

## КАК СФОРМИРОВАЛАСЬ НАША СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА?

Когда часть межзвездного облака начала сжиматься вокруг будущего Протосолнца, вращение разных частей облака синхронизировалось и ускорилося. Как фигурист начинает вращаться быстрее? Он прижимает к телу руки, уменьшая объем своей вращающейся фигуры. Протозвезда сжимается, формируется и вспыхивает яркой звездой, а облако вокруг нее раскручивается и остается вращаться в виде тонкого диска, из которого потом образуются планеты.

Почему мы думаем, что все планеты нашей Солнечной системы сформировались из одного такого протопланетного диска? Во-первых, эту гипотезу подтверждает тот факт, что все планеты вращаются вокруг Солнца практически в одной и той же плоскости.

*Отклонение от этой плоскости не превышает величину в семь градусов, это очень мало!*

К тому же планеты вращаются вокруг Солнца в том же направлении, в котором Солнце вращается вокруг своей оси. Вряд ли это просто совпадение, хотя в Космосе, конечно, возможно всё.

Давайте внимательно рассмотрим картинку, показывающую скорости вращения планет нашей Солнечной системы, а также направления их вращения и углы наклона.

<https://img.youtube.com/vi/my1euFQNH-o/maxresdefault.jpg>

Верхний ряд, слева направо: Меркурий, Венера, Земля, Марс.

Нижний ряд, слева направо: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

*Надо сразу отметить, что все планеты на этой картинке представлены не в масштабе своих размеров. Если бы мы соблюдали здесь масштаб, рассмотреть углы наклона и направление вращения было бы намного сложнее.*

Интересно, что именно вам в первую очередь бросилось в глаза? Наверное, вам сразу были заметны большие различия в скорости, особенно отчетливо это заметно для Меркурия и Венеры (обязательно откройте анимацию!), но для Венеры еще очень необычным выглядит направление вращения...

Если присмотреться внимательно, то покажется, что Венера вообще вращается в сторону, противоположную вращению большинства планет нашей Солнечной системы!

Интересно отметить, как иногда представляют данные. Например, говорят:

- Смотрите, все планеты вращаются в одну сторону! – и приводят цифры, характеризующие угол наклона оси вращения всех планет, и еще направление вращения указывают стрелками по кругу. Видите – у Венеры круговая стрелка такая же, как у соседних с ней планет. А угол наклона оси вращения у Венеры составляет  $177^\circ$ , это очень много!

*Вы, конечно, помните, что развернутый угол – это  $180^\circ$ , верно? Если мы повернем изображение на  $180^\circ$ , мы его просто перевернем вверх ногами?*

У нашей Земли угол наклона оси вращения составляет  $23^\circ$  (на самом деле там интересная история, потому что угол наклона нашей планеты в небольших пределах, но меняется, и об этом будем говорить позже, при обсуждении астрономических факторов, влияющих на климат Земли).

У Земли  $23^\circ$ , а у Венеры  $177^\circ$  градусов. Это почти что развернутый угол, то есть планета таким образом как будто вообще “перевернута”.

*Поэтому и встречается так часто утверждение, что Венера - единственная планета Солнечной системы, которая вращается в “другую” сторону. Это называют явлением обратного суточного вращения.*

А если посмотреть на картинку еще внимательнее, то обнаружится, что не только Венера, но и Уран вращаются “неправильно”. Но если Венера как будто “перевернулась”, то Уран как будто “наклонился”. Про Уран чаще всего создается впечатление, что он “катится” по орбите.

Гипотеза, что эти две планеты образовались как-то иначе, учеными всерьез не рассматривается, но вот ответ на вопрос почему так произошло, какое внешнее воздействие оказало такой сильнейший эффект на эти две планеты - это очень интересный вопрос современной астрофизики.

Впрочем, современная версия происхождения планет Солнечной системы таит в себе не одну загадку.

## **ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

Еще недавно такая теория формирования планет нашей Солнечной системы казалась простой и очень логичной. Молодое Солнце горячее, оно вокруг себя все выжигает и испаряет, а легкие химические элементы (такие как водород, гелий) покидают центральную область протопланетного облака, уходя к его периферии.

Вблизи Солнца остаются только тугоплавкие вещества, поэтому планеты Земной группы сформировались из тяжелых элементов с малыми примесями легких и получились небольшого размера.

