Законы движения небесных тел

Тема 3.

Тема практического занятия
«Законы движения планет Солнечной системы»

План занятия

- Структура и масштабы Солнечной системы.
- Конфигурация и условия видимости планет.
- Методы определения расстояний до тел Солнечной системы и их размеров. Небесная механика. Законы Кеплера.

I. Структура и масштабы Солнечной системы

Со́лнечная систе́ма — **планетная система, включающая в себя центральную звезду — Солнце — и все естественные космические объекты, вращающиеся вокруг Солнца.**

Звезды расположены от нас несравнимо дальше, чем планеты. Самая далекая из известных планет - Плутон отстоит от Земли почти в 40 раз дальше, чем Солнце. Но даже ближайшая к Солнцу звезда отстоит от нас еще в 7000 раз дальше (на расстоянии 4.3 световых года или 43 триллионов километров).

Солнечная система

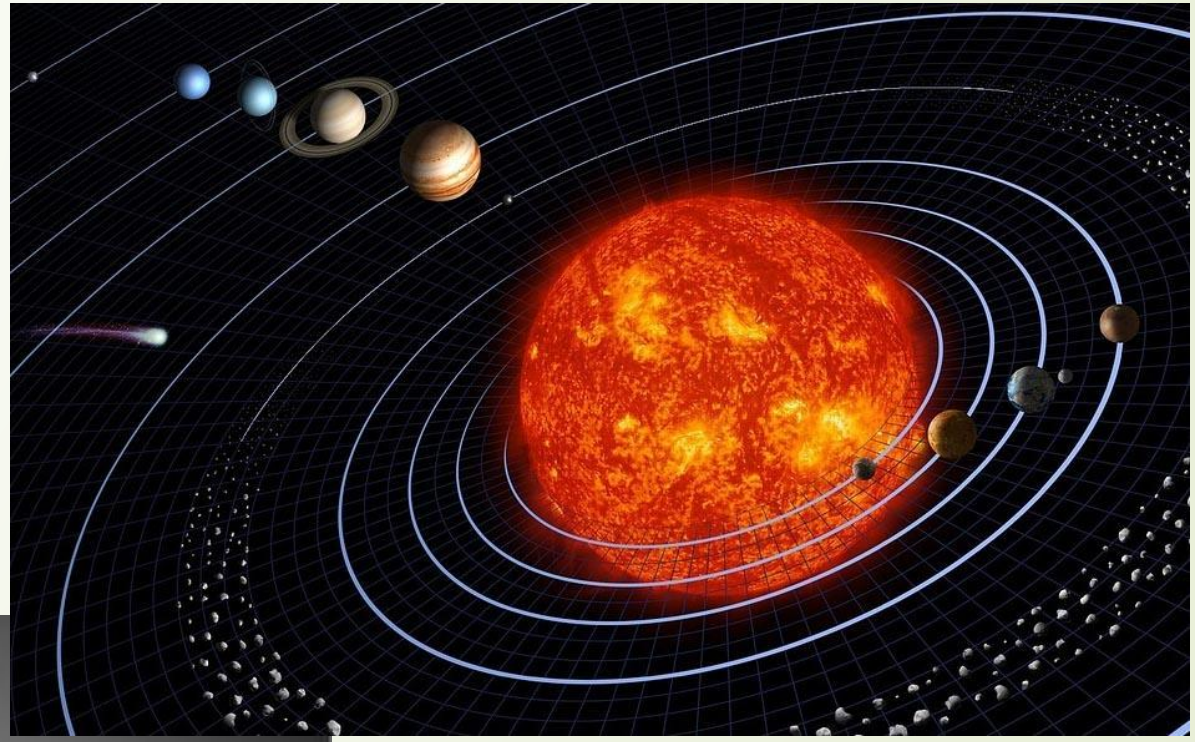
I. Структура и масштабы Солнечной системы

Восемь ***больших планет и карликовая планета Плутон*** обращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам. Кроме них в Солнечной системе множество ***малых планет (астероидов),*** большинство которых движется между орбитами Марса и Юпитера. Вокруг Солнца обращаются также ***кометы*** - небольшие тела, окруженные обширной оболочкой из разреженного газа.

Кроме этого, вокруг Солнца обращаются по эллипсам бесчисленные ***метеорные тела*** размером от песчинки до мелкого астероида. Вместе с астероидами и кометами они относятся к ***малым телам Солнечной системы***. Пространство между планетами заполнено крайне ***разреженным газом и космической пылью*** и пронизано ***электромагнитными излучениями***.

Солнечная система

I. Структура и масштабы Солнечной системы



Пара́д плане́т — астрономическое явление, при котором некоторое количество планет Солнечной системы оказывается по одну сторону от Солнца секторе.

