

A composite image of the Sun, Earth, and the Moon in space. The Sun is on the left, glowing brightly with a fiery orange and yellow surface. The Earth is on the right, showing blue oceans and white clouds. The Moon is in the center, appearing as a small grey sphere. The background is a dark black space filled with numerous small white stars.

# **СОЛНЦЕ, СОСТАВ И ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ**

# Энергия и температура Солнца

Солнце – центральное тело Солнечной системы –  
является типичным представителем звезд,  
наиболее распространенных во Вселенной тел.

Масса Солнца составляет  $2 \cdot 10^{30}$  кг.





Как и многие другие звезды, Солнце представляет собою огромный шар, который состоит **из водородно-гелиевой плазмы** и находится в равновесии в поле собственного тяготения.



Солнце излучает в космическое пространство колоссальный по мощности поток излучения, который в значительной мере определяет физические условия на Земле и других планетах, а также в межпланетном пространстве.

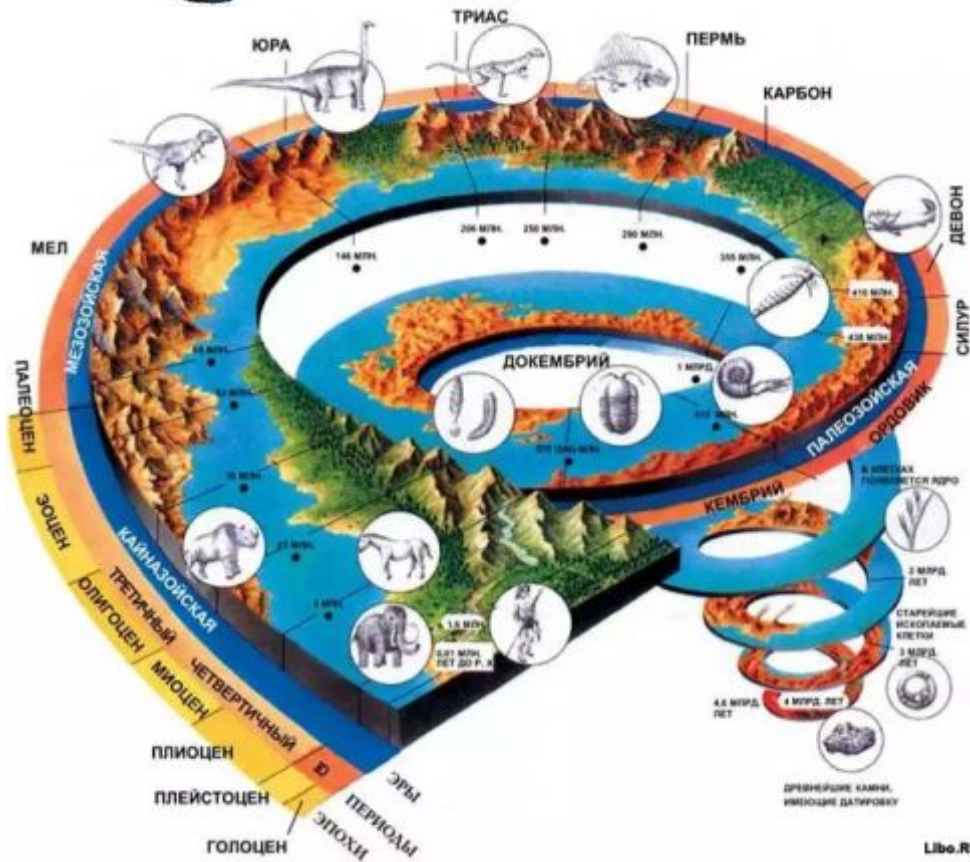
Земля получает всего лишь **одну двухмиллиардную долю** солнечного излучения. Однако и этого достаточно, чтобы приводить в движение огромные массы воздуха в земной атмосфере, управлять погодой и климатом на земном шаре.





Большинство источников энергии, которые использует человечество, связаны с Солнцем.

