



# Галактики. Звездные системы. Солнечная система

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

Для возраста

**8-11 класс**



htweek.ru

---

## Опорный конспект

### Галактики

Современные астрономические приборы позволяют на каждом участке неба видеть неисчислимые количества звезд. С ростом разрешающих способностей астрономических приборов наблюдения растут и количество наблюдаемых объектов.

Видимые размеры и яркость звезд зависят от расстояния до них, их величины и стадии развития.

Звезды расположены на небесной сфере неравномерно.

Невооруженным глазом в ясную погоду видно скопление звезд образующее на небе белесоватую полосу неправильной формы.

Эта полоса неправильной формы представляет из себя скопление звезд сливающихся в общую систему, которая называется Галактика или Млечный Путь<sup>1</sup>. (Рисунок 1) Звездных систем типа Галактики множество. Пример ближайшей из них – Туманность Андромеды. Их называют галактиками (с маленькой буквы).



Рисунок 1 – Галактика Млечный путь

---

<sup>1</sup> Галактиос - (греч. Γαλαξίας) -молочный.

Галактики — чрезвычайно далёкие объекты, расстояние до ближайших из них принято измерять в [мегапарсеках](#)<sup>2</sup>, а до далёких — в единицах красного смещения  $z$ <sup>3</sup>.

Гала́ктика — гравитационно-связанная система из звёзд, межзвёздного газа, пыли и тёмной материи. Все объекты, в составе галактик, участвуют в движении относительно общего [центра масс](#).

Именно из-за удалённости различить на небе невооружённым глазом можно всего лишь три из них: туманность Андромеды, Большое и Малое Магеллановы Облака.

Разрешить изображение до отдельных звёзд не удавалось вплоть до начала XX века. К началу 1990-х годов насчитывалось не более 30 галактик, в которых удалось увидеть отдельные звёзды

Галактики по своей форме делятся на три типа:

1. Эллиптические (Рисунок 2) - (в форме шара или яйца, обозначаемые буквой E (elliptical) с добавлением цифры от 0 до 6 - степень уплощения));
2. Спиральные (Рисунок 3) - (диск в форме чечевицы или двояко выгнутой линзы с выраженным спиральным узором, обозначаемые буквой S и имеющие от 2 до 10 ветвей или рукавов);
3. Неправильные (Рисунок 4) - (не имеющие четко выраженной структуры и центральных ядер.) В их строении пока не обнаружены закономерности. Пример Большое и Малое Магеллановы облака – спутники нашей галактики.

---

<sup>2</sup> **Парсёк** (русское сокращение: пк; международное сокращение: pc) — распространённая в астрономии внесистемная единица измерения расстояний. Название происходит от параллакс угловой секунды и обозначает расстояние до объекта. **мега-** (M) — приставка в системе СИ, обозначающая  $10^6$  (1 000 000, один миллион).

<sup>3</sup> **Красное смещение** — сдвиг спектральных линий химических элементов в красную (длинноволновую) сторону. Это явление может быть выражением [эффекта Доплера](#) параметр смещения  $z$  определяется как  $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$ ; где  $\lambda$  и  $\lambda_0$  — значения длины волны в точках наблюдения и испускания излучения соответственно

## Эллиптические галактики

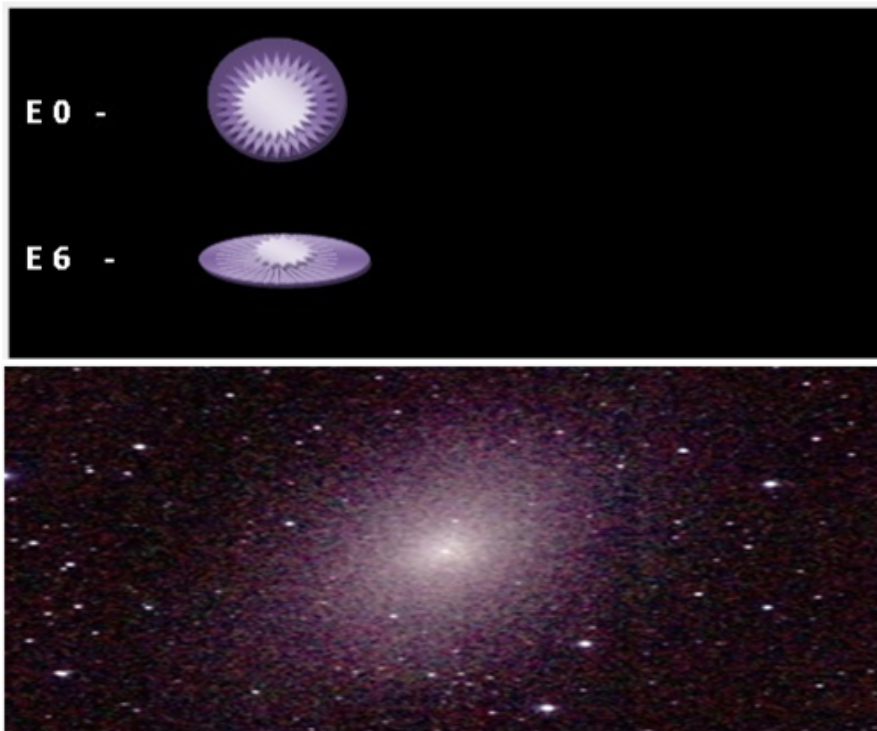


Рисунок 2 – Эллиптические галактики.

## Спиральные галактики



Рисунок 3 – Спиральные галактики.

---

## Неправильные галактики



Рисунок 4 – Неправильные галактики.

## Звезды

Гипотезы возникновения и эволюции звезд в наши дни стали выстраиваться в достаточно стройную систему, которая в результате исследований в области астрофизики сложилась в главную последовательность, которую можно наблюдать на диаграмме Герцшпрунга-Рассела (рисунок 5). Однако развитие не всех звезд укладываются в главную последовательность – имеются отклонения, которые частично зависят от состава и размеров звезд, которые не подчиняются главной последовательности.



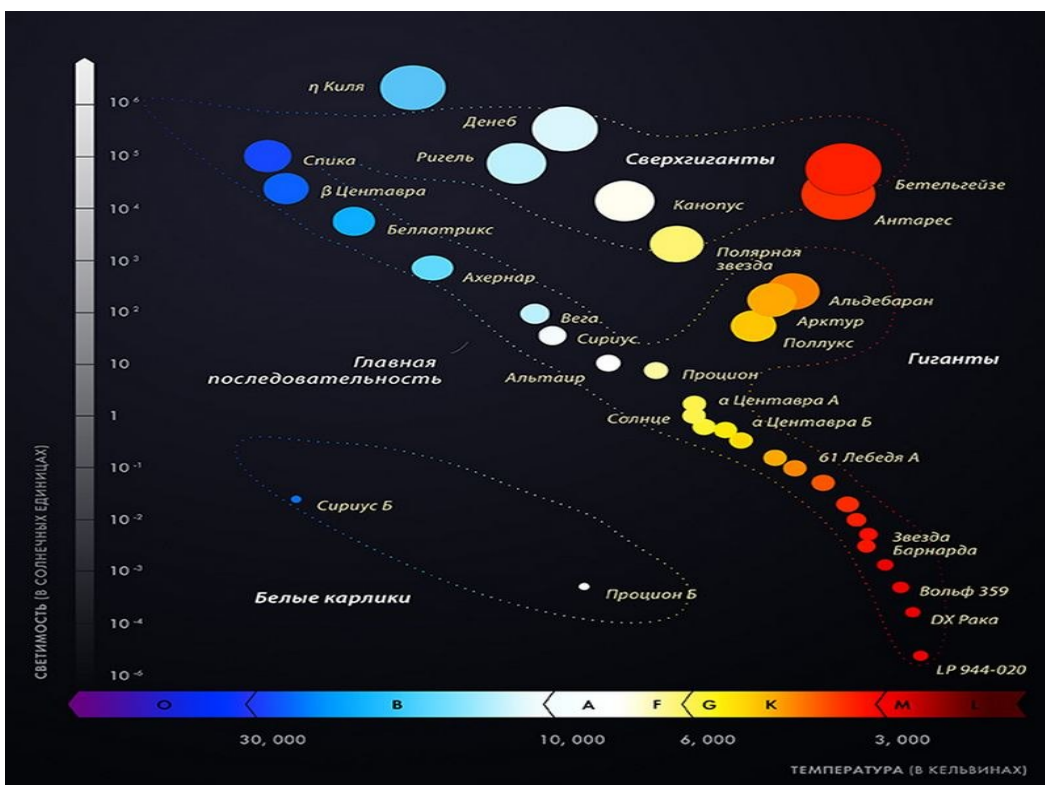
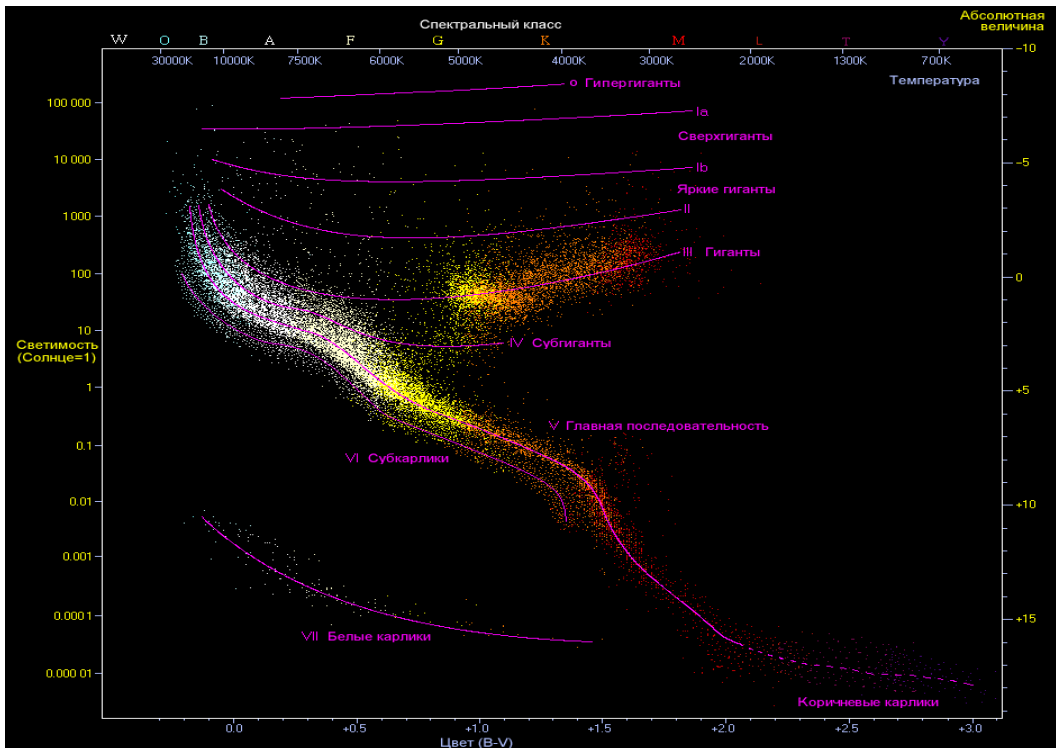