В то же время, из-за большой плотности газа и пыли, излучение Солнца слабо проникало к периферии протопланетного облака, где была низкая температура, и покинувшие центральную область протопланетного облака газы намерзали там на твердые частицы. Поэтому далекие планеты гиганты, газовые планеты, сформировались далеко от Солнца, и сформировались крупными и в основном из легких химических элементов. Был даже придуман такой специальный термин: снеговая линия (англ. - frost line, или snow line, или ice line).

## **ВЫ ЗНАЕТЕ, ЧТО ТАКОЕ СНЕГОВАЯ ЛИНИЯ? А ЭКЗОПЛАНЕТЫ?**

Это такое расстояние от звезды, на котором температура остается достаточно низкой для того, чтобы вода находилась не в состоянии пара, а оставалась бы льдом, и то же самое бы происходило с другими известными газами, такими как аммиак (он есть в нашатырном спирте), метан (этот газ мы используем на кухне), углекислый газ (мы его выдыхаем, а растениям он жизненно необходим) и угарный газ (образуется при неполном сгорании

топлива и очень токсичен для человека). Все эти вещества за снеговой линией тоже находятся не в газообразном, а в твёрдом состоянии.

## **7.ВОПРОС: Как вы думаете, какие планеты образовались раньше: внешние или внутренние?**

Все изменилось совсем недавно, когда астрономы начали открывать экзопланеты - то есть планеты, которые существуют за пределами нашей Солнечной системы.

*В слове «экзопланета» приставка «экзо» означает «вне», «снаружи». Экзопланеты — это все планеты за пределами Солнечной системы. Большинство из них, как и Земля, вращаются вокруг звезд, но встречаются и не привязанные к орбите определенной звезды.*

За открытие экзопланеты, вращающейся вокруг звезды солнечного типа, в 2019 году была присуждена Нобелевская премия по физике, вот ее лауреаты: Джеймс Пиблз, Дидье Кело и Мишель Майор.

Если совсем быть точным, то именно за открытие экзопланеты премию получили Майор и Кело, потому что профессор Принстонского университета Пиблз удостоился премии (и половины денежного приза) за теоретические открытия в области физической космологии – именно он предсказал существование реликтового излучения, заполнившего нашу Вселенную после Большого взрыва.

Швейцарские астрофизики Майор и Кело открыли экзопланету 51 Пегаса b в 1995 году.

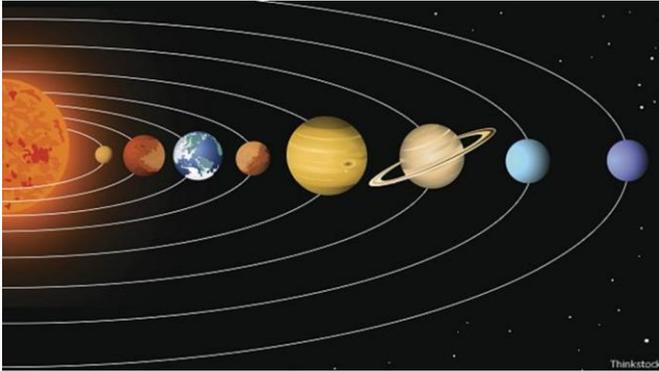
*Экзопланеты называются по имени той звезды, вокруг которой они вращаются, с прибавлением буквы алфавита по очереди, начиная с “b”.*

С того времени в нашей галактике Млечный Путь было обнаружено уже больше четырех тысяч. Оказалось, что есть газовые гиганты, которые находятся на очень близком расстоянии от своей звезды. Также выяснилось, что есть маленькие каменные планеты, находящиеся от своей звезды на очень большом расстоянии.

*Планетная астрономия получила очередную загадку, которую теперь надо решить: получается, что теория, основанная на наличии так называемой снеговой линии, разделяющей зоны образования небольших каменных планет и больших газовых и ледяных гигантов не всегда правомочна. С открытием экзопланет стало ясно, что газовые гиганты могут быть очень близко к звезде, а "землеподобные" далеко. Но как же тогда объяснять процессы формирования планет?*

Слышали ли вы что-нибудь о новых экзопланетах? Ничего страшного, если нет – теперь вы по крайней мере знаете про планету, за открытие которой была получена Нобелевская премия! Но вот планеты нашей родной Солнечной системы знать, конечно, надо.

Проверьте себя, помните ли вы все планеты нашей Солнечной системы? Можете ли вы правильно назвать все неподписанные планеты на этой картинке:



Хотя теория происхождения планет нуждается в новых объяснениях, но описать как устроена наша Солнечная система мы можем достаточно подробно, хотя и с ней загадок хватает.

