

A composite image of the Sun, Earth, and the Moon in space. The Sun is a large, bright, orange-yellow sphere with a textured, fiery surface, occupying the left side of the frame. The Earth is a blue and white sphere with visible clouds, located in the upper right corner. The Moon is a small, grey, cratered sphere, positioned between the Sun and the Earth. The background is a dark, star-filled space.

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.

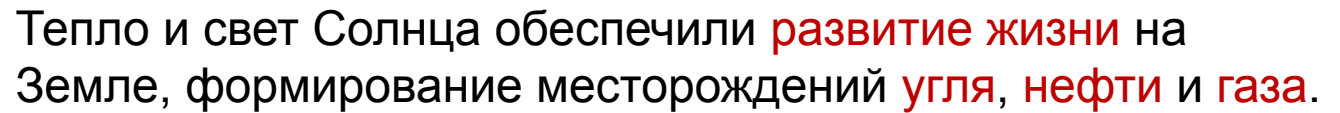


Солнце излучает в космическое пространство колоссальный по мощности поток излучения, который в значительной мере определяет физические условия на Земле и других планетах, а также в межпланетном пространстве.

Земля получает всего лишь **одну двухмиллиардную долю** солнечного излучения.

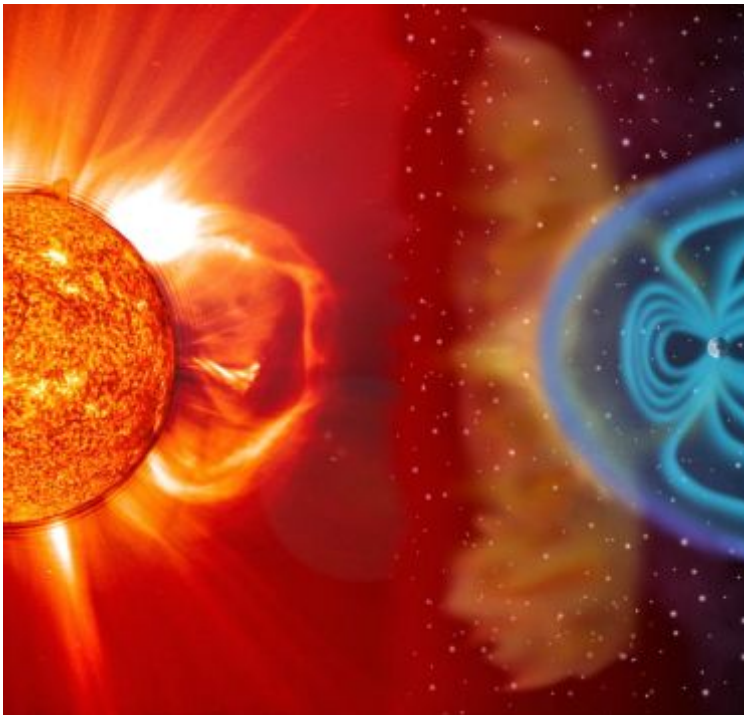
Однако и этого достаточно, чтобы приводить в движение огромные массы воздуха в земной атмосфере, управлять погодой и климатом на земном шаре.





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

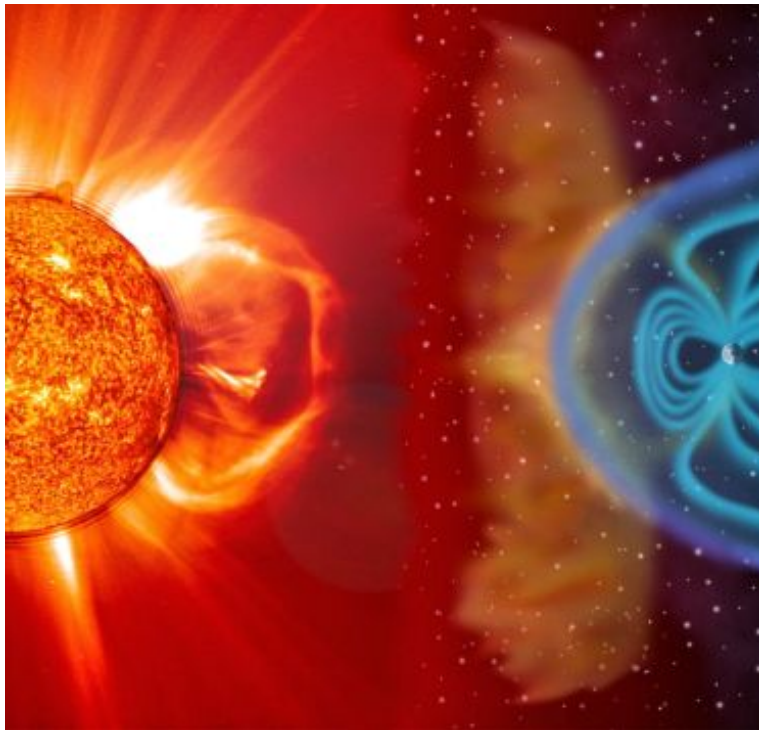
Солнечная постоянная – поток солнечного излучения, который приходит на поверхность площадью 1 м^2 , расположенную за пределами атмосферы перпендикулярно солнечным лучам на среднем расстоянии Земли от Солнца (1 а.е.).



