**Солнце - наша звезда**

Масса: 2\*10(30) кг.;

Радиус: 696 000 км.;

Плотность: 1,4 г/см3;

Температура поверхности: 5780 K;

Период вращения относительно звёзд: 25,38 земных суток;

Расстояние от Земли (среднее): 149,6 млн.км.;

Возраст: около 5 млрд. лет;

Спектральный класс: G2 V;

Светимость: 3,86•1026 Вт.

Солнце – ближайшая к нам звезда. Расстояние до него по астрономическим меркам невелико: лишь 8 минут идет свет от Солнца до Земли. Но как повезло нам, жителям Земли!

Солнце – это не заурядный желтый карлик, как раньше было принято говорить. Это звезда, около которой есть планеты, содержащие много тяжелых элементов. Это звезда, которая образовалась после взрывов сверхновых, она богата железом и другими элементами. Около которой смогла сформироваться такая планетная система, на третьей планете которой – Земле – возникла жизнь.

Пять миллиардов лет – возраст нашего Солнца. За счет чего оно светит? Какова структура и дальнейшая эволюция Солнца? Какое влияние оказывает Солнце на Землю?

Солнце – звезда, вокруг которой обращается наша планета. Среднее расстояние от Земли до Солнца, т.е. большая полуось орбиты Земли, составляет 149,6 млн. км = 1 а.е. (астрономическая единица).

Солнце является центром нашей планетной системы, в которую кроме него входят 9 больших планет, несколько десятков спутников планет, несколько тысяч астероидов (малых планет), кометы, метеорные тела, межпланетные пыль и газ.

Солнце – звезда, которая светит достаточно равномерно на протяжении миллионов лет, что доказано современными биологическими исследованиями остатков сине-зеленых водорослей. Если бы температура поверхности Солнца изменилась всего на 10 %, жизнь на Земле, вероятно, была бы уничтожена. Наша звезда ровно и спокойно излучает энергию, столь необходимую для поддержания жизни на Земле.

Эта роль Солнца была замечена еще в древности. В религиях всех народов мира, мифах и сказках Солнце занимало всегда главное место. У всех народов Солнце – главное божество, например лучезарный бог Гелиос у древних греков, Дажьбог и Ярило у древних славян. От Солнца зависела жизнь человека, его благосостояние. Именно Солнце приносило тепло, давало хороший урожай.

Тысячелетиями Солнце представлялось чем–то незыблемым, совершенным, могущественным и было скорее предметом поклонения, чем исследования. Только с началом наблюдений в телескоп Галилей доказал, что на Солнце есть пятна, что Солнце вращается, установил период вращения нашей звезды.

Размеры Солнца очень велики. Так, радиус Солнца в 109 раз, а масса – в 330 000 раз больше радиуса и массы Земли. А вот средняя плотность нашего светила невелика – всего в 1,4 раза больше плотности воды.

Впервые вращение Солнца наблюдал Галилей по движению пятен по поверхности. Различные зоны Солнца вращаются вокруг оси с различными периодами. Так точки на экваторе имеют период около 25 суток, на широте 40° период вращения равен 27 суток, а вблизи полюсов – 30 суток. Это доказывает, что Солнце вращается не как твердое тело, скорость вращения точек на поверхности Солнца уменьшается от экватора к полюсам.

Полное количество энергии, излучаемой Солнцем, составляет L = 3,86•1033 эрг/с = 3,86•1026 Вт. Это соответствует 6,5 кВт с каждого квадратного сантиметра его поверхности! Лишь одну двухмиллиардную часть этой энергии получает Земля.

**Солнечный спектр**

На 1 квадратный метр обращенной к Солнцу поверхности площадки в окрестностях Земли ежесекундно поступает 1400 Дж энергии, переносимой солнечным электромагнитным излучением. Эта величина называется солнечной постоянной. Иными словами, плотность потока энергии солнечного излучения составляет 1,4 кВт/м2.

Впервые для определения солнечной энергии был использован метод измерения нагревающего действия солнечных лучей Пулье (1837 год). Такой прибор называется пиргелиометром. В пиргелиометре находилась вода, температуру которой измерял обычный термометр. Под действием солнечных лучей температура воды возрастала.

Спектр Солнца непрерывный, в нем наблюдается множество темных фраунгоферовых линий. Фраунгофер был первым, кто описал темные линии на фоне непрерывного спектра в 1814 году. Эти линии в спектре Солнца образуются в результате поглощения квантов света в более холодных слоях солнечной атмосферы.

**Излучение абсолютно черного тела**

Солнце – мощный источник радиоизлучения. В межпланетное пространство проникают радиоволны, которые излучает хромосфера (сантиметровые волны) и корона (дециметровые и метровые волны). Радиоизлучение Солнца имеет две составляющие – постоянную и переменную. Постоянная составляющая характеризует радиоизлучение спокойного Солнца. Солнечная корона излучает радиоволны как абсолютно черное тело с температурой Т = 106 К. Переменная составляющая радиоизлучения Солнца проявляется в виде всплесков, шумовых бурь. Шумовые бури длятся от нескольких часов до нескольких дней. Через 10 минут после сильной солнечной вспышки радиоизлучение Солнца возрастает в тысячи и даже миллионы раз по сравнению с радиоизлучением спокойного Солнца; это состояние длится от нескольких минут до нескольких часов. Это радиоизлучение имеет нетепловую природу.