Итак, есть четыре внутренние планеты, расположенные ближе к Солнцу: это Меркурий, Венера, Земля и Марс. Это планеты называются планетами земной группы или твердотельными планетами. Твердотельная поверхность позволяет ходить по ним, а также осуществлять посадки разных космических аппаратов.

Есть четыре внешние планеты: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Это планеты-гиганты. Их еще часто разделяют на две подгруппы: Юпитер и Сатурн называют газовыми гигантами, а Уран и Нептун - ледяными гигантами, при этом все планеты имеют преимущественно газовый состав.

*Между прочим, льдом в космосе называют отнюдь не привычный нам с вами лёд, то есть  $H_2O$  в твердом агрегатном состоянии.*

Несмотря на то, что внутреннее строение планет-гигантов пока изучается только теоретически, представления об их внутреннем устройстве у ученых есть. Газовые гиганты, Юпитер и Сатурн, преимущественно состоят из водорода и гелия, в самом центре этих планет предполагается наличие металло-силикатного ядра, окруженное относительно небольшой “ледяной” оболочкой.

## ПРО ЛЁД В КОСМОСЕ

Слово “лёд” в планетологии действительно используется особым образом - это не привычная всем нам вода в твердом состоянии. Льдом планетологи называют не агрегатное состояние вещества, а химические соединения углерода, азота и кислорода, например это вода ( $H_2O$ ), аммиак ( $NH_3$ ), метан ( $CH_4$ ) и т.п. и т. п.), - как шутят сами ученые “всё то, что тяжелее водорода и гелия”.

*На первый взгляд кажется немного странным, но так в науке бывает достаточно часто: термин прижился и все перестали замечать несоответствие с другими, более привычными значениями этого слова. Например, вспомните про “адронную эру” или “Планковскую эру” - они длились кратчайшие мгновения, хотя палеонтологи и геологи эрами называют временные отрезки длиной в миллионы лет...*

Ледяные гиганты Уран и Нептун меньше по размеру и массе, чем Юпитер и Сатурн, однако имеют большую по сравнению с ними плотность. Поэтому и доля элементов группы углерода, азота и кислорода (CNO) там больше, они и образуют мантию этих двух планет - мантию из воды, аммиака и метана (возможно, жидкую). Атмосфера Урана и

Нептуна водородно-гелевая, а ядро такое же металло-силикатное, как и у газовых гигантов.

У всех внешних планет есть кольца, хотя еще недавно считалось, что кольцо есть только у Сатурна, и именно благодаря этому кольцу Сатурн часто назывался самой красивой планетой-гигантом. Действительно, красавца Сатурна с его большим красивым кольцом можно разглядеть даже в любительский телескоп.

*У ученых есть версия, что у Сатурна кольцо относительно “новое”, поэтому его так хорошо и видно с Земли. А вот почему оно новое, результат ли это столкновения спутников Сатурна друг с другом или с каким-то другим космическим телом, а быть может причина тут совсем иная - на этот вопрос пока точного ответа нет.*

Еще у всех внешних планет много спутников, в этом их существенное отличие от планет земной группы.

Между планетами земной группы и внешними планетами расположен так называемый главный пояс астероидов. Ученые-астрофизики часто в шутку называют его “космическим мусором”, хотя космический мусор действительно существует - это мусор, сотворенный руками человека, о мусоре мы тоже обязательно поговорим (а уж о пластике, загрязняющий Мировой океан, поговорим обстоятельно и подробно).

На самом деле, конечно, пояс астероидов - это никакой не мусор, а наоборот - строительный материал и чрезвычайно интересный объект, потому что он представляет собой как раз то “протопланетное вещество”, из которых несколько миллиардов лет назад формировались планеты нашей Солнечной системы.

### **ПОЧЕМУ ЖЕ ИЗ ЭТИХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЛОМКОВ ДО СИХ ПОР НЕ СФОРМИРОВАЛОСЬ ЕДИНОЕ НЕБЕСНОЕ ТЕЛО?**

Это хороший вопрос. Возможный ответ на него заключается в объяснении близости к поясу астероидов гигантского Юпитера - самого массивного объекта Солнечной системы, который своей гравитацией влияет на движение этих сотен тысяч маленьких объектов, не давая им объединиться во что-то единое.

Еще в нашей Солнечной системе есть кометы. Раньше ученые считали астероиды и кометы совершенно разными космическими телами. Считалось, что комета - это преимущественно ледяная глыба, а астероид состоит в основном из камня. Еще одним важным отличием комет и астероидов являются орбиты - астероиды движутся преимущественно по круговым орбитам, находясь, главным образом, в поясе астероидов. Кометы же имеют очень вытянутые орбиты.

