Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Астраханский Государственный Медицинский Университет»

Кафедра физики, математики и медицинской информатики.

Реферат

«Эволюция Вселенной. Образование Планетных систем. Солнечная система»

Выполнили: студентки 102 группы Фармация СПО

Вьюшкова Арина и Мухамбетова Регина

Астрахань 2014

**Эволюция Вселенной**

Стандартная модель эволюции Вселенной

Вселенная постоянно расширяется. Тот момент, с которого Вселенная начала расширятся, принято считать ее началом. Тогда началась первая и полная драматизма эра в истории вселенной, ее называют  “большим взрывом”.

Под расширением Вселенной подразумевается такой процесс, когда то же самое количество элементарных частиц и фотонов занимают постоянно возрастающий объём. Средняя плотность Вселенной в результате расширения постепенно понижается. Из этого следует, что в прошлом плотность Вселенной была больше, чем в настоящее время. Можно предположить, что в глубокой древности (примерно десять миллиардов лет назад) плотность Вселенной была очень большой. Кроме того высокой должна была быть и температура, настолько высокой, что плотность излучения превышала плотность вещества. Иначе говоря, энергия всех фотонов содержащихся в 1 куб. см была больше суммы общей энергии частиц, содержащихся в 1 куб. см. На самом раннем этапе, в первые мгновения “большого взрыва” вся материя была сильно раскаленной  и густой смесью частиц, античастиц и высокоэнергичных γ-фотонов. Частицы при столкновении с соответствующими античастицами аннигилировали, но возникающие γ-фотоны моментально материализовались в частицы и античастицы. [7;52]

**Начало Вселенной**

На самом раннем этапе, в первые мгновения “большого взрыва” вся материя была сильно раскаленной  и густой смесью частиц, античастиц и высокоэнергичных гамма-фотонов. Частицы при столкновении с соответствующими античастицами аннигилировали, но возникающие гамма-фотоны моментально материализовались в частицы и античастицы.

**Рождение галактик**

Колоссальные водородные сгущения - зародыши сверх галактик и скоплений галактик - медленно вращались. Внутри их образовывались вихри, похожие на водовороты. Их диаметр достигал примерно ста тысяч световых лет. Мы называем эти системы протогалактиками, т.е. зародышами галактик. Несмотря на свои невероятные размеры, вихри протогалактик были всего лишь ничтожной частью сверхгалактик и по размеру не превышали одну тысячную сверхгалактики. Сила гравитации образовывала из этих вихрей системы звезд, которые мы называем галактиками. Некоторые из галактик до сих пор напоминают нам гигантское завихрение. Астрономические исследования показывают, что скорость вращения завихрения предопределила форму галактики, родившейся из этого вихря. Выражаясь научным языком, скорость осевого вращения определяет тип будущей галактики. Из медленно вращающихся вихрей возникли эллиптические галактики, в то время как из быстро вращающихся родились сплющенные спиральные галактики. В результате силы тяготения очень медленно вращающийся вихрь сжимался в шар или несколько сплюнутый эллипсоид. Размеры такого правильного гигантского водородного облака были от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч световых лет. Нетрудно определить, какие из водородных атомов вошли в состав рождающейся эллиптической, точнее говоря эллипсоидальной галактики, а какие остались в космическом пространстве вне нее. Если энергия связи сил гравитации атома на периферии превышала его кинетическую энергию, атом становился составной частью галактики. Это условие называется критерием [Джинса](http://incity.ru/). С его помощью можно определить, в какой степени зависела масса и величина протогалактики от плотности и температуры водородного газа.