Рисунок 5 – [Диаграмма Герцшпрунга-Рассела](#) и ее интерпретация для наиболее известных звезд.

Для диаграммы Герцшпрунга – Рассела нет чёткого определения, какие характеристики должны отмечаться и к какой стадии эволюционирования звезд относиться.

Объединяет все такие диаграммы то, что более яркие звёзды находятся выше, чем более тусклые, а более горячие — левее, чем более холодные.

По оси Y отмечается абсолютная звёздная величина или светимость. Эти величины полностью взаимозаменяемы, то есть из светимости можно однозначно определить абсолютную звёздную величину, и наоборот. Светимость, как правило, отмечается в логарифмической шкале. Кроме того, для звёздных скоплений можно использовать видимую звёздную величину, так как все звёзды почти равноудалены от наблюдателя.

С осью X немного сложнее. На ней может быть отмечен спектральный класс звезды (Рисунок 6.), её эффективная температура, или же показатель цвета, чаще всего B–V.

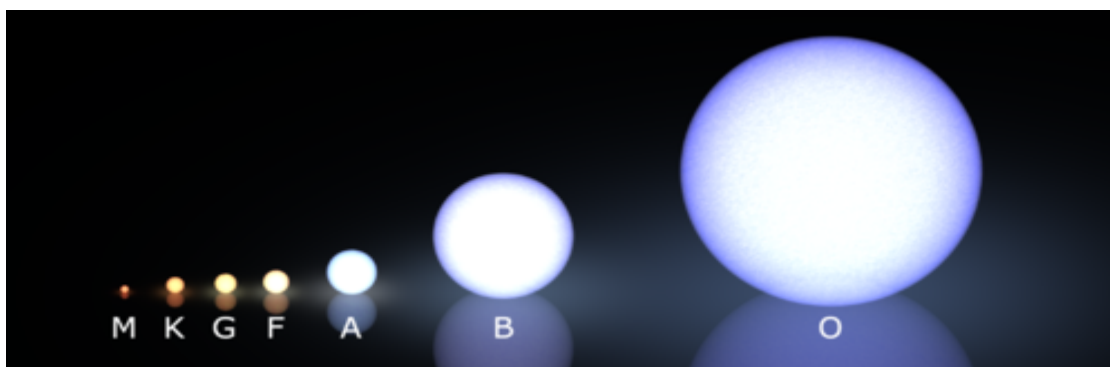


Рисунок 6 – Спектральные классы звезд.

## Звездные системы

Звёздная система — это система, состоящая из звезд, движущихся по замкнутой орбите, гравитационно связанных, и, возможно, имеющих планетные системы, состоящих из меньших тел (таких как планеты или астероиды). В частности, Солнечная система — это звёздная система, образованная одиночной звездой — Солнцем — и другими телами (планетами и др.), обращающимися вокруг неё.

Кратность звездной системы ограничена. Невозможно создать долгоживущую систему из трех, четырех и более равноправных звезд. Устойчивыми оказываются только иерархические системы. К примеру, чтобы в тройной системе третий компонент не был выброшен из системы, необходимо чтоб он не приближался ближе, чем 8-10 радиусов "внутренней" двойной системы. Сам же компонент может быть как одиночной, так и тесной двойной звездой.

## Двойные звёздные системы

Звёздные системы из двух звёзд называются двойными звёздами или двойными звёздными системами. При отсутствии приливных эффектов, возмущений от других сил и передачи массы от одной звезды к другой, такая система устойчива, и обе звезды будут неограниченно долго двигаться по эллиптической орбите вокруг центра масс (барицентра) системы.

## Системы с более чем двумя звёздами

Системы с более чем двумя звёздами также возможны: например, звёздное скопление и галактика — виды звёздных систем. Из-за большого размера этих систем, их динамика значительно сложнее, чем у двойной звезды. Однако, также возможно существование звёздных систем с небольшим (но больше двух) количеством звёзд и простой орбитальной динамикой. Эти системы называются кратными звёздными системами, или физически кратными звёздами.

## Разнообразие звездных систем

Звездные системы имеют различное строение и различную классификацию своих компонентов. И даже светило в другой системе может быть не одно (Рисунок 7). Именно по этому признаку в первую очередь и различают ученые звездные системы галактики.

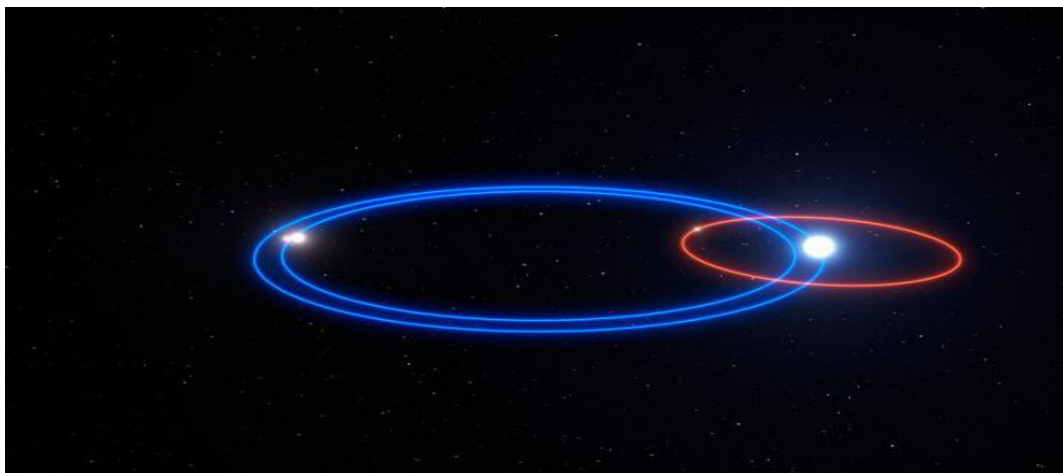


Рисунок 7 – Звездные системы

Прежде чем переходить непосредственно к классификации, стоит уточнить, о чем вообще пойдет речь. Итак, звездные системы – это галактические единицы, состоящие из звезд, вращающихся по установленному пути и связанных между собой гравитационно. Кроме того, тут присутствуют планетные системы, состоящие, в свою очередь, из астероидов и планет.

Так, например, очевидный образец звездной системы – Солнечная, привычная нам.



Однако не вся галактика наполнена подобными системами. Звездные системы отличаются в первую очередь кратностью.

Понятно, что эта величина весьма ограничена, поскольку длительное время система с тремя и более равноценными звездами существовать не может. Устойчивость может гарантировать только иерархия.

