

Земля как планета

Место Земли во Вселенной

- Земля – часть Вселенной, она испытывает мощное космическое влияние.
- Вселенная это весь мир, безграничный во времени и в пространстве, который состоит из множества космических тел, образующих системы различной сложности – от гигантских галактик, включающих миллиарды звёзд, до планет со спутниками.

- Вселенная состоит из неисчислимого количества звёздных скоплений – [галактик](#).
- В одной из них находится Солнечная система. Это – наша [Галактика](#). В её состав входит более 100 миллиардов звёзд, межзвёздное вещество и диффузные туманности. Нашей Галактике принадлежат все звёзды, которые мы наблюдаем.
- Наша Галактика сильно сплюснута и с ребра должна быть видна в форме двояковыпуклой линзы со спиралевидными ветвями, выходящими из центра. В плоскости наибольшего протяжения и вращения Галактики скучено максимальное количество звёзд. Они неразличимы по отдельности и сливаются на небе в светлую полосу, называемую Млечным путём.
- Возраст Галактики оценивается примерно в 12 млрд. лет.

- Другие галактики наш глаз различает на звёздном небе в виде светлых туманных пятен – туманностей.
- По типу и структуре похожа на нашу Галактику ближайшая к нам гигантская спиралевидная звёздная система – Туманность Андромеды.
- Эту галактику можно наблюдать невооружённым глазом в средних широтах Северного полушария в созвездии Андромеды.
- Она видна крошечным овальным слабо светящимся облачком. Мы видим туманность Андромеды такой, какой она была более двух миллионов лет назад: столько времени луч света идёт к нам от этой самой близкой звёздной системы.
- Кроме туманностей-галактик на звёздном небе видны другие туманности – скопления светящегося газа или пыли, которая светится отражённым светом близлежащих крупных звёзд.

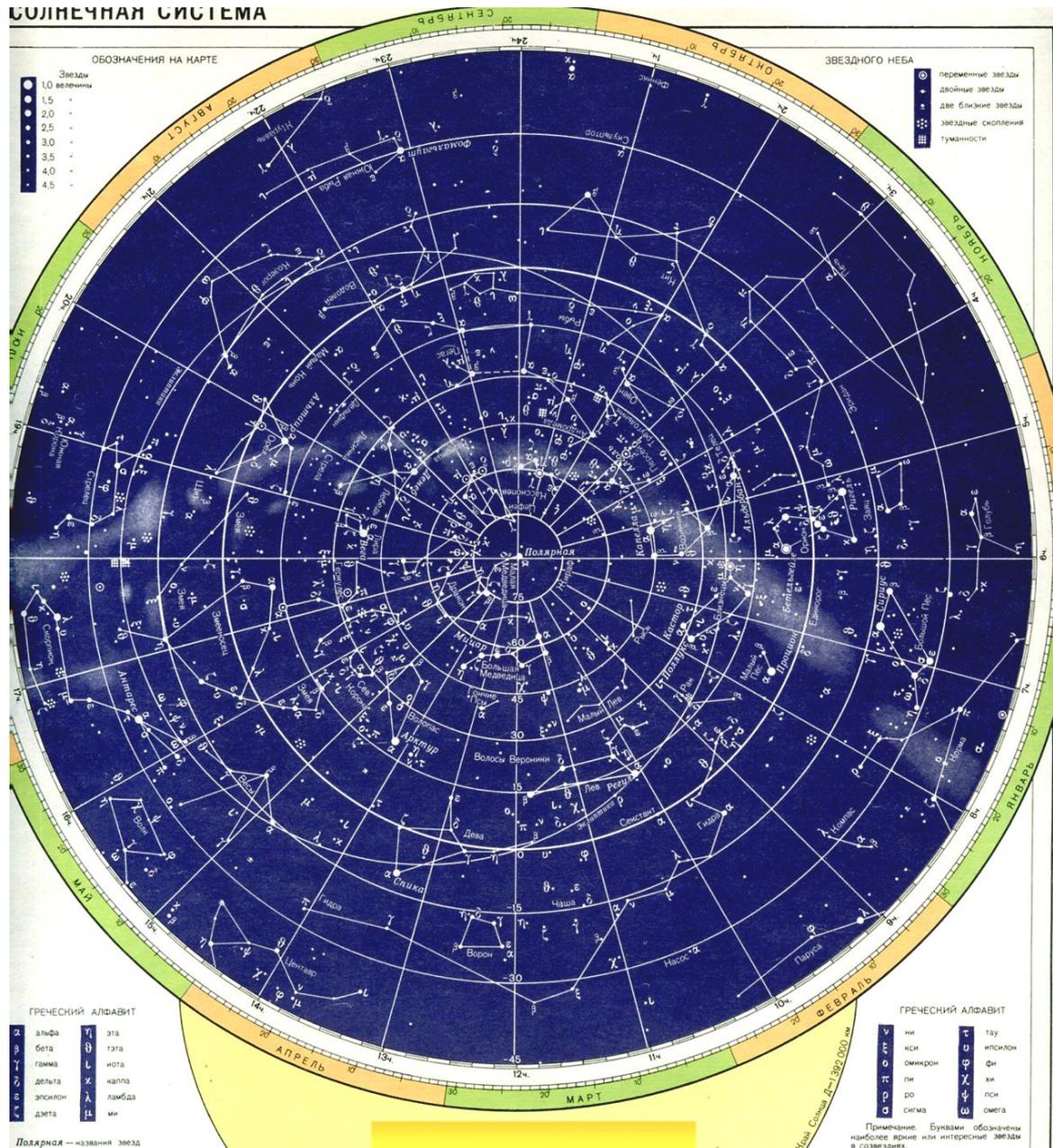


Туманность Андромеды,
(снимок в сильном
увеличении)

- Около 98% космического вещества содержится в звёздах.
- Звёзды – раскалённые светящиеся вращающиеся газовые (плазменные) шары.
- Они состоят из водорода и гелия и различаются по температуре, размерам, массе, плотности, мощности излучения, а на небосводе – по цвету, блеску, светимости и т.д.
- Почему мерцают звёзды ?
- Световые лучи проходят через всегда беспокойную и не идеально прозрачную атмосферу, ослабляются за счёт поглощения, преломляются, изменяют цвет. Поэтому небесные светила кажутся нам мерцающими и на цветных фотографиях получаются разного цвета, который не зависит от реального излучения самой звезды.