Протогалактика, которая вообще не вращалась, становилась родоначальницей шаровой галактики. Сплющенные эллиптические галактики рождались из медленно вращающихся протогалактик. Из-за недостаточной центробежной силы преобладала сила гравитационная. Протогалактика сжималась и плотность водорода в ней возрастала. Как только плотность достигала определенного уровня, начали выделяться и сжиматься сгустки водорода. Рождались протозвезды, которые позже эволюционировали в звезды. Рождение всех звезд в шаровой или слегка приплюснутой галактике происходило почти одновременно. Этот процесс продолжался относительно недолго, примерно сто миллионов лет. На начальном этапе расширения Вселенной из фотонов рождались частицы и античастицы. Этот процесс постоянно ослабевал, что привело к вымиранию частиц и античастиц. Согласно тому, как материализация в результате понижающейся  температуры раскаленного вещества приостановилась. Эволюцию Вселенной принято разделять на четыре эры: адронную, лептонную, фотонную и звездную.

**Эры эволюции Вселенной**

***а) Адронная эра.***

 При очень высоких температурах и плотности в самом начале существования Вселенной материя состояла из элементарных частиц. Вещество на самом раннем этапе состояло, прежде всего, из адронов, и поэтому ранняя эра эволюции Вселенной называется адронной, несмотря на то, что в то время существовали и лептоны. Никогда после этого сильное взаимодействие (ядерная сила) не проявлялась во Вселенной в такой мере, как в адронную эру, длившуюся всего лишь одну десятитысячную долю секунды.

***б) Лептонная эра.***

Когда энергия частиц и фотонов понизилась в пределах от 100 Мэв до 1 Мэв в, веществе было много лептонов. Температура была достаточно высокой, чтобы обеспечить интенсивное возникновение электронов, позитронов и нейтрино. Барионы (протоны и нейтроны), пережившие адронную эру, стали по сравнению с лептонами и фотонами встречаться гораздо реже. Лептонная эра начинается с распада последних адронов - пионов - в мюоны и мюонное нейтрино, а кончается через несколько секунд при температуре 1010K, когда энергия фотонов уменьшилась до 1 Мэв и материализация электронов и позитронов прекратилась. Во время этого этапа начинается независимое существование электронного и мюонного нейтрино, которые мы называем “реликтовыми”. Всё пространство Вселенной наполнилось огромным количеством реликтовых электронных и мюонных нейтрино. Возникает нейтринное море.

***в) Фотонная эра или эра излучения***.

Т Вселенной понизилась до 1010K, а энергия γ-фотонов достигла 1 Мэв, произошла только аннигиляция электронов и позитронов. Новые электронно-позитронные пары не могли возникать вследствие материализации, потому, что фотоны не обладали достаточной энергией. Но аннигиляция электронов и позитронов продолжалась дальше, пока давление излучения полностью не отделило вещество от антивещества. Со времени адронной и лептонной эры Вселенная была заполнена фотонами. К концу лептонной эры фотонов было в два миллиарда раз больше, чем протонов и электронов. Важнейшей составной Вселенной после лептонной эры становятся фотоны, причем не только по количеству, но и по энергии.

Большой взрыв продолжался сравнительно недолго, всего лишь одну тридцатитысячную нынешнего возраста Вселенной. Несмотря на краткость срока, это всё же была самая славная эра Вселенной. Никогда после этого эволюция Вселенной не была [столь](http://mnogomeb.ru/) стремительна, как в самом её начале, во время “большого взрыва”. Все события во Вселенной в тот период касались свободных элементарных частиц, их превращений, рождения, распада, аннигиляции. Не следует забывать, что в столь короткое время (всего лишь несколько секунд) из богатого разнообразия видов элементарных частиц исчезли почти все: одни путем аннигиляции (превращение в гамма-фотоны), иные путем распада на самые легкие барионы (протоны) и на самые легкие заряженные лептоны (электроны).

 После “большого взрыва” наступила продолжительная эра вещества, эпоха преобладания частиц. Мы называем её звездной эрой. Она продолжается со времени завершения “большого взрыва” (приблизительно 300 000 лет) до наших дней. По сравнению с периодом “большого взрыва” её развитие представляется как будто слишком медленным. Это происходит по причине низкой плотности и температуры. Взрыв суперновой или гигантский взрыв галактики - ничтожные явления в сравнении с большим взрывом.

