутника около 4 млрд лет назад.

Вокруг Сатурна вращается 62 спутника, причем девять небесных тел до сих пор не имеют названия. Крупные спутники, размером до 5000 км.

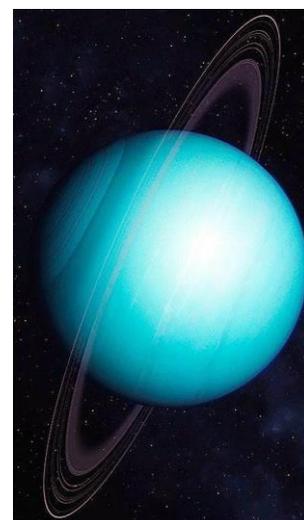
Внутренние: **Мимас, Энцелад, Тефия, Диона**

Внешние: **Рея, Титан, Гиперион, Япет**

Уран

Уран считается третьей по диаметру планетой Солнечной системы. Среднее расстояние составляет 2,88 млрд км, (19 а.е.). У планеты необычный наклон оси ($97,77^\circ$) из-за чего кажется, что она лежит на боку. Когда на одном полушарии 42 года длится день (и лето), то в это время на другом темно и очень холодно.

Уран самый легкий среди планет-гигантов, ведь основную его часть составляет лед. Продолжительность суток 17



час 14 мин. Год на Уране длится 84 земных года. Атмосфера Урана состоит из воды, метана и аммиака. Метан придает планете голубовато-зеленый оттенок.

У планеты Уран существует 27 спутников. Наиболее крупные: **Титания, Оберон, Ариэль, Умбриэль, Миранда**.

У планеты обнаружены 13 колец и множество почти неразличимых пылевых полос. В их составе смесь льда и пыли. Самым ярким и плотным является кольцо «эпсилон». Его толщина достигает 150 метров.

