


Проект на тему:
«Солнечная система»

Выполнили:
Ученики 9 класса
Макарченко Данила,
Ерошевич Кирилла
Ткач Евгений



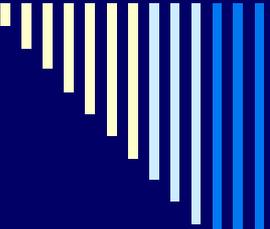
содержание

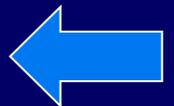
- Что такое солнечная система
 - Структура
 - Терминология
Солнце
 - Межпланетная среда
 - Планеты солнечной системы
-

Что такое Сólнечная систéма

- **Сólнечная систéма** — планетная система, включающая в себя центральную звезду — Солнце — и все естественные космические объекты, обращающиеся вокруг неё.
- Бóльшая часть массы объектов, связанных с Солнцем гравитацией, содержится в восьми относительно уединённых планетах, имеющих почти круговые орбиты и располагающихся в пределах почти плоского диска — плоскости эклиптики. 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, в значительной степени состоят из водорода и гелия и намного массивнее, чем планеты земной группы.



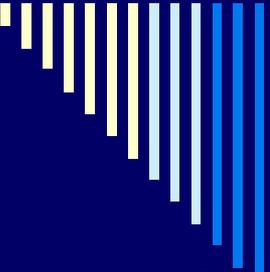
- 
- В Солнечной системе имеются две области, заполненные малыми телами. Пояс астероидов, находящийся между Марсом и Юпитером, сходен по составу с планетами земной группы, поскольку состоит из силикатов и металлов. За орбитой Нептуна располагаются транснептуновые объекты, состоящие из замёрзших воды, аммиака и метана. В этих областях пять индивидуальных объектов — Церера, Плутон, Хаумеа, Макемаке и Эрида — являются достаточно большими, чтобы под действием сил собственной гравитации поддерживать близкую к округлой форму, они названы карликовыми планетами. Дополнительно к тысячам малых тел в этих двух областях другие разнообразные популяции малых тел, таких как кометы, метеороиды и космическая пыль, перемещаются по Солнечной системе.
 - Шесть планет из восьми и три карликовые планеты окружены естественными спутниками. Каждая из внешних планет окружена кольцами пыли и других частиц.
 - 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 больше по сравнению с гелиосферой.
 - Солнечная система входит в состав галактики Млечный Путь.

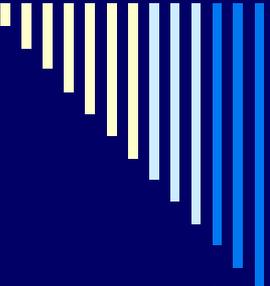




Структура

- Орбиты объектов Солнечной системы, в масштабе (по часовой стрелке, начиная с верхней левой части)
- Центральным объектом Солнечной системы является Солнце — жёлтая звезда главной последовательности спектрального класса G2V. В Солнце сосредоточена подавляющая часть всей массы системы (около 99,866 %), оно удерживает своим тяготением планеты и прочие тела, принадлежащие к Солнечной системе[1]. Четыре крупнейших объекта — газовые гиганты, составляют 99 % оставшейся массы (при том, что большая часть приходится на Юпитер и Сатурн — около 90 %).
- Большинство крупных объектов, обращающихся вокруг Солнца, движутся практически в одной плоскости, называемой плоскостью эклиптики. Однако в то же время кометы и объекты пояса Койпера часто обладают большими углами наклона к этой плоскости[2][3].

- 
- Все планеты и большинство других объектов обращаются вокруг Солнца в одном направлении с вращением Солнца (против часовой стрелки, если смотреть со стороны северного полюса Солнца). Есть исключения, такие как комета Галлея. Самой большой угловой скоростью обладает Меркурий — он успевает совершить полный оборот вокруг Солнца всего за 88 земных суток. А для самой удалённой планеты — Нептуна — период обращения составляет 165 земных лет.
 - Большая часть планет вращается вокруг своей оси в ту же сторону, что и обращается вокруг Солнца. Исключения составляют Венера и Уран, причём Уран вращается практически «лёжа на боку» (наклон оси около 90°). Для наглядной демонстрации вращения используется специальный прибор — теллурий.
 - Многие модели Солнечной системы условно показывают орбиты планет через равные промежутки, однако в действительности, за малым исключением, чем дальше планета или пояс от Солнца, тем больше расстояние между её орбитой и орбитой предыдущего объекта. Например, Венера приблизительно на 0,33 а. е. дальше от Солнца, чем Меркурий, в то время как Сатурн на 4,3 а. е. дальше Юпитера, а Нептун на 10,5 а. е. дальше Урана. Были попытки вывести корреляции между орбитальными расстояниями (например, правило Тициуса — Боде)[4], но ни одна из теорий не стала общепринятой.

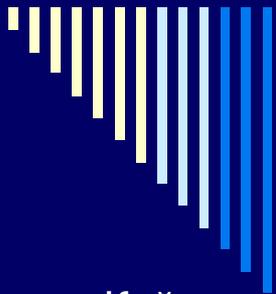
- 
- Орбиты объектов вокруг Солнца описываются законами Кеплера. Согласно им, каждый объект обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. У более близких к Солнцу объектов (с меньшей *большой полуосью*) больше угловая скорость вращения, поэтому короче период обращения (год). На эллиптической орбите расстояние объекта от Солнца изменяется в течение его года. Ближайшая к Солнцу точка орбиты объекта называется *перигелий*, наиболее удалённая — *афелий*. Каждый объект движется наиболее быстро в своём перигелии и наиболее медленно в афелии. Орбиты планет близки к кругу, но многие кометы, астероиды и объекты пояса Койпера имеют сильно вытянутые эллиптические орбиты.
 - Большинство планет Солнечной системы обладают собственными подчинёнными системами. Многие окружены спутниками, некоторые из которых больше Меркурия. Большинство крупных спутников находятся в синхронном вращении, с одной стороной, постоянно обращённой к планете. Четыре наибольшие планеты — газовые гиганты, также обладают кольцами, тонкими полосами крошечных частиц, обращающимися по очень близким орбитам практически в унисон





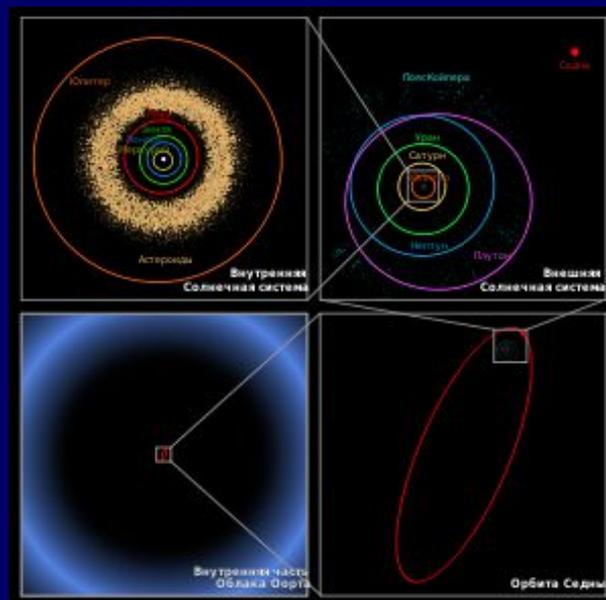
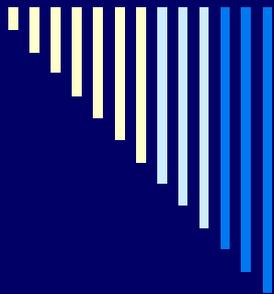
Терминология

- Иногда Солнечную систему разделяют на регионы. Внутренняя часть Солнечной системы включает четыре планеты земной группы и пояс астероидов. Внешняя часть начинается за пределами пояса астероидов и включает четыре газовых гиганта. После открытия пояса Койпера наиболее удалённой частью Солнечной системы считают регион, состоящий из объектов, расположенных дальше Нептун.
- Все объекты Солнечной системы официально делят на три категории: *планеты*, *карликовые планеты* и *малые тела Солнечной системы*. Планета — любое тело на орбите вокруг Солнца, оказавшееся достаточно массивным, чтобы приобрести сферическую форму, но недостаточно массивным для начала термоядерного синтеза, и сумевшее очистить окрестности своей орбиты от планетезималей. Согласно этому определению в Солнечной системе имеется восемь известных планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. ~~Плутон не соответствует этому определению, поскольку не очистил свою орбиту от окружающих объектов пояса~~

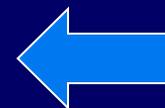


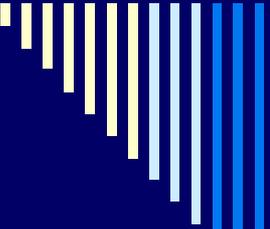
- Койпера. Карликовая планета — небесное тело, обращающиеся по орбите вокруг Солнца; которое достаточно массивно, чтобы под действием собственных сил гравитации поддерживать близкую к округлой форму; но которое не очистило пространство своей орбиты от планетезималей и не является спутником планеты [7]. По этому определению у Солнечной системы имеется пять признанных карликовых планет: Церера, Плутон, Хаумеа, Макемаке и Эрида[8]. В будущем другие объекты могут быть классифицированы как карликовые планеты, например, Седна, Орк и Квавар[9]. Карликовые планеты, чьи орбиты находятся в регионе транснептуновых объектов, называют *плутоидами*[10]. Оставшиеся объекты, обращающиеся вокруг Солнца — малые тела Солнечной системы[7].
- Термины *газ*, *лёд* и *камень* используют, чтобы описать различные классы веществ, встречающихся повсюду в Солнечной системе. *Камень* используется, чтобы описать соединения с высокими температурами конденсации или плавления, которые оставались в протопланетной туманности в твёрдом состоянии при почти всех условиях[11]. Каменные соединения обычно включают силикаты и металлы, такие как железо и никель[12]. Они преобладают во внутренней части Солнечной системы, формируя большинство планет земной группы и астероидов. *Газы* — вещества с чрезвычайно низкими температурами плавления и высоким давлением насыщенного пара, такие как молекулярный водород, гелий и неон, которые в туманности всегда были в газообразном состоянии[11]. Они доминируют в средней части Солнечной системы, составляя большую часть Юпитера и Сатурна. *Льды* таких