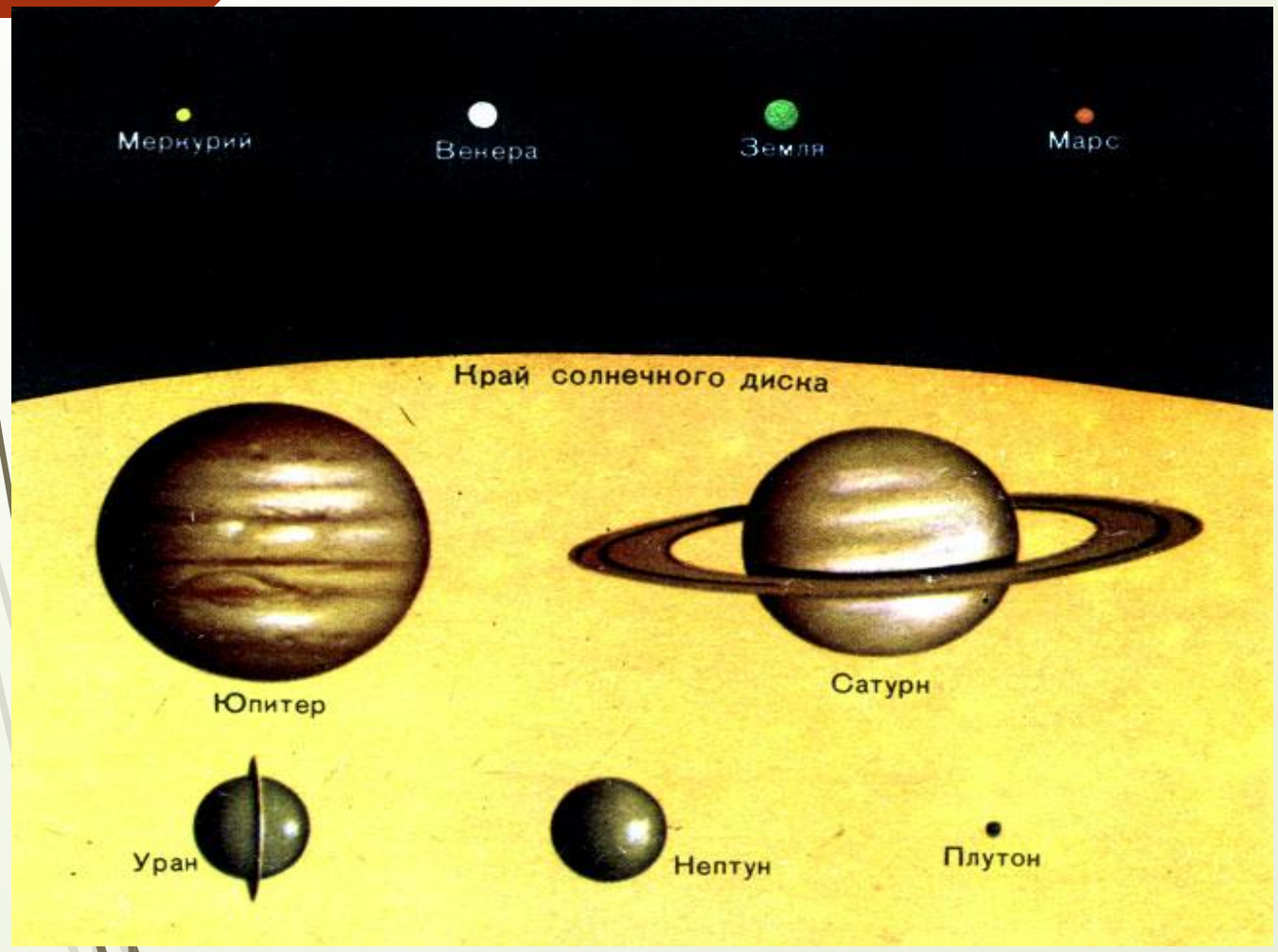
Со́лнечная систе́ма **— планетная система.** Планеты расположены в следующем порядке от Солнца: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. Но Плутон иногда удаляется от Солнца более чем на 7 млрд. км, но из-за огромной массы Солнца, которая почти в 750 раз превышает массу всех остальных планет, остается в сфере его притяжения.

Парад планет

III. Внешние и внутренние планеты

- Планеты Солнечной системы делятся на два вида: внутренние и внешние .
- ***Внутренние планеты*** — в разных областях астрономии может означать разные группы планет: Внутренние планеты (то же что и нижние планеты) — планеты орбиты которых находятся внутри орбиты планеты, на которой находится наблюдатель. Для земного наблюдателя это Меркурий и Венера.
- ***Внешние планеты*** — планеты, орбиты которых находятся за пределами орбиты планеты, на которой находится наблюдатель. Для земного наблюдателя это Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. В последние годы под термином Внешние планеты стали также пониматься планеты-гиганты — планеты, находящиеся во внешней области Солнечной системы, то есть Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун

I. Структура и масштабы Солнечной системы



Сравнение размеров планет и Солнца

Солнце в 109 раз больше Земли по диаметру и примерно в 333 000 раз массивнее Земли. Масса всех планет составляет всего лишь около 0,1% от массы Солнца, поэтому оно силой своего притяжения управляет движением всех членов Солнечной системы.

II. Конфигурация и условия видимости планет.

Конфигурации планет

Ближайшая к Солнцу точка планетной орбиты или любого небесного тела Солнечной системы называется ***перигелий.*** Самая удаленная от Солнца точка орбиты планеты или любого небесного тела Солнечной системы называется ***афелий.***

Терминатор – это линия на диске планеты или спутника, отделяющая освещенное (дневное) полушарие от тёмного (ночного)

Конфигурациями *планет называют взаимные расположения планет, Земли и Солнца.* (Соединение, Противостояние, Квадратура, Элонгация).

Рассмотрим соединение и противостояние.

Прежде всего заметим, что условия видимости планет с Земли резко различаются для планет внутренних (Венера и Меркурий), орбиты которых лежат внутри земной орбиты, и для планет *внешних* (все остальные).

Внутренняя планета может оказаться между Землей и Солнцем или за Солнцем. В таких положениях планета невидима, так как теряется в лучах Солнца. Эти положения называются ***соединениями планеты с Солнцем***. *В нижнем соединении планета ближе всего к Земле, а в верхнем соединении она от нас дальше всего.*

Венера отходит от Солнца на небе на больший угол, и она бывает ярче всех звезд и планет. Также хорошо она бывает видна и в лучах утренней зари.

Внешние планеты могут находиться по отношению к Земле за Солнцем (в соединении с ним), как Венера, и тогда они тоже теряются в солнечных лучах. Но они могут находиться и на продолжении прямой линии Солнце - Земля, так что Земля при этом оказывается между планетой и Солнцем. ***Такая конфигурация называется противостоянием.*** Она наиболее удобна для наблюдений планеты, так как в это время планета, во-первых, ближе всего к Земле, во-вторых, повернута к ней своим освещенным полушарием и, в-третьих, находясь на небе в противоположном Солнцу месте, планета бывает долго видна и до и после полуночи.