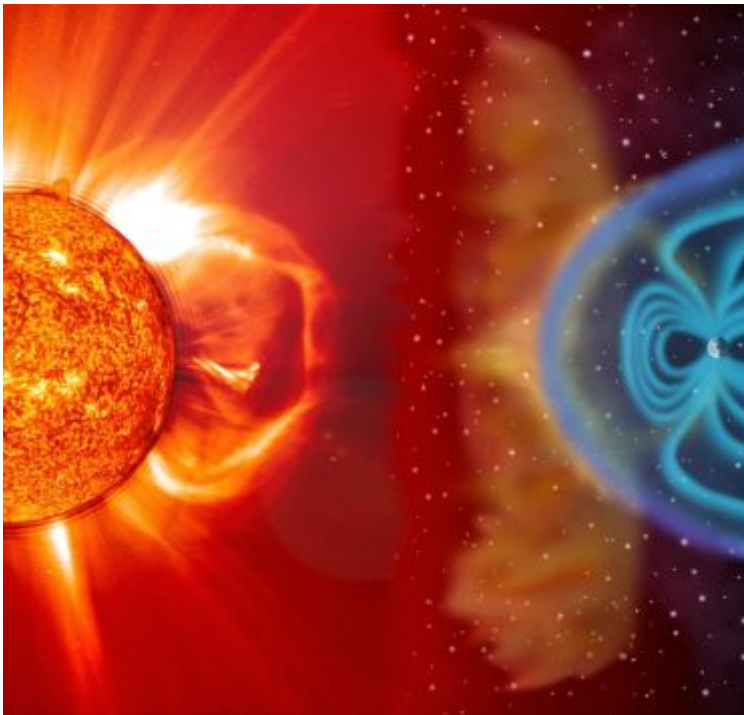
Тепло и свет Солнца обеспечили **развитие жизни** на Земле, формирование месторождений **угля, нефти и газа**.





Количество приходящей от Солнца на Землю энергии принято характеризовать **солнечной постоянной**.

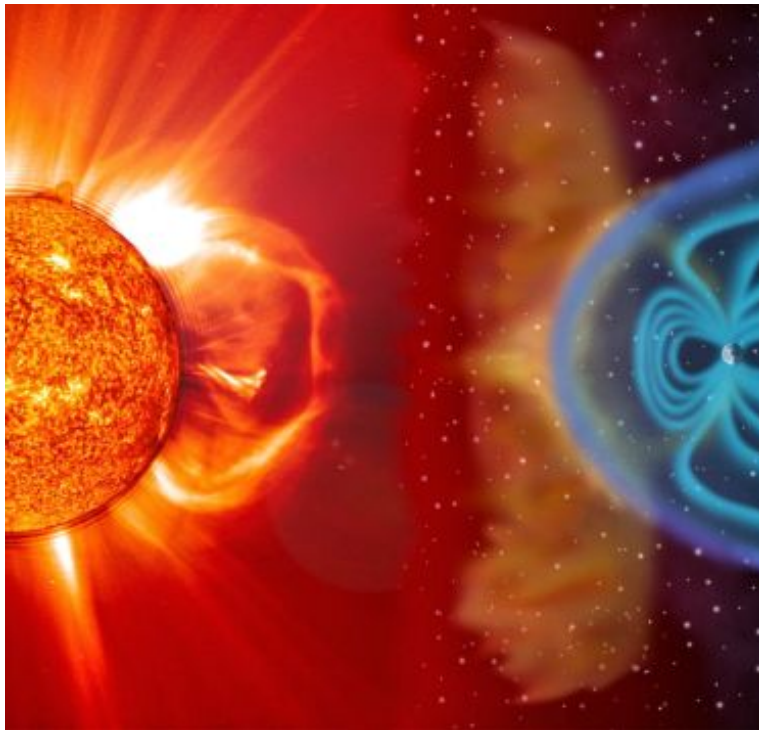
**Солнечная постоянная** – поток солнечного излучения, который приходит на поверхность площадью  $1 \text{ м}^2$ , расположенную за пределами атмосферы перпендикулярно солнечным лучам на среднем расстоянии Земли от Солнца (1 а.е.).



Солнечная постоянная равна  $1,37 \text{ кВт/м}^2$  .