- Местоположение звёзд в Галактике меняется крайне медленно, поэтому в течение тысячелетий взаиморасположение звёзд почти не нарушается, конфигурация созвездий относительно устойчива. Их легко найти на небосводе с помощью звёздных карт, где показано 88 созвездий (по решению Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза, состоявшейся в Риме в 1922г).
- У разных народов конфигурация одного и того же созвездия вызывала разные ассоциации, и обычно оно получало разные имена. Поэтому нельзя (как это принято в астрологии) приписывать качества, которые символизируются названием созвездия, человеку, родившемуся в то время, когда Солнце проходит через это созвездие.

Карта звёздного неба



В центре – Северный полюс Мира.

На сетке небесных координат проведены основные линии:

небесный экватор, небесные меридианы, суточные параллели, эклиптика, по которым

определяются координаты светил —

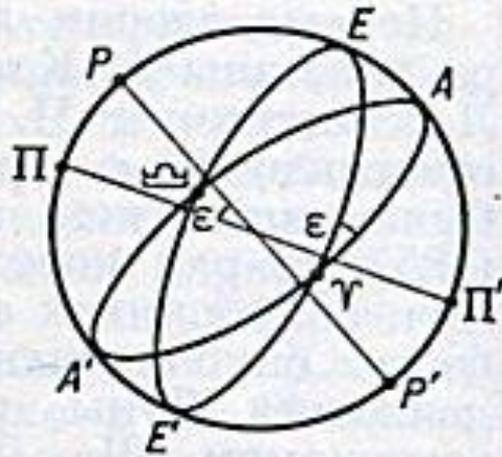
склонение и прямое восхождение звёзд и

Солнца

Небесная сфера

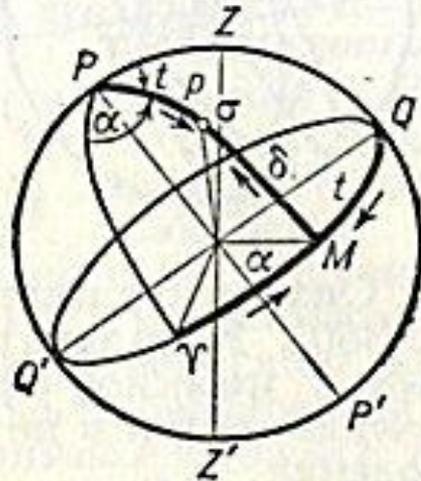
Понятие	Определение
Ось Мира	Продолжение оси вращения Земли до пересечения с небесной сферой.
Полюс Мира	Точка пересечения оси Мира с небесной сферой.
Небесный экватор	Окружность большого круга небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси Мира.
Небесный меридиан	Окружность большого круга, проходящая через Полюсы Мира.
Суточная параллель	Путь , который проходит светило по небосводу в течение суток.
Эклиптика	Видимый годовой путь солнечного диска по небесной сфере среди звёзд; пересекает 12 зодиакальных созвездий +созвездие Змееносец.
Склонение	Дуга круга склонения светила (небесного меридиана) от экватора до светила.
Прямое восхождение	Дуга экватора от точки весеннего равноденствия до круга склонения, вычисляется в сторону, противоположную вращению Земли.
Навигационные звёзды	Звёзды , местоположение которых местоположение на небосводе определено предельно точно для целей навигации.

Небесная сфера: $\Uparrow A \cong A'$ — небесный экватор; $\Uparrow E \cong E'$ — эклиптика; $\Uparrow \pi \cong \pi$ — точки весеннего и осеннего равноденствия; E и E' — точки летнего и зимнего солнцестояния; P и P' — Северный и Южный полюсы мира; Π и Π' — Северный и Южный полюсы эклиптики.



Координаты светил на небесной сфере — **склонение** и **прямое восхождение**

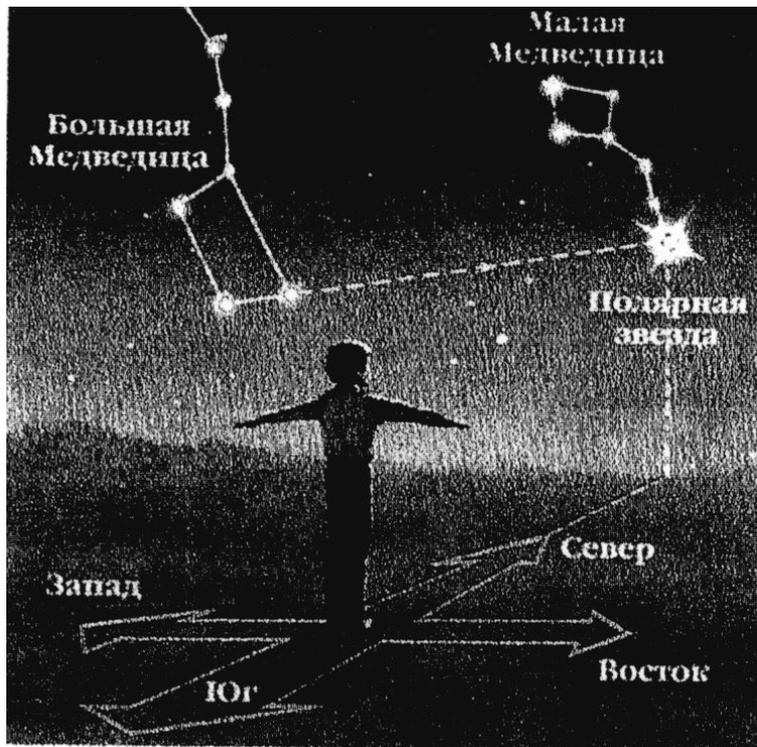
Первая и вторая экваториальные системы небесных координат.



