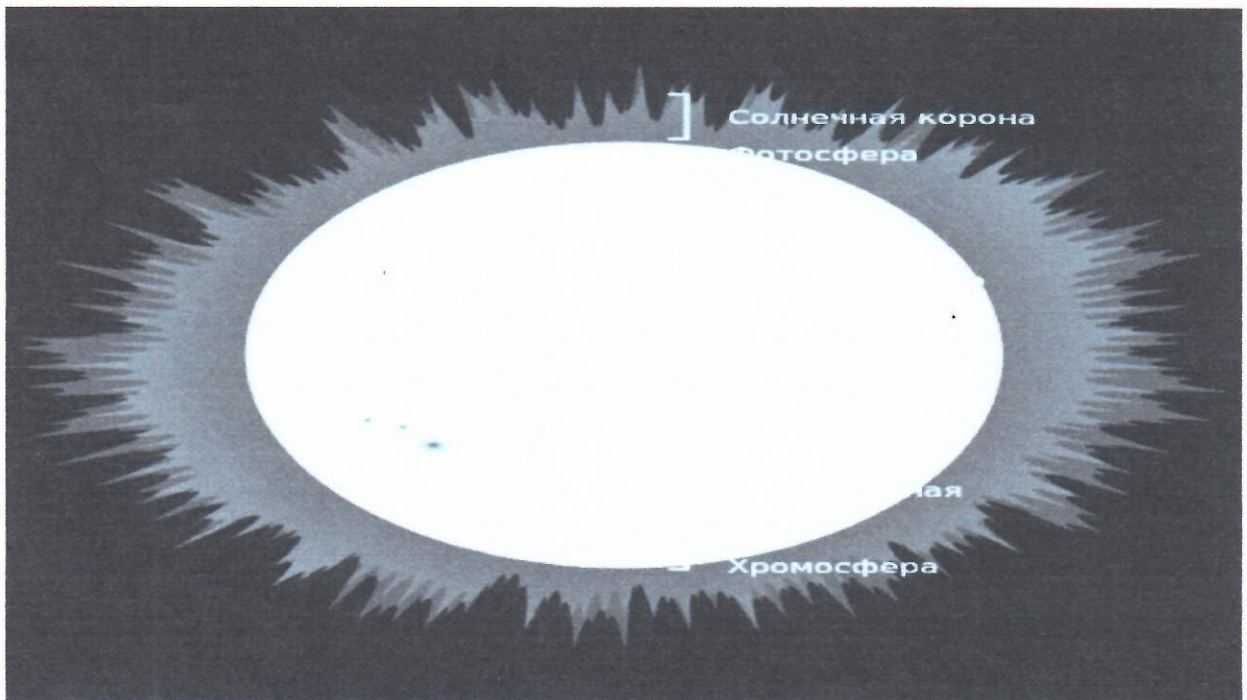


**Внутреннее строение солнца.** Внутреннее строение [Солнца](#) можно условно разделить на три зоны по характеру процессов, которые связаны с выделением и передачей энергии.



**Солнечное ядро.** Ядро – это центральная часть звезды. Оно имеет радиус 150 – 175 тыс. км, что составляет 20 – 25% солнечного радиуса. Ядро, по сути, является термоядерным реактором, ибо реакции такого типа в нём и происходят. Плотность ядра в 150 раз превышает плотность воды, а температура центра его больше  $14\,000\,000^\circ\text{K}$ . Скорость вращения звезды вокруг своей оси в ядре заметно выше, нежели на поверхности. Каждую секунду посредством термоядерной реакции в излучение обращаются 4,26 млн. тонн вещества. Но топлива солнечной кочегарки достаточно для нескольких миллиардов лет работы.

**Зона лучистого переноса.** В этой зоне перенос энергии происходит главным образом с помощью излучения и поглощения фотонов. При этом направление каждого конкретного фотона, излучённого слоем плазмы, никак не зависит от того, какие фотоны плазмой поглощались, поэтому он может как проникнуть в следующий слой плазмы в лучистой зоне, так и переместиться назад, в нижние слои. Из-за этого промежуток времени, за который многократно переизлучённый фотон (изначально возникший в ядре) достигает конвективной зоны, может измеряться миллионами лет. В среднем этот срок составляет для Солнца 170 тыс. лет

**Конвективная зона.** Следующую, внешнюю, область Солнца занимает конвективная зона. Ближе к поверхности Солнца температуры и плотности вещества уже недостаточно для полного переноса энергии путём переизлучения. Возникает вихревое перемешивание плазмы, и перенос энергии к поверхности (фотосфере) совершается преимущественно движениями самого вещества. С одной стороны, вещество фотосферы, охлаждаясь на поверхности, погружается вглубь конвективной зоны. С другой стороны, вещество в нижней части получает излучение из зоны лучевого переноса и поднимается наверх, причём оба процесса идут со значительной скоростью. Такой способ передачи энергии называется конвекцией, а подповерхностный слой Солнца толщиной примерно 200 000 км, где она происходит, — конвективной зоной. По мере приближения к поверхности температура падает в среднем до 5800 К, а плотность газа до менее 1/1000 плотности земного воздуха.