Например, чтобы третий звездный компонент не оказался «за воротами», он не должен приближаться к устойчивой двойной системе ближе, чем на 8-10 радиусов. При этом не обязательно, чтобы он был одиночным – это вполне может быть и двойная звезда.

В целом, на 100 звезд примерно тридцать – одиночные, сорок семь – двойные, двадцать три – кратные.

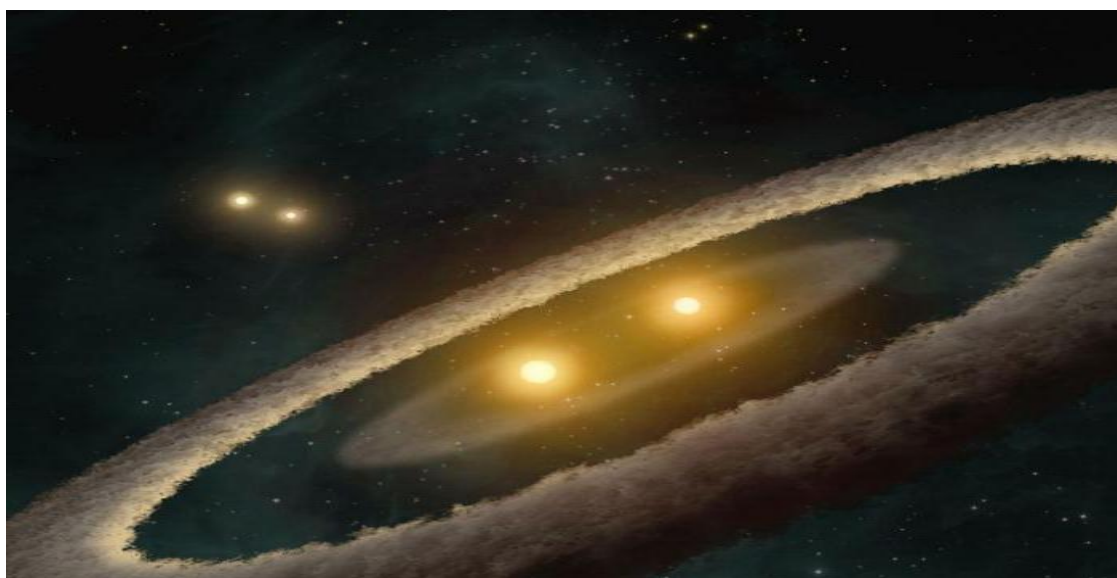


Рисунок 8 – Кратные звездные системы

### Кратные звезды

Не в пример созвездиям, кратные звезды взаимосвязаны обоюдным тяготением, располагаясь, при этом, на небольшом расстоянии друг от друга. Они совместно движутся, вращаясь вокруг центра масс своей системы – так называемого барицентра. Ярким примером является Мицар, известный нам по созвездию Большой Медведицы. Стоит обратить внимание на ее «ручку» – ее среднюю звезду. Тут можно заметить более тусклое сияние ее пары. Мицар-Алькор – двойная звезда, разглядеть ее можно без специальных приспособлений. Если же использовать телескоп, станет понятно, что и сама Мицар – двойна, состоящая из компонентов А и В (Рисунок 8).

## Двойные звезды

Звездные системы, в которых обнаружено два светила, именуются двойными. Такая система будет вполне устойчивой, если отсутствуют приливные эффекты, передача звездами массы и возмущения других сил. При этом светила движутся по эллиптической орбите почти бесконечно, вращаясь вокруг центра масс своей системы (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Двойные звезды

## Визуально-двойные звезды

Те парные звезды, которые можно увидеть в телескоп или даже без приспособлений, принято называть визуально-двойными. Альфа-Центавра, к примеру, именно такая система. Звездное небо богато подобными примерами. Третье светило этой системы – самая ближайшая из всех к нашей собственной – Проксима Центавра. Чаще всего, такие половинки пары различаются по цвету. Так, Антарес имеет красную и зеленую звезду, Альбирео – голубую и оранжевую, Бета Лебеда – желтую и зеленую. Все перечисленные объекты легко наблюдать в линзовый телескоп, что дает возможность специалистам уверенно вычислять координаты светил, их скорость и направление движения.

## Спектрально-двойные звезды

Нередко получается так, что одна звезда звездной системы расположена слишком близко к другой. Настолько, что даже самый мощный телескоп не способен уловить их двойственность. В этом случае на помощь приходит спектрометр. При прохождении через прибор свет разлагается на спектр, разграниченный черными линиями. Эти полосы смещаются по мере приближения или удаления светила от наблюдателя. При разложении спектра двойной звезды получается два вида линий, смещающихся при движении обоих компонентов друг вокруг друга. Так, Мицар А и В, Алькор – спектрально-двойные. При этом они еще и объединены в большую

систему из шести звезд. Так же визуально-двойные компоненты Кастор – звезда в созвездии Близнецов – являются спектрально-двойными (Рисунок 10).



Рисунок 10 – Спектрально двойные звезды.

### Заметно-двойные звезды

Существуют в галактике и другие звездные системы. Например, такие, компоненты которых перемещаются таким образом, что плоскость их орбит близка к лучу зрения наблюдателя с Земли. Это значит, что они заслоняют друг друга, создавая взаимные затмения. Во время каждого из них мы можем наблюдать только одно из светил, при этом уменьшается их суммарный блеск. В случае, когда одна из звезд значительно больше, это уменьшение оказывается заметным. Одна из самых известных заметно-двойных звезд – Алголь из созвездия Персея (Рисунок 11).

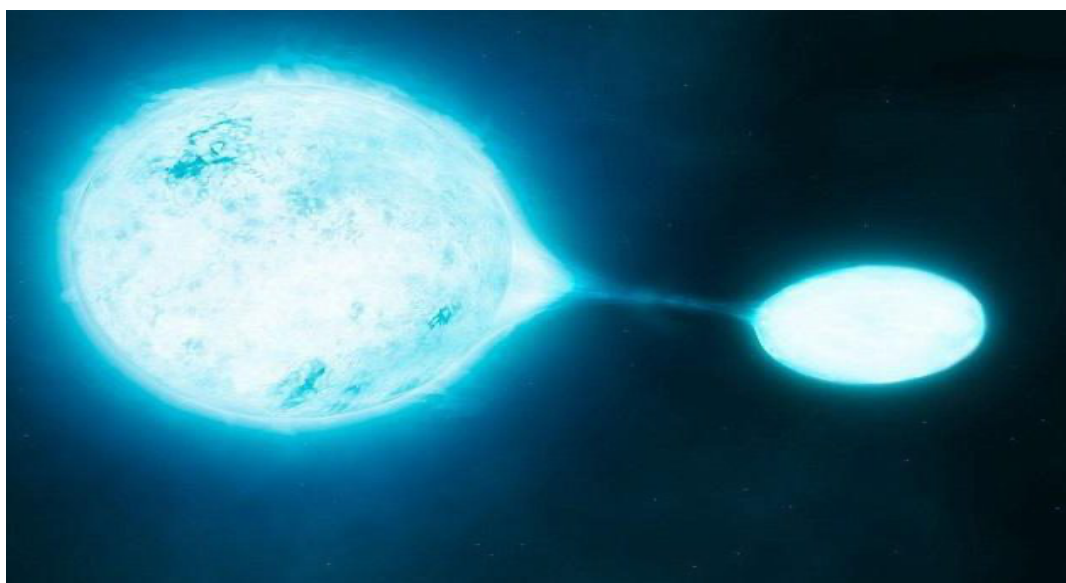


Рисунок 11 – Заметно-двойные звезды

С четкой периодичностью в 69 часов ее яркость падает до третьей величины, но через 7 часов вновь возрастает до второй. Эту звезду часто называют «Подмигивающим дьяволом». Открыта она была еще в 1782 году англичанином Джоном Гудрайком. С нашей планеты заметно-двойная звезда выглядит как переменная, которая через определенный временной интервал меняет яркость, что

совпадает с периодом обращения звезд вокруг друг друга. Такие звезды называют еще заметно-переменными. Кроме них, бывают физически переменные светила – цфеиды, яркость которых регулируется внутренними процессами.

### Эволюция двойных звезд

Чаще всего одна из звезд двойной системы является более крупной, быстро проходящей отведенный ей цикл жизни. В то время как вторая звезда остается обычной, ее «половинка» превращается в красного гиганта<sup>4</sup>, затем в белого карлика<sup>5</sup>.

Самое интересное в такой системе начинается, когда в красного карлика<sup>6</sup> превращается вторая звезда.

Белый в этой ситуации притягивает накопившиеся газы расширяющегося «собрата». Порядка 100 тысяч лет достаточно для того, чтобы температура и давление достигли уровня, необходимого для слияния ядер.

Газовая оболочка светила взрывается с невероятной силой, в результате чего светимость карлика увеличивается практически в миллион раз. Это явление называют вспышкой сверхновой звезды или охлаждением новой.