Полная мощность излучения Солнца, его **СВЕТИМОСТЬ**, составляет

$$L = 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт.}$$



Радиус Солнца равен  $\approx 700\,000$  км.

Температура фотосферы Солнца  $T = 6000$  К.

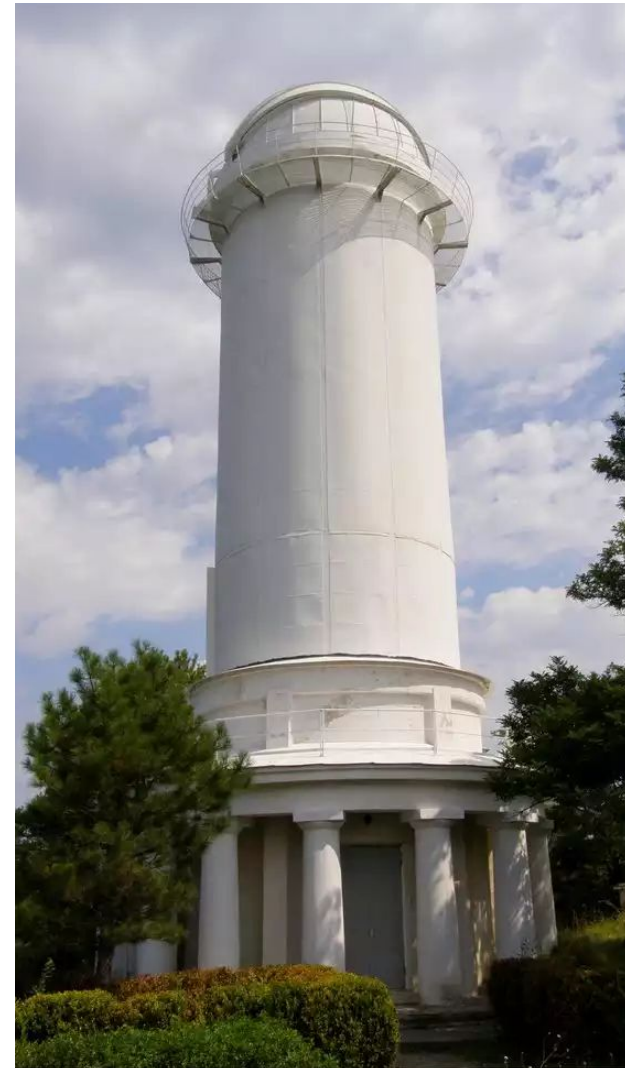
Такая температура может поддерживаться лишь за счет постоянного притока энергии из недр Солнца.



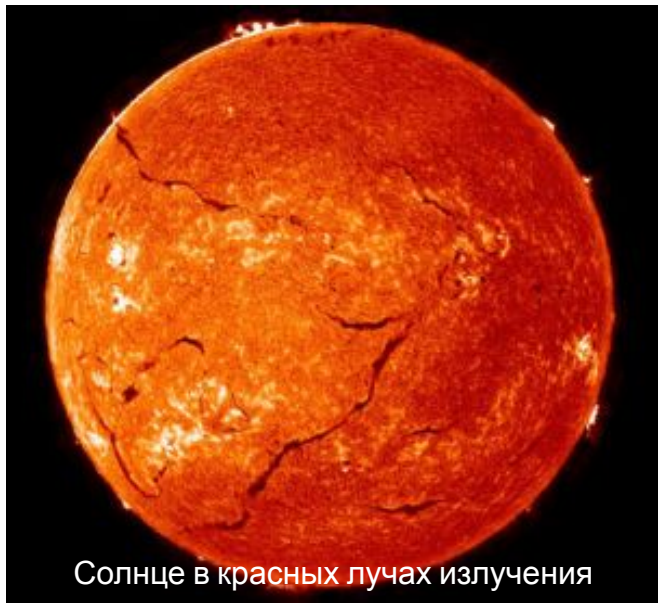
# Состав и строение Солнца

Для изучения Солнца используются телескопы особой конструкции – **башенные солнечные телескопы**.

Система зеркал непрерывно поворачивается вслед за Солнцем и направляет его лучи вниз на главное зеркало, а затем они попадают в спектрографы или другие приборы, с помощью которых проводятся исследования Солнца.