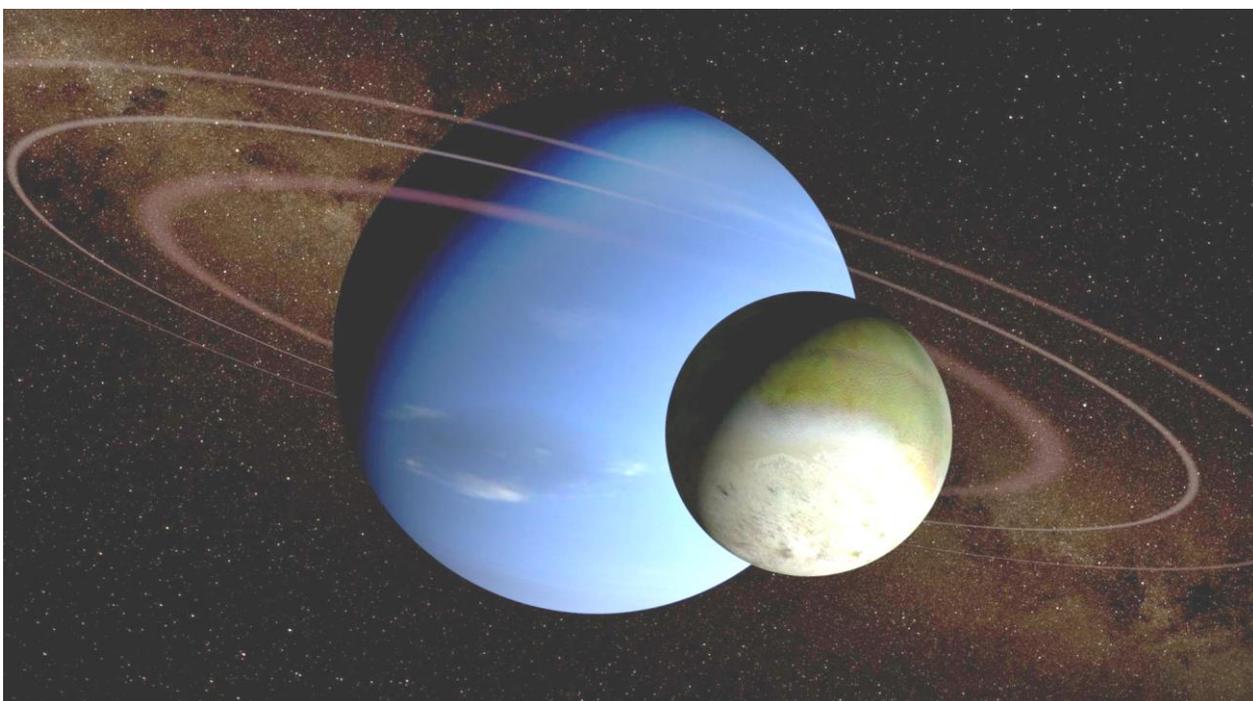
Нептун

Нептун – газовый гигант, самая далекая планета от Солнца. Благодаря синей поверхности ее назвали в честь римского бога морей. Синий окрас планеты объясняется большим количеством метана в атмосфере.

Среднее состояние от Солнца 4,5 млрд км. Год длится 165 земных лет, наклон оси 28,3 градуса. Сутки на Нептуне идут 16 часов.

Поверхность планеты представляет собой большой кипящий океан аммиака и метана.

Нептун имеет пять колец. На данный момент известно 14 спутников Нептуна. Возможно, в будущем их количество возрастет за счет новых открытий. Самым большим телом, находящимся под влиянием планеты, является **Тритон**.



За пределами орбиты Нептуна располагается пояс **Койпера** – большой круг, окутывающий Солнечную систему. Он состоит из планет и астероидов разного происхождения.

4.6. МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Астрономы давно обратили внимание на слишком большой «пробелу» существующий между орбитами Марса и Юпитера, и предполагали, что там может находиться еще неизвестная планета. После длительных поисков в этом промежутке действительно была открыта планета, которая по традиции получила имя, взятое из древней мифологии — **Церера**.

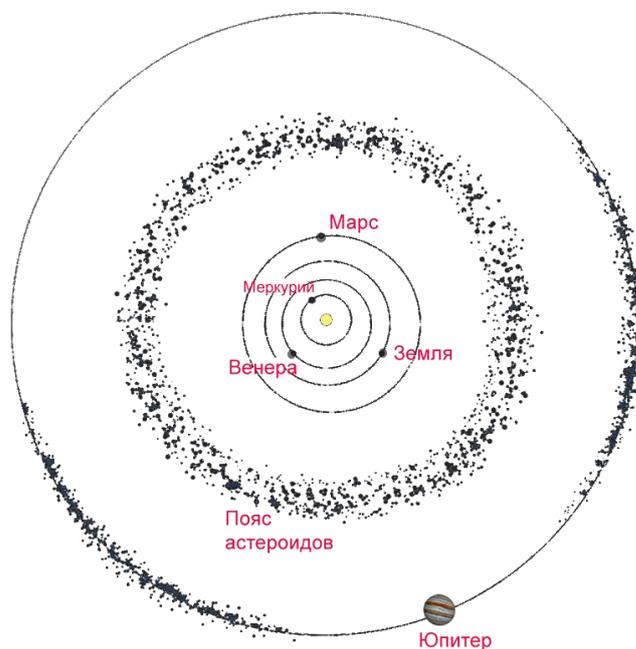
Она оказалась слишком маленькой по сравнению с другими планетами — ее диаметр около 1000 км. Однако выяснилось, что Церера вовсе не единственная планета. Вскоре были открыты **Паллада**, **Веста** и др.



Эти объекты стали называть малыми планетами или *астероидами*. Эти малые планеты обращаются в основном между орбитами Марса и Юпитера, образуя так называемый **пояс астероидов**.

К концу XX в. в этом поясе открыто более 100 тыс. объектов. Наиболее крупные из них имеют шарообразную форму, а те, размер которых менее 100 км, и большинстве своем — неправильную. Общая масса всех этих тел составляет не более 1/1000 массы Земли.