С атомов водорода начинается звездная эра - эра частиц, точнее говоря, эра протонов и электронов.

Вселенная вступает в звездную эру в форме водородного газа с огромным количеством  световых и ультрафиолетовых фотонов. Водородный газ расширялся в различных частях Вселенной с разной скоростью. Неодинаковой была также и его плотность. Он образовывал огромные сгустки, во много миллионов световых лет. Масса таких космических водородных сгустков была в сотни тысяч, а то и в миллионы раз больше, чем масса нашей теперешней Галактики. Расширение газа внутри сгустков шло медленнее, чем расширение разреженного водорода между самими сгущениями. Позднее из отдельных участков с помощью собственного притяжения образовались сверхгалактики и скопления галактик. Итак, крупнейшие структурные единицы Вселенной - сверхгалактики - являются результатом неравномерного распределения водорода, которое происходило на ранних этапах истории Вселенной.

**Образование планетных систем**

На вопрос, что представляла собой та область Вселенной, где впоследствии появились наше Солнце и планеты, специалисты обычно отвечают: это было некое подобие наблюдаемого ныне и неплохо изученного района молекулярного облака, лежащего в направлении созвездий Возничего и Тельца: там, в относительной изоляции, сегодня рождаются звезды с небольшой массой, подобные Солнцу. Но в последнее время раздаются голоса против этой гипотезы. В частности, американский астрофизик Дж. Хестер (J.Hester; Университет штата Аризона в Темпе), работающий совместно с Л.А.Лешин (L.A.Leshin; Центр по изучению метеоритов, там же), указывает, что в начальной стадии существования Солнечной системы в области ее формирования присутствовал, как выяснилось недавно, изотоп 60Fe. Однако ни по одному из известных механизмов не может появиться внутри еще молодой звезды этот короткоживущий элемент, период полураспада которого 1.5 млн. лет. А вот во время взрыва сверхновых попутно с 26Al, 41Ca и другими радиоизотопами образуется и 60Fe. Отсюда, по мнению авторов, следует, что наше Солнце никак не могло образоваться в условиях, характерных для молекулярного облака в районе созвездий Возничего и Тельца.

Скорее это произошло там, где рождались и “тяжелые” звезды, где одна или несколько звезд превращались в сверхновые. Интенсивное ультрафиолетовое излучение массивных звезд образует среди плотных молекулярных облаков значительные ионизованные области, в которых и возникают звезды. Пример таких областей - туманности Ориона (см. изображение слева) и Орла. В подобной среде образование звезд малой массы происходит под воздействием ударной волны от сверхновой, обрушивающейся на плотную окружающую среду. Звезды небольшой массы, формирующиеся вокруг области ионизованного газа, должны проходить следующие этапы. Сперва ударная волна, предшествующая ионизационному фронту, сжимает молекулярный газ по периферии всей области, образуя плотное ядро и приводя к неустойчивости в отношении гравитационного коллапса. Затем, спустя примерно 105 лет, через это ядро проходит набегающий фронт ионизации. По мере того как ядро попадает внутрь облака ионизованного газа, наступает кратковременная (104 лет) фаза, в ходе которой плотное ядро подвергается фотоиспарению. Именно такое явление обнаружил космический телескоп “Хаббл” при наблюдении туманности Орла. Следом за этим наружная часть газовой сферы, готовой породить звезду, испаряется, а окружающий звезду диск подвергается облучению ультрафиолетовой радиацией, идущей от массивной звезды. Подобный процесс перехода к испаряющемуся диску хорошо заметен на изображениях туманности Ориона, полученных телескопом “Хаббл”. Но этап испарения диска также краток. Всего через несколько десятков тысяч лет фотоиспарение “разъедает” газовый диск, так что от него остается лишь внутренняя часть в несколько десятков астрономических единиц от центральной нарождающейся звезды. После этого молодое “солнце” и “изъеденный” диск оказываются во внутренней области скопления ионизованного газа, где и пребывают все оставшееся время жизни этого района Вселенной, измеряемое несколькими миллионами лет. Именно это, полагают Хестер с коллегами, и есть та среда, в которой рождаются системы, подобные Солнечной. Когда же массивные звезды, возбуждающие процессы в данном районе, теряют значительную часть своей массы и превращаются в сверхновые, протопланетные диски, окружающие ближайшие “легкие” молодые звезды, буквально осыпаются потоками выброшенного вещества. Такие события объясняют появление короткоживущих радионуклидов, которые обнаруживаются в метеоритах, пребывающих в Солнечной системе. Таким образом, считают авторы, большинство звезд с малой массой и планетарными системами, включая и нашу собственную, сложились именно в среде, связанной с областями ионизованного газа. Наша Солнечная система должна была возникнуть из подвергшегося усечению диска, “купающегося” в ультрафиолетовом излучении массивных звезд, и подпасть под влияние близких сверхновых. Ранние дни существования Солнечной системы содержат ответы на многие вопросы, стоящие перед астрофизикой, метеоритикой, астробиологией и планетологией. Их решение облегчается, если процесс рождения звездных систем относить не к темным внутренним областям изолированного молекулярного облака, а связать его с бурной средой на периферии области ионизованных газов.