α (альфа) — **прямое восхождение** светила: дуга **небесного экватора**, которая отсчитывается от точки **весеннего равноденствия** (γ — гамма) до круга склонений светила (PM) в направлении, обратном вращению небесной сферы; δ (дельта) — **склонение** светила: дуга круга склонения от экватора до светила

- **Сколько звёзд можно видеть на небесной сфере невооружённым глазом?**
- На небесной сфере более чем 6000 звёзд, видимых невооружённым глазом.
- Для целей определения местоположения и курса самолёта, корабля, космического аппарата в авиации, мореплавании, космонавтике выделены хорошо заметные так называемые **навигационные звёзды**. Их местоположение на небосводе определено предельно точно, составлены таблицы их высот и азимутов. Таких звёзд только 26.
- В Северном полушарии: Полярная звезда, Арктур, Вега, Капелла и др.
- В Южном полушарии: Канопус, Пикок, Мимоза и др.
- Навигационным созвездием в Южном полушарии служит Южный Крест. Его длинная перекладина почти точно указывает на Южный полюс Мира – едва заметную звезду Сигма (σ) в созвездии Октант, склонение которой $89^{\circ}34'$. Штурманы, прокладывающие путь судам, знают все навигационные звёзды наизусть.

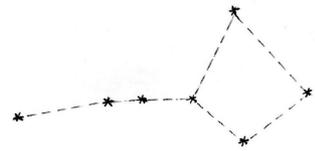
- В Северном полушарии навигационным созвездием является Малая Медведица. Оно находится в северной половине небесной сферы и имеет форму ковша. В это созвездие входит главная навигационная звезда Северного полушария – Полярная ($89^{\circ}...'$).
- По Полярной звезде в наше время определяется северная сторона горизонта, а также в северном полушарии географическая широта места, которая приблизительно равна высоте полюса мира над горизонтом.



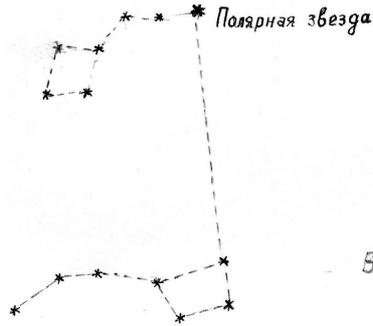
- Полярную звезду легко найти на небе с помощью общеизвестного созвездия – Большой Медведицы. Через две крайние звезды в его ковше нужно провести вверх прямую, на которой отложить пятикратное расстояние между этими звёздами. Так мы находим ковш Малой Медведицы и попадаем на крайнюю звезду ручки её небольшого ковша. Это и есть Полярная звезда.



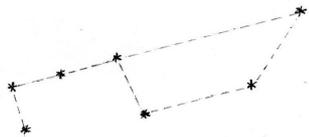
Расположение звёзд в районе полюса Мира Северного полушария



Раньше (несколько десятков тысяч лет назад)



В настоящее время



В будущем (через несколько десятков тысяч лет)

Рис.1 Вид Большой Медведицы

Особая роль путеводной Полярной звезды всё же временная. Из-за очень медленного конусообразного движения земной оси (полный оборот за $\approx 26\,000$ лет) Северный полюс мира непрерывно странствует среди звёзд. Около 3 тысяч лет назад самой близкой к полюсу звездой была Кохаб (с арабского – «Звезда Севера) в том же созвездии Малой Медведицы. Через 13 тысяч лет на месте Полярной звезды окажется звезда Вега в созвездии Лиры. Расстояние от Земли до Полярной звезды таково, что луч света, покинувший её, достигает нашей планеты спустя 472 года.

Это означает, что мы видим Полярную звезду такой, какой она была вскоре после кругосветного плавания Магеллана. Если же с ней что-либо произойдёт сейчас, мы узнаем об этом через 472 года. Может быть она уже не существует, а на нашем небе всё ещё светит.

Астрономическая единица (а.е.)	среднее расстояние Земли от Солнца равное 149,6 млн. км
Световой год	расстояние, которое свет проходит в вакууме, не испытывая влияния гравитационных полей, за 1 год по юлианскому календарю
Параллакс	видимое смещение светил на небесной сфере, связанное с перемещением по орбите вокруг Солнца наблюдателя вместе с Землёй
Парсек	расстояние, соответствующее обратной величине годового параллакса*
Барицентр	общий центр тяжести системы Земля-Луна

*параллакс 0,1" соответствует 10 парсекам (206265 а.е. или $30,857 \times 10^9$ км)

- Одна из звёзд нашей Галактики – Солнце.
- Это звезда, относящаяся к группе **жёлтых карликов**. Его диаметр – 1 391 980 км, масса – $1,989 \times 10^{30}$ кг (99,87% общей массы всей Солнечной системы), **сидерический** (звёздный) период осевого вращения (солнечные сутки) на экваторе 25,38 земных суток, у полюсов ≈ 20 суток, температура на поверхности – 5 807 К, возраст – около 5 млрд. лет.
- Солнце даёт энергию для процессов, происходящих на поверхности Земли.
- Оно освещает и обогревает Землю.
- Одно из многих условий существования на нашей планете жизни – это то обстоятельство, что Солнце относительно спокойная звезда, её излучение не испытывает резких колебаний, хотя периоды «активного» Солнца, чередуются с периодами «спокойного» Солнца (в среднем через 11 лет).