Тем не менее, стало очевидно, что в состав Солнечной системы входит также множество малых тел, орбиты которых очень сильно меняются под действием планет.

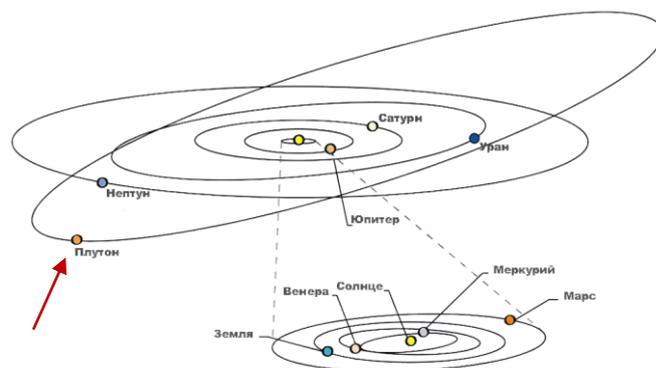


Планеты — карлики

После открытия большого числа астероидов, а в 1846 г. планеты Нептун в астрономии начались длительные поиски «занептунной» планеты. Лишь в 1930 г. за орбитой Нептуна на расстоянии около 40 а. е. удалось открыть **Плутон**.

Оказалось, что по размерам и массе он меньше Луны, а по плотности существенно отличается от планет обеих групп.

В 1978 г. у него был обнаружен крупный спутник **Харон**.



Начатые систематические поиски других столь же далеких объектов привели к открытию множества малых тел между орбитами Юпитера и Нептуна. К настоящему времени известно уже около 1500 тел, находящихся в этой части Солнечной системы. Диаметры большинства из них составляют от 100 до 1000 км. Некоторые из них, а не только Плутон, имеют спутники. Тем самым подтвердилось высказанное астрономом Койпером предположение о существовании за орбитой Нептуна на расстоянии 35—30 а. е. от Солнца еще одного пояса малых тел, которые оказывают влияние на движение этой планеты.

В 2006 г. решением Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза (МАС) было принято решение ввести новый класс объектов Солнечной системы — **планета-карлик**. Она должна удовлетворять следующим условиям:

1. обращается вокруг Солнца;
2. не является спутником планеты;
3. обладать достаточной массой и иметь форму, близкую к сферической;

Плутон стал прототипом планет-карликов а наиболее крупным объектом этого класса стала Эрида (диаметр 2400 км). Еще две карликовые планеты — **Хаумеа** и **Макимаки** — также относятся к поясу Койпера. В число планет-карликов включена также **Церера**, которая прежде считалась крупнейшим из астероидов.



Возможно, что именно пояс Койпера является остатком того самого протопланетного облака, из которого формировалась Солнечная система.