В ночь на 14 ноября 2003 г. астрономы Паломарской обсерватории (США, штат [Калифорния](http://tanuki.ru/)), ведя наблюдения с помощью 1.2-метрового телескопа, обнаружили небесное тело 2003 VB 12, получившее затем название Седна - в честь иннуитской (эскимосской) богини моря. Само по себе это не столь уж редкое событие: мелкие планетоиды открывают по нескольку раз в год. Однако Седна оказалась рекордсменом: ее орбита проходит более чем в 13 млрд. км от Солнца. А поскольку она обращается вокруг общего для нас с ней светила, ее следует признать равноправным (хотя и малым) членом Солнечной системы. И, главное, границу Солнечной системы теперь следует проводить втрое дальше от Солнца по сравнению с той, что обозначалась орбитой Плутона. Да и сами характеристики Седны оказались незаурядными. Температура на ее поверхности, видимо, никогда не превышает –240°С; на самом же деле там еще “прохладнее” - к Солнцу она приближается раз в 10 тыс. 500 лет, да и то ненадолго. Даже в этой точке (перигелии) Седна все еще находится примерно в 80 а.е. от Солнца. Если не считать Марса, Седна - самая красноокрашенная планета во всей системе. Ее диаметр менее 1700 км, т.е. среднее место между поперечниками Плутона и Квавара - еще одного планетоида, открытого в 2002 г. той же группой астрономов. Таких крупных тел в Солнечной системе не обнаруживали с 1930 г., когда стало известно о существовании Плутона.

Свечение Седны отличается строго периодическими колебаниями, судя по которым, полный оборот вокруг собственной оси она делает за 20-50 земных суток. Только Меркурий и Венера оборачиваются медленнее - эти планеты замедляются в своем вращении приливными силами близкого к ним Солнца. Седна же от него весьма далека, и приходится предполагать, что у нее имеется собственный, еще не открытый спутник, который и замедляет ее вращение. Астрономы надеялись прояснить этот вопрос с помощью “Хаббла”, но этот космический телескоп никакого спутника у Седны не обнаружил, так что пока загадка не решена. Впрочем, не исключено, что все дело в ошибочности определения скорости вращения Седны. В предстоящие 72 года Седна будет приближаться к Солнцу и, соответственно, светиться все ярче. А затем станет удаляться на край Солнечной системы по своей эллиптической орбите, которая отличается [столь](http://mnogomeb.ru/) большой вытянутостью, что остается осторожно предположить: наконец, открыто одно из тел, населяющих облако Оорта. Это крайне удаленное от нас скопление небольших ледяных тел, находящихся, вероятно, где-то на полпути между Солнечной системой и системой ближайшей к нам звезды. Полагают, что оно служит источником долгопериодических комет, которые иногда вторгаются во внутреннюю область нашей системы. Все же Седна находится вдесятеро ближе к нам, чем показывают вычисления для самого облака Оорта. Не исключено, что у него имеется внутренняя область и Седна происходит именно оттуда. Такая область, в принципе, могла бы возникнуть, когда некая [звезда миллиарды лет назад пролетала](http://www.astrogalaxy.ru/231.html) в наших “окрестностях” и своим тяготением нарушила стройное кольцо [облака Оорта](http://www.astrogalaxy.ru/059.html). Так или иначе, пределом Солнечной системы теперь следует считать орбиту Седны.