- вещество, как вода, метан, аммиак, сероводород и углекислый газ[12] имеют температуры плавления до нескольких сотен кельвинов, в то время как их фаза зависит от окружающего давления и температуры[11]. Они могут встречаться как льды, жидкости или газы в различных регионах Солнечной системы, в туманности же они были в твёрдой или газовой фазе[11]. Большинство спутников планет-гигантов содержат ледяные субстанции, также они составляют большую часть Урана и Нептуна (так называемых «ледяных гигантов») и многочисленных малых объектов, расположенных за орбитой Нептуна[12][13]. Газы и льды вместе классифицируют как *летучие вещества*[14].
- Термины *газ*, *лёд* и *камень* используют, чтобы описать различные классы веществ, встречающихся повсюду в Солнечной системе. *Камень* используется, чтобы описать соединения с высокими температурами конденсации или плавления, которые оставались в протопланетной туманности в твёрдом состоянии при почти всех условиях[11]. Каменные соединения обычно включают силикаты и металлы, такие как железо и никель[12]. Они преобладают во внутренней части Солнечной системы, формируя большинство планет земной группы и астероидов. *Газы* — вещества с чрезвычайно низкими температурами плавления и высоким давлением насыщенного пара, такие как молекулярный водород, гелий и неон, которые в туманности всегда были в



- газообразном состоянии[11]. Они доминируют в средней части Солнечной системы, составляя большую часть Юпитера и Сатурна. *Льды* таких веществ, как вода, метан, аммиак, сероводород и углекислый газ [12] имеют температуры плавления до нескольких сотен кельвинов, в то время как их фаза зависит от окружающего давления и температуры[11]. Они могут встречаться как льды, жидкости или газы в различных регионах Солнечной системы, в туманности же они были в твёрдой или газовой фазе[11]. Большинство спутников планет-гигантов содержат ледяные субстанции, также они составляют большую часть Урана и Нептуна (так называемых «ледяных гигантов») и многочисленных малых объектов, расположенных за орбитой Нептуна[12][13]. Газы и льды вместе классифицируют как *летучие вещества*[14].

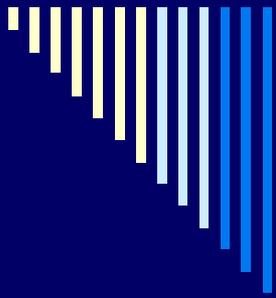
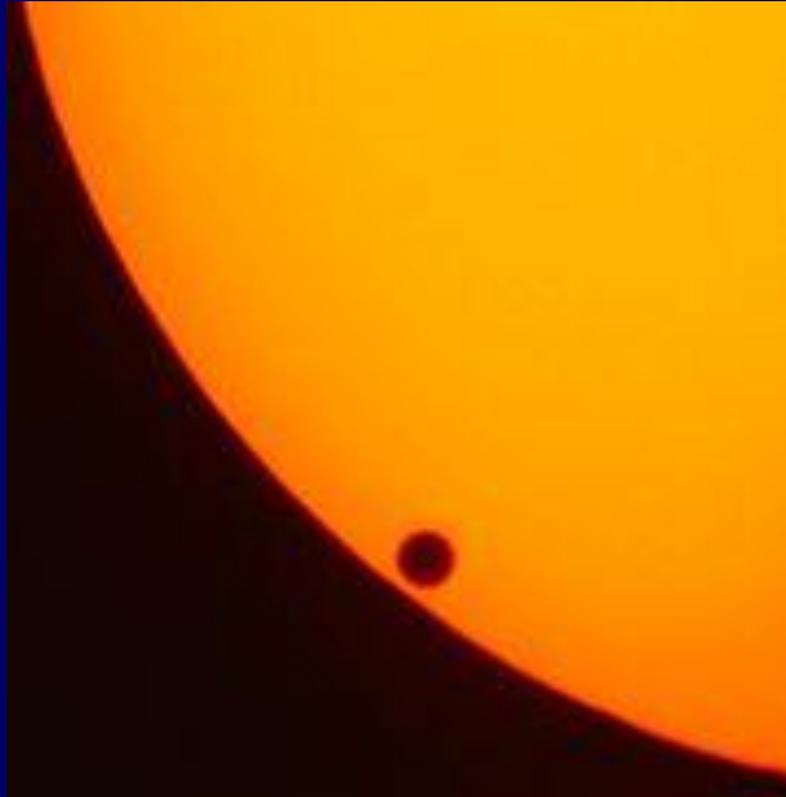




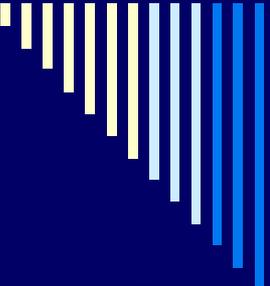
Солнце

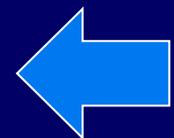
- Прохождение Венеры по диску Солнца

- Солнце — звезда Солнечной системы и её главный компонент. Его масса (332 900 масс Земли)[17] Солнце — звезда Солнечной системы и её главный компонент. Его масса (332 900 масс Земли)[17] достаточно велика для поддержания термоядерной реакции синтеза Солнце — звезда Солнечной системы и её главный компонент. Его масса (332 900 масс Земли)[17] достаточно велика для поддержания термоядерной реакции синтеза в его недрах[18] Солнце — звезда Солнечной системы и её главный компонент. Его масса (332 900 масс Земли)[17] достаточно велика для поддержания термоядерной реакции синтеза в его недрах[18], при которой высвобождается большое количество энергии, излучаемой в пространство Солнце — звезда Солнечной системы и её главный компонент. Его масса (332 900 масс Земли)[17] достаточно велика для поддержания термоядерной реакции синтеза в его недрах[18], при которой высвобождается большое количество энергии, излучаемой в пространство в основном в виде электромагнитного излучения Солнце — звезда Солнечной системы и её главный компонент. Его масса (332 900 масс Земли)[17] достаточно велика для поддержания термоядерной реакции синтеза в его недрах [18], 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 Солнце — звезда Солнечной системы и её главный компонент. Его масса (332 900 масс



Большая часть звёзд находится на так называемой главной последовательности. Большая часть звёзд находится на так называемой главной последовательности этой диаграммы, Солнце расположено примерно в середине этой последовательности. Более яркие и горячие, чем Солнце, звёзды сравнительно редки, а более тусклые и холодные звёзды (красные карлики) встречаются часто, составляя 85 % звёзд в Галактике.

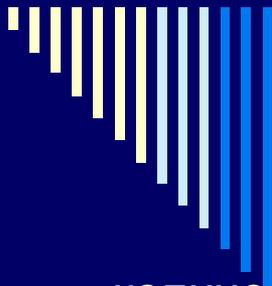
- 
- Положение Солнца на главной последовательности показывает, что оно ещё не исчерпало свой запас водорода для ядерного синтеза и находится примерно в середине своей эволюции. Сейчас Солнце постепенно становится более ярким, на более ранних стадиях развития его яркость составляла лишь 70 процентов от сегодняшней[22].
 - Солнце — звезда I типа звёздного населения 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[23]. Элементы более тяжёлые, чем водород и гелий, формируются в ядрах первых звёзд, поэтому, прежде чем Вселенная могла быть обогащена этими элементами, должно было пройти первое поколение звёзд. Самые старые звёзды содержат мало металлов, а более молодые звёзды содержат их больше. Предполагается, что высокая металличность была крайне важна для образования у Солнца планетной системы, потому что планеты формируются аккрецией «металлов».