Люди давно заметили, что изменения на Солнце (появление так называемых пятен) действует на природу и самочувствие. Изучению солнечно-земных связей посвятил свою жизнь гениальный советский учёный-естествоиспытатель А.Л. Чижевский (1897-1964 гг.), который заложил основы гелиобиологии – науки о влиянии Солнца на живые организмы. Он писал: «Люди и все твари земные являются поистине "детьми Солнца"» Его перу принадлежит большое количество работ на эту тему, основанных на экспериментах и наблюдениях. Самая известная из них – «Земное эхо солнечных бурь», написанная интересно и понятно для широкого круга читателей и содержащая огромное количество фактического материала, обобщений, теоретических выводов и практических рекомендаций. Чижевского называют «Леонардо XX века», высоко оценивая широту его научного мышления и вклад в мировую науку. Незадолго до смерти им были сказаны замечательные слова: «...Современная диалектика учит, что понять любое явление можно лишь в его связи с окружающим миром. В век космоса наука должна всё глубже постигать механизмы связей между Солнцем и живой природой».

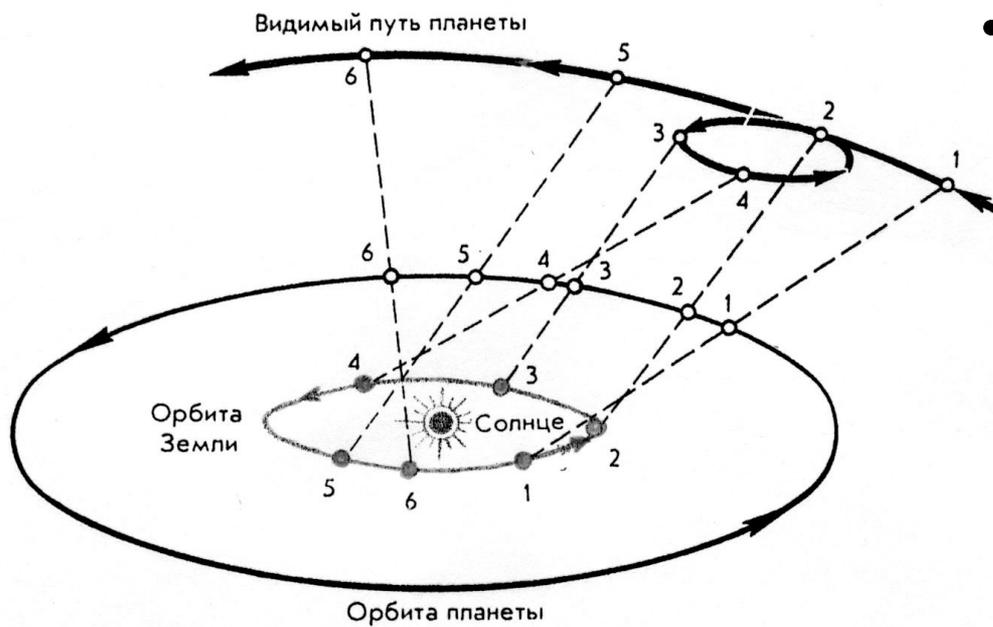
- Солнце – эволюционный, динамический и физический центр Солнечной системы. Обладая огромной массой и мощным тяготением, оно управляет движением планет и других тел системы, кроме спутников планет.
- Солнечная система – это «семья» небесных тел, связанных силами взаимного притяжения. Её центр – Солнце. В состав Солнечной системы входят также бесспорно 8 классических планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс (планеты земной группы), Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун (планеты-гиганты), спутники планет (их более 60), малые планеты – астероиды, (свыше 5 тысяч), сотни комет и множество метеорных тел.

- За границу Солнечной системы до последнего времени принимали орбиту Плутона, самого «крайнего» в системе (5,9 млрд. км или 39,5 астрономических единиц).
- Однако о статусе Плутона давно идут постоянные споры: по размерам и свойствам он напоминает скорее спутники планет, его орбита по форме и параметрам отличается от других планет. Недавно генеральная ассамблея III отдела Международного астрономического союза (МАС) постановила лишить Плутона статуса «полноправной планеты» на том основании, что иначе пришлось бы присвоить такой статус ещё нескольким небесным телам, заслуживающим его не менее Плутона. Это нарушило бы многие представления о Солнечной системе. Легче убавить на один объект количество планет, чем прибавить несколько новых. Соответственно сдвигается и граница Солнечной системы.

- Великое планетографическое открытие конца XX века – обнаружение внешнего пояса астероидов за орбитой Нептуна – существенно изменило представление о Солнечной системе. Возник новый взгляд на структуру планетной системы, которая до этого представлялась не вполне стройной, поскольку в ней имелась «странная» планета – Плутон... ..
- Так и был бы Плутон «изгоем» Солнечной системы, если бы в последние годы (с 1992 г.) ему бы не подобралась достойная компания: совершенно новый третий тип планетных тел – **ледяные планеты**. «Ударной пятилеткой» стал период с 1999 г по 2003 г, в течение которого было обнаружено ≈ 800 неизвестных ранее тел. В результате Плутон стал лишь одним из объектов **внешнего пояса астероидов**, так называемого пояса **Койпера**.
- Сейчас известно около 1000 астероидов этого пояса, причём у десяти крупнейших диаметр превышает 1000 км. Вот их названия некоторых из них: 2003 UB 313 (диаметр 2800 км), Плутон (2390 км), 2005 FY9 (1600 км) и др. Самым дальним объектом оказалась Седна (1500 км), которая в 90 раз дальше от Солнца, чем Земля.
- Самому крупному планетоиду ещё не дано название. Группа американских астрономов, возглавляемая Майклом Брауном, предложила назвать «астероид-гигант» Персефой – именем жены Плутона в греческой мифологии.

