По астрономии

На тему: "Возникновение и эволюция вселенной"

Павленко Ярослава

МОУ СОШ №16

11 А класс

**План**

1.Инфляционная теория возникновения Вселенной

2.Богословная теория возникновения Вселенной

3.Возникновение и эволюция звезд

4. Возникновение и эволюция планет

 Узнав о теории Большого взрыва, я задал себе вопрос, откуда же взялось то, что взорвалось?

 Вопрос о происхождении Вселенной со всеми ее известными и пока неведомыми свойствами испокон веков волнует человека. Но только в ХХ веке, после обнаружения космологического расширения, вопрос об эволюции Вселенной стал понемногу прояснятся. Последние научные данные позволили сделать вывод, что наша Вселенная родилась 15 миллионов лет назад в результате Большого взрыва. Но что именно взорвалось в тот момент и что, собственно, существовало до Большого взрыва, по-прежнему оставалось загадкой. Созданная в ХХ веке инфляционная теория появления нашего мир позволила существенно продвинутся в разрешении этих вопросов, общая картина первых мгновений Вселенной сегодня уже неплохо прорисована, хотя многие проблемы еще ждут своего часа.

 До начала прошлого века было всего два взгляда на происхождение нашей Вселенной. Ученые полагали, что она вечна и неизменна, а богословы говорили, что Мир сотворен и у него будет конец. Двадцатый век, разрушив очень многое из того, что было создано в предыдущие тысячелетия, сумел дать свои ответы на большинство вопросов, занимавших умы ученых прошлого. И быть может, одним из величайших достижений ушедшего века является прояснение вопроса о том, как возникла Вселенная, в которой мы живем, и какие существуют гипотезы по поводу ее будущего. Простой астрономический факт — расширение нашей Вселенной — привел к полному пересмотру всех космогонических концепций и разработке новой физики — физики возникающих и исчезающих миров. Всего 70 лет назад Эдвин Хаббл обнаружил, что свет от более далеких галактик «краснее» света от более близких. Причем скорость разбегания оказалась пропорциональна расстоянию от Земли (закон расширения Хаббла). Обнаружить это удалось благодаря эффекту Доплера (зависимости длины волны света от скорости источника света). Поскольку более далекие галактики кажутся более «красными», то предположили, что и удаляются они с большей скоростью. Кстати, разбегаются не звезды и даже не отдельные галактики, а скопления галактик. Ближайшие от нас звезды и галактики связаны друг с другом гравитационными силами и образуют устойчивые структуры. Причем в каком направлении ни посмотри, скопления галактик разбегаются от Земли с одинаковой скоростью, и может показаться, что наша Галактика является центром Вселенной, однако это не так. Где бы ни находился наблюдатель, он будет везде видеть все ту же картину — все галактики разбегаются от него. Но такой разлет вещества обязан иметь начало. Значит, все галактики должны были родиться в одной точке. Расчеты показывают, что произошло это примерно 15 млрд. лет назад. В момент такого взрыва температура была очень большой, и должно было появиться очень много квантов света. Конечно, со временем все остывает, а кванты разлетаются по возникающему пространству, но отзвуки Большого взрыва должны были сохраниться до наших дней. Первое подтверждение факта взрыва пришло в 1964 году, когда американские радиоастрономы Р. Вильсон и А. Пензиас обнаружили реликтовое электромагнитное излучение с температурой около 3° по шкале Кельвина (–270°С). Именно это открытие, неожиданное для ученых, убедило их в том, что Большой взрыв действительно имел место и поначалу Вселенная была очень горячей. Теория Большого взрыва позволила объяснить множество проблем, стоявших перед космологией. Но, к сожалению, а может, и к счастью, она же поставила и ряд новых вопросов. В частности: Что было до Большого взрыва? Почему наше пространство имеет нулевую кривизну и верна геометрия Евклида, которую изучают в школе? Если теория Большого взрыва справедлива, то отчего нынешние размеры нашей Вселенной гораздо больше предсказываемого теорией 1 сантиметра? Почему Вселенная на удивление однородна, в то время как при любом взрыве вещество разлетается в разные стороны крайне неравномерно? Что привело к начальному нагреву Вселенной до невообразимой температуры более 10 13 К?

Все это указывало на то, что теория Большого взрыва неполна. Долгое время казалось, что продвинуться далее уже невозможно. Только четверть века назад благодаря работам российских физиков Э. Глинера и А. Старобинского, а также американца А.Гуса было описано новое явление — сверхбыстрое инфляционное расширение Вселенной. Описание этого явления основывается на хорошо изученных разделах теоретической физики — общей теории относительности Эйнштейна и квантовой теории поля. Сегодня считается общепринятым, что именно такой период, получивший название «инфляция», предшествовал Большому взрыву.

При попытке дать представление о сущности начального периода жизни Вселенной приходится оперировать такими сверхмалыми и сверхбольшими числами, что наше воображение с трудом их воспринимает. Попробуем воспользоваться некоей аналогией, чтобы понять суть процесса инфляции.

Представим себе покрытый снегом горный склон, в который вкраплены разнородные мелкие предметы — камешки, ветки и кусочки льда. Кто-то, находящийся на вершине этого склона, сделал небольшой снежок и пустил его катиться с горы. Двигаясь вниз, снежок увеличивается в размерах, так как на него налипают новые слои снега со всеми включениями. И чем больше размер снежка, тем быстрее он будет увеличиваться. Очень скоро из маленького снежка он превратится в огромный ком. Если склон заканчивается пропастью, то он полетит в нее со все более увеличивающейся скоростью. Достигнув дна, ком ударится о дно пропасти и его составные части разлетятся во все стороны (кстати, часть кинетической энергии кома при этом пойдет на нагрев окружающей среды и разлетающегося снега).

 Теперь опишем основные положения теории, используя приведенную аналогию. Прежде всего физикам пришлось ввести гипотетическое поле, которое было названо «инфлатонным» (от слова «инфляция»). Это поле заполняло собой все пространство (в нашем случае — снег на склоне). Благодаря случайным колебаниям оно принимало разные значения в произвольных пространственных областях и в различные моменты времени. Ничего существенного не происходило, пока случайно не образовалась однородная конфигурация этого поля размером более 10 -33см. Что же касается наблюдаемой нами Вселенной, то она в первые мгновения своей жизни, по-видимому, имела размер 10 -27 см. Предполагается, что на таких масштабах уже справедливы основные законы физики, известные нам сегодня, поэтому можно предсказать дальнейшее поведение системы. Оказывается, что сразу после этого пространственная область, занятая флуктуацией (от лат. fluctuatio — «колебание», случайные отклонения наблюдаемых физических величин от их средних значений), начинает очень быстро увеличиваться в размерах, а инфлатонное поле стремится занять положение, в котором его энергия минимальна (снежный ком покатился). Такое расширение продолжается всего 10 -35 секунды, но этого времени оказывается достаточно для того, чтобы диаметр Вселенной возрос как минимум в 10 27 раз и к окончанию инфляционного периода наша Вселенная приобрела размер примерно 1 см. Инфляция заканчивается, когда инфлатонное поле достигает минимума энергии — дальше падать некуда. При этом накопившаяся кинетическая энергия переходит в энергию рождающихся и разлетающихся частиц, иначе говоря, происходит нагрев Вселенной. Как раз этот момент и называется сегодня Большим взрывом.