II. Конфигурация и условия видимости планет.

Конфигурации планет

Квадрату́ра — в астрономии такая конфигурация Луны или верхней планеты (то есть планеты, более удалённой от Солнца, чем Земля) относительно Земли и Солнца, когда угол планета-Земля-Солнце равен 90°. Если светило при этом находится к востоку от Солнца, конфигурация называется ***восточной квадратурой***, к западу — ***западной квадратурой.***

Элонгацией называют угол Солнце – Земля - планета

II. Конфигурация и условия видимости планет. Видимое движение планет (петлеобразное движение планет, конфигурации планет, сидерические и синодические периоды обращения планет).

Периоды обращения планет

Синодический (S) – промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми конфигурациями планеты.

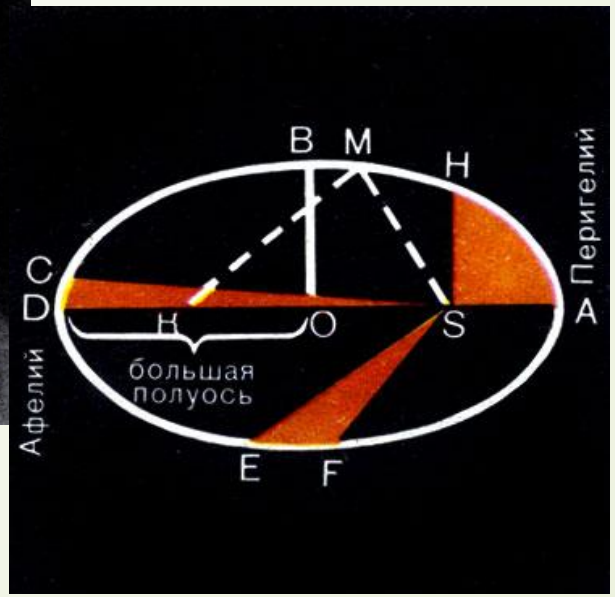
Сидерический (T – звездный) – промежуток времени, в течение которого планета совершает полный оборот вокруг Солнца по своей орбите относительно звезд.

II. Конфигурация и условия видимости планет. Видимое движение планет (петлеобразное движение планет, конфигурации планет, сидерические и синодические периоды обращения планет).

- Траектория движения небесного тела называется его ***орбитой***.
- Петлеобразное движение планет.
- Еще древние люди заметили, что планеты совершают странные петлеобразные перемещения в своем движении по звездному небу. Первые модели такого движения были построены на основании учения Птолемея, но они стали легко объяснимы с развитием идей гелиоцентризма.

Видимое петлеобразное движение планет Коперник объяснял сочетанием движения Земли с движением каждой планеты вокруг Солнца. Петлеобразное движение планет объясняется тем, что мы наблюдаем их движение с обращающейся вокруг Солнца Земли. При этом различаются радиусы движения планет и их орбитальные скорости. Скорости движения планет по орбитам убывают с удалением планет от Солнца. Планета движется по небосводу то с востока на запад (***прямое движение***), то с запада на восток (***ретроградное или попятное движение***). При этом она описывает на фоне звездного неба петлю, которая объясняется тем, что мы наблюдаем движение планеты не с неподвижной, а вращающейся вокруг Солнца Земли. Моменты смены направления движения называются ***стояниями.***

3. Методы определения расстояний до тел Солнечной системы и их размеров. Небесная механика. Законы Кеплера.



Иоганн Кеплер (1571-1630). Выдающийся немецкий астроном и математик, открывший законы движения планет вокруг Солнца. Кеплер был активным сторонником учения Коперника и своими работами способствовал его утверждению и развитию

Заслуга открытия законов движения планет принадлежит выдающемуся немецкому ученому ***Иоганну Кеплеру*** (1571-1630). В начале XVII в. Кеплер, изучая обращение Марса вокруг Солнца, установил три закона движения планет.

Первый закон Кеплера. **Каждая планета обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.**

Второй закон Кеплера (закон площадей). **Радиус-вектор планеты за одинаковые промежутки времени описывает равные площади**. Таким образом, второй закон Кеплера количественно определяет изменение скорости движения планеты по эллипсу.

Третий закон Кеплера. **Квадраты звездных периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их орбит**. Этот закон Кеплера связывает средние расстояния планет от Солнца с их звездными периодами.

4. Определение масс небесных тел.

Определение масс небесных тел

Ньютон доказал, что более точная формула третьего закона Кеплера такова:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2}\,\frac{M_1+m_1}{M_2+m_2}=\frac{a_1^3}{a_2^3},$$

где M_1 и M_2 - массы каких-либо небесных тел, а m_1 и m_2 - соответственно массы их спутников. Так, планеты считаются спутниками Солнца. Мы видим, что уточненная формула этого закона отличается от приближенной наличием множителя, содержащего массы. Если под $M_1=M_2=M_\odot$ понимать массу Солнца, а под m_1 и m_2 - массы двух разных планет, то отношение $\frac{M_\odot+m_1}{M_\odot+m_2}$ будет мало отличаться от единицы, так как m_1 и m_2 очень малы по сравнению с массой Солнца. При этом точная формула не будет заметно отличаться от приближенной.