Георгий Бурба. Ледяные сателлиты Солнца. Ж. Вокруг света, 2006 г. № 12

- **Планеты** и их спутники (если конечно они видны с Земли) кажутся нам так же как и звёзды более или менее яркими точками. Они светят отражённым от Солнца светом. Однако спутник Земли – Луна в 10 000 раз ярче самой яркой звезды неба – Сириуса, т. к. она неизмеримо ближе к Земле.
- Планеты медленно перемещаются на фоне зодиакальных созвездий по мере движения Земли по орбите. За год они проходят путь одного созвездия до другого, поэтому их можно визуально отличить от звёзд. Само название планеты получили именно из-за этой своей особенности (в переводе с греческого языка *astēr planētēs* – блуждающая звезда).



- Движение планет по своим орбитам совершается с запада на восток, однако видимое перемещение по небосводу происходит с востока на запад из-за быстрого осевого вращения Земли.

- В результате сочетания годового движения Земли и планет по их орбитам все планеты описывают на фоне звёздного неба петли, совершая то прямое, то попятное движение. Это явление заметил и правильно объяснил ещё Н. Коперник.
- То, что планеты не просто движутся туда и обратно, а описывают петли, получается потому, что плоскости их орбит не совпадают с плоскостью орбиты Земли.

- Поскольку положение планет на небосводе постоянно меняется, их не показывают на карте звёздного неба. Чтобы определить какую планету мы наблюдаем, необходимо иметь специальную информацию, которую иногда помещают в календарях.
- Есть ещё один способ отличить на небе планету от звезды: нужно посмотреть на светило в бинокль. Планета видна как крошечный диск, звезда как яркая мерцающая точка. Люди с острым зрением могут получить тот же эффект, рассматривая светило сквозь узкое отверстие, например, неплотно сжатый кулак.

У Земли 6 небесных братьев (Меркурий, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) и одна сестра – Венера (богиня любви и красоты).

У них много общих черт, возникших в процессе схожего образования и дальнейшей эволюции.

- Все планеты Солнечной системы имеют шарообразную форму.
- Все они обращаются вокруг Солнца в одном направлении – против часовой стрелки для наблюдателя, смотрящего со стороны Северного полюса. Это направление принято называть прямым. В таком же направлении движутся почти все спутники планет.
- В этом же направлении происходит и осевое вращение большинства планет. Исключение составляют Венера и Уран, который к тому же вращается как бы «лёжа»: его ось лежит почти в плоскости орбиты.
- Орбиты планет эллипсы, близкие к окружности, за исключением Меркурия. Из-за этого планеты не подходят близко к друг другу и их гравитационное взаимодействие невелико.
- Орбиты всех планет находятся примерно в одной плоскости, близкой к плоскости солнечного экватора.
- Промежутки между орбитами планет закономерно увеличиваются по мере удаления от Солнца: каждая следующая планета отстоит от Солнца в 2 раза дальше, чем предыдущая (так называемый закон планетных расстояний).
- Все планеты и их спутники имеют оболочечное строение, т.е. состоят из концентрических сфер, различающихся составом и строением вещества.
- Все они перемещаются на фоне созвездий.
- Все планеты светят отражённым солнечным светом.

Все планеты делятся на две группы: небольшие типа Земли и гиганты типа Юпитера. Эти различия обусловлены в значительной степени разным расстоянием от Солнца, что отразилось на их как физико-химических свойствах, так и на динамических особенностях.

Каждая планета может «похвастаться» каким-нибудь рекордом.

- Меркурий – ближайшая к Солнцу, самая маленькая и горячая, почти лишённая атмосферы, с самой большой орбитальной скоростью (≈ 48 км/с) и самым коротким годом 0,24 земного года.
- Венера – самая медленно вращающаяся вокруг оси (≈ 243 сут.) в направлении, обратном её движению вокруг Солнца.
- Земля – двойная планета «Земля-Луна», и только на ней есть жизнь.
- Марс – на ней самые высокие горы (вулканический конус Олимп выше 25 км.)
- Юпитер – самая большая по массе и объёму и наиболее быстро вращающаяся (9 час 55 м) с самым крупным спутником (Ганимедом).
- Сатурн – наиболее сплюснутая с большим полярным сжатием (1/10), обладает самыми великолепными кольцами и наибольшим количеством спутников (по последним данным – 22).
- Уран – движется по орбите «лёжа на боку», даже слегка «вниз головой» (наклон оси вращения 98°).
- Нептун – имеет самый длительный период обращения вокруг Солнца, обладает разорванными кольцами в виде дуг (арок).

У многих планет есть **спутники**. Они обращаются вокруг своих планет, так как их притяжение в силу близости оказывается сильнее солнечного.

Самый крупный в Солнечной системе – спутник Юпитера Ганимед (один из 16):

- радиус 2631 км (больше Меркурия и Плутона),
- вес в два с лишком раза больше веса Луны
- находится на расстоянии 1,07 млн. км от Юпитера

Ганимед имеет смешанный силикатно-ледяной состав. Сверху его поверхность покрыта слоем каменно-ледяной пыли толщиной в несколько метров. На поверхности много метеоритных кратеров.

К числу крупных спутников относятся также Титан Сатурна (радиус ≈ 2580 км); Каллисто (≈ 2350 км), Ио (≈ 1815 км), Европа (≈ 1569 км) Юпитера. Три последних спутника и Ганимед были открыты ещё Г. Галилеем.