Гора, о которой говорилось выше, может иметь очень сложный рельеф—несколько разных минимумов, долины внизу и всякие холмы и кочки. Снежные комья (будущие вселенные) непрерывно рождаются наверху горы за счет флуктуаций поля. Каждый ком может скатиться в любой из минимумов, породив при этом свою вселенную со специфическими параметрами. Причем вселенные могут существенно отличаться друг от друга. Свойства нашей Вселенной удивительнейшим образом приспособлены к тому, чтобы в ней возникла разумная жизнь. Другим вселенным, возможно, повезло меньше.

Еще раз хотелось бы подчеркнуть, что описанный процесс рождения Вселенной «практически из ничего» опирается на строго научные расчеты. Тем не менее у всякого человека, впервые знакомящегося с инфляционным механизмом, описанным выше, возникает немало вопросов.

Сегодня наша Вселенная состоит из большого числа звезд, не говоря уж о скрытой массе. И может показаться, что полная энергия и масса Вселенной огромны. И совершенно непонятно, как это все могло поместиться в первоначальном объеме 10-99см3. Однако во Вселенной существует не только материя, но и гравитационное поле. Известно, что энергия последнего отрицательна и, как оказалось, в нашей Вселенной энергия гравитации в точности компенсирует энергию, заключенную в частицах, планетах, звездах и прочих массивных объектах. Таким образом, закон сохранения энергии прекрасно выполняется, и суммарная энергия и масса нашей Вселенной практически равны нулю. Именно это обстоятельство отчасти объясняет, почему зарождающаяся Вселенная тут же после появления не превратилась в огромную черную дыру. Ее суммарная масса была совершенно микроскопична, и вначале просто нечему было коллапсировать. И только на более поздних стадиях развития появились локальные сгустки материи, способные создавать вблизи себя такие гравитационные поля, из которых не может вырваться даже свет. Соответственно, и частиц, из которых «сделаны» звезды, на начальной стадии развития просто не существовало. Элементарные частицы начали рождаться в тот период развития Вселенной, когда инфлатонное поле достигло минимума потенциальной энергии и начался Большой взрыв.

Область, занятая инфлатонным полем, разрасталась со скоростью, существенно большей скорости света, однако это нисколько не противоречит теории относительности Эйнштейна. Быстрее света не могут двигаться лишь материальные тела, а в данном случае двигалась воображаемая, нематериальная граница той области, где рождалась Вселенная (примером сверхсветового движения является перемещение светового пятна по поверхности Луны при быстром вращении освещающего ее лазера).

Причем окружающая среда совсем не сопротивлялась расширению области пространства, охваченного все более быстро разрастающимся инфлатонным полем, поскольку ее как бы не существует для возникающего Мира. Общая теория относительности утверждает, что физическая картина, которую видит наблюдатель, зависит от того, где он находится и как движется. Так вот, описанная выше картина справедлива для «наблюдателя», находящегося внутри этой области. Причем этот наблюдатель никогда не узнает, что происходит вне той области пространства, где он находится. Другой «наблюдатель», смотрящий на эту область снаружи, никакого расширения вовсе не обнаружит. В лучшем случае он увидит лишь небольшую искорку, которая по его часам исчезнет почти мгновенно. Даже самое изощренное воображение отказывается воспринимать такую картину. И все-таки она, по-видимому, верна. По крайней мере, так считают современные ученые, черпая уверенность в уже открытых законах Природы, правильность которых многократно проверена.

Надо сказать, что это инфлатонное поле и сейчас продолжает существовать и флуктуировать. Но только мы, внутренние наблюдатели, не в состоянии этого увидеть — ведь для нас маленькая область превратилась в колоссальную Вселенную, границ которой не может достигнуть даже свет.

Итак, сразу после окончания инфляции гипотетический внутренний наблюдатель увидел бы Вселенную, заполненную энергией в виде материальных частиц и фотонов. Если всю энергию, которую мог бы измерить внутренний наблюдатель, перевести в массу частиц, то мы получим примерно 10 80 кг. Расстояния между частицами быстро увеличиваются из-за всеобщего расширения. Гравитационные силы притяжения между частицами уменьшают их скорость, поэтому расширение Вселенной после завершения инфляционного периода постепенно замедляется.

Сразу после рождения Вселенная продолжала расти и охлаждаться. При этом охлаждение происходило в том числе и благодаря банальному расширению пространства. Электромагнитное излучение характеризуется длиной волны, которую можно связать с температурой — чем больше средняя длина волны излучения, тем меньше температура. Но если пространство расширяется, то будут увеличиваться и расстояние между двумя «горбами» волны, и, следовательно, ее длина. Значит, в расширяющемся пространстве и температура излучения должна уменьшаться. Что и подтверждает крайне низкая температура современного реликтового излучения.

 По мере расширения меняется и состав материи, наполняющей наш мир. Кварки объединяются в протоны и нейтроны, и Вселенная оказывается заполненной уже знакомыми нам элементарными частицами — протонами, нейтронами, электронами, нейтрино и фотонами. Присутствуют также и античастицы. Свойства частиц и античастиц практически идентичны. Казалось бы, и количество их должно быть одинаковым сразу после инфляции. Но тогда все частицы и античастицы взаимно уничтожились бы и строительного материала для галактик и нас самих не осталось бы. И здесь нам опять повезло. Природа позаботилась о том, чтобы частиц было немного больше, чем античастиц. Именно благодаря этой небольшой разнице и существует наш мир. А реликтовое излучение — это как раз последствие аннигиляции (то есть взаимоуничтожения) частиц и античастиц. Конечно, на начальном этапе энергия излучения была очень велика, но благодаря расширению пространства и как следствие — охлаждению излучения эта энергия быстро убывала. Сейчас энергия реликтового излучения примерно в десять тысяч раз (104 раз) меньше энергии, заключенной в массивных элементарных частицах.

Постепенно температура Вселенной упала до 1010 К. К этому моменту возраст Вселенной составлял примерно 1 минуту. Только теперь протоны и нейтроны смогли объединяться в ядра дейтерия, трития и гелия. Это происходило благодаря ядерным реакциям, которые люди уже хорошо изучили, взрывая термоядерные бомбы и эксплуатируя атомные реакторы на Земле. Поэтому можно уверенно предсказывать, сколько и каких элементов может появиться в таком ядерном котле. Оказалось, что наблюдаемое сейчас обилие легких элементов хорошо согласуется с расчетами. Это означает, что известные нам физические законы одинаковы во всей наблюдаемой части Вселенной и были таковыми уже в первые секунды после появления нашего мира. Причем около 98% существующего в природе гелия образовалось именно в первые секунды после Большого взрыва.