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

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

$$L = 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт.}$$



Строение Солнца:
 1 – гелиевое ядро; 2 – водородный слой;
 3 – фотосфера; 4 – хромосфера; 5 – солнечные пятна;
 6 – протуберанец

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

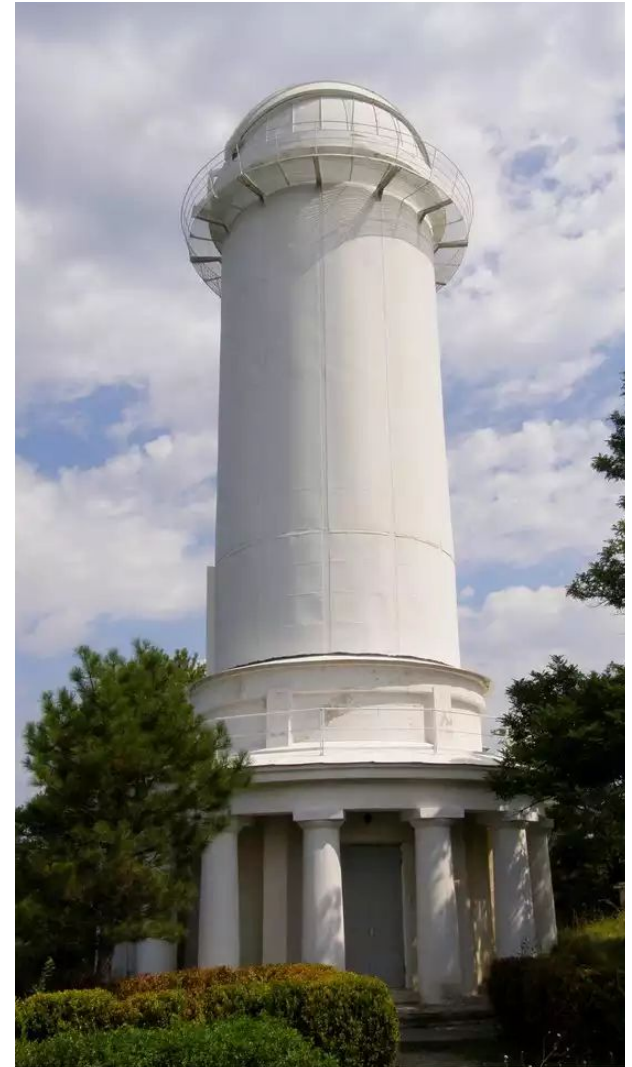
Температура фотосферы Солнца $T = 6000$ К.

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.



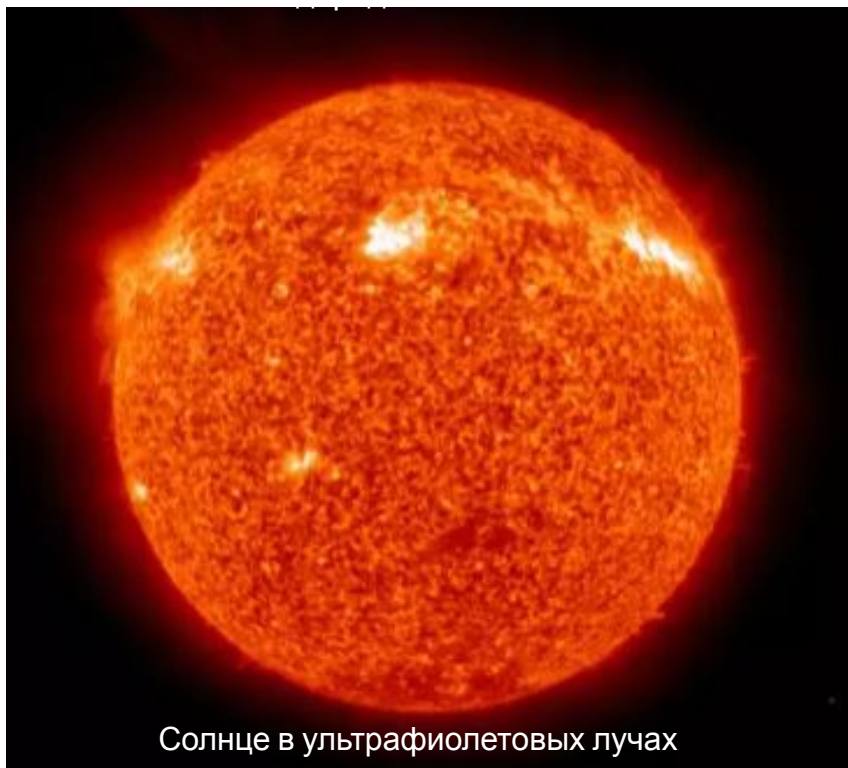
Башенный солнечный телескоп
Крымской астрофизической
обсерватории БСТ-1 (1957 г.)