Астрономам случается обнаружить и такие ситуации, когда один из компонентов является обычной звездой, а второй – очень массивной, но невидимой, с допустимым источником мощного рентгеновского излучения. Это дает возможность предположить, что второй компонент является черной дырой – остатками некогда массивной звезды.

Тут, по мнению специалистов, происходит следующее: используя мощнейшую гравитацию, черная дыра притягивает газы звезды. Втягиваясь по спирали с огромной скоростью, они разогреваются, выделяя перед исчезновением в дыре

---

<sup>4</sup> **Красный гигант** — звезда спектральных классов с высокой светимостью и протяжёнными оболочками. Примерами красных гигантов являются Арктур, Альдебаран, Гакрукс и Мира. Звёзды в процессе своей эволюции могут достигать высоких светимостей на двух этапах своего развития: на стадии звездообразования и поздних стадиях эволюции. Это могут быть или «молодые» или «старые» звезды. В современной астрофизике термин *красные гиганты* относится, как правило, к проэволюционировавшим звёздам, сошедшим с главной последовательности или молодым звёздам, не вышедшим на главную последовательность, обобщённо их называют *протозвёздами* или по конкретному типу, например, звёзды типа Т Тельца. Красный гигант сбрасывает внешние слои газа, образуя тем самым планетарные туманности, а ядро коллапсирует в маленький но плотный белый карлик.

<sup>5</sup> **Белые карлики** — естественный финал жизни звезды или очередной этап эволюции объектов материальной вселенной. Белый карлик – продукт завершения жизни красного гиганта. Белые карлики - звёзды, состоящие из электронно-ядерной плазмы, лишённые источников термоядерной энергии и слабо светящиеся благодаря своей тепловой энергии, постепенно остывая и краснея.

<sup>6</sup> **Красный карлик** — согласно диаграмме Герцшпрунга — Рассела, маленькая и относительно холодная звезда главной последовательности, имеющая спектральный класс М или поздний К. Являются очень распространёнными звёздами, особенно в старых шаровых скоплениях. Из-за низкой скорости термоядерного сгорания водорода красные карлики имеют очень большую продолжительность жизни — от десятков миллиардов до десятков триллионов лет (красный карлик с массой в 0,1 массы Солнца будет гореть 10 триллионов лет)

энергию в виде рентгеновского излучения. Ученые сделали вывод, что мощный источник рентгеновского излучения доказывает существование черных дыр.

### Тройные звездные системы

Солнечная звездная система, как можно видеть, имеет далеко не единственный вариант строения. Кроме одинарной и двойной звезды, в системе можно наблюдать и большее их количество.

Динамика таких систем намного сложнее, чем даже у двойной. Однако иногда встречаются звездные системы с небольшим количеством светил (превышающим, однако, две единицы), имеющих довольно простую динамику (Рисунок 12).

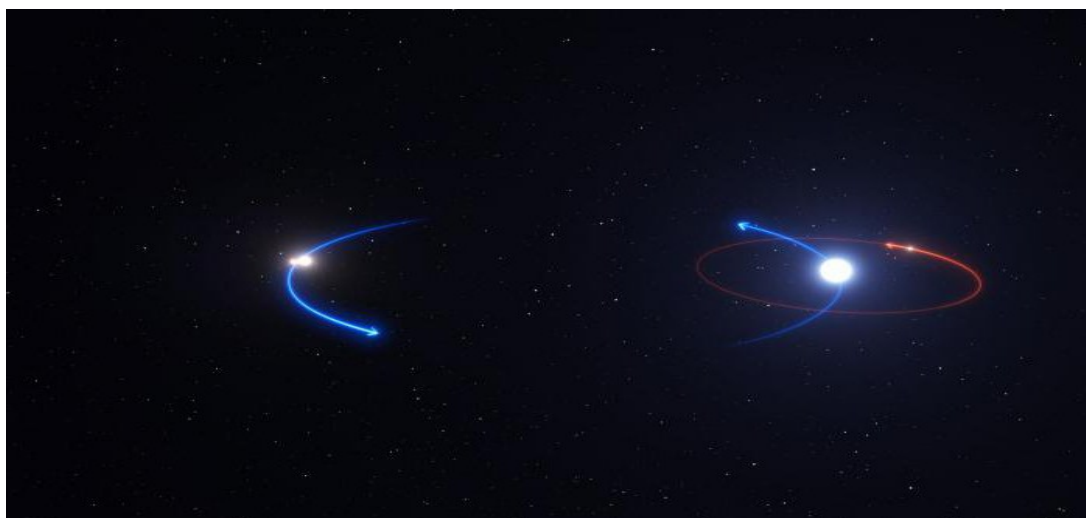


Рисунок 12 – Тройная звездная система

Если звезд, входящих в систему три, она имеет название тройной. Наиболее распространен именно такой вид кратных систем – тройной. Так, еще в 1999 году в каталоге кратных звезд из 728 кратных систем более 550 являются тройными. Соответствуя принципу иерархии состав этих систем таков: две звезды близко расположены, одна сильно удалена.

### Кратные звездные системы

В теории модель кратной звездной системы намного более сложная, чем двойной, поскольку такая система может показывать хаотическое поведение. Многие подобные скопления оказываются, по факту, очень нестабильными, что приводит к выбрасыванию одной из звезд. Избежать подобного сценария удастся только тем системам, звезды в которых расположены по иерархическому принципу.

В таких случаях компоненты делятся на две группы, вращающихся вокруг центра масс по большой орбите. Внутри групп так же должна быть четкая иерархия.



## Более высокие кратности

Ученым известны звездные системы и с большим количеством компонентов. Так, Скорпион имеет в своем составе больше семи светил. Так, выяснилось, что не только планеты звездной системы, но и сами системы в галактике не одинаковы. Каждая из них уникальна, различна и крайне интересна.

## Планетные системы

Планетная система — система [звезды](#) и различных незвёздообразных [астрономических объектов](#): [планет](#) и их [спутников](#), [астероидов](#), [метеороидов](#), [комет](#) и [космической пыли](#), которые вращаются вокруг общего барицентра, то есть [центра масс](#).

Наша собственная планетная система, в которую входит [Земля](#), вместе с [Солнцем](#) образует [Солнечную систему](#) (Рисунок 13)

Наша Галактика содержит не менее 100 млрд. звезд общей массой  $10^{11}$  масс Солнца. Солнце ближайшая к Земле звезда. Солнце вращается вокруг центра Галактики, со скоростью 250 км/сек и совершает полный оборот за 180 земных лет.

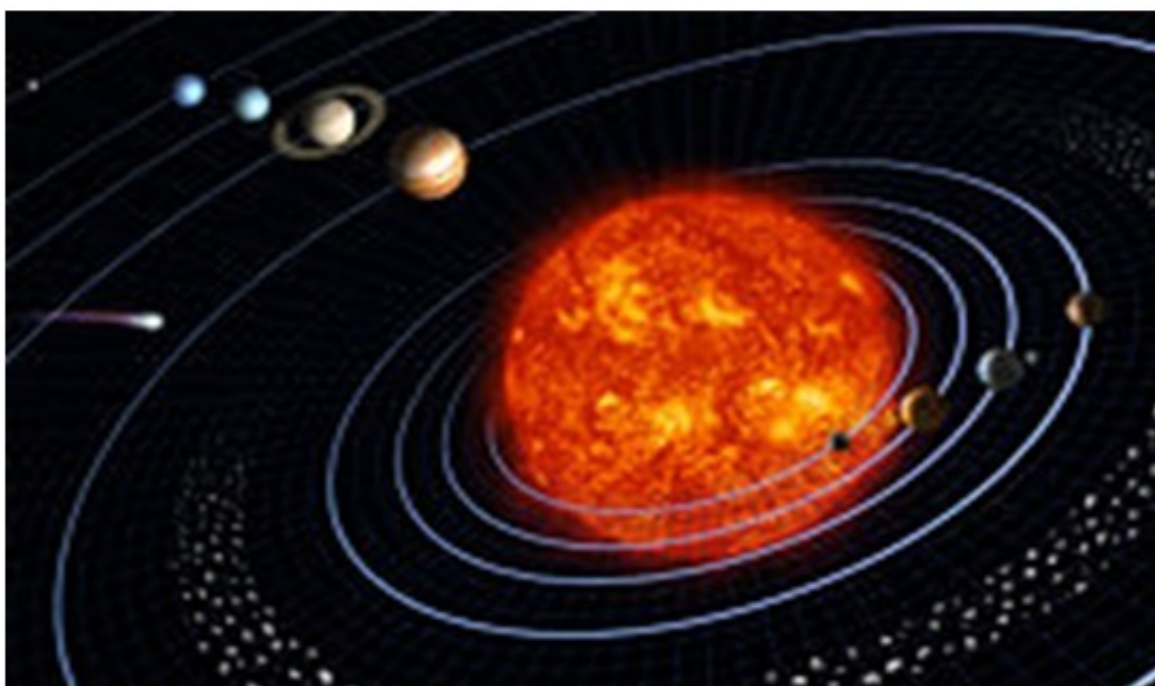


Рисунок 13 – Солнечная система

Земля входит в состав планет Солнечной системы, которые вращаются вокруг Солнца подобно звездным системам, вращающимся вокруг центра Галактики.