Плотность потока излучения Солнца в рентгеновской области (0,1–10 нм) весьма мала (~5•10–4 Вт/м2 и сильно меняется с изменением уровня солнечной активности. В ультрафиолетовой области на длинах волн от 200 до 400 нм спектр Солнца также описывается законами излучения абсолютно черного тела.

В ультрафиолетовой области спектра с длинами волн короче 200 нм интенсивность непрерывного спектра резко падает и появляются эмиссионные линии. Наиболее интенсивна из них водородная линия лаймановской серии (? = 121,5 нм). При ширине этой линии около 0,1 нм ей соответствует плотность потока излучения около 5•10–3 Вт/м2. Интенсивность излучения в линии приблизительно в 100 раз меньше. Заметны также яркие эмиссионные линии различных атомов, важнейшие линии принадлежат Si I (? = 181 нм), Mg II и Mg I, O II, O III, C III и другие.

Коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца возникает вблизи фотосферы. Рентгеновское излучение исходит из хромосферы (Т ~ 104 К), расположенной над фотосферой, и короны (Т ~ 106 К) – внешней оболочки Солнца. Радиоизлучение на метровых волнах возникает в короне, на сантиметровых – в хромосфере.

**Положение Солнца в нашей Галактике**

Солнце расположено в плоскости Галактики и удалено от ее центра на 8 кпк и от плоскости Галактики примерно на 25 пк. В области Галактики, где расположено наше Солнце, звездная плотность составляет 0,12 звезд на пк3.

Первый, кто заметил, что в направлении созвездия Геркулеса звезды как бы расходятся в разные стороны, а с противоположной стороны – как бы сдвигаются, был Вильям Гершель. Он объяснил это движением Солнца в пространстве.

Солнце (и Солнечная система) движется со скоростью 20 км/с в направлении к границе созвездий Лиры и Геркулеса. Это объясняется местным движением внутри ближайших звезд. Эта точка называется апексом движения Солнца, ее координаты ? ? 18h, ? ? +30°. Точка на небесной сфере, противоположная апексу, называется антиапекс. В этой точке пересекаются направления собственных скоростей ближайших к Солнцу звезд. Движения ближайших к Солнцу звезд происходят с небольшой скоростью, это не мешает им участвовать в обращении вокруг галактического центра.

Солнечная система участвует во вращении вокруг центра Галактики со скоростью около 220 км/с. Это движение происходит в направлении созвездия Лебедя. Период обращения Солнца вокруг галактического центра около 220 млн. лет.

**Внутреннее строение Солнца**

Солнце – раскаленный газовый шар, температура в центре которого очень высока, настолько, что там могут происходить ядерные реакции. В центре Солнца температура достигает 15 миллионов градусов, а давление в 200 миллиардов раз выше, чем у поверхности Земли. Газ сжат здесь до плотности около 1,5•105 кг/м3 (тяжелее железа).

Солнце – сферически симметричное тело, находящееся в равновесии. Плотность и давление быстро нарастают вглубь; рост давления объясняется весом всех вышележащих слоев. В каждой внутренней точке Солнца выполняется условие гидростатического равновесия. Это означает, что давление на любом расстоянии от центра уравновешивается гравитационным притяжением.

В центральной области с радиусом примерно в треть солнечного – ядре – происходят ядерные реакции. Затем через зону лучистого переноса энергия излучением переносится из внутренних областей Солнца к поверхности. И фотоны, и нейтрино рождаются в зоне ядерных реакций в центре Солнца. Но если нейтрино очень слабо взаимодействуют с веществом и мгновенно свободно покидают Солнце, то фотоны многократно поглощаются и рассеиваются до тех пор, пока не достигнут внешних, более прозрачных слоев атмосферы Солнца, которую называют фотосферой. Пока температура высока – больше 2 миллионов градусов, – энергия переносится лучистой теплопроводностью, то есть фотонами. Зона непрозрачности, обусловленная рассеянием фотонов на электронах, простирается примерно до расстояния 2/3R радиуса Солнца. При понижении температуры непрозрачность сильно возрастает, и диффузия фотонов длится около миллиона лет.

Примерно с расстоянии 2/3R находится конвективная зона. В этих слоях непрозрачность вещества становится настолько большой, что возникают крупномасштабные конвективные движения. Здесь начинается конвекция, то есть перемешивание горячих и холодных слоев вещества. Аналогичный процесс происходит в кипящей воде. Время подъема конвективной ячейки сравнительно невелико – несколько десятков лет.

В шестидесятых годах XX века астрономы обнаружили, что верхний слой солнечной атмосферы раз в пять минут поднимается и опускается. Благодаря этим «солнцетрясениям» астрофизики научились прослушивать Солнце, как врач слушает удары сердца человека.