Башенный солнечный телескоп Крымской астрофизической обсерватории БСТ-1 (1957 г.)



Солнце в красных лучах излучения

Благодаря большому фокусному расстоянию солнечных телескопов (до 90 м) можно получить изображение Солнца диаметром до 80 см и детально изучать происходящие на нем явления.

Они лучше видны на **спектрогелиограммах** — снимках Солнца, которые сделаны в лучах, соответствующих спектральным линиям водорода, кальция и некоторых других элементов.



Солнце в ультрафиолетовых лучах



Солнце в рентгеновских лучах



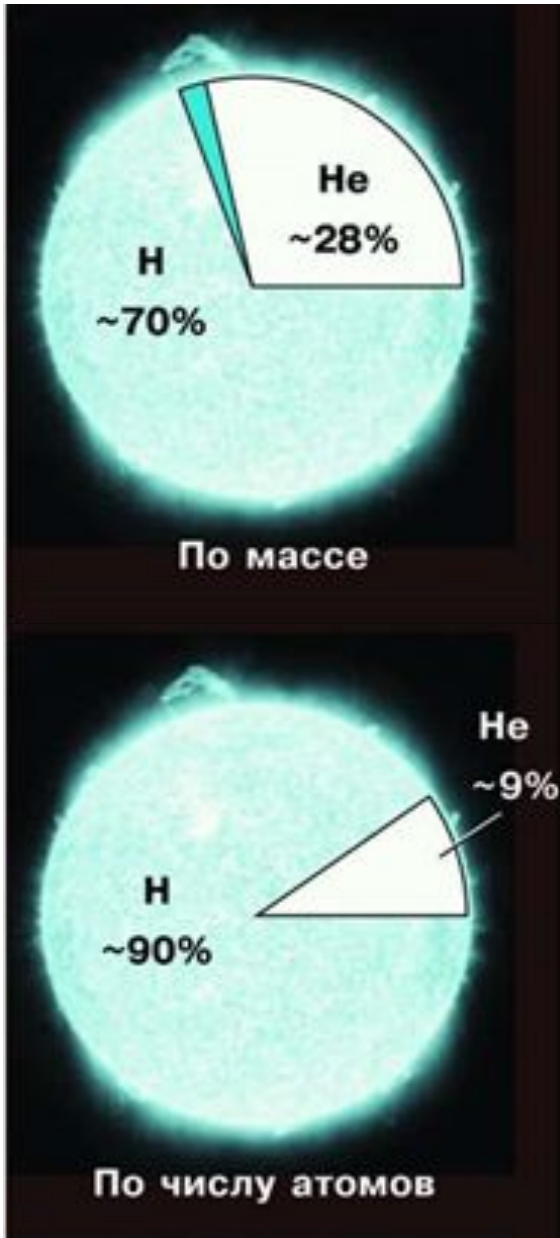


Диаграмма химического состава Солнца

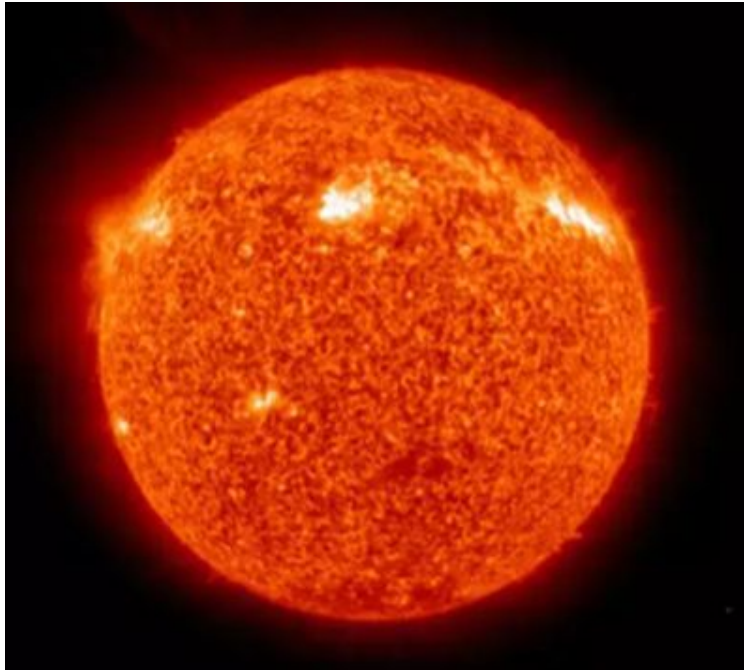
## Химический состав Солнца:

- **водород** составляет около 70% солнечной массы,
- **гелий** – более 28%,
- **остальные элементы** – менее 2%. Количество атомов этих элементов в 1000 раз меньше, чем атомов водорода и гелия.

Вещество Солнца сильно **ионизовано**: атомы, потерявшие электроны своих внешних оболочек и ставшие ионами, вместе со свободными электронами образуют **плазму**.



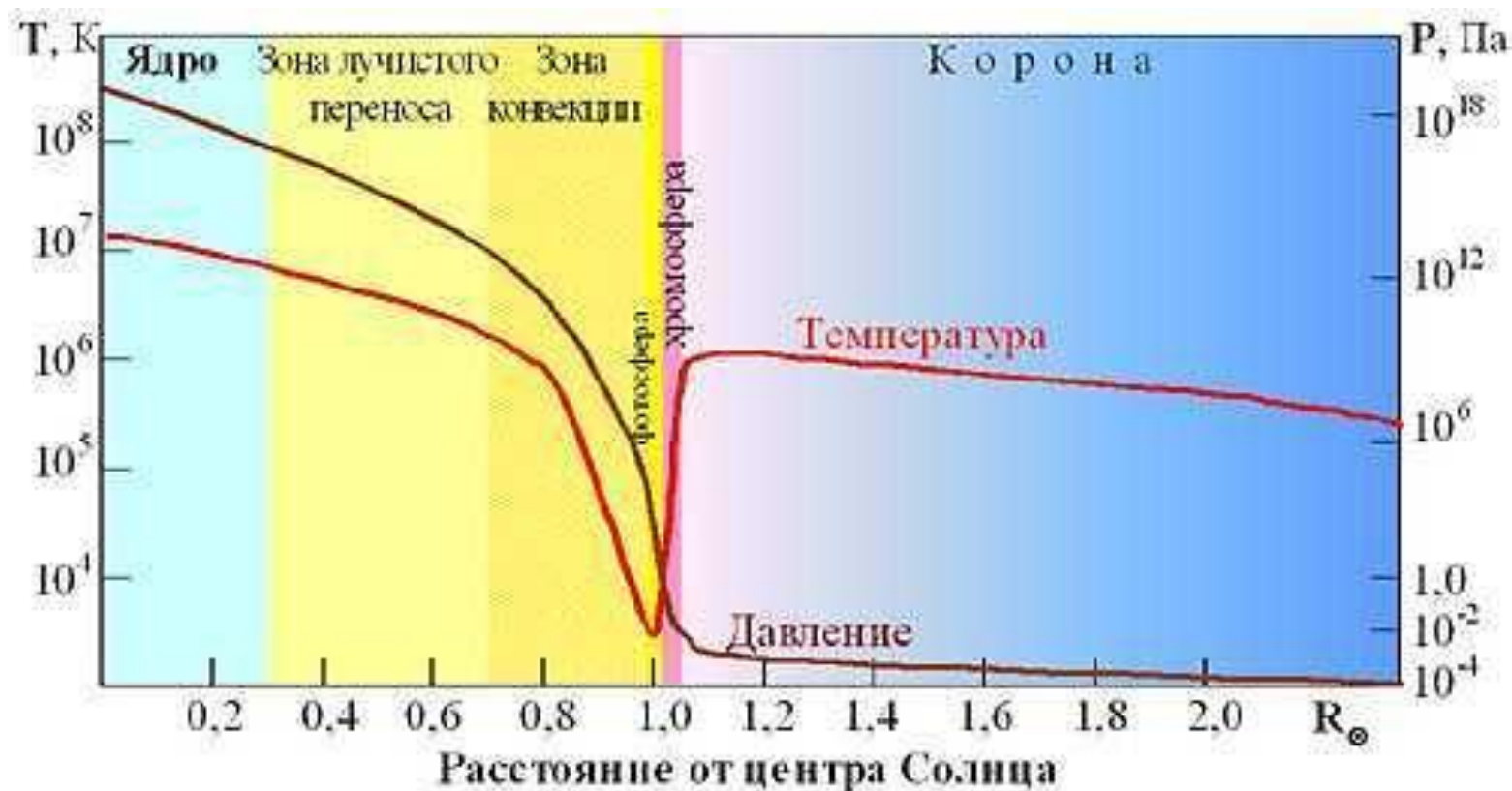
**Средняя плотность** солнечного вещества примерно  $1400 \text{ кг/м}^3$ . Она соизмерима с плотностью воды и в 1000 раз больше плотности воздуха у поверхности Земли.