Сразу после рождения Вселенная проходила инфляционный период развития — все расстояния стремительно увеличивались (с точки зрения внутреннего наблюдателя). Однако плотность энергии в разных точках пространства не может быть в точности одинаковой — какие-то неоднородности всегда присутствуют. Предположим, что в какой-то области энергия немного больше, чем в соседних. Но раз все размеры быстро растут, то и размер этой области тоже должен расти. После окончания инфляционного периода эта разросшаяся область будет иметь чуть больше частиц, чем окружающее ее пространство, да и ее температура будет немного выше.

 Поняв неизбежность возникновения таких областей, сторонники инфляционной теории обратились к экспериментаторам: «необходимо обнаружить флуктуации температуры…» — констатировали они. И в 1992 году это пожелание было выполнено. Практически одновременно российский спутник «Реликт-1» и американский «COBE» обнаружили требуемые флуктуации температуры реликтового излучения. Как уже говорилось, современная Вселенная имеет температуру 2,7 К, а найденные учеными отклонения температуры от среднего составляли примерно 0,00003 К. Неудивительно, что такие отклонения трудно было обнаружить раньше. Так инфляционная теория получила еще одно подтверждение.

С открытием колебаний температуры появилась еще одна захватывающая возможность — объяснить принцип формирования галактики. Ведь чтобы гравитационные силы сжимали материю, необходим исходный зародыш — область с повышенной плотностью. Если материя распределена в пространстве равномерно, то гравитация, подобно Буриданову ослу, не знает, в каком направлении ей действовать. Но как раз области с избытком энергии и порождает инфляция. Теперь гравитационные силы знают, на что воздействовать, а именно, на более плотные области, созданные во время инфляционного периода. Под действием гравитации эти изначально чуть-чуть более плотные области будут сжиматься и именно из них в будущем образуются звезды и галактики.

Современный нам момент эволюции Вселенной крайне удачно приспособлен для жизни, и длиться он будет еще много миллиардов лет. Звезды будут рождаться и умирать, галактики вращаться и сталкиваться, а скопления галактик — улетать все дальше друг от друга. Поэтому времени для самосовершенствования у человечества предостаточно. Правда, само понятие «сейчас» для такой огромной Вселенной, как наша, плохо определено. Так, например, наблюдаемая астрономами жизнь квазаров, удаленных от Земли на 10—14 млрд. световых лет, отстоит от нашего «сейчас» как раз на те самые 10—14 млрд. лет. И чем дальше в глубь Вселенной мы заглядываем с помощью различных телескопов, тем более ранний период ее развития мы наблюдаем.

Сегодня ученые в состоянии объяснить большинство свойств нашей Вселенной, начиная с момента в 10 -42 секунды и до настоящего времени и даже далее. Они могут также проследить образование галактик и довольно уверенно предсказать будущее Вселенной. Тем не менее ряд «мелких» непонятностей еще остается. Это прежде всего — сущность скрытой массы (темной материи) и темной энергии. Кроме того, существует много моделей, объясняющих, почему наша Вселенная содержит гораздо больше частиц, чем античастиц, и хотелось бы определиться в конце концов с выбором одной правильной модели.

Как учит нас история науки, обычно именно «мелкие недоделки» и открывают дальнейшие пути развития, так что будущим поколениям ученых наверняка будет чем заняться. Кроме того, более глубокие вопросы тоже уже стоят на повестке дня физиков и математиков. Почему наше пространство трехмерно? Почему все константы в природе словно «подогнаны» так, чтобы возникла разумная жизнь? И что же такое гравитация? Ученые уже пытаются ответить и на эти вопросы.

Ну и конечно, оставим место для неожиданностей. Не надо забывать, что такие основополагающие открытия, как расширение Вселенной, наличие реликтовых фотонов и энергия вакуума, были сделаны, можно сказать, случайно и не ожидались ученым сообществом.

 Возможные сценарии развития нашего мира

1. Пульсирующая модель Вселенной, при которой вслед за периодом расширения наступает период сжатия и все заканчивается Большим хлопком

2. Вселенная со строго подогнанной средней плотностью, в точности равной критической. В этом случае наш мир Евклидов, и его расширение все время замедляется

3. Равномерно расширяющаяся по инерции Вселенная. Именно в пользу такой открытой модели мира до последнего времени свидетельствовали данные о подсчете средней плотности нашей Вселенной

4. Мир, расширяющийся со все нарастающей скоростью. Новейшие экспериментальные данные и теоретические изыскания говорят о том, что Вселенная разлетается все быстрее, и несмотря на евклидовость нашего мира, большая часть галактик в будущем будет нам недоступна. И виновата в столь странном устроении мира та самая темная энергия, которую сегодня связали с некоей внутренней энергией вакуума, заполняющего все пространство

Что же ждет нашу Вселенную в дальнейшем? Еще несколько лет назад у теоретиков в этой связи имелись всего две возможности. Если плотность энергии во Вселенной мала, то она будет вечно расширяться и постепенно остывать. Если же плотность энергии больше некоторого критического значения, то стадия расширения сменится стадией сжатия. Вселенная будет сжиматься в размерах и нагреваться. Значит, одним из ключевых параметров, определяющим развитие Вселенной, является средняя плотность энергии. Так вот, астрофизические наблюдения, проводимые до 1998 года, говорили о том, что плотность энергии составляет примерно 30% от критического значения. А инфляционные модели предсказывали, что плотность энергии должна быть равна критической. Апологетов инфляционной теории это не очень смущало. Они отмахивались от оппонентов и говорили, что недостающие 70% «как-нибудь найдутся». И они действительно нашлись. Это большая победа теории инфляции, хотя найденная энергия оказалась такой странной, что вызвала больше вопросов, чем ответов. Похоже, что искомая темная энергия — это энергия самого вакуума.

В представлении людей, не связанных с физикой, вакуум — «это когда ничего нет» — ни вещества, ни частиц, ни полей. Однако это не совсем так. Стандартное определение вакуума — это состояние, в котором отсутствуют частицы. Поскольку энергия заключена именно в частицах, то, как резонно полагали едва ли не все, включая и ученых, нет частиц — нет и энергии. Значит, энергия вакуума равна нулю. Вся эта благостная картина рухнула в 1998 году, когда астрономические наблюдения показали, что разбегание галактик немножко отклоняется от закона Хаббла. Вызванный этими наблюдениями у космологов шок длился недолго. Очень быстро стали публиковаться статьи с объяснением этого факта. Самым простым и естественным из них оказалась идея о существовании положительной энергии вакуума. Ведь вакуум, в конце концов, означает просто отсутствие частиц, но почему лишь частицы могут обладать энергией? Обнаруженная темная энергия оказалась распределенной в пространстве на удивление однородно. Подобную однородность трудно осуществить, ведь если бы эта энергия была заключена в каких-то неведомых частицах, гравитационное взаимодействие заставляло бы их собраться в грандиозные конгломераты, подобные галактикам. Поэтому энергия, спрятанная в пространстве-вакууме, очень изящно объясняет устроение нашего мира.