**Солнечная система**

Солнце и обращающиеся вокруг него небесные тела - 9 планет, более 63 спутников, четыре системы колец у планет-гигантов, десятки тысяч астероидов, несметное количество метеороидов размером от валунов до пылинок, а также миллионы комет. В пространстве между ними движутся частицы солнечного ветра - электроны и протоны. Исследована еще не вся Солнечная система: например, большинство планет и их спутников лишь бегло осмотрены с пролетных траекторий, сфотографировано только одно полушарие Меркурия, а к Плутону пока не было экспедиций. Но все же с помощью телескопов и космических зондов собрано уже много важных данных.  
Почти вся масса Солнечной системы (99,87%) сосредоточена в Солнце. Размером Солнце также значительно превосходит любую планету ее системы: даже Юпитер, который в 11 раз больше Земли, имеет радиус в 10 раз меньше солнечного. Солнце - обычная звезда, которая светит самостоятельно за счет высокой температуры поверхности. Планеты же светят отраженным солнечным светом (альбедо), поскольку сами довольно холодны. Они расположены в следующем порядке от Солнца: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Расстояния в Солнечной системе принято измерять в единицах среднего расстояния Земли от Солнца, называемого астрономической единицей (1 а.е. = 149,6 млн. км). Например, среднее расстояние Плутона от Солнца 39 а.е., но иногда он удаляется на 49 а.е. Известны кометы, улетающие на 50 000 а.е. Расстояние от Земли до ближайшей звезды a Кентавра 272 000 а.е., или 4,3 световых года (т. е. свет, движущийся со скоростью 299 793 км/с, проходит это расстояние за 4,3 года). Для сравнения, от Солнца до Земли свет доходит за 8 мин, а до Плутона - за 6 ч.  
  
СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА. Девять больших планет показаны в масштабе их относительного размера и положения орбит. Внутренние планеты (планеты земной группы) - это Меркурий, Венера, Земля и Марс. К планетам-гигантам относят Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Самая далекая планета - Плутон.  
Планеты обращаются вокруг Солнца по почти круговым орбитам, лежащим приблизительно в одной плоскости, в направлении против часовой стрелки, если смотреть со стороны северного полюса Земли. Плоскость орбиты Земли (плоскость эклиптики) лежит близко к средней плоскости орбит планет. Поэтому видимые пути планет, Солнца и Луны на небе проходят вблизи линии эклиптики, а сами они всегда видны на фоне созвездий Зодиака. Наклоны орбит отсчитываются от плоскости эклиптики. Углы наклона менее 90В° соответствуют прямому орбитальному движению (против часовой стрелки), а углы более 90В° - обратному движению. Все планеты Солнечной системы движутся в прямом направлении; наибольший наклон орбиты у Плутона (17В°). Многие кометы движутся в обратной направлении, например, наклон орбиты кометы Галлея 162В°. Орбиты всех тел Солнечной системы очень близки к эллипсам. Размер и форма эллиптической орбиты характеризуются большой полуосью эллипса (средним расстоянием планеты от Солнца) и эксцентриситетом, изменяющимся от е = 0 у круговых орбит до е = 1 у предельно вытянутых. Ближайшую к Солнцу точку орбиты называют перигелием, а самую удаленную - афелием.  
См. также Орбита; Конические Сечения. С точки зрения земного наблюдателя планеты Солнечной системы делят на две группы. Меркурий и Венеру, которые ближе к Солнцу, чем Земля, называют нижними (внутренними) планетами, а более далекие (от Марса до Плутона) - верхними (внешними). У нижних планет существует предельный угол удаления от Солнца: 28В° у Меркурия и 47В° у Венеры. Когда такая планета максимально удалена к западу (востоку) от Солнца, говорят, что она находится в наибольшей западной (восточной) элонгации. Когда нижняя планета видна прямо перед Солнцем, говорят, что она находится в нижнем соединении; когда прямо за Солнцем - в верхнем соединении. Подобно Луне, эти планеты проходят через все фазы освещения Солнцем в течение синодического периода Ps - времени, за которое планета возвращается к исходному положению относительно Солнца с точки зрения земного наблюдателя. Истинный орбитальный период планеты (P) называют сидерическим. Для нижних планет эти периоды связаны соотношением:  
1/Ps = 1/P - 1/Po где Po - орбитальный период Земли. Для верхних планет подобное соотношение имеет другой вид: 1/Ps = 1/Po - 1/P Для верхних планет характерен ограниченный диапазон фаз. Максимальный фазовый угол (Солнце-планета-Земля) у Марса 47В°, у Юпитера 12В°, у Сатурна 6В°. Когда верхняя планета видна за Солнцем, она находится в соединении, а когда в противоположном Солнцу направлении - в противостоянии. Планета, наблюдаемая на угловом расстоянии 90В° от Солнца, находится в квадратуре (восточной или западной). Пояс астероидов, проходящий между орбитами Марса и Юпитера, делит планетную систему Солнца на две группы. Внутри него располагаются планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля и Марс), схожие тем, что это небольшие, каменистые и довольно плотные тела: их средние плотности от 3,9 до 5,5 г/см3. Они сравнительно медленно вращаются вокруг осей, лишены колец и имеют мало естественных спутников: земную Луну и марсианские Фобос и Деймос. Вне пояса астероидов находятся планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Для них характерны большие радиусы, низкая плотность (0,7-1,8 г/см3) и глубокие атмосферы, богатые водородом и гелием. Юпитер, Сатурн и, возможно, другие гиганты лишены твердой поверхности. Все они быстро вращаются, имеют много спутников и окружены кольцами. Далекий маленький Плутон и крупные спутники планет-гигантов во многом схожи с планетами земной группы. Древние люди знали планеты, видимые невооруженным глазом, т.е. все внутренние и внешние вплоть до Сатурна. В.Гершель открыл в 1781 Уран. Первый астероид обнаружил Дж.Пиацци в 1801. Анализируя отклонения в движении Урана, У.Леверье и Дж.Адамс теоретически открыли Нептун; на вычисленном месте его обнаружил И.Галле в 1846. Самую далекую планету - Плутон - открыл в 1930 К.Томбо в результате длительных поисков занептуновой планеты, организованных П.Ловеллом. Четыре больших спутника Юпитера обнаружил Галилей в 1610. С тех пор при помощи телескопов и космических зондов у всех внешних планет найдены многочисленные спутники. Х.Гюйгенс в 1656 установил, что Сатурн окружен кольцом. Темные кольца Урана были открыты с Земли в 1977 при наблюдении покрытия звезды. Прозрачные каменные кольца Юпитера обнаружил в 1979 межпланетный зонд "Вояджер-1". С 1983 в моменты покрытия звезд отмечались признаки неоднородных колец у Нептуна; в 1989 изображение этих колец было передано "Вояджером-2".