Солнце находится в равновесии, поскольку в каждом его слое действие сил тяготения, которые стремятся сжать Солнце, уравнивается действием сил внутреннего давления газа.

Действием гравитационных сил в недрах Солнца создается огромное давление.

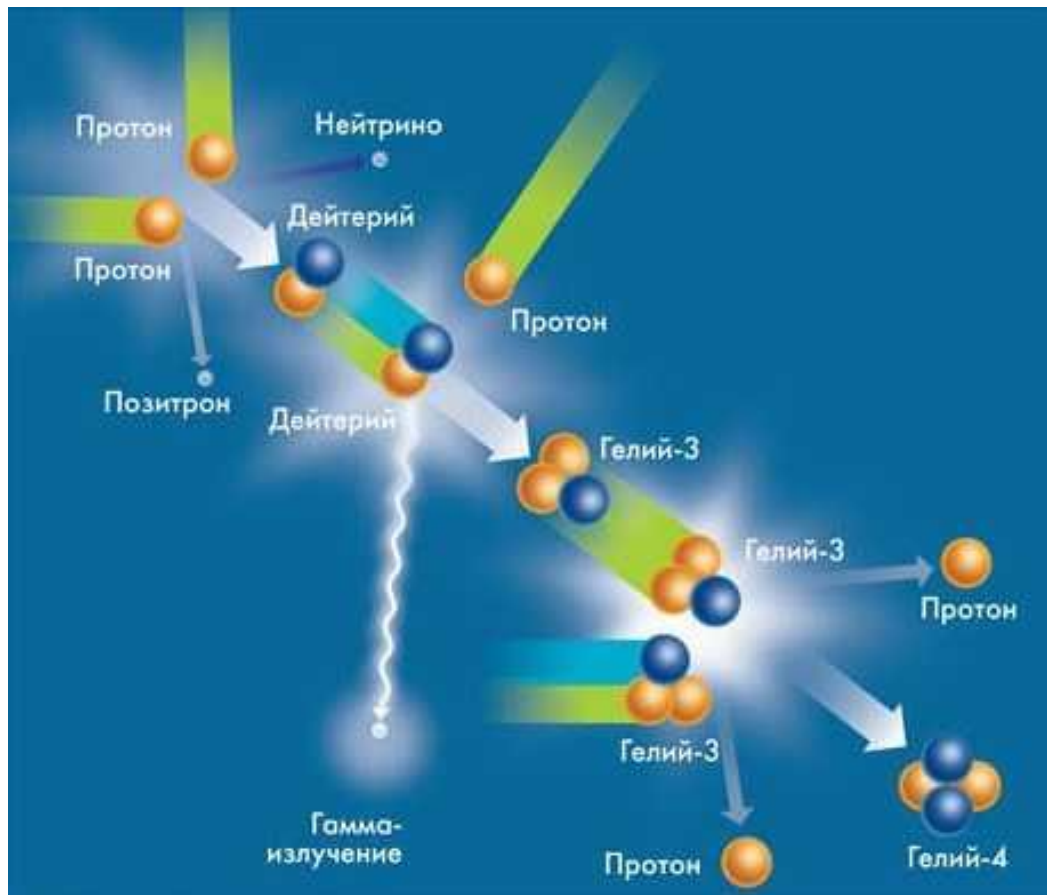
Согласно современным данным, в центре Солнца температура достигает 15 млн К, давление  $2 \cdot 10^{18}$  Па, а плотность вещества значительно превышает плотность твердых тел в земных условиях:  $1,5 \cdot 10^5$  кг/м<sup>3</sup>, т. е. в 13 раз больше плотности свинца.