Однако возможны и другие, более экзотические, варианты мироустроения. Например, модель Квинтэссенции, элементы которой были предложены советским физиком А.Д. Долговым в 1985 году, предполагает, что мы все еще скатываемся с той самой горки, о которой говорилось в начале нашего повествования. Причем катимся мы уже очень долго, и конца этому процессу не видно. Необычное название, позаимствованное у Аристотеля, обозначает некую «новую сущность», призванную объяснить, почему мир устроен так, а не иначе.

Сегодня вариантов ответа на вопрос о будущем нашей Вселенной стало значительно больше. И они существенно зависят от того, какая теория, объясняющая скрытую энергию, является правильной. Предположим, что верно простейшее объяснение, при котором энергия вакуума положительна и не меняется со временем. В этом случае Вселенная уже никогда не сожмется и нам не грозит перегрев и Большой хлопок. Но за все хорошее приходится платить. В этом случае, как показывают расчеты, мы в будущем никогда не сможем достигнуть всех звезд. Более того, количество галактик, видимых с Земли, будет уменьшаться, и через 10—20 млрд. лет в распоряжении человечества останется всего несколько соседних галактик, включая нашу — Млечный Путь, а также соседнюю Андромеду. Человечество уже не сможет увеличиваться количественно, и тогда придется заняться своей качественной составляющей. В утешение можно сказать, что несколько сотен миллиардов звезд, которые будут нам доступны в столь отдаленном будущем, — это тоже немало.

Впрочем, понадобятся ли нам звезды? 20 миллиардов лет — большой срок. Ведь всего за несколько сот миллионов лет жизнь развилась от трилобитов до современного человека. Так что наши далекие потомки, возможно, будут по внешнему виду и возможностям отличаться от нас еще больше, чем мы от трилобитов. Что же сулит им еще более отдаленное будущее, по прогнозам современных ученых? Ясно, что звезды будут тем или иным способом «умирать», но будут образовываться и новые. Этот процесс тоже не бесконечен — примерно через 10 14 лет, по предположению ученых, во Вселенной останутся только слабосветящиеся объекты — белые и темные карлики, нейтронные звезды и черные дыры. Почти все они также погибнут через 10 37 лет, исчерпав все запасы своей энергии. К этому моменту останутся лишь черные дыры, поглотившие всю остальную материю. Что может разрушить черную дыру? Любые наши попытки сделать это лишь увеличивают ее массу. Но «ничто не вечно под Луной». Оказывается, черные дыры медленно, но излучают частицы. Значит, их масса постепенно уменьшается. Все черные дыры тоже должны исчезнуть примерно через 10 100 лет. После этого останутся лишь элементарные частицы, расстояние между которыми будет намного превосходить размеры современной Вселенной (примерно в 1090 раз) — ведь все это время Вселенная расширялась! Ну и, конечно, останется энергия вакуума, которая будет абсолютно доминировать во Вселенной. Кстати, свойства такого пространства впервые изучил В. Де Ситтер еще в 1922 году. Так что нашим потомкам предстоит либо изменить физические законы Вселенной, либо перебраться в другие вселенные. Сейчас это кажется невероятным, но хочется верить в могущество человечества, как бы оно, человечество, ни выглядело в столь отдаленном будущем. Потому что времени у него предостаточно.

Кстати, возможно, что уже и сейчас мы, сами того не ведая, создаем новые вселенные. Для того чтобы в очень маленькой области возникла новая вселенная, необходимо инициировать инфляционный процесс, который возможен только при высоких плотностях энергий. А ведь экспериментаторы уже давно создают такие области, сталкивая частицы на ускорителях… И хотя эти энергии еще очень далеки от инфляционных, вероятность создания вселенной на ускорителе уже не равна нулю. К сожалению, мы являемся тем самым «удаленным наблюдателем», для которого время жизни этой «рукотворной» вселенной слишком мало, и внедриться в нее и посмотреть, что там происходит, мы не можем...

Хотя это не единственная теория возникновения Мира. Богословы считали, что Вселенная создана Богом, Творцом. Причем у разных народов существовали разные теории, например библейская теория. Создание мира происходило шесть дней.

В первый день "Вначале бог сотворил небо и землю. Земля же была бездонна и пуста, и тьма над бездною…", потом сказал Бог:"Да будет свет!"

Во второй день Бог сказал:"Да будет твердь посреди воды, и да отделяет она воду от воды!"

 В третий день Бог сказал:"Да соберётся вода, которая под небом в одно место, и да явится суша!"

Настал четвертый день, Бог сказал:"Да будут светила на тверди небесной, для отделения дня и ночи, и для знамений и времен, и дней и годов; и да будут они светильниками на тверди небесной, что бы светить на Землю!"Это означало о появлении Солнца, Луны и звезд.

В пяты день Бог создал пресмыкающихся, животных, рыб и "всякую птицу пернатую", а в шестой день создал первого человека.

 Из другой священной книги—Корана—тоже можно узнать о шестидневном сотворении Мира, о том, как Бог (Аллах) создал "семь небес" и "семь земель", причем сначала небеса и земли были соединены, а потом разъединились.

Инфляционная и богословная теории наиболее распространены на Земле, и всегда будут сторонники той или иной теории. Я бы хотел ближе рассмотреть тему происхождения и эволюции звезд и планет. Обсудим подробнее, что представляют собой звезды - эти светящиеся точки на небосклоне - в свете современной концепции.

Сначала формируется протозвезда. Частицы гигантского движущегося газопылевого облака в некоторой области пространства притягиваются между собой за счет гравитационных сил. Происходит это очень медленно, ведь силы, пропорциональные массам входящих в облако атомов (в основном атомов водорода) и пылинок, чрезвычайно малы. Однако постепенно частицы сближаются, плотность облака нарастает, оно становится непрозрачным, образующийся сферический "ком" начинает понемногу вращаться, растет и сила притяжения, ведь теперь масса "кома" велика. Все больше и больше частиц захватывается, все больше плотность вещества. Внешние слои давят на внутренние, давление в глубине растет, а, значит, растет и температура. (Именно так обстоит дело с газами, которые были подробно изучены на Земле). Наконец, температура становится такой большой - несколько миллионов градусов, - что в ядре этого образующегося тела создаются условия для протекания ядерной реакции синтеза: водород начинает превращаться в гелий. Об этом можно узнать, регистрируя потоки нейтрино - элементарных частиц, выделяющихся при такой реакции. Реакция сопровождается мощным потоком электромагнитного излучения, которое давит (силой светового давления, впервые измеренной в Земной лаборатории П.Лебедевым) на внешние слои вещества, противодействуя гравитационному сжатию. Наконец, сжатие прекращается, поскольку давления уравновешиваются, и протозвезда становится звездой. Чтобы пройти эту стадию своей эволюции протозвезде нужно несколько миллионов лет, если ее масса больше солнечной, и несколько сот миллионов лет, если ее масса меньше солнечной. Звезд, массы которых меньше солнечной в 10 раз, очень мало.