Межпланетная среда

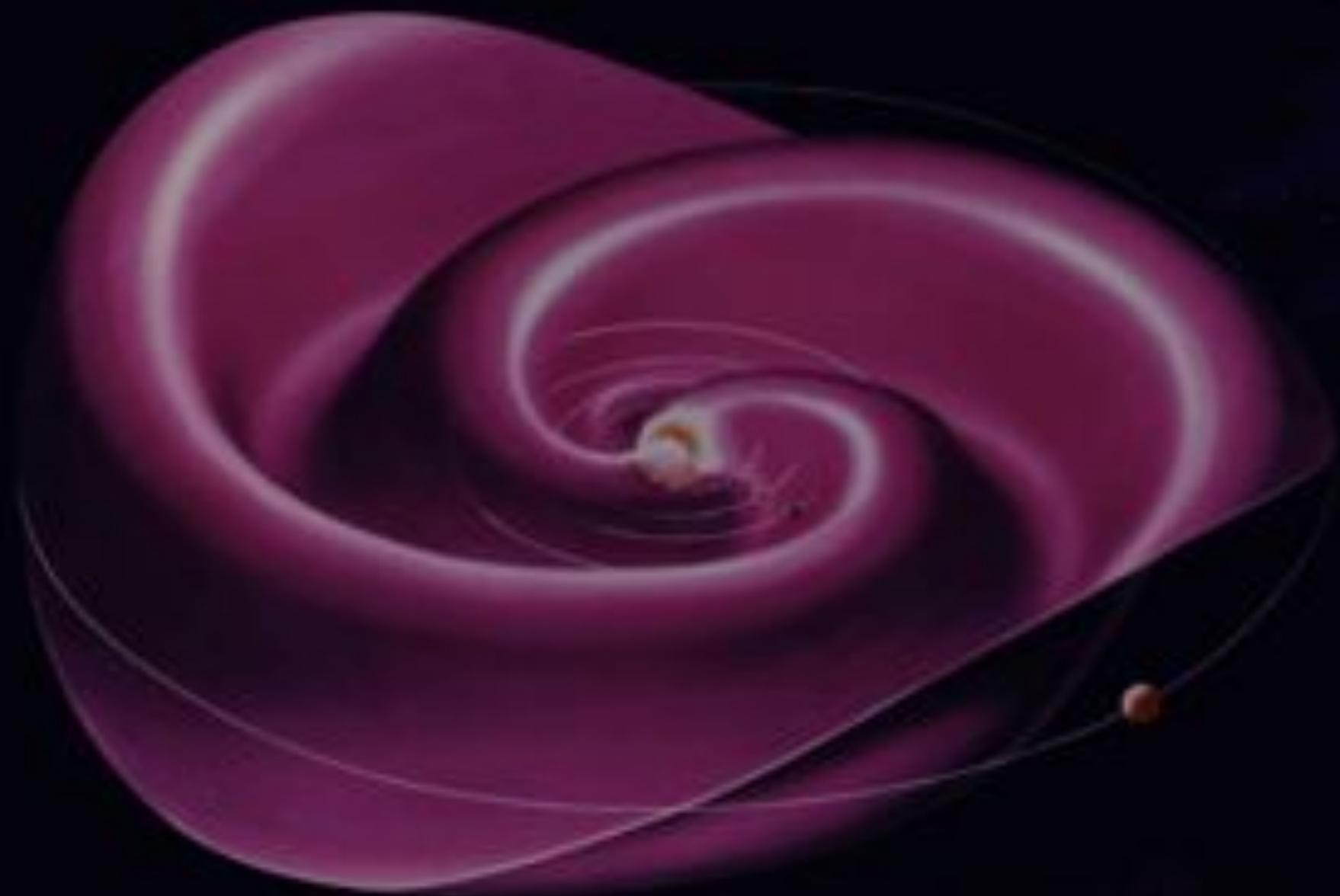
- *Основная статья: Межпланетная среда*
- Наряду со светом, Солнце излучает непрерывный поток заряженных частиц (плазмы), известный как солнечный ветер. Этот поток частиц распространяется со скоростью примерно 1,5 млн км в час[25], наполняя окосолнечную область и создавая у Солнца некий аналог планетарной атмосферы (гелиосферу), которая имеется на расстоянии по крайней мере 100 а. е. от Солнца[26]. Она известна как межпланетная среда. Геомагнитные бури на поверхности Солнца, такие как солнечные вспышки и корональные выбросы массы, возмущают гелиосферу, порождая космическую погоду[27]. Крупнейшая структура в пределах гелиосферы — гелиосферный токовый слой; спиральная поверхность, созданная воздействием вращающегося магнитного поля Солнца на межпланетную среду[28][29].
- Магнитное поле Земли мешает солнечному ветру сорвать атмосферу Земли. Венера и Марс не имеют магнитного поля и в результате, солнечный ветер постепенно сдувает их атмосферы в космос[30]. Корональные выбросы массы и подобные явления изменяют магнитное поле и выносят огромное



количество вещества с поверхности Солнца — порядка 10^9 — 10^{10} тонн в час [31] количество вещества с поверхности Солнца — порядка 10^9 — 10^{10} тонн в час [31]. Взаимодействуя с магнитным полем Земли это вещество попадает преимущественно в верхние приполярные слои атмосферы Земли, где от такого взаимодействия возникают полярные сияния количество вещества с поверхности Солнца — порядка 10^9 — 10^{10} тонн в час [31]. Взаимодействуя с магнитным полем Земли это вещество попадает преимущественно в верхние приполярные слои атмосферы Земли, где от такого взаимодействия возникают полярные сияния, наиболее часто наблюдаемые около магнитных полюсов.

- Космические лучи Космические лучи происходят извне Солнечной системы. Гелиосфера и, в меньшей степени, планетарные магнитные поля частично защищают Солнечную систему от внешних воздействий. Как плотность космических лучей в межзвёздной среде Космические лучи происходят извне Солнечной системы. Гелиосфера и, в меньшей степени, планетарные магнитные поля частично защищают Солнечную систему от внешних воздействий. Как плотность космических лучей в межзвёздной среде, так и сила магнитного поля Солнца изменяются с течением времени, таким образом, уровень космического излучения в Солнечной системе непостоянен, хотя величина отклонений достоверно неизвестна [32].

- Межпланетная среда является местом формирования, по крайней мере, двух дископодобных областей космической пыли Межпланетная среда



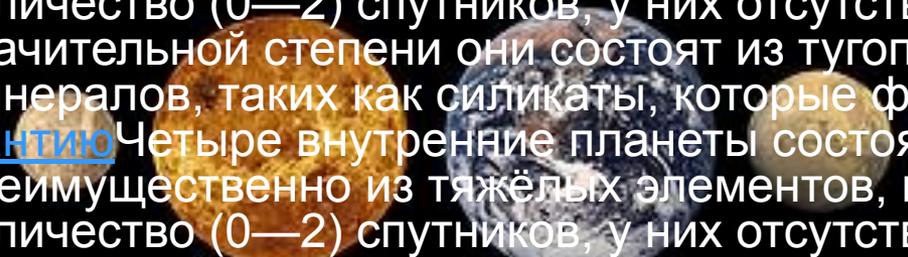


Внутренняя область Солнечной системы

- Внутренняя часть включает планеты земной группы и астероиды. Состоящие главным образом из [силикатов](#) и металлов, объекты внутренней области относительно близки к Солнцу, это самая малая часть системы — её радиус меньше, чем расстояние между орбитами Юпитера и Сатурна.
-

Планеты земной группы

- Планеты земной группы. Слева направо: [Меркурий](#) Планеты земной группы. Слева направо: Меркурий, [Венера](#) Планеты земной группы. Слева направо: Меркурий, Венера, [Земля](#) Планеты земной группы. Слева направо: Меркурий, Венера, Земля и [Марс](#) (размеры в масштабе, межпланетные дистанции — нет)
- Четыре внутренние планеты состоят преимущественно из тяжёлых элементов, имеют малое количество (0—2) [спутников](#) Четыре внутренние планеты состоят преимущественно из тяжёлых элементов, имеют малое количество (0—2) спутников, у них отсутствуют [кольца](#) Четыре внутренние планеты состоят преимущественно из тяжёлых элементов, имеют малое количество (0—2) спутников, у них отсутствуют кольца. В значительной степени они состоят из тугоплавких минералов, таких как силикаты, которые формируют их [мантию](#) Четыре внутренние планеты состоят преимущественно из тяжёлых элементов, имеют малое количество (0—2) спутников, у них отсутствуют кольца. В значительной степени они состоят из тугоплавких минералов, таких как силикаты, которые формируют их мантию и [кору](#) Четыре внутренние планеты состоят





Меркурий

- [Меркурий](#) Меркурий (0,4 а. е. от Солнца) является ближайшей планетой к Солнцу и наименьшей планетой системы (0,055 массы Земли). У Меркурия нет спутников, а его единственными известными геологическими особенностями, помимо ударных кратеров, являются многочисленные зубчатые откосы, простирающихся на сотни километров — эскарпы, возникшие, вероятно, во время приливных деформаций на раннем этапе истории планеты во время, когда его периоды обращения вокруг оси и вокруг Солнца не вошли в резонанс [\[42\]](#) Меркурий (0,4 а. е. от Солнца) является ближайшей планетой к Солнцу и наименьшей планетой системы (0,055 массы Земли). У Меркурия нет спутников, а его единственными известными геологическими особенностями, помимо ударных кратеров, являются многочисленные зубчатые откосы, простирающихся на сотни километров — эскарпы, возникшие, вероятно, во время приливных деформаций на раннем этапе истории планеты во время, когда его периоды обращения вокруг оси и вокруг Солнца не вошли в резонанс [\[42\]](#). Меркурий имеет крайне разреженную атмосферу, она состоит из атомов, «выбитых» с поверхности планеты солнечным ветром [\[43\]](#) Меркурий (0,4 а. е. от Солнца)



Венера

- [Венера](#) 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 девять раз плотнее. У Венеры нет спутников. Это самая горячая планета, температура её поверхности превышает 400 °С. Наиболее вероятной причиной столь высокой температуры является [парниковый эффект](#) 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 девять раз плотнее. У Венеры нет спутников. Это самая горячая планета, температура её поверхности превышает 400 °С. Наиболее вероятной причиной столь высокой температуры является парниковый эффект, возникающий из-за плотной атмосферы, богатой углекислым газом [\[46\]](#) Венера близка по размеру к Земле (0,815 земной массы) и, как и Земля, имеет толстую силикатную оболочку вокруг железного ядра



Земля

- Земля Земля является наибольшей и самой плотной из внутренних планет. У Земли наблюдается тектоника плит Земля является наибольшей и самой плотной из внутренних планет. У Земли наблюдается тектоника плит. Вопрос о наличии жизни где-либо, кроме Земли, остаётся открытым [48] Земля является наибольшей и самой плотной из внутренних планет. У Земли наблюдается тектоника плит. Вопрос о наличии жизни где-либо, кроме Земли, остаётся открытым [48]. Однако среди планет земной группы Земля является уникальной (прежде всего гидросферой Земля является наибольшей и самой плотной из внутренних планет. У Земли наблюдается тектоника плит. Вопрос о наличии жизни где-либо, кроме Земли, остаётся открытым [48]. Однако среди планет земной группы Земля является уникальной (прежде всего гидросферой). Атмосфера Земля является наибольшей и самой плотной из внутренних планет. У Земли наблюдается тектоника плит. Вопрос о наличии жизни где-либо, кроме Земли, остаётся открытым [48]. Однако среди планет земной группы Земля является уникальной (прежде всего гидросферой) Атмосфера Земли