Уточненный третий закон Кеплера позволяет определить массы планет, имеющих спутников, и массу Солнца. Чтобы определить массу Солнца, будем сравнивать движение Луны вокруг Земли с движением Земли вокруг Солнца:

$$\frac{T_\oplus^2}{T_☾^2}\,\frac{M_\odot+M_\oplus}{M_\oplus+m_☾}=\frac{a_\oplus^3}{a_☾^3},$$

где $T_\oplus$ и $a_\oplus$ - период обращения Земли (год) и большая полуось ее орбиты, $T_☾$ и $a_☾$ - период обращения Луны вокруг Земли и большая полуось ее орбиты, $M_\odot$ - масса Солнца, $M_\oplus$ - масса Земли, $m_☾$ -масса Луны. Масса Земли ничтожна по сравнению с массой Солнца, а масса Луны мала (1:81) по сравнению с массой Земли. Поэтому вторые слагаемые в суммах можно отбросить, не делая большой ошибки. Решив уравнение относительно $\frac{M_\odot}{M_\oplus}$, имеем:

$$\frac{M_\odot}{M_\oplus}=\left(\frac{a_\oplus}{a_☾}\right)^3:\left(\frac{T_\oplus}{T_☾}\right)^2.$$

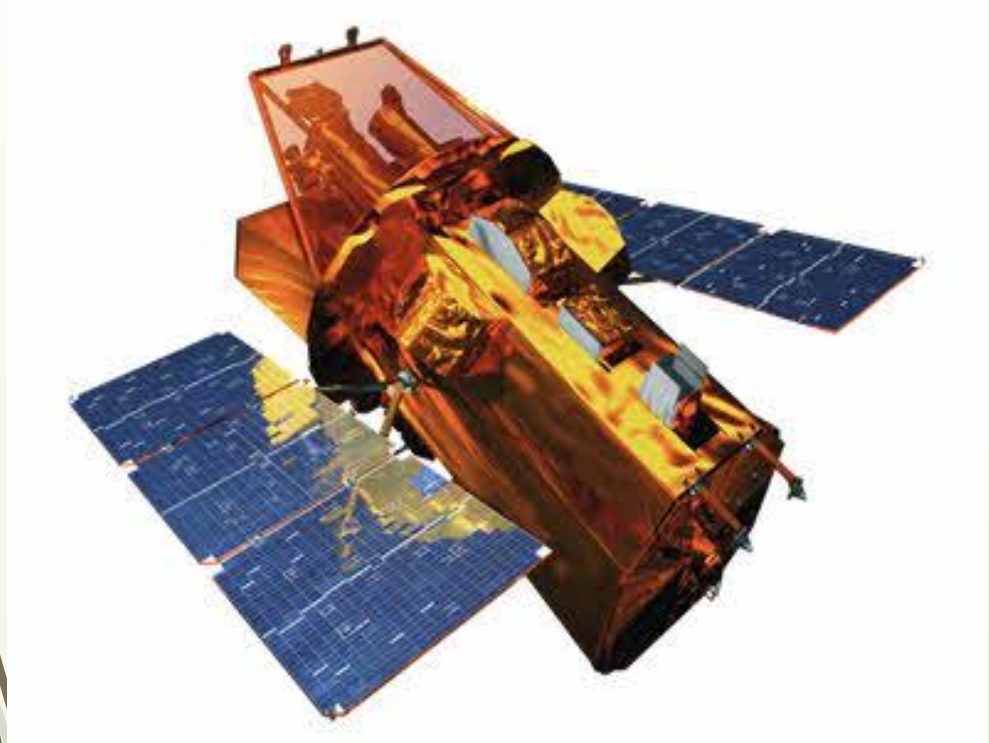
Эта формула позволяет определить массу Солнца, выраженную в массах Земли. Она составляет около 333 000 масс Земли.

Тема практического занятия
«Движение искусственных небесных тел»

План занятия

- Движение искусственных небесных тел.
- Определение масс небесных тел.

5. Движение искусственных небесных тел.

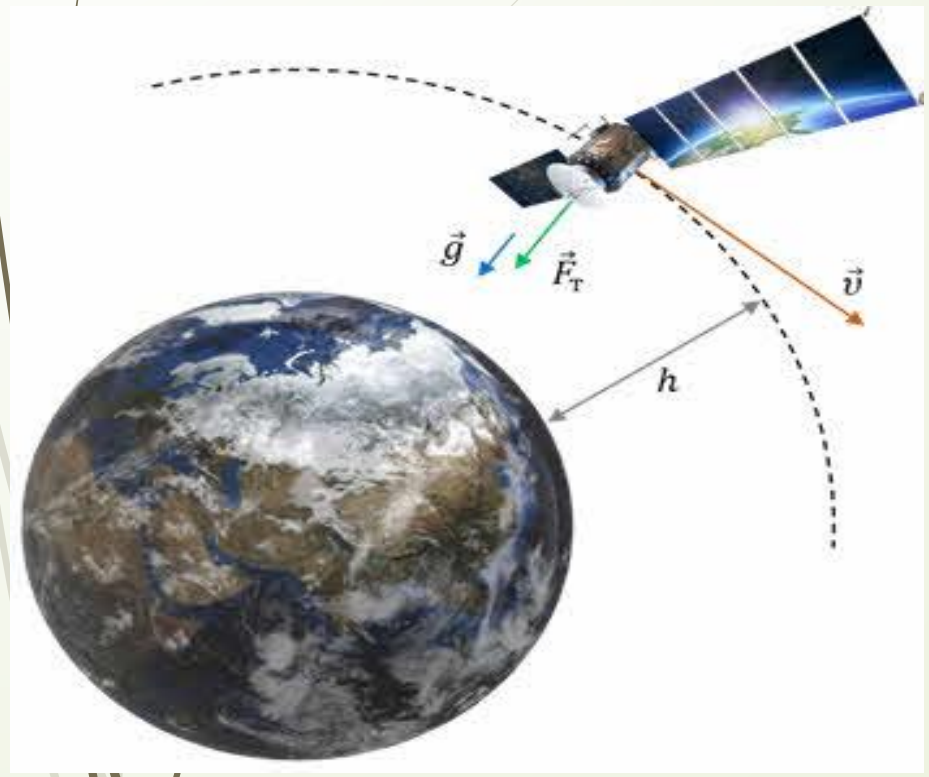


На основании закона всемирного тяготения Ньютон первым теоретически обосновал возможность создания искусственного спутника Земли. Давайте вспомним, что **искусственными спутниками** называют космические аппараты, созданные людьми, которые позволяют наблюдать за планетой, около которой они вращаются, а также другими астрономическими объектами из космоса.

2. Движение искусственных небесных тел.