Масса является одной из важных характеристик звезд. Любопытно отметить, что довольно распространены двойные звезды - образующиеся вблизи друг друга и вращающиеся вокруг общего центра. Их насчитывается от 30 до 50 процентов от общего числа звезд. Возникновение двойных, вероятно, связано с распределением момента количества движения исходного облака. Если у такой пары образуется планетная система, то движение планет может быть довольно замысловатым, а условия на их поверхностях будут сильно изменяться в зависимости от расположения планеты на орбите по отношению к светилам. Весьма возможно, что стационарных орбит, вроде тех, что могут существовать в планетных системах одинарных звезд (и существуют в Солнечной системе), не окажется совсем. Обычные, одинарные звезды в процессе своего образования начинают вращаться вокруг своей оси.

Другой важной характеристикой является радиус звезды. Существуют звезды - белые карлики, радиус которых не превышает радиуса Земли, существуют и такие - красные гиганты, радиус которых достигает радиуса орбиты Марса. Химический состав звезд по спектроскопическим данным в среднем такой: на 10000 атомов водорода приходится 1000 атомов гелия, 5 атомов кислорода, 2 атома азота, 1 атом углерода, остальных элементов еще меньше. Из-за высоких температур атомы ионизируются, так что вещество звезды является в основном водородно-гелиевой плазмой - в целом электрически нейтральной смесью ионов и электронов. В зависимости от массы и химического состава исходного облака образовавшаяся звезда попадает на тот или иной участок, так называемой главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Последняя представляет собой координатную плоскость, на вертикальной оси которой откладывается светимость звезды (т.е. количество энергии, излучаемой ей в единицу времени), а на горизонтальной - ее спектральный класс (характеризующий цвет звезды, который в свою очередь зависит от температуры ее поверхности). При этом "синие" звезды более горячие, чем "красные", а наше "желтое" Солнце имеет промежуточную температуру поверхности порядка 6000 градусов) (рис.2). Традиционно спектральные классы от горячих к холодным обозначаются буквами O,B,A,F,G,K,M , при этом каждый класс делится на десять подклассов. Так, наше Солнце имеет спектральный класс G2. На диаграмме видно, что большинство звезд располагается вдоль плавной кривой, идущей из левого верхнего угла в правый нижний. Это и есть главная последовательность. Наше Солнце также находится на ней. По мере "выгорания" водорода в центре звезды ее масса немного меняется и звезда немного смещается вправо вдоль главной последовательности. Звезды с массами порядка солнечной находятся на главной последовательности 10-15 млрд. лет (наше Солнце находится на ней уже около 4,5 млрд. лет). Постепенно энергии в центре звезды выделяется все меньше, давление падает, ядро сжимается, и температура в нем возрастает. Ядерные реакции протекают теперь только в тонком слое на границе ядра внутри звезды. В результате звезда в целом начинает "разбухать", а ее светимость увеличиваться. Звезда сходит с главной последовательности и перебирается в правый верхний угол диаграммы Герцшпрунга-Рессела, превращаясь в так называемый "красный гигант". После того, как температура сжимающегося (теперь уже гелиевого) ядра красного гиганта достигнет 100-150 млн. градусов, начинается новая ядерная реакция синтеза - превращение гелия в углерод. Когда и эта реакция исчерпает себя, происходит сброс оболочки - существенная часть массы звезды превращается в планетарную туманность. Горячие внутренние слои звезды оказываются "снаружи", и их излучение "раздувает" отделившуюся оболочку. Через несколько десятков тысяч лет оболочка рассеивается, и остается небольшая очень горячая плотная звезда. Медленно остывая, она переходит в левый нижний угол диаграммы и превращается в "белый карлик". Белые карлики, по-видимому, представляют собой заключительный этап нормальной эволюции большинства звезд.

Но встречаются и аномалии. Некоторые звезды время от времени вспыхивают, превращаясь в новые звезды. При этом они каждый раз теряют порядка сотой доли процента своей массы. Из хорошо известных звезд можно упомянуть новую в созвездии Лебедя, вспыхнувшую в августе 1975 года и пробывшую на небосводе несколько лет. Но иногда случаются и вспышки сверхновых - катастрофические события, ведущие к полному разрушению звезды, при которых за короткое время излучается энергии больше, чем от миллиардов звезд той галактики, к которой принадлежит сверхновая. Такое событие зафиксировано в китайских хрониках 1054 года: на небосводе появилась такая яркая звезда, что ее можно было видеть даже днем. Результат этого события известен нам теперь как Крабовидная туманность (рис.3), "медленное" распространение которой по небу мы наблюдаем в последние 300 лет. Скорость разлета ее газов в результате взрыва составляет порядка 1500 м/с, но она находится очень далеко. Сопоставляя скорость разлета с видимым размером Крабовидной туманности, мы можем рассчитать время, когда она была точечным объектом, и найти его место на небосклоне - эти время и место соответствуют времени и месту появления звезды, упомянутой в хрониках.

Если масса звезды, оставшейся после сброса оболочки "красным гигантом" превосходит солнечную в 1,2-2,5 раза, то, как показывают расчеты, устойчивый "белый карлик" образоваться не может. Звезда начинает сжиматься, и ее радиус достигает ничтожных размеров в 10 км, а плотность вещества такой звезды превышает плотность атомного ядра. Предполагается, что такая звезда состоит из плотно упакованных нейтронов, поэтому она так и называется - нейтронная звезда. Согласно этой теоретической модели у нейтронной звезды имеется сильное магнитное поле, а сама она вращается с огромной скоростью - несколько десятков или сотен оборотов в секунду. И только обнаруженные (именно в Крабовидной туманности) в 1967 году пульсары - точечные источники импульсного радиоизлучения высокой стабильности - обладают как раз такими свойствами, каких следовало ожидать от нейтронных звезд. Наблюдаемое явление подтвердило концепцию.