Вот как представляют себе вид неба на одном из спутников Юпитера писатели-фантасты братья Стругацкие (один из них – учёный-астроном). Действие повести происходит в далёком будущем на научной станции, расположенной на одном из спутников Юпитера

«... Амальтея, пятый и ближайший спутник Юпитера, делает полный оборот вокруг своей оси примерно за тридцать пять часов. Кроме того, за двенадцать часов она делает полный оборот вокруг Юпитера. Поэтому Юпитер выползает из-за близкого горизонта через каждые тринадцать с половиной часов.

Восход Юпитера — это очень красиво. Только нужно заранее подняться в лифте до самого верхнего этажа под прозрачный спектролитовый колпак.

Небо черное, и на нем множество ярких немигающих звёзд. От звездного блеска на равнине лежат неясные отсветы, а скалистый хребет кажется глубокой черной тенью на звездном небе. Если присмотреться, можно различить даже очертания отдельных зазубренных пиков. Бывает, что низко над хребтом висит пятнистый серп Ганимеда, или серебряный диск Каллисто, или они оба, хотя это бывает довольно редко. Тогда от пиков по мерцающему льду через всю равнину тянутся ровные серые тени. А когда над горизонтом Солнце — круглое пятнышко слепящего пламени, равнина голубеет, тени становятся черными и на льду видна каждая трещина. Угольные кляксы на поле ракетодрома похожи на огромные, затянутые льдом лужи. Это вызывает теплые полузабытые ассоциации, и хочется сбегать на поле и пройти по тонкой ледяной корочке, чтобы посмотреть, как она хрустнет под магнитным башмаком и по ней побегут морщинки, похожие на пенки в горячем молоке, только темные.

Но все это можно увидеть не только на Амальтее.

Почему-то считается, что бурый цвет — это некрасиво. Так считает тот, кто никогда не видел бурого зарева на полнеба и четкого красного диска на нем. Потом диск исчезает. Остается только Юпитер, огромный, бурый, косматый, он долго выбирается из-за горизонта, словно распухая, и занимает четверть неба. Его пересекают наискось черные и зеленые полосы аммиачных облаков, и иногда на нем появляются и сейчас же исчезают крошечные белые точки — так выглядят с Амальтеи экзосферные протуберанцы. ... Директор в последний раз взглянул на бурый размытый купол Юпитера и подумал, что хорошо бы поймать момент, когда над горизонтом висят все четыре больших спутника — красноватая Ио, Европа, Ганимед и Каллисто, а сам Юпитер в первой четверти наполовину оранжевый, наполовину бурый. Потом он подумал, что никогда не видел захода. Это тоже должно быть красиво: медленно гаснет зарево экзосферы, и одна за другой вспыхивают звезды в чернеющем небе, как алмазные иглы на бархате. Но обычно время захода — это разгар рабочего дня»...

Аркадий Стругацкий, Борис Стругацкий. Путь на Амальтею.

Единственный естественный спутник Земли – Луна (в греческой мифологии богиня Луны – Селена) находится в 384 000 км от Земли;

- радиус – 1738 км (в ≈ 4 раза меньше земного)
- масса в 81,5 раз меньше массы Земли.

По отношению к своей планете до недавнего времени Луна считалась самым массивным спутником в Солнечной системе, оказывающим поэтому самое большое влияние на основную планету. В 1978 году был открыт спутник Плутона Харон, сейчас ему принадлежит это первенство. Хотя сам Плутон теперь считают планетой-карликом, но всё же планетой, имеющей самый массивный спутник.

- Земля и Луна связаны мощным взаимным притяжением и вращаются как единое целое вокруг общего центра тяжести (**барицентра**) с запада на восток. Барицентр расположен внутри Земли на расстоянии 4750 км от её центра, что составляет 0,73 земного радиуса. Землю часто называют двойной планетой. Полный оборот система «Земля – Луна» совершает за 27,3 суток. Это так называемый **сидерический** (от лат. sidus, род. падеж sideris, то есть звёздный) **месяц**. Именно барицентр перемещается по орбите вокруг Солнца.
- Двойной планетой Землю с Луной можно назвать и с другой позиции. Из всех гипотез образования Луны наиболее приемлемой в настоящее время многие учёные-селенологи считают модель, предложенную российской исследовательницей Е.Л.Рускол. Она разработала теорию совместного образования Земли и Луны как двойной планеты из облака допланетных тел, окружавших Солнце.

- Полный оборот вокруг Земли Луна совершает за 27,3 суток относительно звёзд (это сидерический, т.е. звёздный месяц) с угловой скоростью $13,2^\circ$ за сутки. За это же время она делает один оборот вокруг своей воображаемой оси с такой же угловой скоростью. Поэтому Луна всегда обращена к Земле одним и тем же полушарием. Но так было не всегда. Миллиарды лет назад Луна была ближе к Земле и вращалась вокруг оси быстрее, чем обращалась вокруг Земли. Постепенно под влиянием притяжения Земли вращение Луны замедлялось, пока оба движения не стали синхронными.
- Благодаря полётам в сторону нашего спутника советских автоматических межпланетных станций «Луна» люди смогли с Земли заглянуть на обратную сторону Луны. Станция «Луна-9» (1966 г.) передала на Землю круговую панораму лунного ландшафта и, успешно совершив мягкую посадку на поверхность Луны, подтвердила предположения о её довольно прочном грунте и отсутствии пыли. Это стало крайне важным и надёжным обстоятельством в последующем для советских луноходов и американских астронавтов.

Сейчас мы видим $\approx 59\%$ поверхности нашего спутника из-за так называемой **либрации** (видимого покачивания) по ряду причин.

1. Луна согласно второму закону Кеплера движется по своей эллиптической орбите неравномерно – близ **апогея** (дальней точки) медленнее, чем близ **перигея** (ближней точки), и «смотрит» в центр эллипса, а Земля находится в одном из его фокусов. Поэтому мы заглядываем за боковые стороны лунного диска то с запада, то с востока (оптическая либрация по долготе).