Чтобы понять, при каких условиях тело способно стать искусственным спутником Земли, обратимся к размышлениям Ньютона. Их суть такова: если бросить с высокой горы камень в горизонтальном направлении, то, двигаясь по ветви параболы, он со временем упадёт на Землю. Сообщив ему большую скорость, он упадёт дальше. Поскольку Земля имеет шарообразную форму, то одновременно с продвижением камня по его траектории поверхность Земли удаляется от него. Значит, можно подобрать такое значение скорости камня, при котором поверхность Земли из-за её кривизны будет удаляться от камня ровно на столько, на сколько камень приближается к Земле под действием силы тяжести. Тогда тело будет двигаться на постоянном расстоянии от поверхности Земли, то есть станет её искусственным спутником. Так как за пределами атмосферы силы сопротивления движению спутнику отсутствуют, то на него будет действовать только сила притяжения к Земле. Поэтому **спутник движется как свободно падающее тело с ускорением свободного падения**.

2. Движение искусственных небесных тел.



Искусственный спутник Земли

Искусственным спутником Земли может стать любое тело произвольной массы. Важно, чтобы ему сообщили за пределами земной атмосферы горизонтальную скорость, при которой оно начнёт двигаться по окружности вокруг Земли.

Скорость, при достижении которой космический аппарат, запускаемый с Земли, может стать её искусственным спутником, называется ***первой космической скоростью:***

$$v_I = \sqrt{G\frac{M_З}{R_З + h}}.$$

По этой же формуле мы можем рассчитать и первую космическую скорость спутника для любой планеты, заменив в ней радиус и массу Земли на радиус и массу исследуемой планеты.

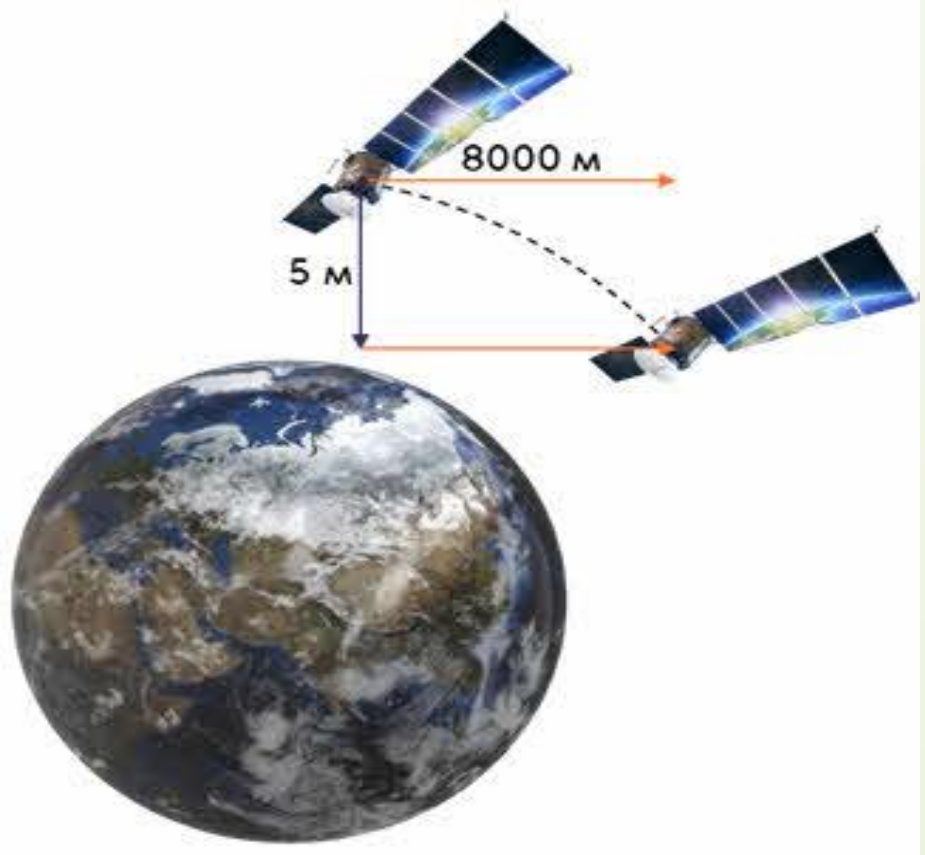
Вблизи поверхности Земли первую космическую скорость можно определить, как:

$$v_I = \sqrt{g_0 R_З}.$$

Приняв радиус равным 6371 км, а ускорение свободного падения — 9,8 м/с2, получим, что для Земли первая космическая скорость равна 7,9 км/с.

Именно такую скорость в горизонтальном направлении нужно сообщить телу на небольшой, сравнительно с радиусом Земли, высоте, чтобы оно не упало на Землю, а стало её спутником, движущимся по круговой орбите.

2. Движение искусственных небесных тел.



- Возникает закономерный вопрос: «Почему же тогда свободно падающий спутник не падает на Землю?»
- Примем для простоты расчётов, что ускорение свободного падения равно 10 м/с^2, а скорость спутника — 8 км/с. Тогда за одну секунду свободного падения спутник пройдёт по направлению к Земле 5 метров и одновременно с этим переместиться перпендикулярно этому направлению на 8 километров. В результате этих двух движений спутник и движется по своей орбите.
- Так, например, наша Луна уже более 4,5 миллиардов лет обращается вокруг Земли.
- Восемь километров в секунду — это почти 29 000 километров в час! Сообщить телу такую скорость, конечно, не просто. Только в 1957 году советским учёным впервые в истории человечества удалось с помощью мощной ракеты сообщить телу массой около 85 килограмм первую космическую скорость, и оно стало ***первым искусственным спутником Земли.***

2. Движение искусственных небесных тел.

2 . Движение искусственных небесных тел.

Если телу сообщить скорость, большую, чем первая космическая на данной высоте, то орбита спутника будет представлять собой эллипс. И чем больше сообщённая телу скорость, тем более вытянутой будет его орбита.