---

## Солнечная система

Солнечная система — планетная система, включающая в себя центральную звезду — Солнце — и все естественные космические объекты, обращающиеся вокруг Солнца. Она сформировалась путём гравитационного сжатия газопылевого облака примерно 4,57 млрд. лет назад.

Солнце – центральная звезда солнечной системы имеет форму шара (Рисунок 14)

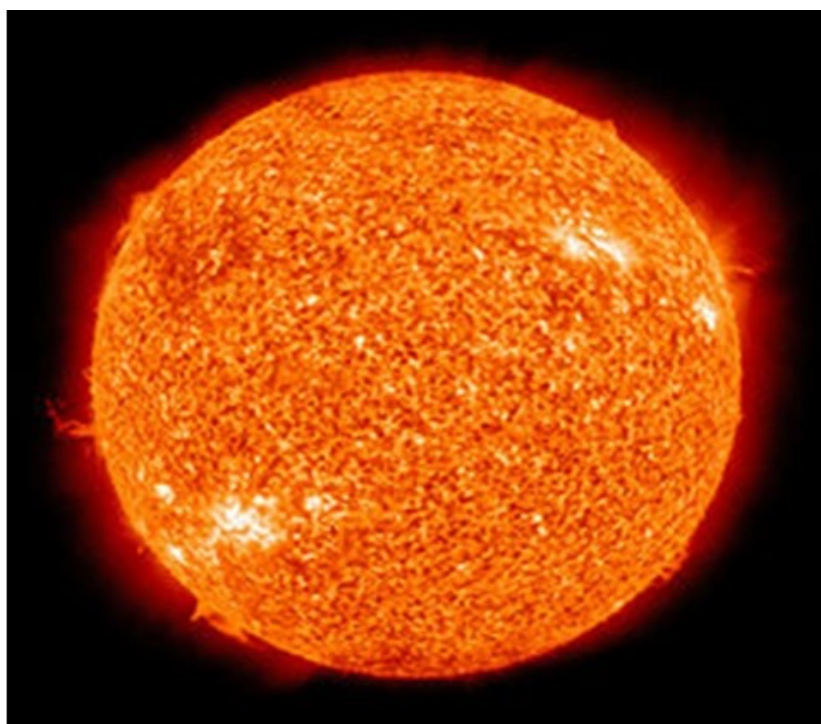


Рисунок 14 – Звезда Солнце

Диаметр Солнца = 1.5 млн.км. Расстояние от Земли = 149.5 млн.км.

Свет от Солнца приходит к земле за 8 минут 18 секунд (до Плутона 4,5 часа, до ближайшей планетной системы альфа центавра 4.5 года). При рассмотрении выглядит зернистым – каждое зерно более 1000 км.

По спектральной классификации Солнце относится к типу G2V (жёлтый карлик). Средняя плотность Солнца составляет  $1,4 \text{ г/см}^3$  (в 1,4 раза больше, чем у воды). Эффективная температура поверхности Солнца — 5780 кельвин. Поэтому Солнце светит почти белым светом, но прямой свет Солнца у поверхности нашей планеты приобретает некоторый жёлтый оттенок из-за более сильного рассеяния и поглощения коротковолновой части спектра атмосферой Земли (при ясном небе, вместе с голубым рассеянным светом от неба, солнечный свет вновь даёт белое

освещение). Солнечное излучение поддерживает жизнь на Земле (свет необходим для начальных стадий фотосинтеза), определяет климат.

Солнце состоит из водорода ( $\approx 73$  % от массы и  $\approx 92$  % от объёма), гелия ( $\approx 25$  % от массы и  $\approx 7$  % от объёма) и других элементов с меньшей концентрацией: железа, никеля, кислорода, азота, кремния, серы, магния, углерода, неона, кальция и хрома.

Масса Солнца составляет 99,866 % от суммарной массы всей Солнечной системы.

В нашей Галактике (Млечный Путь) насчитывается от 100 до 400 миллиардов звёзд. При этом 85 % звёзд нашей галактики — это звёзды, менее яркие, чем Солнце (в большинстве своём красные карлики). Как и все звёзды главной последовательности, Солнце вырабатывает энергию путём термоядерного синтеза. В случае Солнца подавляющая часть энергии вырабатывается при синтезе гелия из водорода.

Солнце — ближайшая к Земле звезда. Средняя удалённость Солнца от Земли — 149,6 млн к. — приблизительно равна астрономической единице, а видимый угловой диаметр при наблюдении с Земли, как и у Луны, — чуть больше полградуса (31—32 минуты). Солнце находится на расстоянии около 26 000 световых лет от центра Млечного Пути и вращается вокруг него, делая один оборот за 225—250 миллионов лет. Орбитальная скорость Солнца равна 217 км/с — таким образом, оно проходит один световой год примерно за 1400 лет, а одну астрономическую единицу — за 8 суток.

Из звёзд, принадлежащих 50 самым близким звёздным системам в пределах 17 световых лет, известным в настоящее время, Солнце является четвёртой по яркости звездой (его абсолютная звёздная величина  $+4,83^m$ ).

У Солнца, как у каждой звезды есть свой эволюционный путь. Ожидается, что через 3,5 миллиардов лет оно увеличится в объеме на 40%. Это усилит поступление радиации, и океаны могут просто испариться. Затем погибнут растения, а через миллиард лет исчезнет все живое, а постоянная средняя температура закрепится на отметке в  $70^\circ\text{C}$ .

Через 5 миллиардов лет Солнце трансформируется в красного гиганта и займет все пространство до орбиты Земли (Рисунок 15).

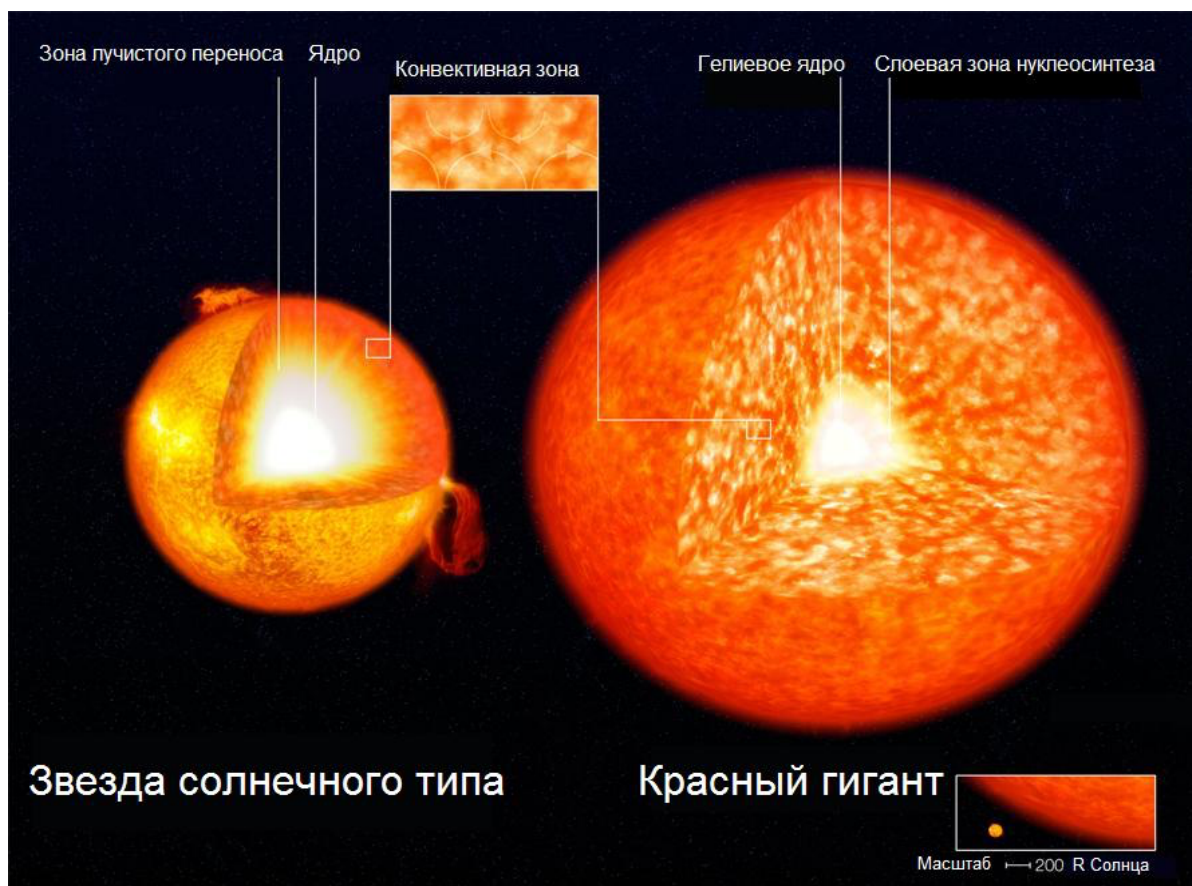


Рисунок 15 – Эволюция желтого карлика в красного гиганта

Если не сместить орбиту земли сместит нашу орбиту на 1,7 -2 а.е. ( $R = 300000000\text{ км}$ ) от Солнца. Земля превратится в раскаленный каменный шар. Как это сделает человечество через 5 миллиардов лет, если оно будет существовать, пока не ясно. Времени для этого у них достаточно.