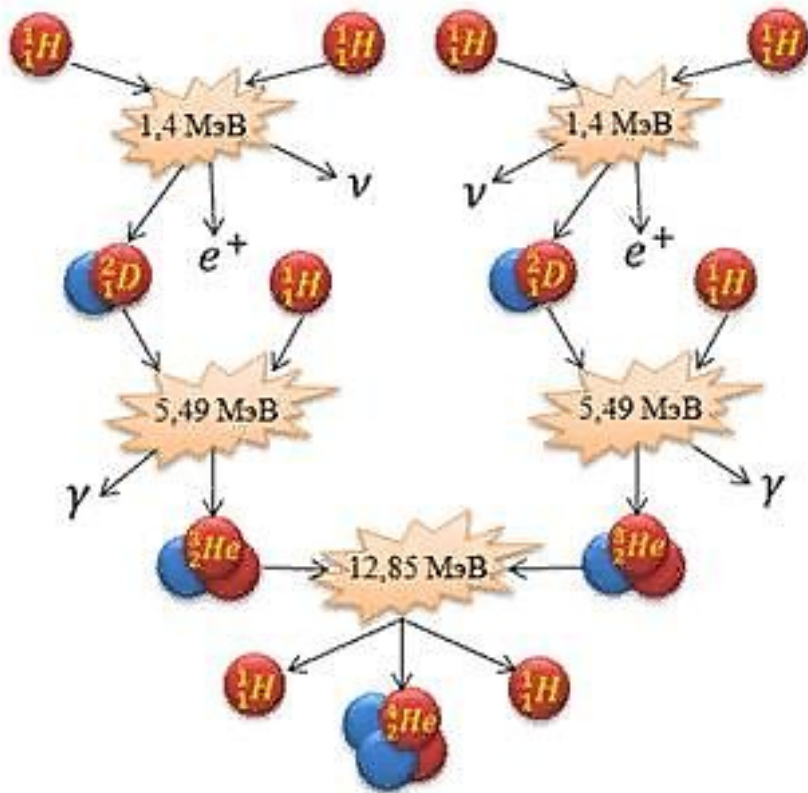




При высокой температуре в центральной части Солнца протоны, которые преобладают в составе солнечной плазмы, имеют столь большие скорости, что могут преодолеть электростатические силы отталкивания и взаимодействовать между собой.

В результате такого взаимодействия происходит **термоядерная реакция**: четыре протона образуют альфа-частицу (ядро гелия).