Если же оставшаяся масса еще больше, то гравитационное сжатие неудержимо сжимает вещество и дальше. Вступает в действие одно из предсказаний общей теории относительности, согласно которому вещество сожмется в точку. Это явление называется гравитационным коллапсом, а его результат - "черной дырой". Это название связано с тем, что гравитационная масса такого объекта настолько велика, силы притяжения настолько значительны, что не только какое-либо вещественное тело не может покинуть окрестность черной дыры, но даже свет - электромагнитный сигнал - не может ни отразиться, ни выйти "наружу". Таким образом, непосредственно наблюдать черную дыру невозможно, можно лишь догадаться о ее существовании по косвенным эффектам. Двигаясь в пространстве по направлению к черной дыре (о которой мы пока ничего не знаем), можно обнаружить, что рисунок созвездий, расположенных прямо по курсу начинает меняться. Это связано с тем, что свет, идущий от звезд и проходящий неподалеку от черной дыры, отклоняется ее тяготением. По мере приближения к дыре возникнет пустая область, окруженная светящимися точками-звездами, в том числе и такими, которых раньше не наблюдалось. Свет от некоторых звезд может, проходя мимо дыры, поворачивать вокруг нее, а затем попадать в приемные устройства наблюдателя. Таким образом, одна звезда может давать несколько изображений в разных местах. Все это, конечно, противоречит как нашему жизненному опыту, так и классическим представлениям, согласно которым свет распространяется прямолинейно. Однако в пользу существования черных дыр говорит целый ряд косвенных астрономических наблюдений, а отклонение света под действием гравитационного притяжения регистрируется уже при прохождении луча мимо такого "нормального" объекта, как Солнце.

Теперь можно перейти к теме возникновения планет.

Движение планет в Солнечной системе упорядочение: они вращаются вокруг Солнца в одном направлении и почти в одной плоскости. Расстояния от одной планеты до другой возрастают закономерно. Орбиты планет близки к окружностям, что и позволяет им вращаться вокруг Солнца миллиарды лет, не сталкиваясь друг с другом.

Если движение планет подчиняется одному и тому же порядку, то и процесс их образования должен быть единым. Это показали в XVIII в. Иммануил Кант и Пьер Лаплас. Они пришли к выводу, что на месте планет вокруг Солнца первоначально вращалась туманность из газа и пыли.

Но откуда взялась эта туманность? И каким образом газ и пыль превратились в крупные планетные тела? Эти вопросы оставались нерешёнными в космогонии XIX и начала XX в. Камнем преткновения была и проблема момента количества движения планет. Масса всех планет системы в 750 раз меньше массы Солнца. При этом на долю Солнца приходится лишь 2% общего момента количества движения, а остальные 98% заключены в орбитальном вращении планет.

Вплотную этими проблемами наука занялась лишь во второй половине XX в. Почти до конца 80-х гг. раннюю историю нашей планетной системы приходилось "воссоздавать" лишь на основе данных о ней самой. И только к 90-м гг. стали доступны для наблюдений невидимые ранее объекты - газопылевые диски, вращающиеся вокруг некоторых молодых звёзд, сходных с Солнцем.

Газопылевую туманность, в которой возникли планеты, их спутники, мелкие твёрдые тела - метеориты, астероиды и кометы, называют протопланетным (или допланетным) облаком. Планеты вращаются вокруг Солнца почти в одной плоскости, а значит, и само газопылевое облако имело уплощённую, чечевицеобразную форму, поэтому его называют ещё диском. Учёные полагают, что и Солнце, и диск образовались из одной и той же вращающейся массы межзвёздного газа - протосолнечной туманности.

Начальная фаза протосолнечной туманности - предмет исследования астрофизики и звёздной космогонии. Изучение же её эволюции, приведшей к появлению планет, - центральная задача космогонии планетной.

Возраст Солнца насчитывает чуть меньше 5 млрд. лет. Возраст древнейших метеоритов почти такой же: 4,5-4,6 млрд. лет. Столь же стары и рано затвердевшие части лунной коры. Поэтому принято считать, что Земля и другие планеты сформировались 4,6 млрд. лет назад. Солнце относится к звёздам так называемого второго поколения Галактики. Самые старые её звёзды значительно (на 8-10 млрд. лет) старше Солнечной системы. В Галактике есть и молодые звёзды, которым всего 100 тыс. - 100 млн лет (для звезды это совсем юный возраст). Многие из них похожи на Солнце, и по ним можно судить о начальном состоянии нашей системы. Наблюдая несколько десятков подобных объектов, учёные пришли к следующим выводам.

Размер допланетного облака Солнечной системы должен был превышать радиус орбиты последней планеты - Плутона. Химический состав молодого Солнца и окружавшего его газопылевого облака-диска, по-видимому, был одинаков. Общее содержание водорода и гелия достигало в нём 98%. На долю всех остальных, более тяжёлых элементов приходилось лишь 2%; среди них преобладали летучие соединения, включающие углерод, азот и кислород: метан, аммиак, вода, углекислота. Другими методами и в других отраслях знания.

Расчёты показывают, что в пределах орбиты Плутона, т. е. диска радиусом 40 а. е., общая масса всех планет вместе с утерянными к настоящему времени летучими веществами должна была составлять 3-5% от массы Солнца. Такую модель облака называют облаком умеренно малой массы, она подтверждается и наблюдениями околозвёздных дисков.

Если бы масса облака была сопоставима с массой центрального тела, то должна была бы образоваться звезда - компаньон Солнца (или же надо найти объяснение выбросу огромных излишков вещества из Солнечной системы).

Наименее изучена самая ранняя стадия - выделение протосолнечной туманности из гигантского родительского молекулярного облака, принадлежащего Галактике. В 40-х гг. академик Отто Юльевич Шмидт выдвинул ставшую общепринятой гипотезу об образовании Земли и других планет из холодных твёрдых допланетных тел - планетезымалей. Распространённая ранее точка зрения, что планеты"- это небольшие остатки некогда раскалённых гигантских газовых сгустков солнечного состава, потерявших летучие вещества, пришла в противоречие с науками о Земле.

Земля, как показывают исследования, никогда не проходила через огненно-жидкое, т. е. полностью расплавленное состояние. Исследуя шаг за шагом эволюцию допланетного диска, учёные получили последовательность основных этапов развития газопылевого диска, окружавшего Солнце, в систему планет.

Первоначальный размер облака превышал современный размер планетной системы, а его состав соответствовал тому, который наблюдается в межзвёздных туманностях: 99% газа и 1% пылевых частиц размерами от долей микрометра до сотен микрометров. Во время коллапса, т. е. падения газа с пылью на центральное ядро (будущее Солнце), вещество сильно разогревалось, и межзвёздная пыль могла частично или полностью испариться. Таким образом, на первой стадии облако состояло почти целиком из газа, притом хорошо перемешанного благодаря высокой турбулентности - разнонаправленному, хаотичному движению частиц.

По мере формирования диска турбулентность стихает. Это занимает немного времени - около 1000 лет. При этом газ охлаждается и в нём вновь образуются твёрдые пылевые частицы. Таков первый этап эволюции диска.