Скорость, при достижении которой космический аппарат, запускаемый с Земли, может преодолеть земное притяжение и осуществить полёт к другим планетам Солнечной системы, называется ***второй космической скоростью.***

Расчёты показывают, что для преодоления земного притяжения скорость космического аппарата должна быть больше первой космической скорости в корень из двух раз (без учёта сопротивления воздуха):

$$v_{II} = \sqrt{2g_0R_3} = v_I\sqrt{2} \cong 11,2 \text{ км/с.}$$

Солнце

2. Движение искусственных небесных тел.

Третья космическая скорость, или гиперболическая скорость, — это наименьшая начальная скорость, с которой тело должно преодолеть земное притяжение и выйти на околосолнечную орбиту со скоростью, необходимой для того, чтобы навсегда покинуть пределы Солнечной системы:

$$v_{III} = \sqrt{\left(\sqrt{2}-1\right)^2 v^2 + v_{II}^2}.$$

В формуле $v \approx 29{,}8$ км/с — это орбитальная скорость нашей планеты.

Если в это уравнение подставить все известные величины и произвести вычисления, получим, что тело должно иметь минимальную скорость, примерно равную 16,7 км/с, чтобы начать двигаться по гиперболе и покинуть пределы Солнечной системы.

Конечно же, по записанным нами формулам можно рассчитывать космические скорости не только для Земли, но и других тел Солнечной системы. Для примера давайте определим первую и вторую космические скорости для Луны, если известна её масса и средний радиус.

Солнце

2. Движение искусственных небесных тел.

VIDEOUROKI.ru

Задача 1. Определите первую и вторую космические скорости для Луны.

ДАНО

$M_{☾} = 7{,}35 \cdot 10^{22}$ кг

$R_{☾} = 1{,}74 \cdot 10^{6}$ м

$v_{I☾} = ?$

$v_{II☾} = ?$

РЕШЕНИЕ

Первая космическая скорость: $v_{I} = \sqrt{G\dfrac{M_{☾}}{R_{☾}}}$.

$$v_{I☾} = \sqrt{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \cdot \frac{7{,}35 \cdot 10^{22}\ \text{кг}}{1{,}74 \cdot 10^{6}\ \text{м}}} \cong 1679\ \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Вторая космическая скорость: $v_{II☾} = v_{I☾}\sqrt{2}$.

$$v_{II☾} = 1679 \cdot \sqrt{2} \cong 2374\ \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

ОТВЕТ: $v_{I☾}$ = 1679 м/с; $v_{II☾}$ = 2374 м/с.

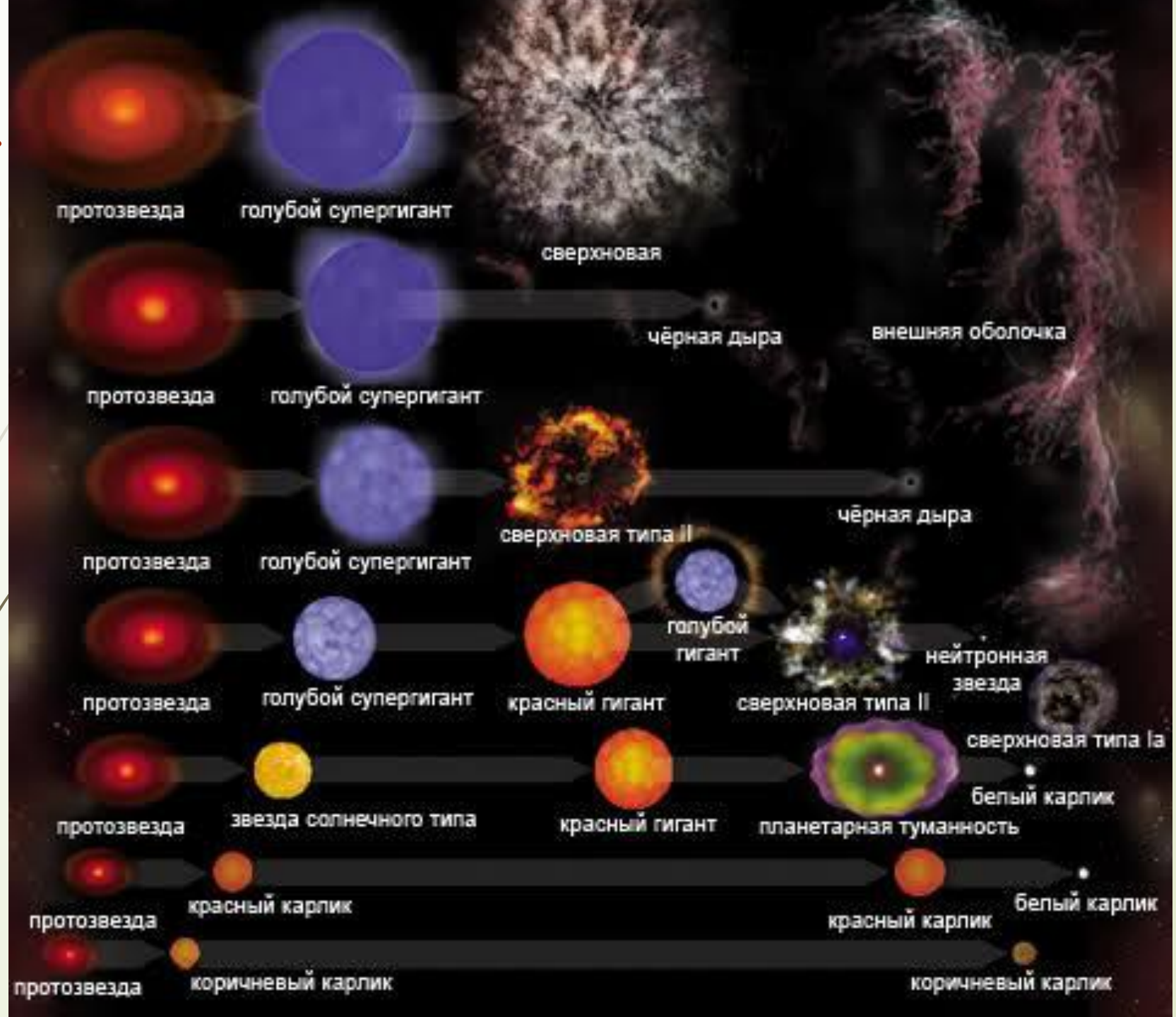
2. Движение искусственных небесных тел.