### **Солнце как важнейший источник энергии**

Поскольку энергия всех практически используемых энергоносителей происходит от Солнца, то естественно возникает вопрос о происхождении энергии самого Солнца.

Ранние представления о происхождении солнечной энергии

Проблема происхождения солнечного света занимала людей ещё с давних пор. В древности думали, что Солнце — это нечто, подобное мощному горящему факелу. Однако уже в первой половине XIX столетия было доказано, что в таком случае продолжительность существования Солнца не превышала бы 6000-8000 лет. Из геологических и палеонтологических исследований известно, что по крайней мере за последние 3-4 млрд. лет интенсивность солнечного излучения изменилась весьма незначительно. Примерно сто лет назад были попытки объяснить солнечную энергию постоянно падающими на Солнце метеоритами, кинетическая энергия которых превращается в тепло. Однако расчеты показывают, что это исключено хотя бы потому, что увеличение массы Солнца за счёт метеоритов должно было бы привести к заметному увеличению солнечной гравитации. Предполагали также, что под действием собственной гравитации Солнце сжимается, и освобождающаяся при этом энергия превращается в тепло. Но это должно было бы привести к заметному уменьшению диаметра Солнца, и более того, как показывают подсчеты, оно бы уже остыло. Так что и эта теория оказалась несостоятельной.

Таким образом, классическая физика и химия не смогли ответить на вопрос о происхождении энергии, излучаемой Солнцем в течение миллиардов лет. Только современная атомная физика показала, что источником солнечной энергии являются ядерные превращения, происходящие в недрах Солнца.

Ядерные реакции — источник энергии Солнца

Революция в физике, совершившаяся на рубеже XIX и XX веков в частности благодаря открытию радиоактивности (Беккерель, 1896), разработке квантовой теории (Планк, 1900)

и теории относительности (Эйнштейн, 1905), привела к открытию ядерных реакций, при которых освобождается в миллионы раз больше энергии, чем при химических. В ходе ядерных реакций (радиоактивного распада) атомные ядра (неделимые с точки зрения классической физики) одних радиоактивных элементов превращаются в атомные ядра других. В природе происходит естественный радиоактивный распад ряда химических элементов. В лабораторных условиях в настоящее время возможно искусственное превращение атомных ядер всех химических элементов. Эти процессы совершаются при бомбардировке атомных ядер различных элементов высокоэнергетическими ядерными частицами. На основе лабораторных исследований ядерных реакций Бете (1938) пришел к заключению, что энергия, излучаемая Солнцем, - это продукт происходящего на Солнце процесса слияния (синтеза) ядер атомов водорода (протонов) в атомные ядра гелия. Синтез ядер, ведущий к образованию гелия, происходит при температуре в миллионы градусов (поэтому эти процессы называют термоядерными реакциями) и при очень высоком давлении.

Для наглядного представления об истинных размерах энергии, освобождающейся при ядерном синтезе, интересно сравнить его с реакциями окисления водорода или углерода, которые относятся к числу наиболее "энергетически богатых" химических процессов:  $O_2 \rightarrow 2H_2O + 137 \text{ ккал}$ . Видно, что энергия, выделяющаяся при термоядерных реакциях, во много миллионов раз превосходит теплоту сгорания. С помощью спектроскопических исследований установлено, что Солнце в основном состоит из водорода: на каждые четыре атома водорода приходится только один атом гелия. В течение 5-6 миллиардов лет, прошедших со времени возникновения Солнца, лишь относительно небольшая часть содержащегося в нем водорода превратилась в гелий. Следовательно, Солнце может излучать энергию еще в течение нескольких миллиардов лет. Таким образом, благодаря успехам современной физики доказано, что потребность в энергии живой и неживой природы, а также человеческого общества, в конечном счете удовлетворяется за счет термоядерных процессов, происходящих на Солнце. При современных способах получения атомной энергии ее можно использовать лишь после многочисленных преобразований. Осуществление в искусственных условиях управляемой термоядерной реакции дало бы человечеству мощный источник энергии. Вот почему над этой проблемой работают физики всего мира. Неуправляемый ядерный синтез с огромной скоростью совершается при взрыве водородной бомбы

**Солнце и жизнь на Земле.** Возникновение жизни на поверхности Земли — одной из планет, вращающихся вокруг Солнца, стало возможным на определенном этапе эволюции солнечной системы. В силу сочетания таких факторов, как соотношение масс Солнца и Земли, расстояние между ними, интенсивность солнечного излучения, прозрачность и состав земной атмосферы и т. п., создались условия для возникновения простейших форм жизни. Но еще задолго до этого судьба Земли была теснейшим образом связана с Солнцем, в семье которого — Солнечной системе — Земля казалась с самого начала одним из обычных, ничем не примечательных отпрысков.