Для остывающего допланетного облака характерно очень низкое давление - менее десятитысячной доли атмосферы. При таком давлении вещество из газа конденсируется непосредственно в твёрдые частички, минуя жидкую фазу. Первыми конденсируются самые тугоплавкие соединения кальция, магния, алюминия и титана, затем магниевые силикаты, железо и никель. После этого в газовой среде остаются лишь сера, свободный кислород, азот, водород, все инертные газы и некоторые летучие элементы.

В процессе конденсации становятся активными пары воды, окисляющие железо и образующие гидраризованные соединения. Основные же космические элементы - водород и гелий - остаются в газообразной форме. Для их конденсации потребовались бы температуры, близкие к абсолютному нулю, ни при каких условиях недостижимые в облаке.

Химический состав пылинок в допланетном диске определялся температурой, которая падала по мере удаления от Солнца. К сожалению, рассчитать изменение температуры в допланетном облаке очень трудно. Химический состав планет земной группы показывает, что они состоят в основном из веществ, конденсировавшихся при высоких температурах. В составе ближней части пояса астероидов преобладают каменистые тела. По мере удаления от Солнца в поясе астероидов увеличивается число тел, которые содержат обогащённые водой минералы и некоторые летучие вещества. Их удалось обнаружить в метеоритах, являющихся осколками астероидов. Среди малых планет, по-видимому, нет или очень немного ледяных тел. Следовательно, граница конденсации водяного льда должна была проходить за ними, не ближе внешнего края пояса астероидов - в три с лишним раза дальше от Солнца, чем Земля.

В то же время крупнейшие спутники Юпитера - Ганимед и Каллисто - наполовину состоят из воды. Они находятся на гораздо большем расстоянии от Солнца, чем пояс астероидов. Значит, водяной лёд конденсировался во всей зоне образования Юпитера. Начиная с орбиты Юпитера и дальше в допланетном облаке должны были преобладать ледяные пылинки с вкраплениями более тугоплавких веществ. В области внешних планет, при ещё более низкой температуре, в составе пылинок оказались льды метана, аммиака, твёрдая углекислота и другие замёрзшие летучие соединения. Подобный состав в настоящее время имеют кометные ядра, залетающие в окрестности Земли с далёкой периферии Солнечной системы.

Первые конденсаты - пылинки, льдинки - сразу после своего появления начинали двигаться сквозь газ к центральной плоскости облака. Чем крупнее были частицы, тем быстрее они оседали, так как при своём движении более крупные частицы (в отличие от мелких) встречают меньшее сопротивление газа на единицу их массы.

На втором этапе завершалось образование тонкого пылевого слоя - пылевого субдиска - в центральной плоскости облака. Расслоение облака сопровождалось увеличением размеров частиц до нескольких сантиметров. Сталкиваясь друг с другом, частицы слипались, при этом скорость их движения к центральной плоскости увеличивалась и рост тоже ускорялся.

В некоторый момент плотность пыли в субдиске приблизилась к критическому значению, превысив плотность газа уже в десятки раз. При достижении критической плотности пылевой слой делается гравитационно неустойчивым. Даже очень слабые уплотнения, случайно возникающие в нём, не рассеиваются, а, наоборот, со временем сгущаются. Сначала в нём могла образоваться система колец, которые, уплотняясь, также теряли свою устойчивость и на третьем этапе эволюции диска распадались на множество отдельных мелких сгустков. Из-за вращения, унаследованного от вращающегося диска, эти сгустки не могут сразу сжаться до плотности твёрдых тел. Но, сталкиваясь друг с другом, они объединяются и всё более уплотняются. На четвёртом этапе образуется рой допланетных тел размером около километра; первоначальное число их достигает многих миллионов.

Описанный путь образования тел возможен, если пылевой субдиск очень плоский: его толщина должна быть во много раз меньше диаметра. Такие объекты существуют и ныне, например кольца Сатурна.

Другой путь формирования допланетных тел помимо гравитационной конденсации - это их прямой рост при столкновениях мелких частиц. Они могут слипаться лишь при небольших скоростях соударений, при достаточно разрыхлённой поверхности контакта или в случае повышенной силы сцепления.

Такие тела, каким бы из двух путей они ни возникли, послужили строительным материалом для формирования планет, спутников и метеорных тел.

Учёные предполагают, что допланетные тела, образовавшиеся на периферии облака при очень низкой температуре, сохранились до сих пор в кометном облаке, куда они были заброшены гравитационными возмущениями планет-гигантов.

Образование допланетных тел в газопылевом облаке продолжалось десятки тысяч лет - крайне незначительный срок в космогонической шкале времени. Дальнейшее объединение тел в планеты - аккумуляция планет - гораздо более длительный процесс, занявший сотни миллионов лет. Детально восстановить его очень трудно: последующая геологическая стадия, длящаяся уже более 4 млрд. лет, к настоящему времени стёрла особенности начального состояния планет.

Допланетный рой представлял собой сложную систему большого числа тел планетезималей. Они обладали неодинаковыми массами и двигались с разными скоростями. Помимо общей для всех тел на данном расстоянии от Солнца скорости обращения по орбите эти тела имели дополнительные индивидуальные скорости со случайно распределёнными направлениями. В допланетном облаке самыми многочисленными всегда были мелкие частицы и тела. Меньшую долю составляли тела промежуточных размеров. Крупных тел, сравнимых с Луной или Марсом, было совсем мало.

Эволюция облака вела к тому, что именно в немногих крупных телах сосредоточивалась основная масса всего планетного вещества. Эта иерархия сохранилась и до наших дней: совокупная масса планет намного выше общей массы всех малых тел - спутников, астероидов, комет и пылевых частиц.

Крупные тела своим гравитационным влиянием постепенно увеличивают хаотические скорости планетезималей. Каждое сближение двух тел меняет характер их движения по околосолнечным орбитам. Как правило, орбиты становятся более вытянутыми и более наклонёнными к центральной плоскости. Таким образом, в течение этого этапа идёт "раскачка" системы от очень плоского диска к более утолщённому. При этом тела приобретают тем большие хаотические скорости, чем меньше их масса, и наоборот.

Растут тела очень неравномерно. Самое крупное из них в любой кольцевой зоне, где орбиты остальных тел пересекаются с его орбитой, получает привилегированное положение и в перспективе может стать зародышем планеты.

Роль соударений можно пояснить на примере современного пояса астероидов, где последствия ударов неодинаковы для разных тел. В нынешнее время хаотические скорости астероидов составляют примерно 5 км/с; с такими же скоростями они сталкиваются с мелкими телами. Энергия удара при падении тела на поверхность астероида обычно так велика, что разрушается не только само упавшее тело, но и часть астероида. Образуется ударный кратер, выбросы из которого разлетаются со скоростями сотни метров в секунду. Разлетающееся вещество вновь падает на поверхность астероида только в том случае, если он обладает достаточным тяготением.