Как мы уже упоминали, что практически осуществить запуск первого искусственного спутника Земли удалось 4 октября 1957 года, то есть спустя два с половиной столетия после открытия Ньютона. Сейчас же в околоземном пространстве движутся тысячи искусственных спутников Земли, запущенных учёными разных стран. Они обеспечивают непрерывный мониторинг погоды, различных природных явлений, трансляцию телевидения и так далее. А, например, спутниковая навигационная система ГЛОНАСС и другие системы глобального позиционирования позволяют определить координаты любой точки Земли с высокой степенью точностью.

- Для полётов космических аппаратов к другим планетам и телам Солнечной системы необходимо производит очень точные расчёты траекторий с использованием законов небесной механики. При их запуске исходят из трёх основных соображений. Во-первых, геоцентрическая скорость космического аппарата при выходе на орбиту относительно Земли должна превышать вторую космическую скорость. Во-вторых, после преодоления притяжения Земли гелиоцентрическая орбита аппарата должна пересекаться с орбитой данной планеты (или другого небесного тела). А также необходимо подобрать такой момент запуска, чтобы орбита аппарата была наиболее оптимальной с точки зрения сроков полёта, затрат топлива и ряда других требований.

1. Определение масс небесных тел.

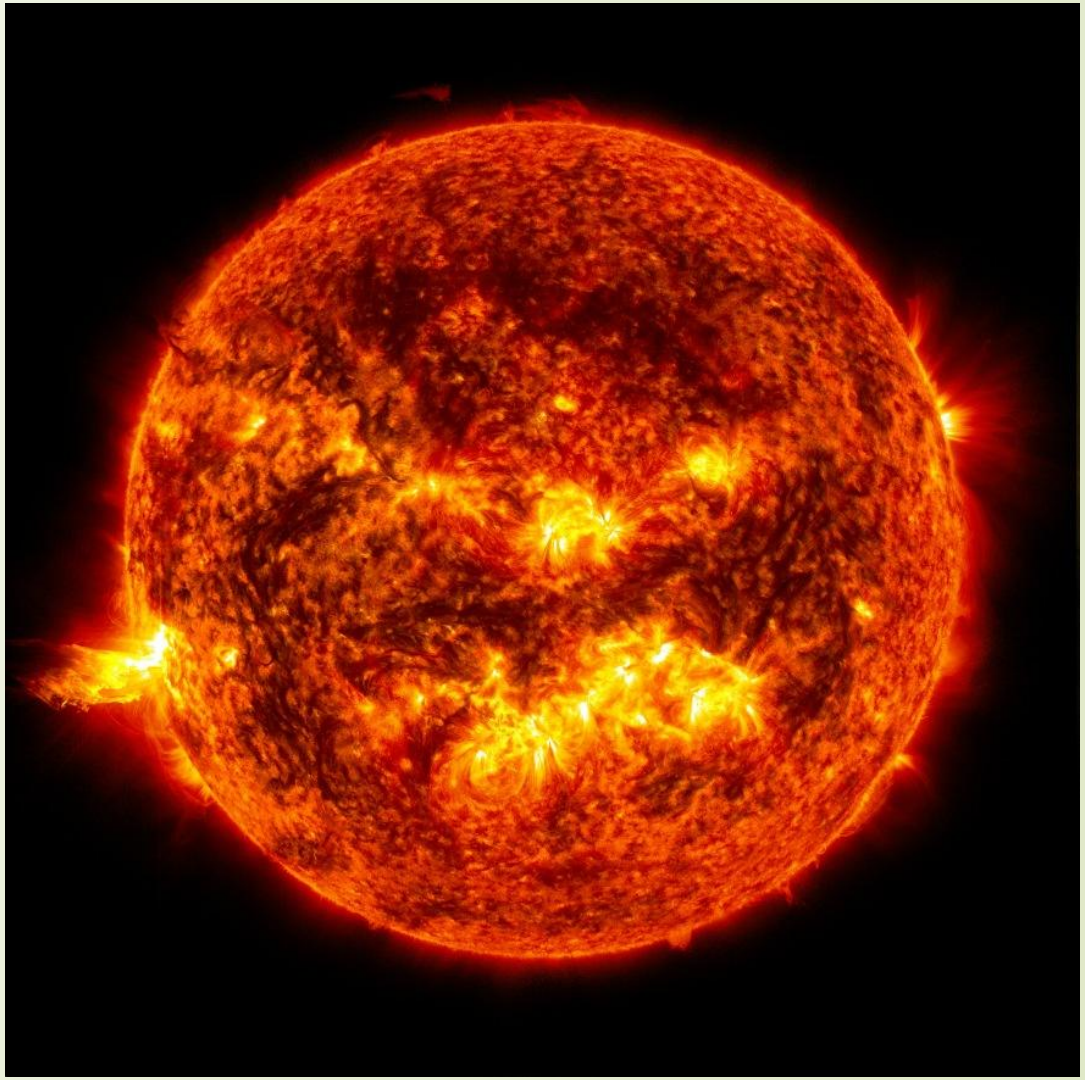
Солнце


протозвезда
голубой супергигант
сверхновая
чёрная дыра
внешняя оболочка
протозвезда
голубой супергигант
протозвезда
голубой супергигант
сверхновая типа II
чёрная дыра
голубой гигант
нейтронная звезда
протозвезда
голубой супергигант
красный гигант
сверхновая типа II
сверхновая типа Ia
белый карлик
протозвезда
звезда солнечного типа
красный гигант
планетарная туманность
протозвезда
красный карлик
красный карлик
белый карлик
протозвезда
коричневый карлик
коричневый карлик