**СОЛНЦЕ**

В центре Солнечной системы расположено Солнце - типичная одиночная звезда радиусом около 700 000 км и массой 2\*10 30 кг. Температура видимой поверхности Солнца - фотосферы - ок. 5800 К. Плотность газа в фотосфере в тысячи раз меньше плотности воздуха у поверхности Земли. Внутри Солнца температура, плотность и давление увеличиваются с глубиной, достигая в центре соответственно 16 млн. К, 160 г/см3 и 3,5\*10 11 бар (давление воздуха в комнате ок. 1 бар). Под влиянием высокой температуры в ядре Солнца водород превращается в гелий с выделением большого количества тепла; это удерживает Солнце от сжатия под действием собственной силой тяжести. Выделяющаяся в ядре энергия покидает Солнце в основном в виде излучения фотосферы с мощностью 3,86\*10 26 Вт. С такой интенсивностью Солнце излучает уже 4,6 млрд. лет, переработав за это время 4% своего водорода в гелий; при этом 0,03% массы Солнца превратилось в энергию. Модели эволюции звезд указывают, что Солнце сейчас находится в середине своей жизни (см. также Ядерный Синтез). Чтобы определить содержание различных химических элементов на Солнце, астрономы изучают линии поглощения и излучения в спектре солнечного света. Линии поглощения - это темные промежутки в спектре, указывающие на отсутствие в нем фотонов данной частоты, поглощенных определенным химическим элементом. Линии излучения, или эмиссионные линии, - это более яркие участки спектра, указывающие на избыток фотонов, излучаемых каким-либо химическим элементом. Частота (длина волны) спектральной линии указывает, какой атом или молекула ответственны за ее возникновение; контраст линии свидетельствует о количестве излучающего или поглощающего свет вещества; ширина линии позволяет судить о его температуре и давлении. Изучение тонкой (500 км) фотосферы Солнца позволяет оценить химический состав его недр, поскольку наружные области Солнца хорошо перемешаны конвекцией, спектры Солнца имеют высокое качество, а ответственные за них физические процессы вполне понятны. Однако нужно отметить, что до сих пор идентифицирована лишь половина линий в солнечном спектре. В составе Солнца преобладает водород. На втором месте - гелий, название которого ("Гелиос" по-гречески "Солнце") напоминает, что он был открыт спектроскопически на Солнце раньше (1899), чем на Земле. Поскольку гелий - инертный газ, он крайне неохотно вступает в реакции с другими атомами и также неохотно проявляет себя в оптическом спектре Солнца - всего одной линией, хотя многие менее обильные элементы представлены в спектре Солнца многочисленными линиями. Вот состав "солнечного" вещества: на 1 млн. атомов водорода приходится 98 000 атомов гелия, 851 кислорода, 398 углерода, 123 неона, 100 азота, 47 железа, 38 магния, 35 кремния, 16 серы, 4 аргона, 3 алюминия, по 2 атома никеля, натрия и кальция, а также чуть-чуть всех прочих элементов. Таким образом, по массе Солнце примерно на 71% состоит из водорода и на 28% из гелия; на долю остальных элементов приходится чуть более 1%. С точки зрения планетологии примечательно, что некоторые объекты Солнечной системы имеют практически такой же состав, как Солнце (см. ниже раздел о метеоритах). Подобно тому, как погодные явления изменяют внешний вид планетных атмосфер, вид солнечной поверхности тоже меняется с характерным временем от часов до десятилетий. Однако имеется важное различие между атмосферами планет и Солнца, которое состоит в том, что движение газов на Солнце контролирует его мощное магнитное поле. Солнечные пятна - это те области поверхности светила, где вертикальное магнитное поле настолько велико (200-3000 Гс), что препятствует горизонтальному движению газа и тем самым подавляет конвекцию. В результате температура в этой области опускается примерно на 1000 К, и возникает темная центральная часть пятна - "тень", окруженная более горячей переходной областью - "полутенью". Размер типичного солнечного пятна чуть больше диаметра Земли; существует такое пятно несколько недель. Количество пятен на Солнце то увеличивается, то уменьшается с продолжительностью цикла от 7 до 17 лет, в среднем 11,1 года. Обычно чем больше пятен появляется в цикле, тем короче сам цикл. Направление магнитной полярности пятен меняется на