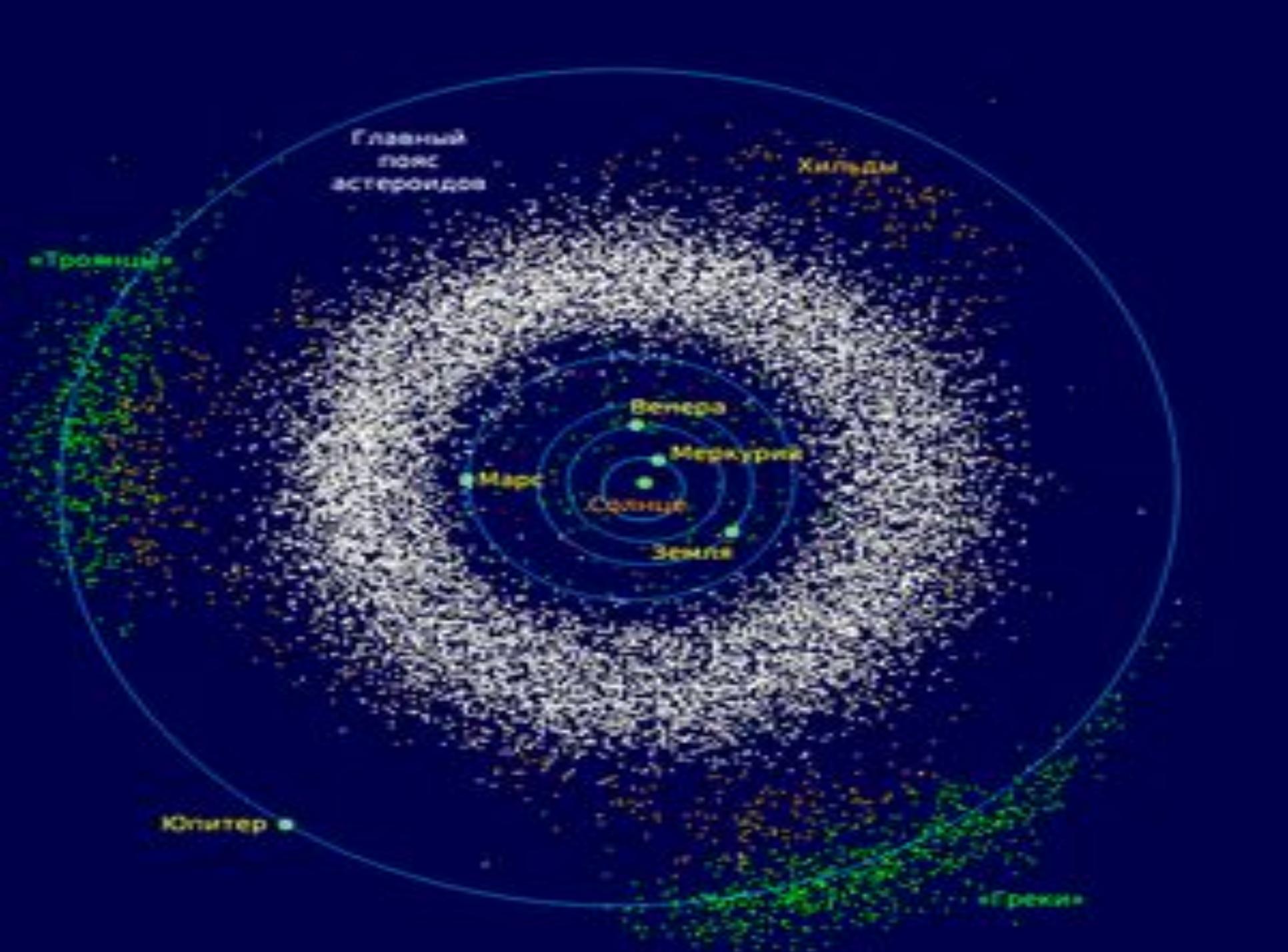
Марс

- [Марс](#)Марс меньше Земли и Венеры (0,107 массы Земли). Он обладает атмосферой, состоящей главным образом из [углекислого газа](#)Марс меньше Земли и Венеры (0,107 массы Земли). Он обладает атмосферой, состоящей главным образом из углекислого газа, с поверхностным давлением 6,1 [мбар](#)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)[\[50\]](#)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)[\[50\]](#). На его поверхности есть вулканы, самый большой из которых, [Олимп](#)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)[\[50\]](#). На его поверхности есть вулканы, самый большой из которых, [Олимп](#), превышает размерами все земные вулканы.
Рифтовые впадины ([долина Маринера](#)Марс меньше Земли и Венеры (0,107 массы Земли). Он обладает атмосферой, состоящей главным образом из углекислого газа, с



Пояс астероидов

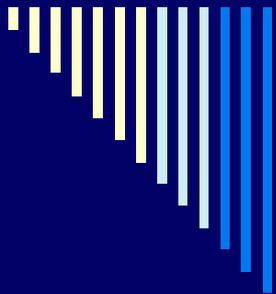
- [Пояс астероидов](#) Пояс астероидов (белый цвет) и [тройные астероиды](#) (зелёный цвет)
- [Астероиды](#) Астероиды — самые распространённые [малые тела Солнечной системы](#).
- Пояс астероидов занимает орбиту между Марсом и Юпитером, между 2,3 и 3,3 а. е. от Солнца. Полагают, что это остатки формирования Солнечной системы, которые были не в состоянии объединиться в крупное тело из-за гравитационных возмущений Юпитера[54].
- Размеры астероидов варьируются от нескольких метров до сотен километров. Все астероиды классифицированы как малые тела Солнечной системы, но некоторые тела, в настоящее время классифицированные как астероиды, например, [Веста](#) Размеры астероидов варьируются от нескольких метров до сотен километров. Все астероиды классифицированы как малые тела Солнечной системы, но некоторые тела, в настоящее время классифицированные как астероиды, например, Веста и [Гигея](#) Размеры астероидов варьируются от нескольких метров до сотен километров. Все астероиды классифицированы как малые тела Солнечной системы, но некоторые тела, в настоящее время классифицированные как астероиды, например, Веста и Гигея, могут быть классифицированы как карликовые планеты, если будет показано, что они поддерживают [гидростатическое равновесие](#) Размеры астероидов варьируются от нескольких метров до





Группы астероидов

- Астероиды объединяют в группы и семейства на основе характеристик их орбит. Спутники астероидов — астероиды, обращающиеся по орбите вокруг других астероидов. Они не так ясно определяются как спутники планет, будучи иногда почти столь же большими как их компаньон. Пояс астероидов также содержит кометы основного пояса астероидов, которые, возможно, были источником воды на Земле. Троянские астероиды расположены в точках Лагранжа L4 и L5 Юпитера (гравитационно устойчивые регионы влияния планеты, перемещающиеся совместно с ней по её орбите); термин «*трояницы*» также используется для астероидов, находящихся в точках Лагранжа любых других планет или спутников (кроме троянцев Юпитера, известны троянцы Нептуна и Марса). Хильды (группа астероидов) находятся в резонансе с Юпитером 2:3, то есть делают три оборота вокруг Солнца за время двух полных оборотов Юпитера



- Также во внутренней Солнечной системе имеются группы астероидов с орбитами, расположенными от Меркурия до Марса. Орбиты многих из них пересекают орбиты внутренних планет





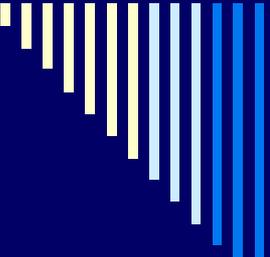
Церера

- Церера (2,77 а. е.) — крупнейшее тело пояса астероидов, классифицирована как карликовая планета, имеет диаметр немногим менее 1000 км и массу, достаточно большую, чтобы под действием собственной гравитации поддерживать сферическую форму. После открытия Цереру классифицировали как планету, однако поскольку дальнейшие наблюдения привели к обнаружению поблизости от Цереры ряда астероидов, в 1850-х её отнесли к астероидам[62]. Повторно она была классифицирована как карликовая планета в 2006 году.



Внешняя Солнечная система

- Внешняя область Солнечной системы является домом газовых гигантов и их спутников. Орбиты многих короткопериодических комет, включая кентавров, также проходят в этой области. Твёрдые объекты этой области из-за их большего расстояния от Солнца, а значит гораздо более низкой температуры, содержат льды воды, аммиака и метана.
-



Планеты-гиганты



- Планеты-гиганты. Слева направо: [Юпитер](#), [Сатурн](#), [Уран](#) и [Нептун](#) (размеры в масштабе, межпланетные дистанции — нет)
- Четыре планеты-гиганта, также называемые [газовыми гигантами](#) Четыре планеты-гиганта, также называемые газовыми гигантами, все вместе содержат 99 % массы вещества, обращающегося на орбитах вокруг Солнца. Юпитер и Сатурн преимущественно состоят из водорода и гелия; Уран и Нептун обладают большим содержанием льда в их составе. Некоторые астрономы из-за этого классифицируют их в собственной категории — «ледяные гиганты» [63]. Четыре планеты-гиганта, также называемые газовыми гигантами, все вместе содержат 99 % массы вещества, обращающегося на орбитах вокруг Солнца. Юпитер и Сатурн преимущественно состоят из водорода и гелия; Уран и Нептун обладают большим содержанием льда в их составе. Некоторые астрономы из-за этого классифицируют их в собственной категории — «ледяные гиганты» [63]. У всех четырёх газовых гигантов имеются [кольца](#), хотя только кольцевая система Сатурна легко наблюдается с Земли.