Солнце. Общие сведения о Солнце

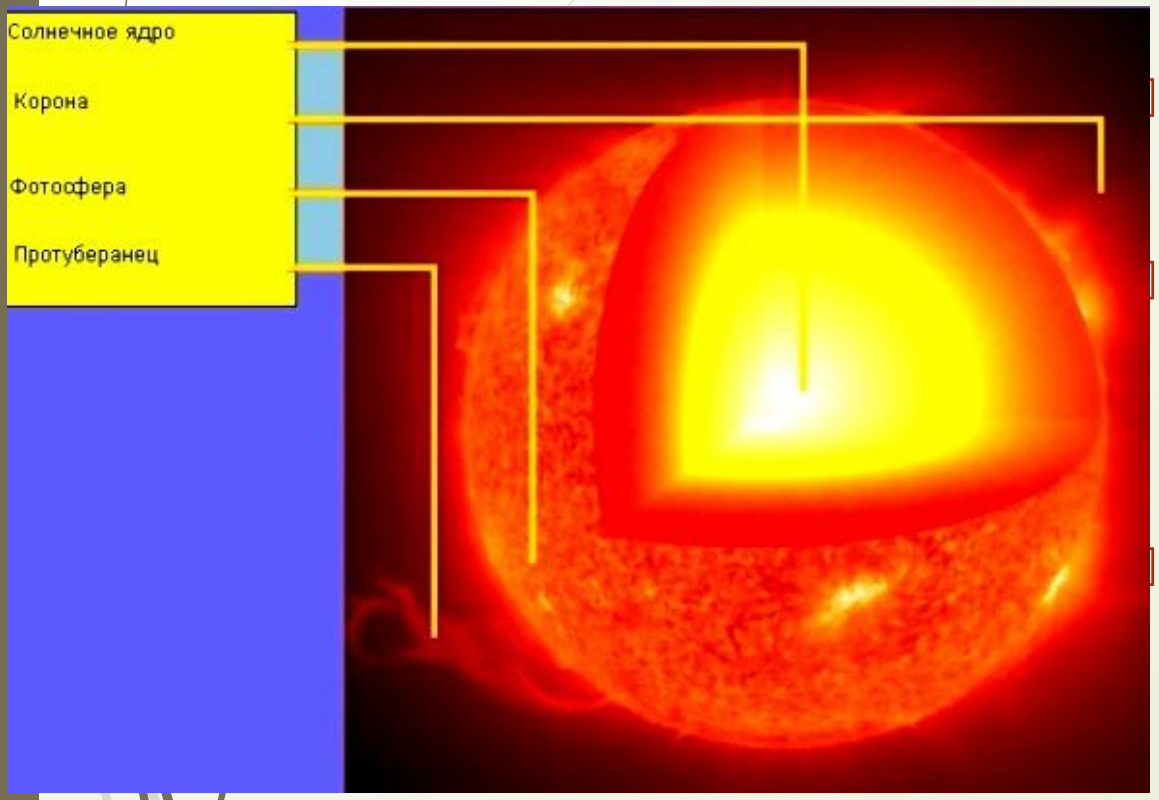
- Солнце - тело, занимающее центральное место в нашей Солнечной системе. Это ближайшая к нам звезда. Свет от Солнца до Земли идет всего 8 минут. Солнце – рядовая звезда Галактики (возраст 4,8 млрд. лет), желтый карлик, образованный после взрыва сверхновых звезд, богата железом и другими элементами. Солнце смогло сформировать планетную систему, где третьей планетой является Земля, на которой мы живем и управляет движением всех тел Солнечной системы.

- Солнце и жизнь Земли
- а) Солнце - колоссальный источник энергии. Играет исключительную роль в жизни Земли. Весь органический мир Земли (растительность, жизнь) обязаны Солнцу. Солнце не только источник тепла и света, но и первоначальный источник других видов энергии (нефти, угля, воды, ветра и т.д.).
- б) Солнце - издавна объект поклонения. Самое могущественное божество, культ непобедимости. Гелиос-бог древних греков, Ярило - бог у славян и т.д. Солнцу воздвигали храмы, слагали гимны, приносили жертвы.



Солнце

Солнце



Строение Солнца

- Характеристики Солнца
- Среднее расстояние от Земли до Солнца, то есть большая полуось орбиты Земли равна 149,6 млн. км = 1 а.е. (астрономическая единица).
- Размер Солнце значительно превосходят размеры всех планет Солнечной системы.
- Температура. Солнце - раскаленный газовый (плазменный) шар. Эффективная **температура поверхности Солнца** — 5780 цельсия.
- Химический состав. На Солнце из зарегистрированных более линий обнаружено 72 химических элемента, никаких неземных нет. Основные: 70% водорода 28% - гелия (солнечный газ) открыт в 1868 г Джозеф Локьер (Англия).
- Структура поверхности. Солнца в разных диапазонах спектра Эти изображения Солнца получены ультрафиолетовым телескопом на борту КА "Стерео-А» (США) 4 декабря 2006 г, в первый день работы телескопа. Каждое изображение излучения верхних слоев солнечной атмосферы представлено в искусственных цветах при различных температурах: желтым цветом показано излучение с температурой 2 миллиона кельвинов, зеленым миллиона, синим - один миллион, красным - от 60 до 80 тысяч кельвинов.

Солнце .

- Её возраст составляет 5 млрд. лет
- Диаметр Солнца – 1392000 км
- Масса – 333000 массы Земли
- Объём - 1303600 объёма Земли
- Температура на поверхности – 5700С
- Температура в ядре – 14 000 000С
- Гравитация на поверхности в 27,9 раз больше, чем на Земле.
- Период обращения в центре Галактики – 225 миллионов лет.

MyShared