В солнечной атмосфере распространяются акустические волны, подобные звуковым волнам в воздухе. В верхних слоях солнечной атмосферы волны, возникшие в конвективной зоне и в фотосфере, передают солнечному веществу часть механической энергии конвективных движений и производят нагревание газов последующих слоев атмосферы – хромосферы и короны. В результате верхние слои фотосферы с температурой около 4500 K оказываются самыми «холодными» на Солнце. Как вглубь, так и вверх от них температура газов быстро растет.

Всякая солнечная атмосфера постоянно колеблется. В ней распространяются как вертикальные, так и горизонтальные волны с длинами в несколько тысяч километров. Колебания носят резонансный характер и происходят с периодом около 5 минут.

Но самое интересное – регистрация скорости колебания солнечной поверхности. Эти скорости очень малы – десятки сантиметров в секунду, но спектральными приборами (используя эффект Доплера) измеряется изменение скорости во времени, а не само значение скорости. Удалось построить зависимость скорости от глубины, что привело к уточнению внутреннего строения Солнца.

**Химический состав Солнца**

В 1935 году Ханс Бете выдвинул гипотезу, что источником солнечной энергии может быть термоядерная реакция превращения водорода в гелий. Именно за это Бете получил Нобелевскую премию в 1967 году.

Химический состав Солнца примерно такой же, как и у большинства других звезд. Примерно 75 % – это водород, 25 % – гелий и менее 1 % – все другие химические элементы (в основном, углерод, кислород, азот и т.д.). Сразу после рождения Вселенной «тяжелых» элементов не было совсем. Все они, т.е. элементы тяжелее гелия и даже многие альфа-частицы, образовались в ходе «горения» водорода в звездах при термоядерном синтезе. Характерное время жизни звезды типа Солнца десять миллиардов лет.

Основной источник энергии – протон-протонный цикл – очень медленная реакция (характерное время 7,9•109 лет), так как обусловлена слабым взаимодействием. Ее суть состоит в том, что из четырех протонов получается ядро гелия. При этом выделяются пара позитронов и пара нейтрино, а также 26,7 МэВ энергии. Количество нейтрино, излучаемое Солнцем за секунду, определяется только светимостью Солнца. Поскольку при выделении 26,7 МэВ рождается 2 нейтрино, то скорость излучения нейтрино: 1,8•1038 нейтрино/с.

По некоторым предположениям, если нейтрино имеют отличную от нуля массу покоя, возможны осцилляции (превращения) различных сортов нейтрино (эффект Михеева – Смирнова – Вольфенштейна) (существует три сорта нейтрино: электронное, мюонное и тауонное нейтрино). Т.к. другие нейтрино имеют гораздо меньшие сечения взаимодействия с веществом, чем электронное, наблюдаемый дефицит может быть объяснен, не меняя стандартной модели Солнца, построенной на основе всей совокупности астрономических данных.

Каждую секунду Солнце перерабатывает около 600 миллионов тонн водорода. Запасов ядерного топлива хватит еще на пять миллиардов лет, после чего оно постепенно превратится в белый карлик.

Центральные части Солнца будут сжиматься, разогреваясь, а тепло, передаваемое при этом внешней оболочке, приведет к ее расширению до размеров, чудовищных по сравнению с современными: Солнце расширится настолько, что поглотит Меркурий, Венеру и будет тратить «горючее» в сто раз быстрее, чем в настоящее время. Это приведет к увеличению размеров Солнца; наша звезда станет красным гигантом, размеры которого сравнимы с расстоянием от Земли до Солнца! Жизнь на Земле исчезнет или найдет пристанище на внешних планетах.

Мы, конечно, будем заранее поставлены в известность о таком событии, поскольку переход к новой стадии займет примерно 100–200 миллионов лет. Когда температура центральной части Солнца достигнет 100 000 000 К, начнет сгорать и гелий, превращаясь в тяжелые элементы, и Солнце вступит в стадию сложных циклов сжатия и расширения. На последней стадии наша звезда потеряет внешнюю оболочку, центральное ядро будет иметь невероятно большую плотность и размеры, как у Земли. Пройдет еще несколько миллиардов лет, и Солнце остынет, превратившись в белый карлик.

**Солнечная корона**

Самая внешняя, самая разреженная и самая горячая часть солнечной атмосферы – корона. Она прослеживается от солнечного лимба до расстояний в десятки солнечных радиусов. Несмотря на сильное гравитационное поле Солнца, это возможно благодаря огромным скоростям движения частиц, составляющих корону. Корона имеет температуру около миллиона градусов и состоит из высокоионизированного газа. Возможно, причиной такой высокой температуры являются поверхностные выбросы солнечного вещества в виде петель и арок. Миллионы колоссальных фонтанов переносят в корону вещество, нагретое в глубинных слоях Солнца.

Яркость короны в миллионы раз меньше, чем фотосферы, поэтому корону можно видеть только во время полного солнечного затмения, либо с помощью коронографа. Наиболее яркую ее часть принято называть внутренней короной. Она удалена от поверхности Солнца на расстояние не более одного радиуса. Внешняя корона Солнца имеет протяженные границы.