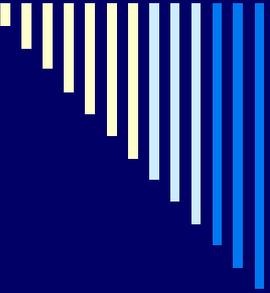
Юпитер

- Юпитер обладает массой в 318 масс Земли, что 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.
- У Юпитера имеется 63 спутника. Четыре крупнейших — Ганимед, Каллисто, Ио и Европа — схожи с планетами земной группы такими явлениями, как вулканическая активность и внутренний нагрев. Ганимед, крупнейший спутник в Солнечной системе, больше Меркурия.



Сатурн

- 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; таким образом, Сатурн — наименее плотная планета Солнечной системы (его средняя плотность сравнима с плотностью воды). У Сатурна имеется 61 подтверждённый спутник; два из них — Титан и Энцелад, проявляют признаки геологической активности. Активность эта, однако, не схожа с земной, поскольку в значительной степени обусловлена активностью льда. Титан, превосходящий размерами Меркурий, — единственный спутник в Солнечной системе с существенной атмосферой.



Уран

- Уран с массой в 14 масс Земли является самой лёгкой из внешних планет. Уникальным среди других планет его делает то, что он вращается «лёжа на боку»; наклон оси его вращения к плоскости эклиптики больше девяноста градусов. Если другие планеты можно сравнить с вращающимися волчками, то Уран больше похож на катящийся шар. Он имеет намного более холодное ядро, чем другие газовые гиганты, и излучает очень немного тепла в космос .



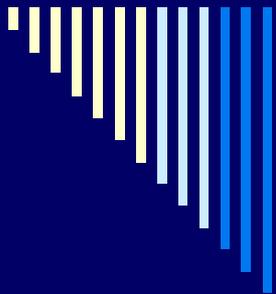
Нептун

- Нептун, хотя и немного меньше Урана, более массивен (17 масс Земли) и поэтому более плотный. Он излучает больше внутреннего тепла, но не столько, как Юпитер или Сатурн.
- У Нептуна имеется 13 известных спутников. Крупнейший — Тритон, является геологически активным, с гейзерами жидкого азота[68]. Тритон — единственный крупный спутник, движущийся в обратном направлении. Также Нептун сопровождается астероидами, называемыми *Нептунские троянцы*, которые находятся с ним в резонансе 1:1.

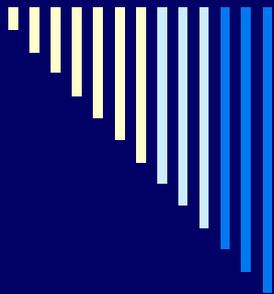
КОМЕТЫ



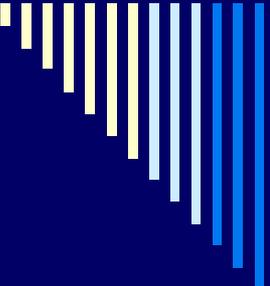
Комета Хейла — Боппа



- 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.

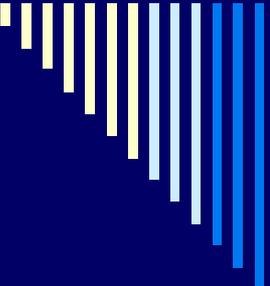


- Короткопериодические кометы имеют период меньше 200 лет. Период же долгопериодических комет может равняться тысячам лет. Полагают, что источником короткопериодических служит пояс Койпера, в то время как источником долгопериодических комет, таких как комета Хейла — Боппа, считается облако Оорта. Многие семейства комет, такие как Околосолнечные кометы Крейца, образовались в результате распада одного тела. Некоторые кометы с гиперболическими орбитами могут быть из-за пределов Солнечной системы, но определение их точных орбит затруднено. Старые кометы, у которых большая часть их летучих веществ уже испарилась, часто классифицируют как астероиды



Кентавры

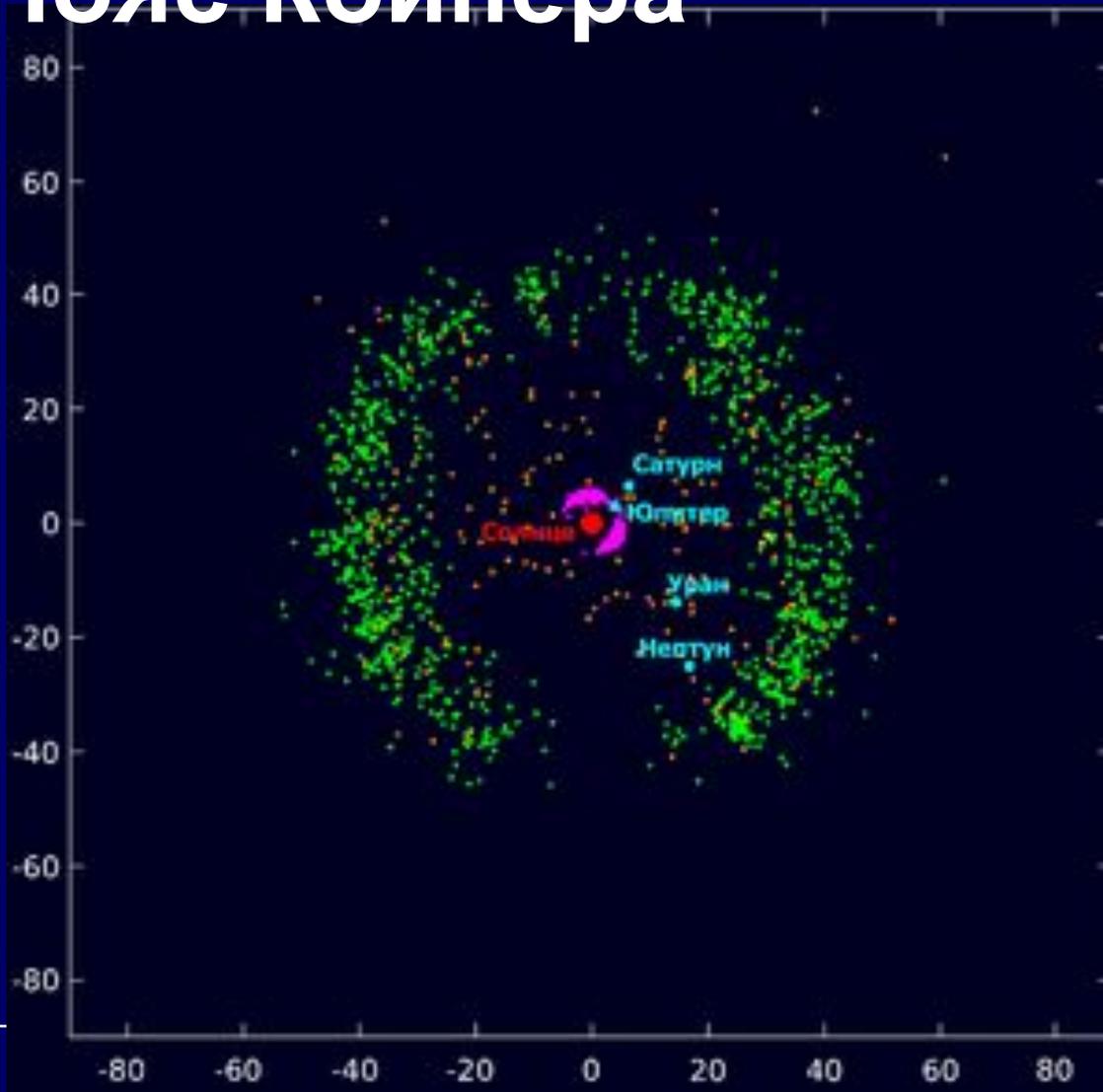
- Кентавры — ледяные кометоподобные объекты с большой полуосью, большей, чем у Юпитера (5,5 а. е.) и меньшей чем у Нептуна (30 а. е.). У крупнейшего из известных кентавров, Харикло, диаметр приблизительно равен 250 км. Первый обнаруженный кентавр, Хирон, также классифицирован как комета (95P), из-за того что по мере приближения к Солнцу у него возникает кома, как и у комет
-

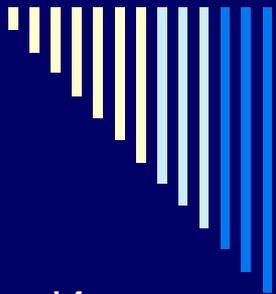


Транснептуновые объекты

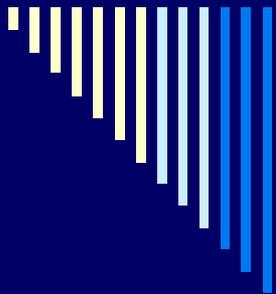
- Пространство за Нептуном, или «регион транснептуновых объектов», всё ещё в значительной степени не исследовано. Предположительно, оно содержит только малые тела, состоящие главным образом из камней и льда. Этот регион иногда также включают во «внешнюю Солнечную систему», хотя чаще этот термин используют, чтобы обозначать пространство за поясом астероидов и до орбиты Нептуна.
-