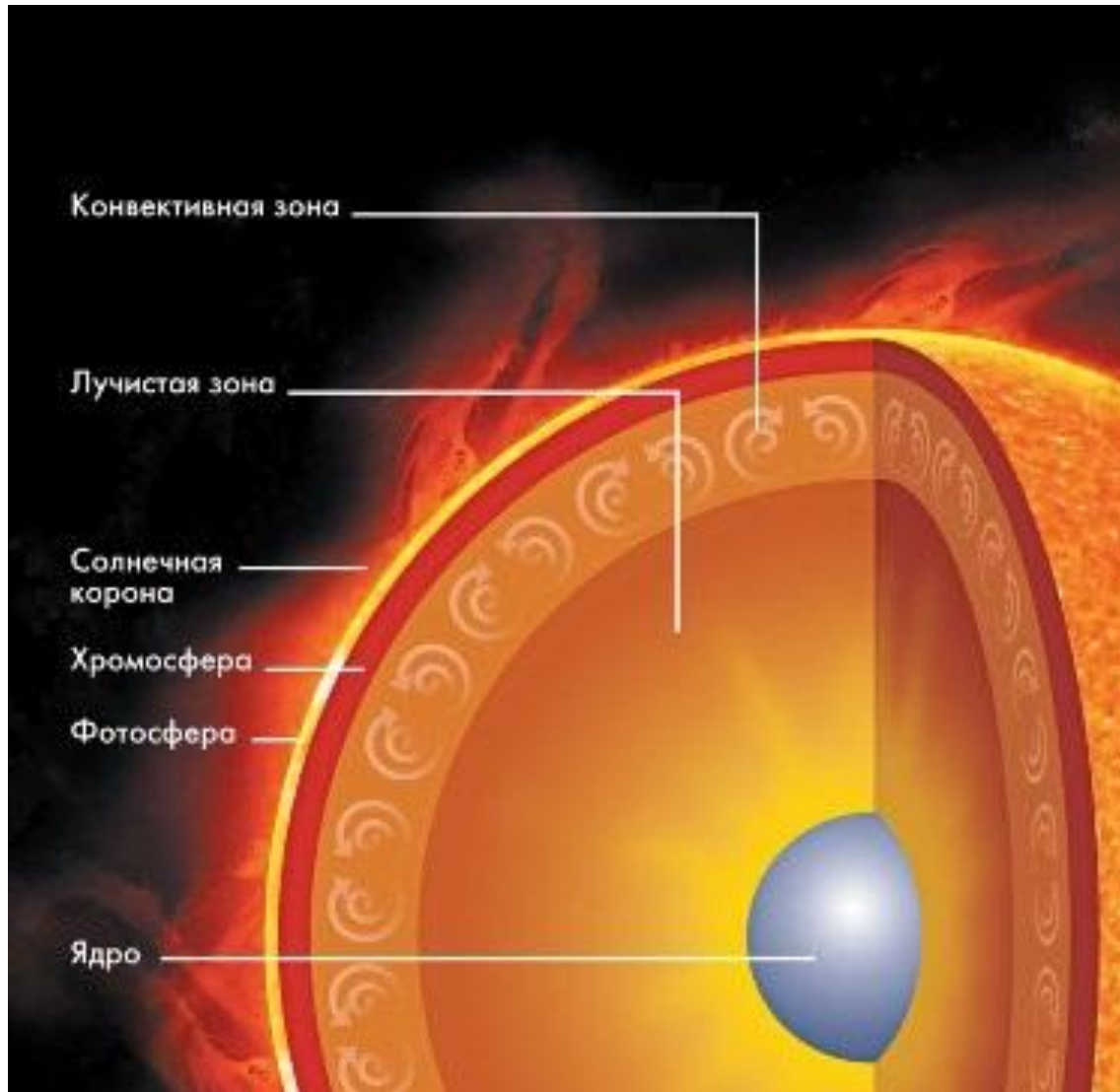


Все три типа нейтрино (электронное, мюонное и таонное) столь слабо взаимодействуют с веществом, что свободно проходят сквозь Солнце и Землю.

Кинетическая энергия, которую приобретают образующиеся в ходе реакции частицы, поддерживает высокую температуру плазмы, и тем самым создаются условия для продолжения термоядерного синтеза.

**Энергия гамма-квантов обеспечивает излучение Солнца.**

Из недр Солнца наружу энергия передается двумя способами: **излучением**, т. е. самими квантами, и **конвекцией**, т. е. веществом.







Выделение энергии и ее перенос определяют **внутреннее строение** Солнца:

**ядро** – центральная зона, где при высоком давлении и температуре происходят термоядерные реакции;

**«лучистая» зона**, где энергия передается наружу от слоя к слою в результате последовательного поглощения и излучения квантов;

**наружная конвективная зона**, где энергия от слоя к слою переносится самим веществом в результате перемешивания (конвекции).

Каждая из этих зон занимает примерно  $1/3$  солнечного радиуса.



Сразу за конвективной зоной начинается **атмосфера**, которая простирается далеко за пределы видимого диска Солнца.

Ее нижний слой – **фотосфера** – воспринимается как поверхность Солнца.

Верхние слои атмосферы непосредственно не видны и могут наблюдаться либо во время полных солнечных затмений, либо из космического пространства, либо при помощи специальных приборов с поверхности Земли.