2. Из-за того, что плоскости орбит Земли и Луны не совпадают (угол между ними $> 5^\circ$) и ось вращения Луны наклонена к плоскости её орбиты на $\approx 83^\circ$, она периодически поворачивается к нам то южной, то северной стороной. При этом приоткрываются околополярные области (оптическая либрация по широте).

- Примечательная черта поверхности не только Луны, но и всех планет земной группы – **кольцевые структуры**. Такие структуры на Луне – **кратеры**, отлично видимые с Земли, имеют разные размеры: от мелких (менее метра в поперечнике), до крупных (диаметром более 200 км). Большинство из них имеют более или менее ровное дно и приподнятые края, а в центре иногда видно возвышение в виде горки. Нередко кратеры образуют длинные цепочки, протягивающиеся на сотни километров.
- Лунные кратеры имеют двойное происхождение. Часть крупных кратеров, по-видимому, вулканические, образовавшиеся в прошлом, когда тектонические процессы на Луне были активными. Надо учесть, что внутренние силы на Луне работали с большим эффектом, чем на Земле из-за меньшей там (в 6 раз) силы тяжести. Сейчас Луна – тектонически безжизненное тело, лунотрясения редки и слабы.

- Большинство же кратеров, по общепринятому мнению учёных-селенологов, метеоритного происхождения, т.е. образованы при падении крупных метеоритов, астероидов, кометных ядер. При отсутствии тормозящей их падение атмосферы они обладают большой ударно-взрывной силой, в результате которой создаются основные крупные кратеры, а вторичные более мелкие в их окрестностях могли возникнуть при падении разлетающихся от удара камней.
- На видимой стороне Луны насчитывается примерно 300 000 кратеров диаметром более километра. Некоторые из них имеют названия: Коперник, Кеплер, Тихо и др.

- Помимо кратеров на Луне есть обширные тёмные ровные участки – так называемые «моря», но без воды (Океан бурь, Море Дождей и др.), и светлые гористые участки – так называемые «материки». Многие моря окаймлены протяжёнными горными хребтами, названными по земным горам – Альпы, Кавказ, Пиренеи и др.
- Первозданный рельеф Луны как бы «законсервирован», не разрушен ввиду отсутствия атмосферы и гидросферы, а также за счёт действия «солнечного ветра» – корпускулярных потоков (элементарных частиц, летящих от Солнца), которые вызывают спекание поверхностного слоя и превращение его в относительно прочную губчатую корку (риголит). Это сдерживает и склоновые обвально-осыпные процессы.
- На Земле же первичный кратерированный рельеф сильно разрушен всеми склоновыми и другими рельефообразующими процессами и поэтому завуалирован, хотя и прослеживается как в погребённом виде, так и на поверхности планеты.

- В ясную тёмную ночь на фоне звёзд, медленно перемещающихся по небосводу, не меняя взаиморасположения, можно невооружённым глазом увидеть яркие, довольно быстро движущиеся точки – это искусственные спутники Земли. Самым ярким искусственным объектом на околоземной орбите была советская автоматическая станция «Мир». Она совершила 75 000 оборотов вокруг Земли за 13 лет своего существования. Её «приводнение» в Тихом океане произошло 2 марта 1999 года.

• **Астероиды** – малые тела Солнечной системы. Главный пояс астероидов находится между орбитами Марса и Юпитера. Согласно закону планетных расстояний, астрономы в XVIII в. надеялись обнаружить здесь планету земного типа, а открыли в начале XIX в. ряд малых планет: Цереру (диаметр 1003 км), Палладу, Юнону и др. Сейчас известно около 6000 астероидов. Почти все они движутся в прямом направлении вокруг Солнца со скоростью ≈ 20 км/с по эллиптическим орбитам, причём большинство их орбит лежит в плоскости **эклиптики**. Некоторые из них пересекают орбиту Земли. Размеры астероидов различны. Около 30 имеют диаметр >200 км. Форма неправильная многогранная, угловато-сглаженная с многочисленными кратерами. Состав разный. Они бывают каменные и металлические. Астероиды – главный источник **метеоритов**.

В 1989 году астероид размером ≈ 300 м пролетел на расстоянии ≈ 650 тыс. км от Земли. В начале июня 2006 г. астероид длиной до 900 м пролетел на максимально близком расстоянии от Земли, чуть дальше Луны.

Встреча с астероидом такого размера имела бы огромные последствия.

- В случае падения в океан возникли бы волны высотой в десятки метров, которые смыли бы многие приморские страны. В атмосферу были бы выброшены миллиарды тонн водяного пара.
- При падении на сушу в воздух попали бы в огромном количестве пыль и дым от возникших пожаров, что вызвало бы глобальную климатическую аэрозольную катастрофу: быстрое резкое и длительное понижение температуры до отрицательных значений. Есть предположение, что падение крупного астероида в районе Мексиканского залива ≈ 65 млн. лет назад вызвало на планете гибель $\approx 95\%$ всех живых организмов, включая динозавров.

Астрономы тщательно следят за траекториями движения астероидов. Одновременно ведутся научные исследования и разрабатываются методы разрушения опасных «визитёров» на ближних подступах к Земле.

- **Кометы** (от греч. komētēs – длинноволосый) – небольшие тела Солнечной системы с ещё меньшей массой, чем астероиды. Это холодные тела, которые начинают светиться только при подходе к Солнцу.
- Орбиты комет – сильно вытянутые эллипсы или даже параболы.
- Периоды обращения вокруг Солнца весьма различаются: от нескольких лет до тысяч и даже миллионов лет. Если же комета движется по параболе, она вообще не возвращается в Солнечную систему. Движение по орбитам может быть как прямым, так и обратным. Плоскости орбит лежат под самыми разными углами, образуя настоящий запутанный клубок.