Большая часть массы объектов Солнечной системы приходится на Солнце. Остальная часть содержится в восьми относительно уединённых планетах, имеющих почти круговые орбиты разной удаленности (Рисунок 16) и располагающихся в пределах почти плоского диска — плоскости эклиптики. Девятую планету Плутон часто называют просто астероидом. Общая масса системы составляет около  $1,0014 M_{\odot}^7$ .

<sup>7</sup>  $M_{\odot}$  — внесистемная единица измерения массы, применяющаяся в астрономии для выражения массы звёзд и других астрономических объектов (например, галактик). Она обозначается через  $M_{\odot}$  и равна массе Солнца:  $M_{\odot} = (1,98892 \pm 0,00025) \cdot 10^{30} \text{ кг}$

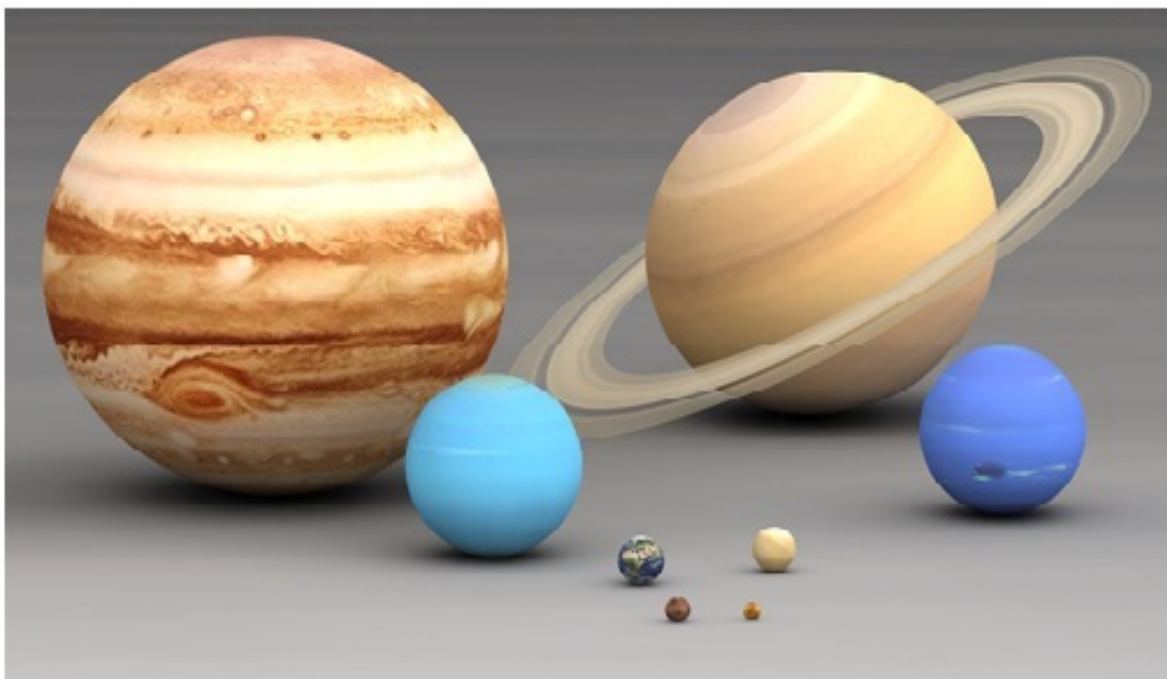
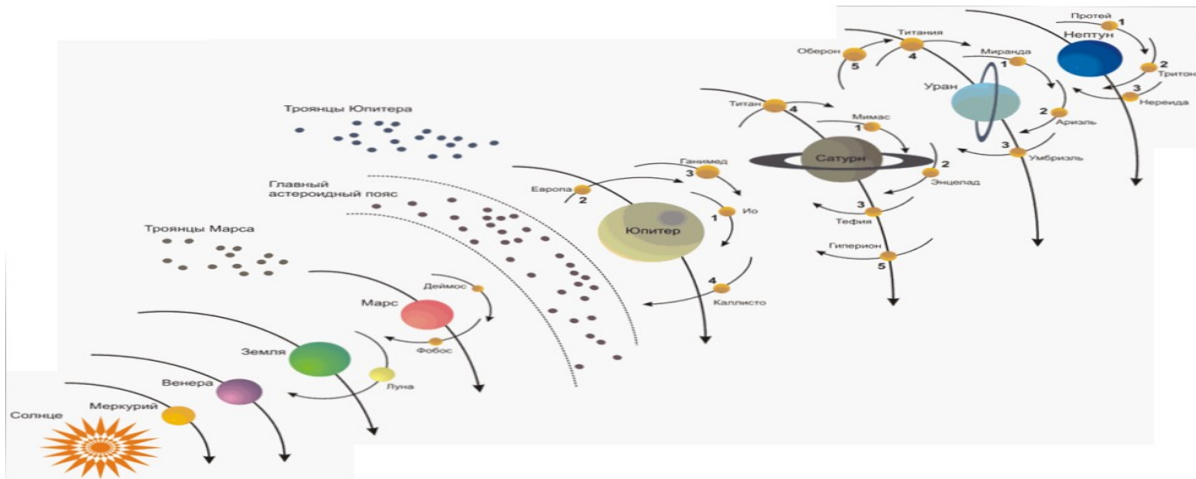


Рисунок 16 – Структура солнечной системы и условные размеры планет.

## Планеты и другие объекты, входящие в солнечную систему.

### Планеты Земной группы

**Меркурий.** Ближайшая к Солнцу, но и самая малая из планет. Она очень медленно обращается вокруг себя, за полный оборот вокруг светила, делая лишь полтора оборота вокруг своей оси. Планета не имеет ни атмосферы, ни спутников, днём раскаляясь до  $+430^{\circ}\text{C}$ , а ночью охлаждаясь до  $-180^{\circ}\text{C}$ .

**Венера.** Самая романтическая и ближайшая к Земле планета тоже для жилья не пригодна. Она плотно укутана толстым одеялом облаков из углекислого газа, и при

температуре до + 475 °С имеет давление у поверхности, испещрённой кратерами, свыше 90 атмосфер. Венера очень близка Земле размерами и массой.

**Марс.** Похож на нашу планету по своей структуре. Радиус его в два раза меньше земного, а масса меньше на порядок. Здесь можно было бы прожить, но отсутствие воды и атмосферы мешают это сделать. Марсианский год в два раза длиннее земного, зато сутки практически той же продолжительности. Марс богаче первых двух планет, имея два спутника: Фобос и Деймос, переводимые с греческого как «страх» и «ужас». Это небольшие каменные глыбы, очень похожие на астероиды.

### Планеты-гиганты.

**Юпитер.** Самая крупная газовая планета-гигант. Будь его масса в несколько десятков раз больше, он реально смог бы стать звездой. Сутки на планете длятся около 10 часов, а год протекает за 12 земных. Юпитер, как Сатурн и Уран, имеет систему колец. Их у него четыре, но они не очень ярко выражены, из далека можно и не заметить. Зато спутников у планеты больше 60.

**Сатурн.** Это самая окольцованная планета, которую имеет Солнечная система. Ещё у Сатурна есть особенность, которой не имеют другие планеты. Это его плотность. Она меньше единицы, и получается, что если найти где-то огромный океан и бросить в него эту планету, то она не утонет. На данное время открыто более 60 спутников этого гиганта.

Основные из них – Титан, **Энцелад**, Диона, Тефия. Сатурн похож на Юпитер по строению атмосферы.

**Уран.** Особенность этой планеты, предстающей наблюдателю в тонах сине-зелёных, в его вращении. Ось вращения планеты практически параллельна плоскости эклиптики. Говоря быденным языком, Уран лежит на боку. Но это не помешало ему обзавестись 13 кольцами и 27 спутниками, самые известные из которых Оберон, Титания, Ариэль, Умбриэль.

**Нептун.** Так же, как и Уран, Нептун состоит из газа, включающего в себя воду, аммиак и метан. Последний, концентрируясь в атмосфере, придаёт планете голубой цвет. Планета имеет 5 колец и 13 спутников. Главные: Тритон, Протей, Ларисса, Нереида.