Кометы

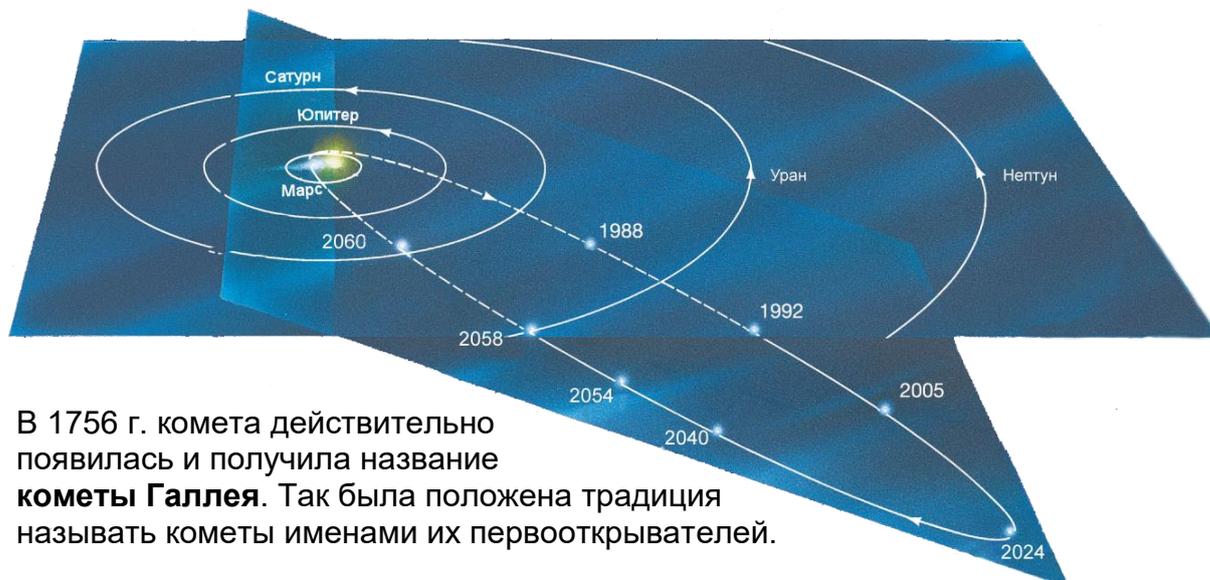
Из-за своего необычного вида (наличие хвоста, который может простираться на несколько созвездий) *кометы* с древних времен обращали на себя внимание людей, даже далеких от астрономии. За все время наблюдений было замечено и описано свыше 2000 комет.

По мере приближения к Солнцу у кометы появляется и постепенно увеличивается хвост, направленный в противоположную от Солнца сторону. У наиболее ярких комет хорошо заметны все три составные части: *голова*, *ядро* и *хвост*. При удалении от Солнца яркость кометы и ее хвост уменьшаются.



Ученые давно пытались решить вопрос о том, откуда появляются кометы и как они движутся в пространстве.

Наблюдая в 1680 г. комету, Ньютон вычислил ее орбиту и убедился, что она, подобно планетам, обращается вокруг Солнца. Пользуясь советами Ньютона, *Эдмунд Галлей* обнаружил, что орбиты комет, наблюдавшихся в 1531, 1607 и 1682 гг., очень похожи. Он предположил, что это была одна и та же комета и предсказал ее очередное появление. Оказалось, что комета Галлея в афелии уходит за орбиту Нептуна, имея период обращения около 76 лет.



В 1756 г. комета действительно появилась и получила название **кометы Галлея**. Так была положена традиция называть кометы именами их первооткрывателей.

Среди комет немало таких, которые наблюдались всего один раз и могут вернуться только через несколько столетий.

Ежегодно наблюдается 15—20 комет, большинство которых видны только в телескоп. Некоторые из них оказываются новыми, неизвестными ранее.

В настоящее время известно, что существенную роль в формировании кометного хвоста играет солнечный ветер — поток заряженных частиц, летящих от Солнца. Солнечное излучение вызывает распад молекул, вылетевших из кометного ядра, а также образование ионов. Именно ионы атомов и молекул образуют плазменные хвосты. Интенсивное испарение замерзших газов из ядра начинается после того, как комета пересечет орбиту Юпитера. Газы захватывают с собой пыль и вместе с ней образуют голову кометы (ее атмосферу), а также хвост.

Предполагается, что общее число комет в Солнечной системе превышает десятки миллиардов.

Считается, что Солнечная система окружена одним или даже несколькими облаками комет, которые движутся вокруг Солнца на расстояниях, которые в десятки тысяч раз больше, чем орбита Нептуна (т.н. **облако Оорта**).



Рис. Пояс Койпера и облако Оорта (схема)

Там, в облаке Оорта, кометные ядра вращаются на протяжении миллиардов лет с момента образования Солнечной системы. Некоторые из них попадают внутрь планетной системы и наблюдаются как новые кометы.