Все астероиды современного пояса теряют массу при столкновениях. Лишь несколько самых больших (с радиусами более 200 км) в лучшем случае способны сохранить свою массу. Точно так же и столкновения планетезималей приводили к росту лишь наиболее крупных из них.

Внутреннюю часть Солнечной системы образуют планеты земной группы - Меркурий, Венера, Земля и Марс. Состав этих планет свидетельствует, что их рост происходил в отсутствие лёгких газов за счёт каменистых частиц и тел, содержавших различное количество железа и других металлов.

Главное условие роста тел при столкновениях - их низкие относительные скорости на начальном этапе. Чтобы тела достигли километровых размеров, хаотические скорости не должны превышать 1 м/с. Это возможно, только если нет сильного воздействия извне. В зоне роста планет земной группы внешние воздействия были слабы, лишь в зоне Марса сказалось влияние Юпитера, замедлявшее его рост и уменьшавшее массу. В поясе астероидов, наоборот, явно прослеживается возмущающее влияние соседней планеты-гиганта Юпитера. Стадия объединения планетезималей в планеты и их роста длилась более 100 млн лет.

Период диссипации (рассеяния) газа из зоны земных планет продолжался не более 10 млн лет. В основном газ выдувался солнечным ветром, т. е. потоками заряженных частиц (протонов и электронов), выбрасываемых с поверхности Солнца со скоростями сотни километров в секунду.

Солнечный ветер очистил от газа не только область планет земной группы, но и более отдалённые пространства планетной системы. Однако планеты-гиганты Юпитер и Сатурн уже успели вобрать в себя огромное количество вещества, подавляющую часть массы всей планетной системы.

Как же формировались планеты-гиганты? Их зародыши могли возникать двумя путями: через гравитационную неустойчивость газовых масс допланетного диска или путём нарастающего захвата газовой атмосферы на массивном ядре из планетезималей.

В первом случае масса допланетного облака должна была составлять значительную долю массы Солнца, а состав планет-гигантов должен совпадать с солнечным. Ни то ни другое не соответствует фактам. Исследования последних лет показали, что в ядрах Юпитера и Сатурна, по-видимому, присутствуют элементы тяжелее водорода и гелия, составляющие по меньшей мере 5-6% массы планеты. Это существенно больше, чем можно было бы ожидать при солнечном содержании химических элементов. Значит, более вероятен второй путь: сначала, как и у планет земной группы, образуется массивное ядро-зародыш из каменистых и ледяных планетезималей, а затем оно наращивает водородно-гелиевую оболочку.

Процесс присоединения вещества называют аккрецией. Начиная с одной-двух масс Земли, тело может не только удерживать газовую атмосферу на поверхности, но и в ускоряющемся темпе захватывать новые порции газа, если на пути его движения имеется газовая среда. Аккреция прекращается лишь тогда, когда газ полностью исчерпан. Продолжительность этого процесса намного короче, чем стадия образования ядра-зародыша. По расчётам учёных, рост ядра Юпитера длился десятки, а ядра Сатурна - сотни миллионов лет.

Пока ядро, погружённое в газ, невелико, оно присоединяет лишь небольшую атмосферу, находящуюся в равновесии. Но при некоторой критической массе (2-3 массы Земли) газ начинает в возрастающем темпе выпадать на тело, сильно увеличивая его массу. На стадии быстрой аккреции всего за несколько сот лет Юпитер вырос до массы, превышающей 50 масс Земли, поглотив газ из сферы своего гравитационного влияния. Затем скорость аккреции упала, так как газ мог поступать к планете лишь путём медленной диффузии из более широкой зоны диска.

Одновременно Юпитер продолжал расти за счёт твёрдых планетезималей, а те, что не были им поглощены, могли быть отброшены его тяготением либо внутрь, в зону астероидов и зону Марса, либо прочь из Солнечной системы. Юпитер сообщал твёрдым телам скорости больше скорости освобождения: для того чтобы покинуть Солнечную систему с орбиты Юпитера, достаточно скорости всего 18 км/с, а тело, пролетающее от Юпитера на расстоянии нескольких его радиусов, разгоняется до десятков километров в секунду.

Сатурн формировался аналогичным образом. Но его ядро росло не так быстро и достигло критической массы позднее. К этому времени из-за действия солнечного ветра газа осталось меньше, чем в зоне Юпитера к началу его аккреции. Вот почему по сравнению с Юпитером Сатурн содержит в несколько раз больше конденсируемого вещества и ещё сильнее отличается по составу от Солнца.

Уран и Нептун росли ещё медленнее, а газ из внешней зоны диссипировал быстрее. Когда эти планеты достигли критической массы, газа в их зонах почти не осталось. Поэтому на долю водорода и гелия приходится лишь около 10% массы Урана, Нептун же содержит их ещё меньше. Главными составляющими этих тел являются вода, метан и аммиак, а также окислы тяжёлых элементов; газы входят в планетные атмосферы.

Двухступенчатая схема образования планет-гигантов (формирование ядер из конденсированных веществ и газовая аккреция на эти ядра) подтверждается фактами. Во-первых, выяснилось, что современные массы ядер Юпитера и Сатурна, а также массы Урана и Нептуна без их атмосфер имеют близкие значения: 14-20 масс Земли, тогда как доля газов - водорода и гелия - в них закономерно уменьшается по мере удаления от Солнца. Во-вторых, существуют такие "вещественные доказательства" ранней истории планет-гигантов, как их спутники и кольца. Аккреция газа на планеты сопровождается образованием вокруг них газопылевых дисков, в которых формируются спутники.

На стадии быстрой аккреции освобождалось огромное количество энергии, и верхние слои планет сильно нагревались. Максимальная температура поверхности Юпитера и Сатурна, по-видимому, составляла несколько тысяч градусов - почти как у звёзд. В диске Юпитера, где формировались его спутники, на близких расстояниях от планеты температура была выше точки конденсации водяного пара, а на более далёких - ниже. И действительно, ближние спутники Юпитера, включая Ио и Европу, состоят из каменистых веществ, а более отдалённые - Ганимед и Каллисто - наполовину из водяного льда. У Сатурна в диске температура была ниже, поэтому лёд там конденсировался на всех расстояниях (частицы колец Сатурна и все его близкие спутники - ледяные).

Список литературы :

* Журнал "Вокруг света" февраль 2004г., стр. 56-65
* Зингель Ф.Ю. Астрономия: все развития, 1988
* Левитан Е.П. Астрономия. Просвещение, 1994/Левитан Е.П. Твоя Вселенная. Просвещение 1995
* Чернин А.Д. Звезды и физика. М.:Наука, 1994.
* Шкловский И.С. Звезды: их рождение, жизнь, смерть. М., 1984