**Плутон.** Самая большая среди карликовых планет. Он состоит из каменистого ядра, покрытого толщей льда. Только в 2015 году до Плутона долетел космический аппарат и сделал детальные снимки. Главный его спутник — Харон.

### Малые объекты

**Пояс Койпера.** Часть нашей планетной системы от 30 до 50 а. е. Здесь сосредоточена масса малых тел, льдов. Они состоят из метана, аммиака и воды, но есть объекты, включающие в себя горные породы и металлы.



**Астероиды.** Орбиты этих каменных или металлических глыб в основном находятся у плоскости эклиптики. Пути некоторых астероидов пересекаются с земной орбитой. И, хотя вероятность нежеланной встречи ничтожно мала, но... 65 миллионов лет назад она, вероятно, всё же состоялась.

**Кометы.** Если перевести это слово с греческого, получится «длинноволосый». И это так. Когда ледяная странница приближается к Солнцу, она распускает длинный хвост из испаряющихся газов на сотни миллионов километров. Комета имеет и голову, состоящую из ядра и комы. Ядро – ледяная глыба из застывших газов с добавками силикатов и частиц металлов. Возможно, что присутствует и некая органика. Кома – это газопылевое окружение кометы.

**Облако Оорта.** Ян Оорт, ещё в 1950 году, предположил существование облака, заполненного объектами из обледеневших аммиака, метана и воды. Пока не доказано, но возможно, что облако начинается от 2 — 5 тысяч а.е., простираясь до 50 тысяч а. е. Большинство комет происходят именно из облака Оорта.

#### Рождение солнечной системы

Согласно современным представлениям, формирование Солнечной системы началось около 4,6 млрд лет назад с гравитационного коллапса гигантского межзвёздного молекулярного облака, возникшего из предположительного взрыва сверхновой (Рисунок 17).

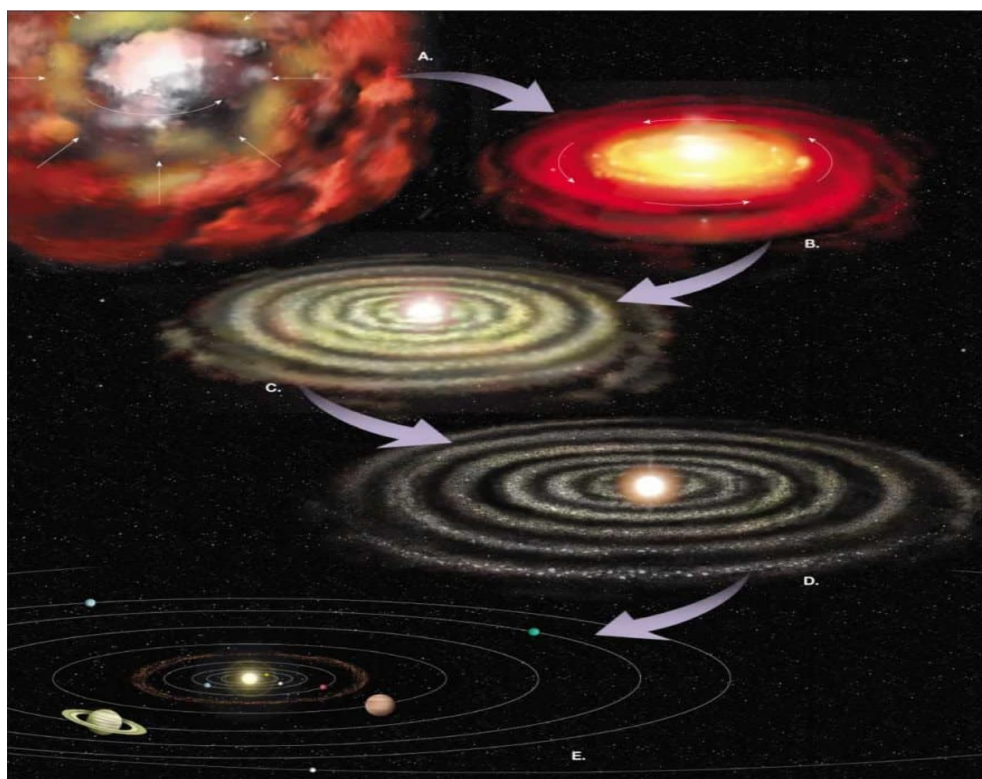


Рисунок 17 – Условное изображение эволюции Солнечной системы



Большая часть вещества оказалась в гравитационном центре, а с последующим образованием звезды — Солнца. Вещество, не попавшее в центр, сформировало вращающийся вокруг него протопланетный диск, из которого в дальнейшем сформировались планеты, их спутники, астероиды и другие тела Солнечной системы. В 2012 году астрономы назвали эту сверхновую Коатликуэ — в честь ацтекской богини.

### Барицентры в Солнечной системе

Обычно говорят, что Луна вращается вокруг Земли, а Земля вокруг Солнца. Но это не совсем так (Рисунок 18)

В реальности тела вращаются вокруг общего центра масса — просто в силу того, что масса и размеры одного из них на порядки превышает массу и размер другого, этот общий центр масс как правило находится глубоко под поверхностью.

Центр масс, центр инерции, барицентр (от др.-греч. βαρύς — тяжёлый + κέντρον — центр) — барицентр — это геометрическая точка, характеризующая движение тела или системы тел.

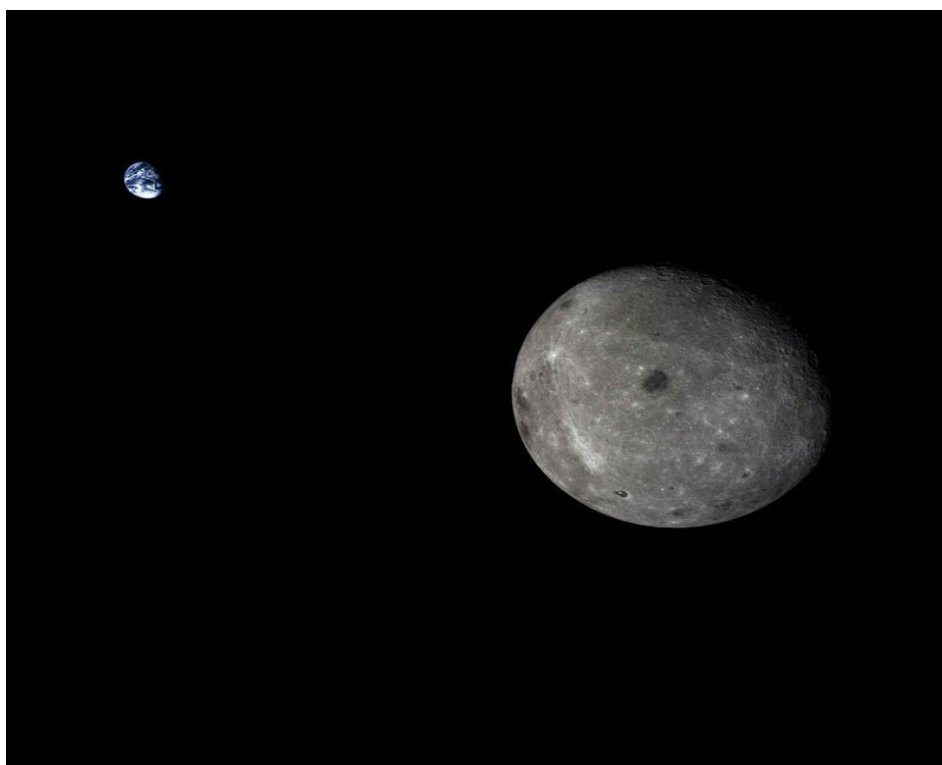


Рисунок 18 – Луна и Земля

Возьмем нашу планету. Если верить справочной информации, то вес нашей Земли составляет порядка  $5.9722 \pm 0.0006 \cdot 10^{24}$  кг. Невообразимая для человека цифра, хотя на фоне планет-гигантов и уж тем более Солнца, это может показаться мелочью. Масса Луны в 81.3 раза меньше земной. Барицентр системы лежит на

расстоянии 4670 километров от центра Земли под ее поверхностью (Рисунок 19). Правда стоит упомянуть, что поскольку Луна постепенно удаляется от Земли, барицентр постепенно смещается и через миллиарды лет выйдет за пределы нашей планеты.