Сейчас есть мнение, что происхождение комет и астероидов может быть общим, просто в космосе они летают в разных местах, поэтому на астероидах льда нет - слишком близко к Солнцу они находятся, а у комет есть время и возможность обрасти ледяной коркой.

А что такое “падающие звезды”, увидев которые надо обязательно загадать желание? Это явление называется “метеоры”. Частички комет попадают в атмосферу Земли и сгорают, образуя яркий след на ночном небе.

А еще есть метеориты - это частицы покрупнее космической пыли и мелких частиц, часто - это обломки астероидов. Иногда они падают на Землю и не успевают сгореть в

атмосфере. Подсчитано, что ежегодно на Землю падает около 200 тонн метеоритов. Большая часть из них навсегда оказывается в океане, многие падают в другие труднодоступные места. Но некоторые метеориты бывает найти легко. Именно на их поиски устремляются десятки геологов и коллекционеров.

### **САМЫЙ БОЛЬШОЙ НАЙДЕННЫЙ НА ЗЕМЛЕ МЕТЕОРИТ**

Самый большой в мире найденный метеорит упал на Землю давным-давно, десятки тысяч лет назад, и до сих пор лежит на месте падения в Южной Африке, в Намибии.

Глыба, получившая название Гоба (англ. - Hoba), по названию фермы Гоба-Уэст (англ. - Hoba West), где она была обнаружена в 1920 году, весит около 60 тонн. Сейчас ему присвоен статус национального памятника и каждый год тысячи туристов приезжают посмотреть на самый большой на Земле кусок железа природного происхождения:



За орбитой Нептуна располагается “пояс Койпера”. Его, как и пояс астероидов, можно называть поясом строительного материала.

Там тоже огромное количество маленьких объектов, оставшихся после формирования Солнечной системы и которые по тем или иным причинам так и не объединились в единое космическое тело. Хотя пояс Койпера похож на пояс астероидов, он намного его шире и массивнее.

В отличие от объектов пояса астероидов, которые в основном состоят из горных пород и металлов, объекты пояса Койпера состоят главным образом из льда (но не обязательно водного льда, а еще и твердого метана и аммиака). Здесь же находятся открытые недавно карликовые планеты. Всего к настоящему времени открыто более 2700 объектов пояса Койпера.

### **ПРО ПЛУТОН: ТАК ОН ПЛАНЕТА ИЛИ НЕТ?**

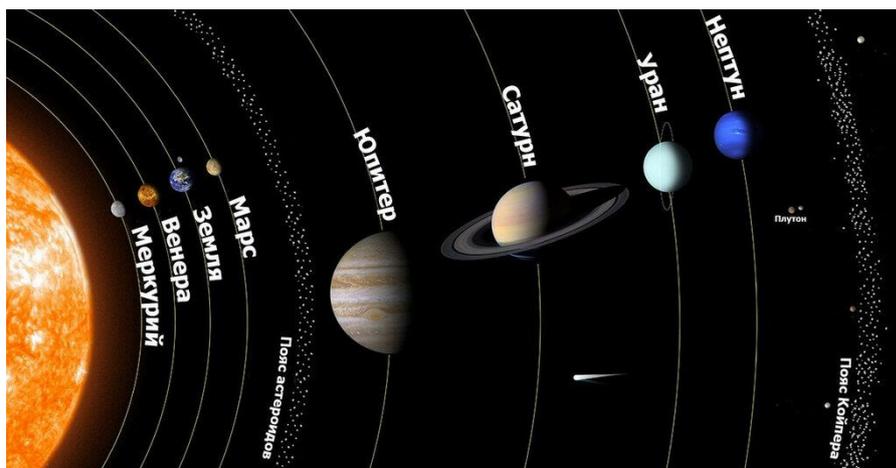
А как же Плутон? На сегодняшний день Плутон считается карликовой планетой, и поэтому не входит в перечень планет Солнечной системы.

Но история открытия Плутона как девятой планеты Солнечной системы, а потом его «закрытия» - то есть исключения из списка планет интересна и весьма поучительна. Впрочем, интересны истории открытия всех планет, не так ли?

С Земли невооруженным глазом можно разглядеть пять планет: Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн. Они были известны людям с глубокой древности.