Пояс Койпера

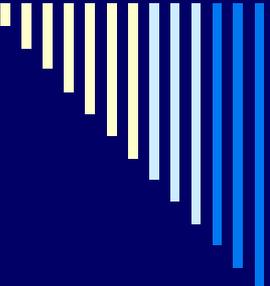




- Известные объекты пояса Койпера (зелёные), показанные относительно четырёх внешних планет. Масштаб показан в астрономических единицах. Пробел внизу картинки вызван нахождением в этой области полосы Млечного Пути, скрывающей тусклые объекты
- Пояс Койпера — область реликтов времён образования Солнечной системы, являющейся большим поясом осколков, подобным поясу астероидов, но состоящий в основном из льда. Он простирается между 30 и 55 а. е. от Солнца. Составлен главным образом малыми телами Солнечной системы, но многие из крупнейших объектов пояса Койпера, такие как Кваввар, Варуна и Орк, могут быть переклассифицированы в карликовые планеты после уточнения их параметров. По оценкам, более 100 000 объектов пояса Койпера имеют диаметр больше 50 км, но полная масса пояса равна только одной десятой или даже одной сотой массы Земли[75]. Многие объекты пояса обладают множественными спутниками[76], и у большинства объектов орбиты располагаются вне плоскости эклиптики

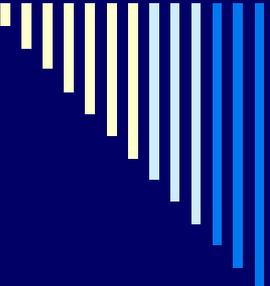


- Пояс Койпера может быть примерно разделен на «классический» пояс и резонансы (главным образом плутино). Резонансы — транснептуновые объекты, чья орбита создаёт орбитальный резонанс с орбитой Нептуна (например, два оборота на каждые три оборота Нептуна, или один на каждые два). Первые резонансы фактически начинаются непосредственно в пределах орбиты Нептуна. Классические объекты пояса Койпера не находятся с Нептуном в орбитальном резонансе и простираются примерно от 39,4 до 47,7 а. е. Элементы классического пояса Койпера классифицированы как кьюбивано, от индекса первого обнаруженного объекта — (15760) 1992 QB1 («QB1» произносится как «кью-би-ван»); и имеют близкие к круговым орбиты с малым углом наклона к эклиптике



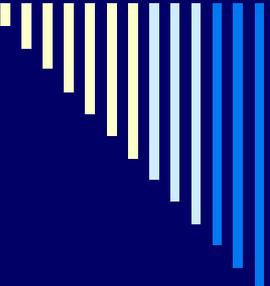
Плутон

- Плутон — карликовая планета, крупнейший известный объект пояса Койпера. После обнаружения в 1930 году считался девятой планетой; положение изменилось в 2006 году с принятием формального определения планеты. У Плутона умеренный эксцентриситет орбиты с наклоном в 17 градусов к плоскости эклиптики, и он то приближается к Солнцу на расстояние 29,6 а. е., оказываясь к нему ближе Нептуна, то удаляется на 49,3 а. е.
- Неясна ситуация с наибольшим спутником Плутона — Хароном. Продолжит ли он классифицироваться как спутник Плутона или будет переклассифицирован в карликовую планету. Поскольку центр масс системы Плутон — Харон находится вне их поверхностей, они должны рассматриваться в качестве двойной планетной системы. Два меньших спутника — Никта и Гидра, обращаются вокруг Плутона и Харона.
- Плутон находится с Нептуном в орбитальном резонансе 3:2 — на каждые три оборота Нептуна вокруг Солнца приходится два оборота Плутона, весь цикл занимает 500 лет. Объекты пояса Койпера, чьи орбиты обладают таким же резонансом, называют плутино



Хаумеа

- ХаумеаХаумеа — карликовая планета, хотя и меньше Плутона, крупнейший из известных классических объектов пояса КойпераХаумеа — карликовая планета, хотя и меньше Плутона, крупнейший из известных классических объектов пояса Койпера (не находящихся в подтверждённом резонансе с Нептуном). Хаумеа имеет сильно вытянутую форму и период вращения вокруг своей оси около 4 часов. Два спутника и ещё по крайней мере восемь транснептуновых объектов являются частью семейства Хаумеа, которое сформировалась миллиарды лет назад из ледяных осколков, после того как большое столкновение разрушило ледяную мантию Хаумеа. Орбита карликовой планеты обладает большим наклоном — 28°.



Макемаке

- [Макемаке](#)Макемаке — первоначально обозначался как 2005 FY9, в 2008 году получил имя и был объявлен карликовой планетой[8]Макемаке — первоначально обозначался как 2005 FY9, в 2008 году получил имя и был объявлен карликовой планетой[8]. В настоящее время является вторым по видимой яркости в поясе Койпера после Плутона. У Макемаке пока не обнаружено спутников. Имеет диаметр от 50 до 75 % диаметра Плутона, орбита наклонена на 29°[81]Макемаке — первоначально обозначался как 2005 FY9, в 2008 году получил имя и был объявлен карликовой планетой[8]. В настоящее время является вторым по видимой яркости в поясе Койпера после Плутона. У Макемаке пока не обнаружено спутников. Имеет диаметр от 50 до 75 % диаметра Плутона, орбита наклонена на 29°[81], [эксцентриситет](#) около 0,16.

Крупнейшие из известных транснептуновых объектов (ТНО)



Эрида



Плутон



Макемаке



Хаумеа



Седна



Орк



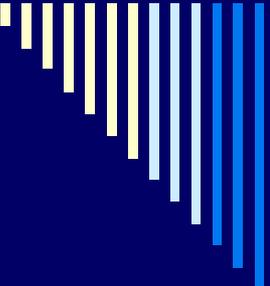
2007 OR₁₀



Квавар

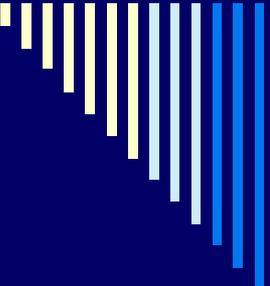


Сравнительные размеры крупнейших ТНО и Земли.
Изображения объектов — ссылки на статьи.



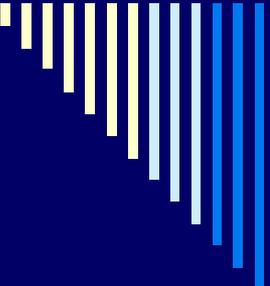
Рассеянный диск

- Рассеянный диск частично перекрывается с поясом Койпера, но простирается намного далее за его пределы и, как предполагают, является источником короткопериодических комет. Предполагают, что объекты рассеянного диска были выброшены на беспорядочные орбиты гравитационным влиянием Нептуна в период его миграции на ранней стадии формирования Солнечной системы: одна из концепций базируется на предположении о том, что Нептун и Уран сформировались ближе к Солнцу, чем они есть сейчас, а затем переместились на свои современные орбиты. Многие объекты рассеянного диска (SDO) имеют перигелий в пределах пояса Койпера, но их афелий может простираться до 150 а. е. от Солнца. Орбиты объектов также весьма наклонены к поясу эклиптики и часто почти перпендикулярны ему. Некоторые астрономы полагают, что рассеянный диск — это область пояса Койпера, и описывают объекты рассеянного диска как «рассеянные объекты пояса Койпера». Некоторые же астрономы также классифицируют кентавры как рассеянные внутри объекты пояса Койпера, наряду с рассеянными наружу обитателями рассеянного диска



Эрида

- Эрида (68 а. е. в среднем) — крупнейший известный объект рассеянного диска, её обнаружение породило дебаты о том, что является планетой, из-за того, что она по крайней мере на 5 % больше, чем Плутон и имеет предполагаемый диаметр 2400 км. Она является наибольшей из известных карликовых планет. У Эриды имеется один спутник — Дисномия. Как и у Плутона, её орбита является чрезвычайно вытянутой, с перигелием 38,2 а. е. (примерное расстояние Плутона от Солнца) и афелием 97,6 а. е.; и орбита сильно ($44,177^\circ$) наклонена к плоскости эклиптики.

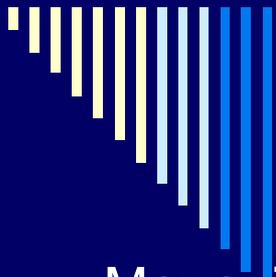


Отдалённые области

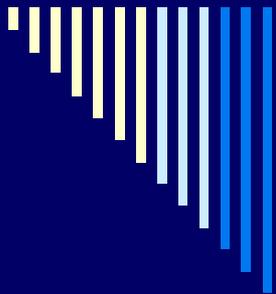
- Вопрос о том, где именно заканчивается Солнечная система и начинается межзвёздное пространство, неоднозначен. Ключевыми в их определении принимают два фактора: солнечный ветер и солнечное [тяготение](#). Внешняя граница солнечного ветра — гелиопауза, за ней солнечный ветер и межзвёздное вещество смешиваются, взаимно растворяясь. Гелиопауза находится примерно в четыре раза дальше Плутона и считается началом межзвёздной среды. Однако предполагают, что область, в которой гравитация
-

Гелиосфера

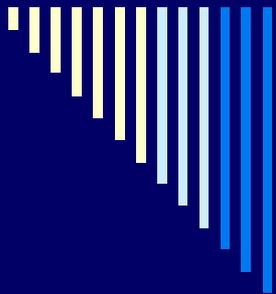




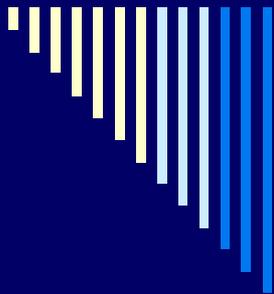
- Межзвёздная среда в окрестностях Солнечной системы неоднородна. Наблюдения показывают, что Солнце движется со скоростью около 25 км/с сквозь Местное межзвёздное облако и может покинуть его в течение следующих 10 тысяч лет. Большую роль во взаимодействии Солнечной системы с межзвёздным веществом играет солнечный ветер.
- Наша планетная система существует в крайне разреженной «атмосфере» солнечного ветра — потока заряженных частиц (в основном водородной и гелиевой плазмы), с огромной скоростью истекающих из солнечной короны. Средняя скорость солнечного ветра, наблюдаемая на Земле, составляет 450 км/с. Эта скорость превышает скорость распространения магнитогидродинамических волн, поэтому при взаимодействии с препятствиями плазма солнечного ветра ведёт себя аналогично сверхзвуковому потоку газа. По мере удаления от Солнца, плотность солнечного ветра ослабевает, и наступает момент, когда он оказывается более не в состоянии сдерживать давление межзвёздного вещества. В процессе столкновения образуется несколько переходных областей.