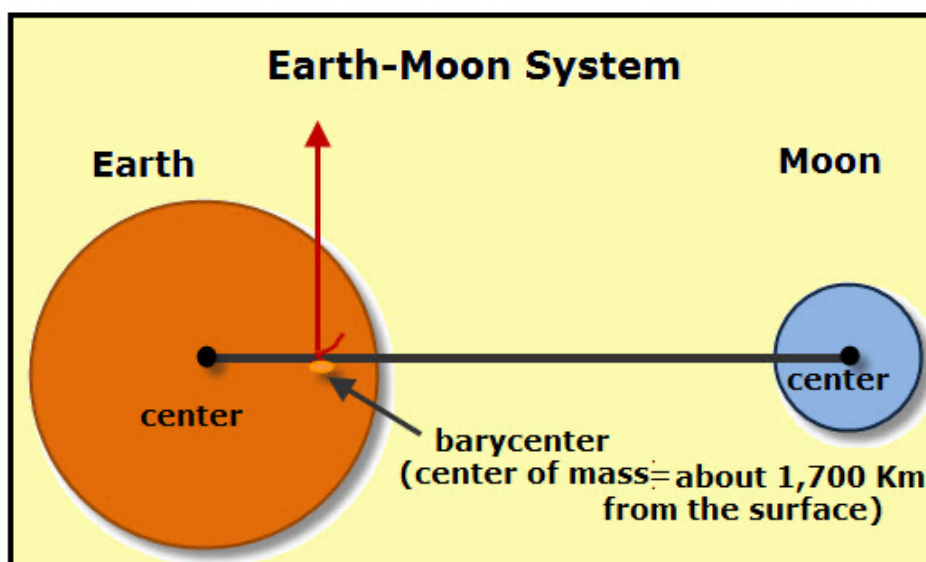


Рисунок 19 – Расположение барицентра земля-Луна

Случай с Юпитером поинтереснее. Его масса в 317.8 раз превышает массу Земли. И это много. Это в 2.5 раза больше, чем масса всех остальных планет системы вместе взятых. Так что с Юпитером приходится считаться даже Солнцу. Время от времени барицентр этой парочки выходит за пределы Солнечной поверхности — на расстояние примерно в 46 тысяч километров (примерно 7% от солнечного радиуса). При большом желании можно даже сказать, что Юпитер настолько крут, что не вращается вокруг Солнца.

Но самый наглядный пример это Плутон и Харон. Их массы соотносятся как 8.3 к 1, радиусы составляют 1187 и 606 километров соответственно, расстояние между ними — 19.6 тысяч километров. Барицентр системы лежит на расстоянии 920 километров от поверхности Плутона (Рисунок 20).

В старые добрые времена, когда Плутон еще считался планетой некоторые астрономы предлагали придать ему статус двойной планеты. На картинке можно увидеть как два тела вращаются вокруг одной точки в пространстве.

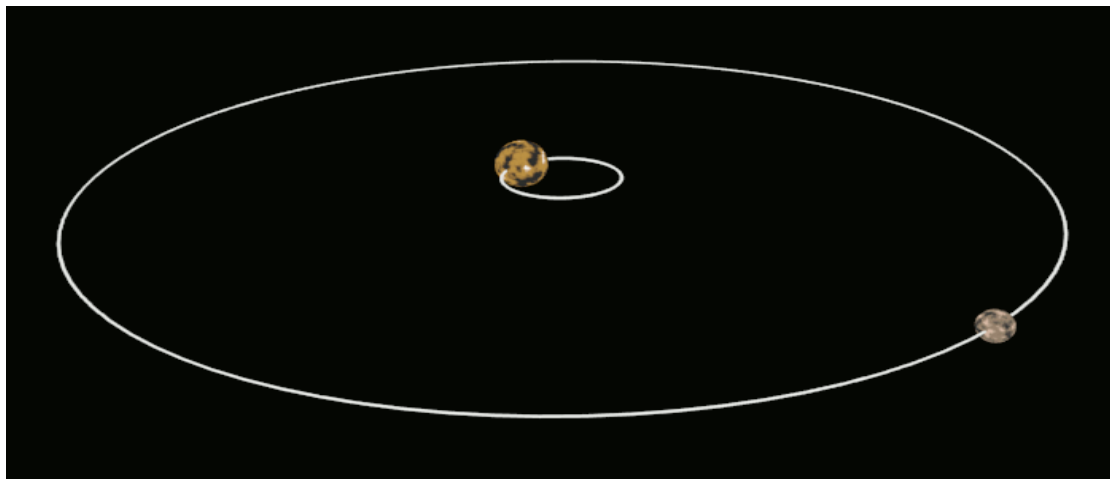


Рисунок 20 – Система Плутон и Харон.

И напоследок можно упомянуть двойной астероид Антиопа (Рисунок 21). Это тот самый случай, когда система состоит из двух примерно одинаковых тел: первое имеет диаметр 88 километров, второе — 84 километра.

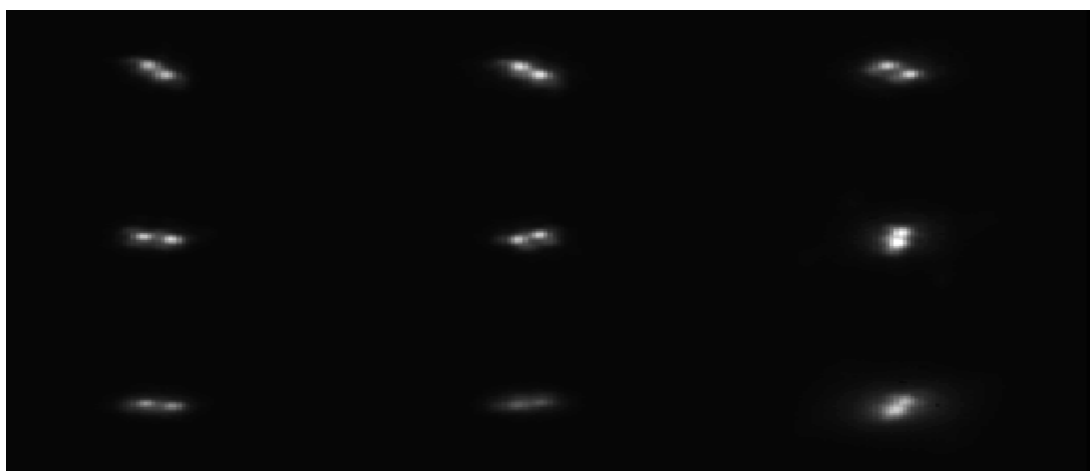


Рисунок 21 – Фотоснимки двойного астероида Антиопа.

Барицентр этой пары лежит практически посередине разделяющего их 80-километрового промежутка. Практически одинаковые по массе два космических тела имеют барицентр, который находится на одинаковом расстоянии между ними.

## Интересные факты и особенности Солнечной системы

- Температура возле Солнца больше, нежели на его поверхности. Это явление пока научно необъяснимо. Возможно, проявляют действие некие магнитные силы атмосферы звезды.
- Титан, спутник Сатурна - это единственный из всех спутников планет, имеющий атмосферу. И состоит она в основном из азота. Почти как земная.
- Остается загадкой, почему активность Солнца изменяется с определенной периодичностью и временем.

## Задания

**Задание 1:** На основе вышеизложенного опорного конспекта определите важные вопросы по тематике.

Составьте тест, состоящий из 5 вопросов закрытого типа с одним или несколькими вариантами ответа.

*Пример*

1. Каковы были представления о вселенной до второй половины XX века?		Вселенная вечна
		Вселенная бесконечно
		Вселенная стационарна
		Вселенная не имеет ни начала, ни конца
2. Какие виды звездных систем вы знаете?	А	Одинарные
	Б	Двойные
	В	Тройные
	А	Кратные

3. Какие виды галактик вы знаете?	А	Спиральная
	Б	Круглая
	В	Неправильная
	Г	Эллиптическая
4. Что такое барицентр или центр масс?	А	Это центр тяжести
	Б	Это центр масс
	В	Это центр инерции
	Г	Это геометрическая точка характеризующая движение тела и системы тел как единого целого.
5. Что демонстрирует диаграмма Герцшпрунга-Рассела?		Взаимосвязь светимости от спектра
		Взаимосвязь спектра светимости звезд от температуры звезды
		Взаимосвязь спектра светимости от величины звезды
		Эволюцию звезд

**Задание 2:** Пройдите тест, который составил ваш одноклассник и оцените его по 5-бальной шкале.

**Задание 2:** Ответить на вопросы

- 1) Дайте определение звезде как космическому явлению.

- 
- 2) Почему Галактика Млечный путь пишется с большой буквы, а галактика Кассиопея с маленькой?
  - 3) Что такое звездная система?
  - 4) Чем отличаются друг от друга парные звездные системы и кратные звездные системы?
  - 5) Как различаются звезды по спектральным классам?
  - 6) Назовите планеты земной группы солнечной системы;
  - 7) Сколько планет в составе солнечной системы на настоящий момент признают астрономы?
  - 8) Почему Плутон исключен из списка планет солнечной системы?
  - 9) Что такое кольцо Койпера?

### **Домашнее задание:**

Подготовить домашнее задание – самостоятельный доклад на любую из предложенных тем:

- «Звездная система»;
- «Какие существуют типы звездных систем»;
- «Классификация звезд по спектру свечения».
- «Солнечная система»;
- «Планеты земной группы в солнечной системе»;
- «Газовые гиганты солнечной системы».