*Слово планета с древнегреческого переводится как “странник”. Люди заметили, что некоторые звезды на небе “движутся” по небосводу, в то время как остальные звезды все время оставались на своих местах. Такие “подвижные” звезды и назвали “планетами”, т.е. “блуждающими”.*

Однако в нашем понимании эти планеты никто не “открывал”. Давайте посмотрим на очередность расположения планет нашей Солнечной системы от солнца, заодно и проверите себя – правильно ли вы все планеты назвали на предыдущем рисунке, где все планеты специально не были подписаны:



Итак, Сатурн был (и есть) последней по счету планетой, которую можно было увидеть невооруженным глазом. Уран можно было увидеть только в телескоп, и эта планета была действительно именно открыта, причем открыта на тысячелетия позже других планет - в 1781 году.

За новой планетой стали наблюдать и вскоре выяснилось, что движется она не совсем “правильно” согласно законам небесной механики и вообще физики. Возникло замечательное и революционное по тем временам предположение - а что, если там дальше есть еще одна планета, восьмая?

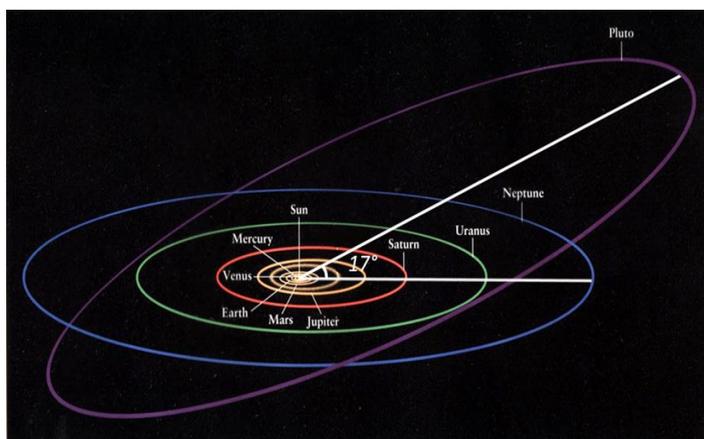
Рассчитали возможную траекторию неизвестной планеты, начали наблюдения и действительно, в 1846 году новая, восьмая планета Солнечной системы - Нептун, была обнаружена. Как принято говорить, обнаружена “на кончике пера”, то есть благодаря теоретическим расчетам.

Однако на этом история не закончилась. С начала двадцатого века ученые стали говорить, что и за орбитой Нептуна тоже должна быть планета.

В 1930 году, с помощью телескопа и фотографий, благодаря сравнительному анализу фотопластинок, был обнаружен новый объект. Посчитали его траекторию, выяснили, что он движется вокруг Солнца, и, хотя на очень большом расстоянии, но по орбите, похожей на орбиту других планет. Американцы гордо объявили об открытии ими новой, девятой планеты.

*Новую планету назвали Плутоном, в честь бога римской мифологии Плутона (в греческой мифологии ему соответствует Аид). Затем - в честь планеты Плутоон был назван открытый немного позже новый химический элемент плутоний.*

Однако последующее изучение Плутона, в том числе его необычной орбиты, которая оказалась далеко не в общей плоскости движения остальных планет Солнечной системы – посмотрите, насколько плоскость орбиты Плутона не совпадает с плоскостью вращения остальных планет Солнечной системы:



Центр орбиты Плутона тоже получался сильно смещенным от Солнца. Последовали открытия в поясе Койпера. Все это привело к тому, что в 2006 году Международный астрономический союз (МАС) официально лишил Плутона статуса планеты.

*Эта новость вызвала серьезные волнения не только в научном мире. В США даже были протесты с требованиями вернуть Плутоону статус планеты, а в штате Нью-Мексико даже приняли закон, по которому Плутоон в небе над штатом всегда считается планетой!*

Теперь Плутоон официально считается планетой-карликом, но надо сказать, что не он один. МАС установил общие признаки, по которым планеты классифицируют как карликовые:

Каждая такая планета должна вращаться по орбите вокруг Солнца, иметь сферическую форму (следовательно, иметь достаточную массу для того, чтобы под действием сил гравитации поддерживать близкую к сферической форму); не являться спутником какой-либо планеты; а также, в отличие от планет, быть не в состоянии очистить область своей орбиты от других объектов.

Вот именно последнее требование и перевело Плутона из статуса «планета» в статус «карликовая планета».

На данный момент МАС официально признано 5 карликовых планет, кроме Плутона в этом почетном списке находятся: Церера, Хаумеа, Макемаке и Эрида.

Кроме того, для небесных тел, которые располагаются от Солнца дальше, чем орбита Нептуна, придуман новый термин – это транс-нептуновые объекты (ТНО).