- Сначала солнечный ветер тормозится, становится более плотным, тёплым и турбулентным[89]. Момент этого перехода называется *границей ударной волны* (англ. *termination shock*) и находится на расстоянии около 85—95 а. е. от Солнца (по данным, полученным с космических станций «Вояджер-1» и «Вояджер-2», которые пересекли эту границу в декабре 2004 года и августе 2007).
- Ещё приблизительно через 40 а. е. солнечный ветер сталкивается с межзвёздным веществом и окончательно останавливается. Эта граница, отделяющая межзвёздную среду от вещества Солнечной системы, называется *гелиопаузой*. По форме она похожа на пузырь, вытянутый в противоположную движению Солнца сторону. Область пространства, ограниченная гелиопаузой, называется *гелиосферой*.



- Согласно данным аппаратов «[Вояджер](#)» Согласно данным аппаратов «Вояджер», ударная волна с южной стороны оказалась ближе, чем с северной (73 и 85 астрономических единиц соответственно). Точные причины этого пока неизвестны; согласно первым предположениям, асимметричность гелиопаузы может быть вызвана действием сверхслабых магнитных полей в межзвёздном пространстве [Галактики](#) Согласно данным аппаратов «Вояджер», ударная волна с южной стороны оказалась ближе, чем с северной (73 и 85 астрономических единиц соответственно). Точные причины этого пока неизвестны; согласно первым предположениям, асимметричность гелиопаузы может быть вызвана действием сверхслабых магнитных полей в межзвёздном пространстве Галактики[\[91\]](#).
- По другую сторону гелиопаузы, на расстоянии порядка 230 а. е. от Солнца, вдоль *головной ударной волны* (bow shock) происходит ~~торможение с космических скоростей налетающего на Солнечную систему межзвёздного вещества~~[\[92\]](#).



- Ни один космический корабль ещё не вышел из гелиопаузы, таким образом, невозможно знать наверняка условия в местном межзвёздном облаке. Ни один космический корабль ещё не вышел из гелиопаузы, таким образом, невозможно знать наверняка условия в местном межзвёздном облаке. Ожидается, что «Вояджеры» Ни один космический корабль ещё не вышел из гелиопаузы, таким образом, невозможно знать наверняка условия в местном межзвёздном облаке. Ожидается, что «Вояджеры» пройдут гелиопаузу в следующем десятилетии и передадут ценные данные относительно уровней излучения и солнечного ветра[93]. Недостаточно ясно, насколько хорошо гелиосфера защищает Солнечную систему от космических лучей. Команда, финансируемая НАСА, разработала концепцию миссии «Vision Mission» — посылки зонда к границе гелиосферы

Облако Оорта

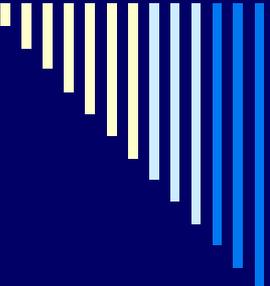


Облако Оорта
(содержит многие миллиарды комет)

The main image shows a large, dense, spherical cloud of comets, representing the Oort Cloud. The cloud is composed of many small, white dots, each representing a comet. The cloud is centered on the Sun and extends far beyond the Kuiper Belt. A blue line points from the text box to the cloud.

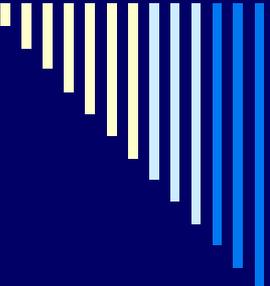
Рисунок облака Оорта в разрезе является адаптацией иллюстрации Домальда К. Йоханса (НАСА, JPL)

□ Гипотетическое облако Оорта — сферическое облако ледяных объектов (вплоть до триллиона), служащее источником долгопериодических комет. Предполагаемое расстояние до внешних границ облака Оорта от Солнца составляет от 50 000 а. е. (приблизительно 1 световой год) до 100 000 а. е. (1,87 св. лет). Полагают, что составляющие облако объекты сформировались около Солнца и были рассеяны далеко в космос гравитационными эффектами планет-гигантов на раннем этапе развития Солнечной системы. Объекты облака Оорта перемещаются очень медленно и могут испытывать взаимодействия, нехарактерные для внутренних объектов системы: редкие столкновения друг с другом, гравитационное воздействие проходящей рядом звезды, действие галактических приливных сил.



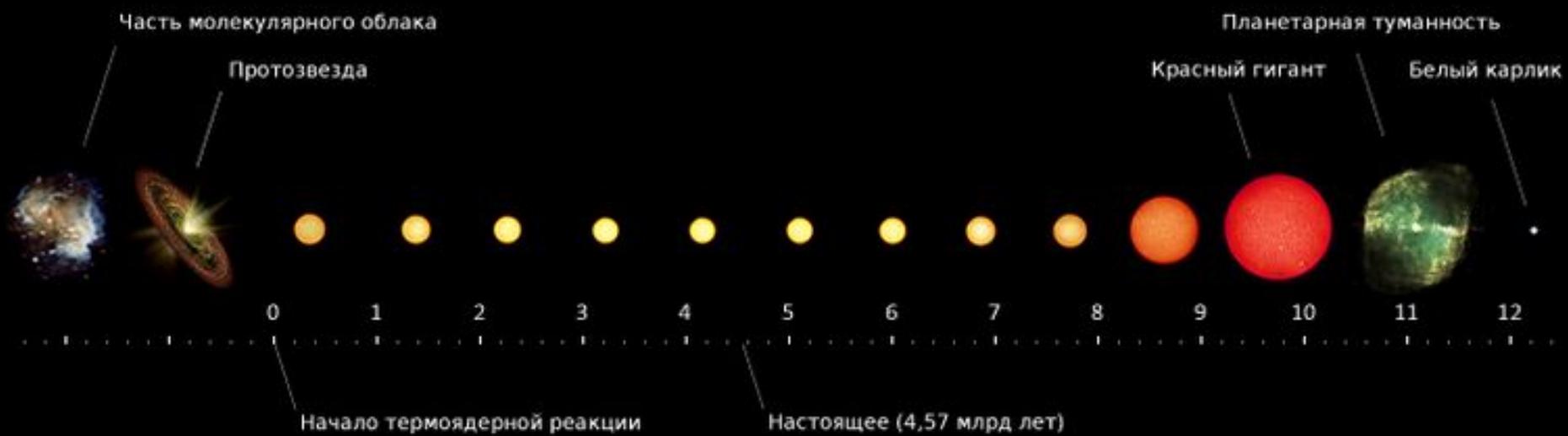
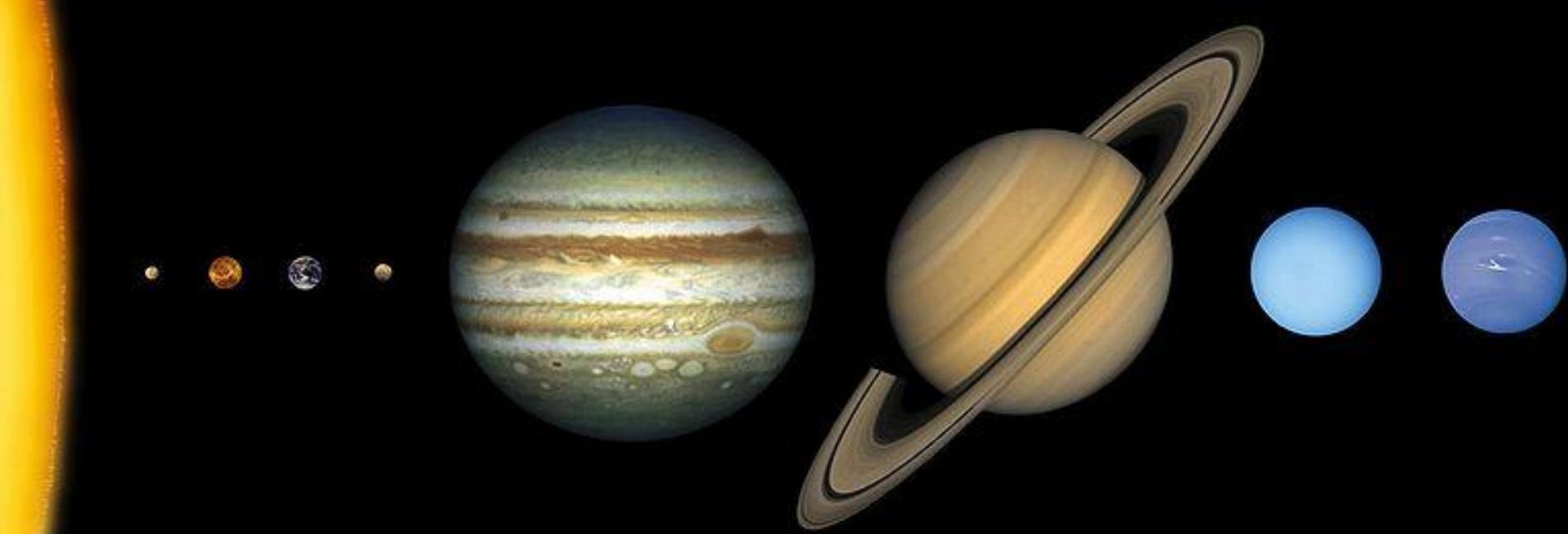
Седна