Метеоры, болиды и метеориты

Метеоры, которые в старину называли «падающими звездами» можно видеть практически в любую ясную ночь, если только не мешает свет Луны. Явление

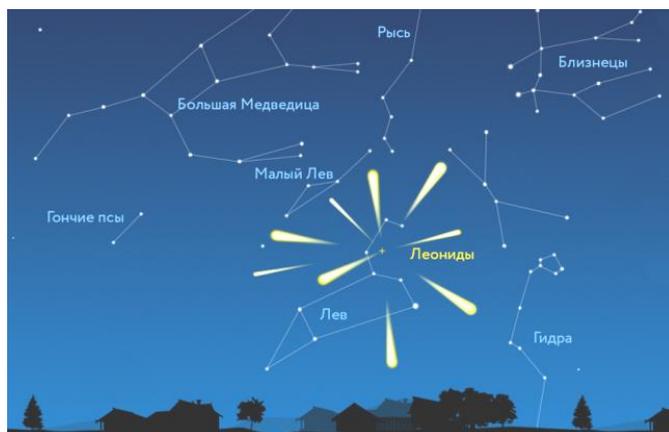
вызывается *метеороидами* — мелкими камешками и песчинками, влетающими в атмосферу Земли со скоростями в десятки километров в секунду.

Теряя скорость при торможении в атмосфере, метеороиды разогреваются, испаряются и практически полностью разрушаются, не долетев до поверхности Земли.



Метеорные тела, догоняющие Землю, влетают в ее атмосферу со скоростью не менее 11 км/с, а летящие навстречу — 60—75 км/с.

Метеорные потоки наблюдаются ежегодно в определенные ночи, когда несколько (а иногда несколько десятков) метеоров каждый час вылетают из определенной области неба, называемой *радиантом*. Такие метеорные потоки получают названия по имени созвездия, в котором расположен их радиант, например Леониды, Дракониды, Персеиды и др.



Если в атмосферу Земли попадает из космического пространства крупное тело, наблюдается явление называемое *болидом*.

Болиды имеют вид огненного шара и оставляют после своего полета след, который иногда можно наблюдать в течение 15—20 мин.

Наиболее яркие болиды видны даже днем. В отдельных случаях тело, вызвавшее появление болида, не успевает до конца испариться в атмосфере и падает на поверхность Земли в виде *метеорита*.



Метеориты



Считается, что в течение года на Землю выпадает около 2000 метеоритов.

По химическому составу различают *каменные*, *железные* и *железосодержащие* метеориты. Железные метеориты состоят в основном из никелистого железа, содержащего 90% железа и 9% никеля.

Метеориты, которые попадают в руки че-

ловека после падения на Землю, являются, как правило, обломками астероидов. Они могут сотни миллионов лет двигаться по своим орбитам вокруг Солнца. Но если их орбиты пересекаются с орбитой Земли, то они могут с ней столкнуться.

Известно более 6000 объектов, периодически сближающихся с Землей. Более 100 таких объектов считаются потенциально опасными.



Все кратеры имеют метеоритное происхождение. На Земле обнаружено около 130 подобных кратеров.

Одним из наиболее известных является **Аризонский** кратер (США), имеющий диаметр более 1200 м и глубину 200 м.

Считается, что образовался этот кратер

примерно 5000 лет тому назад. Расчеты показывают, что для его образования метеоритное тело должно иметь массу более 100 000 т.

К числу крупнейших, падение которых наблюдалось в 1947 г., принадлежит **Сихотэ-Алинский** метеорит массой около 100 т.

Наиболее крупные из обломков взорвавшегося метеорита массой в несколько тонн, достигнув земли с большой скоростью, образовали более сотни кратеров. Самый большой из кратеров имел диаметр около 26 м и глубину 6 м.



Мощным взрывом завершился полет болида, наблюдавшийся 30 июня 1908 г. в Сибири и получивший название **Тунгусского метеорита**.

При этом были повалены деревья на площади поперечником около 40 км.

Однако, несмотря на многолетние тщательные поиски, ни самого метеорита, ни метеоритного кратера найти не удалось. Вероятнее всего, в

атмосферу Земли влетело ядро небольшой кометы, разрушение которого имело характер взрыва и произошло на высоте нескольких километров.

Вопросы для закрепления

1. *Что означает понятие*