противоположное от цикла к циклу, поэтому истинный цикл пятнообразовательной активности Солнца составляет 22,2 года. В начале каждого цикла первые пятна появляются на высоких широтах, ок. 40В°, и постепенно зона их рождения смещается к экватору до широты ок. 5В°. См. также Звезды; Солнце. Колебания активности Солнца почти не отражаются на полной мощности его излучения (если бы она изменилась всего на 1%, это привело бы к серьезным переменам климата на Земле). Было немало попыток найти связь между циклами солнечных пятен и климатом Земли. Самое замечательное в этом смысле событие - "минимум Маундера": с 1645 в течение 70 лет на Солнце почти не было пятен, и в это же время Земля пережила Малый ледниковый период. До сих пор не ясно, был ли этот удивительный факт простым совпадением или он указывает на причинную связь.  
Метеорология И Климатология. В Солнечной системе 5 огромных вращающихся водородо-гелиевых шаров: Солнце, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. В недрах этих гигантских небесных тел, недоступных для прямого исследования, сосредоточено почти все вещество Солнечной системы. Земные недра также недоступны для нас, но, измеряя время распространения сейсмических волн (длинноволновых звуковых колебаний), возбуждаемых в теле планеты землетрясениями, сейсмологи составили детальную карту земных недр: узнали размеры и плотности ядра Земли и ее мантии, а также методом сейсмической томографии получили трехмерные изображения перемещающихся плит ее коры. Подобные методы можно применить и к Солнцу, поскольку на его поверхности существует волны с периодом ок. 5 мин, вызванные множеством сейсмических колебаний, распространяющихся в его недрах. Эти процессы изучает гелиосейсмология. В отличие от землетрясений, которые рождают короткие всплески волн, энергичная конвекция в недрах Солнца создает постоянный сейсмический шум. Гелиосейсмологи обнаружили, что под конвективной зоной, занимающей внешние 14% радиуса Солнца, вещество вращается синхронно с периодом 27 сут (о вращении солнечного ядра пока ничего не известно). Выше, в самой конвективной зоне вращение происходит синхронно только вдоль конусов равной широты и чем дальше от экватора, тем медленнее: экваториальные области вращаются с периодом 25 сут (опережают среднее вращение Солнца), а полярные - с периодом 36 сут (отстают от среднего вращения). Недавние попытки применить методы сейсмологии к газовым планетам-гигантам не принесли результатов, поскольку приборы пока не в состоянии зафиксировать возникающие колебания. Над фотосферой Солнца располагается тонкий горячий слой атмосферы, который можно увидеть только в редкие моменты солнечных затмений. Это хромосфера толщиной в несколько тысяч километров, названная так за свой красный цвет, обязанный линии излучения водорода Ha. Температура почти удваивается от фотосферы до верхних слоев хромосферы, из которых по не совсем понятной причине покидающая Солнце энергия выделяется в виде тепла. Над хромосферой газ нагрет до 1 млн. К. Эта область, названная короной, простирается примерно на 1 радиус Солнца. Плотность газа в короне очень низка, но температура настолько велика, что корона является мощным источником рентгеновских лучей. Иногда в атмосфере Солнца возникают гигантские образования - эруптивные протуберанцы. Они похожи на арки, вздымающиеся из фотосферы на высоту до половины солнечного радиуса. Наблюдения ясно указывают, что форма протуберанцев определяется силовыми линиями магнитного поля. Еще одно интересное и чрезвычайно активное явление - это солнечные вспышки, мощные выбросы энергии и частиц продолжительностью до двух часов. Порожденный такой солнечной вспышкой поток фотонов достигает Земли со скоростью света за 8 мин, а поток электронов и протонов - за несколько суток. Солнечные вспышкипроисходят в местах резкого изменения направления магнитного поля, вызванного движением вещества в солнечных пятнах. Максимум вспышечной активности Солнца обычно наступает за год до максимума пятнообразовательного цикла. Такая предсказуемость очень важна, ибо шквал заряженных частиц, рожденных мощной солнечной вспышкой, может повредить даже наземные средства связи и энергетические сети, не говоря уже о космонавтах и космической технике.