- [Седна](#) Седна (525,86 а. е. в среднем) — большой, подобный [Плутону](#) Седна (525,86 а. е. в среднем) — большой, подобный Плутону, красноватый объект с гигантской, чрезвычайно эллиптической орбитой, от приблизительно 76 а. е. в перигелии до 975 а. е. в афелии и периодом в 12 050 лет. [Майкл Браун](#) Седна (525,86 а. е. в среднем) — большой, подобный Плутону, красноватый объект с гигантской, чрезвычайно эллиптической орбитой, от приблизительно 76 а. е. в перигелии до 975 а. е. в афелии и периодом в 12 050 лет. Майкл Браун, который открыл Седну в [2003 году](#) Седна (525,86 а. е. в среднем) — большой, подобный Плутону, красноватый объект с гигантской, чрезвычайно эллиптической орбитой, от приблизительно 76 а. е. в перигелии до 975 а. е. в афелии и периодом в 12 050 лет. Майкл Браун, который открыл Седну в 2003 году, утверждает, что она не может быть частью рассеянного диска или пояса Койпера, поскольку её перигелий слишком далёк, чтобы объясняться воздействием миграции Нептуна. Он и другие астрономы полагают, что этот объект является первым обнаруженным в полностью новой популяции, которое также может включать объект [2000 CR105](#) Седна (525,86 а. е. в среднем) — большой, подобный Плутону, красноватый объект с гигантской, чрезвычайно эллиптической орбитой, от приблизительно 76 а. е. в перигелии до 975 а. е. в афелии и периодом в 12 050 лет. Майкл Браун, который открыл Седну в 2003 году, утверждает, что она не может быть частью рассеянного диска или пояса Койпера, поскольку её

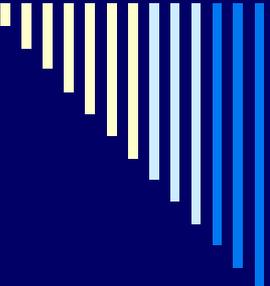


Пограничные области

- Большая часть нашей Солнечной системы всё ещё неизвестна. По оценкам, гравитационное поле Солнца преобладает над гравитационными силами окружающих звёзд. Большая часть нашей Солнечной системы всё ещё неизвестна. По оценкам, гравитационное поле Солнца преобладает над гравитационными силами окружающих звёзд на расстоянии приблизительно двух световых лет (125 000 а. е.). В сравнении, нижние оценки радиуса облака Оорта не размещают его дальше 50 000 а. е. [\[100\]](#) Несмотря на открытия таких объектов как Седна, область между поясом Койпера и облаком Оорта радиусом в десятки тысяч а. е. всё ещё практически не исследована. Также продолжается изучение области между Меркурием и Солнцем

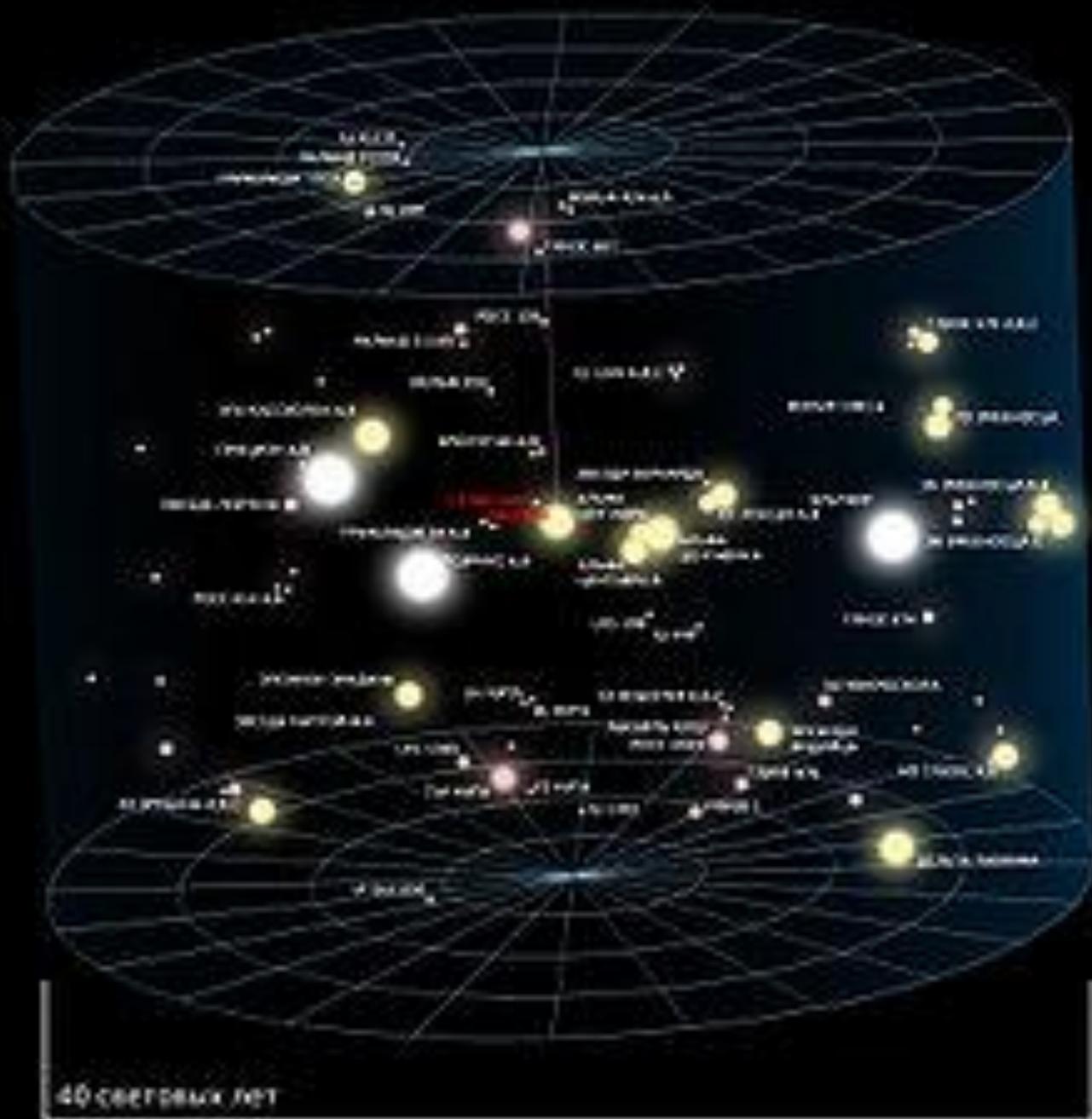


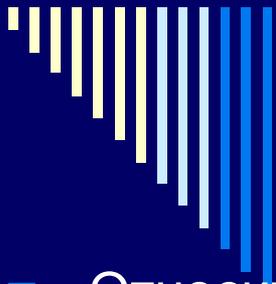




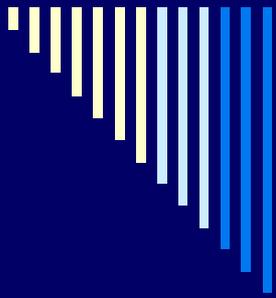
Окрестности

- Непосредственная галактическая окрестность Солнечной системы известна как Местное межзвёздное облако. Непосредственная галактическая окрестность Солнечной системы известна как Местное межзвёздное облако. Это более плотный участок области разреженного газа или Местный пузырь. Непосредственная галактическая окрестность Солнечной системы известна как Местное межзвёздное облако. Это более плотный участок области разреженного газа или Местный пузырь — полости в межзвёздной среде протяжённостью примерно 300 св. лет, имеющей форму песочных часов. Пузырь заполнен высокотемпературной плазмой; это предполагает, что пузырь образовался в результате взрыва нескольких недавних сверхновых.





- Относительно немного звёзд в пределах десяти св. лет (95 трлн км) от Солнца. Ближайшей является тройная звёздная система Альфа Центавра, на отдалении примерно 4,3 св. лет. Альфа Центавра А и В — тесная двойная система близких по характеристикам Солнцу звёзд, в то время как маленький красный карлик Альфа Центавра С (также известный как Проксима Центавра) обращается вокруг этой пары на расстоянии 0,2 св. лет. Следующими ближайшими звёздами являются красные карлики звезда Барнарда (5,9 св. лет), Вольф 359 (7,8 св. лет) и Лаланд 21185 (8,3 св. лет). Крупнейшая звезда в пределах десяти световых лет — Сириус, яркая звезда главной последовательности с массой примерно в две массы Солнца и компаньоном, белым карликом под названием Сириус В. Сириус находится на расстоянии 8,6 св. лет.



- Оставшиеся системы в пределах десяти световых лет — двойная система красных карликов Лейтен 726-8 (8,7 св. лет) и одиночный красный карлик Росс 154 (9,7 св. лет)[146]. Ближайшая одиночная сходная Солнцу звезда — Тау Кита, находится на расстоянии 11,9 св. лет. Обладает примерно 80 процентами массы Солнца, но только 60 процентами её яркости[147]. Ближайшая известная экзопланета находится в системе звезды Эпсилон Эридана, звезды немного более тёмной и красной чем Солнце, находящейся на расстоянии 10,5 св. лет. Единственная подтверждённая планета в системе — Эпсилон Эридана с массой примерно 1,5 масс Юпитера и периодом обращения в 6,9 лет.