- У кометы выделяется **голова** и **хвост**. Голова состоит из твёрдого ядра и газового окружения – **комы**. Ядро – ледяной конгломерат, состоящий на 80% из воды с примесью различных газов: диоксида углерода, метана, аммиака, водорода, а также каменистых и железистых частиц. В этих космических айсбергах с температурой $-250-260^{\circ}\text{C}$, как в холодильнике могли сохраниться органические вещества, возможно первые кирпичики, из которых сложилась жизнь на Земле.
- Ядра комет невелики: от нескольких сотен метров до нескольких километров (например размер известной кометы Галлея в 1986 г. составлял 16 км x 8 км).

- При приближении к Солнцу под влиянием тепла происходит возгонка льдов и образуется газовое окружение – **кома**.
- В результате отталкивающего действия светового давления и солнечного ветра появляется светящийся **хвост кометы** (иногда не один) из разреженных газов и тончайшей пыли, мчащихся прочь от кометы в сторону, противоположную Солнцу со скоростью 500-1000 км/с. Хвосты достигают длины миллиардов километров и светятся холодным люминесцентным светом. Ядро может терять 30-40 тонн вещества каждую секунду!

- Каждое приближение кометы к Солнцу сопровождается невосполнимой потерей массы. Поэтому в конце концов запас газов и твёрдых частиц исчерпывается, ядро разрушается, частично распадается, образуя «космический мусор», который может служить источником потока метеоров и даже метеоритного дождя.
- Земля на памяти людей не сталкивалась с ядрами комет (только с их обломками), но неоднократно попадала в кометные хвосты (в 1910 г. прошла через хвост кометы Галлея). Никакой опасности для людей при этом не возникает: хотя в составе хвоста есть ядовитые газы (метан, циан), но они очень разрежены и примесь их в атмосфере неощутима.

- Есть предположение, что взрыв в 1908 г. в тайге в бассейне Подкаменной Тунгуски, который мы называем падением Тунгусского метеорита (никакого метеорита там не оказалось) был на самом деле результатом столкновения Земли с ядром небольшой кометы Энке с поперечником около 30 м. При падении ядро почти всё испарилось из-за нагрева в плотных слоях атмосферы, причём на высоте 5-10 км вследствие огромного давления воздуха произошёл взрыв. Было отмечено сильное землетрясение, вековая тайга оказалась скошенной как косой на огромном пространстве (40 км x 50 км). В радиусе ≈ 30 км от центра взрыва деревья были повалены вершинами наружу. Блеск, видимый с расстояния 500 км, превосходил сияние Солнца, а громовые удары слышали за тысячу километров от места падения. В момент вхождения кометы в атмосферу Земли (это произошло утром, когда Солнце было в восточной половине неба), к западу от района взрыва по всей Западной Сибири и Европе до Атлантики отмечалось необычное свечение ночного неба. Возможно это был хвост кометы. В последующие дни в атмосфере Земли была замечена повышенная запыленность.

- Интересна история кометы Биэлы, названной в честь открывшего её в 1826 г. чеха Биэлы (Белого). Период обращения этой кометы был ≈ 7 лет. Дважды её наблюдали, а в третий раз (в 1846 г.) на глазах астрономов она разделилась на две части. В 1852 г. обе дочерние кометы появились, но расстояние между ними выросло. Следующий раз условия для наблюдения появились только в 1872г., но комету обнаружить не удалось. Зато 27 ноября 1872 г. в ночь, когда Земля пересекала орбиту Биэлы, наблюдался обильный метеоритный дождь с радиантом из созвездия Андромеды, где по вычислениям и должна была находиться комета. И даже сейчас ежегодно при пересечении Землёй орбиты Биэлы отмечается повышенное количество метеоров. По-видимому метеорное вещество кометы более или менее равномерно распределилось по всей её орбите. Это свидетельствует о том, что кометы – недолговечные небесные тела.

- В космическом пространстве в изобилии присутствуют твёрдые тела самых разных размеров от пылинок до глыб в десятки и сотни метров. Пылинки падают на Землю ежечасно, а глыбы – один раз в сотни-тысячи лет.
- **Метеоры** – мельчайшие твердые частицы весом в граммы и доли грамма, вторгающиеся в атмосферу Земли со скоростью десятков километров в секунду. Из-за трения о воздух на высоте 80-100 км они нагреваются до нескольких тысяч градусов Цельсия, при этом светятся 1-2 секунды, теряют массу или распыляются и исчезают, не долетев до поверхности Земли. За метеорами остаются ионизированные газы – метеорный след, часто видимый невооружённым глазом. На фоне тёмного ночного неба метеоры видны как «падающие звёзды».

- Метеоры могут быть единичными, спорадическими, а могут образовывать метеорные потоки. Особенно обильные из них называют **метеорными дождями**. Все частицы метеорных потоков движутся параллельно друг другу, но по законам перспективы кажется, что они разлетаются из одной точки неба, называемой **радиантом**. Метеорные потоки носят названия созвездий, в которых расположены их радианты. Известных потоков 8. Один из обильнейших – «персиды» (по созвездию Персея). Он продолжается с 5 по 18 августа с максимумом около 10-го числа. В конце первой декады октября бывают «дракониды», в третьей декаде октября – «ориониды». Каждые 33 с четвертью года в середине ноября к Земле возвращается мощный поток – «леониды». Так в ночь на 17 ноября 1966 г. в небе над Аризоной насчитали до 2300 метеоров в минуту. Метеорные потоки возникают, когда с Землёй встречается **метеорный рой** – скопление метеорных тел, которые представляют собой продукты распада комет, дробления астероидов и т.п. Большинство крупных метеорных тел движутся подобно кометам по вытянутым эллиптическим орбитам. Орбиты потоков тщательно изучают, т.к. они могут быть опасными для космических кораблей.