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

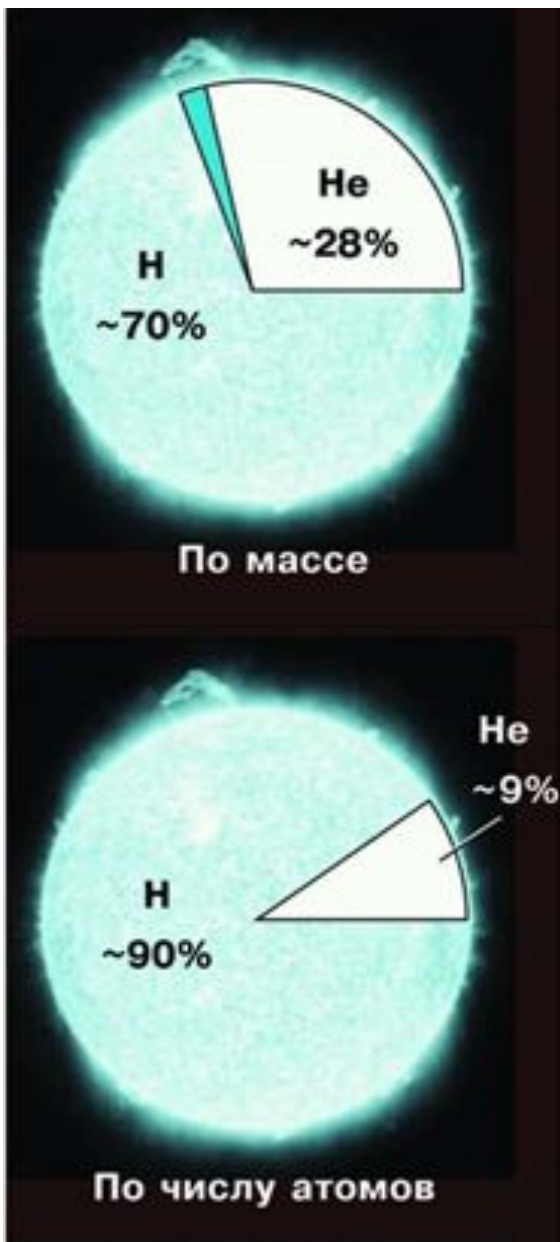


Диаграмма химического состава
Солнца

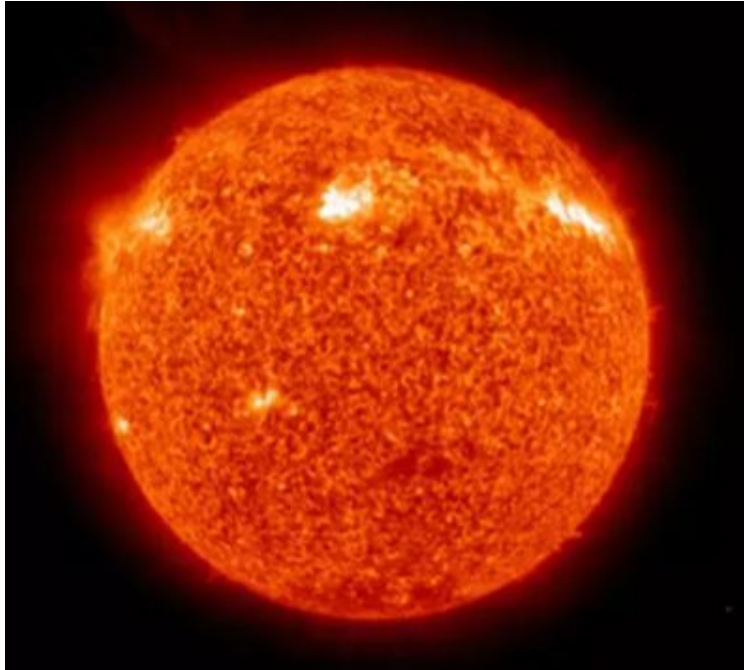
Химический состав Солнца:

- **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**.



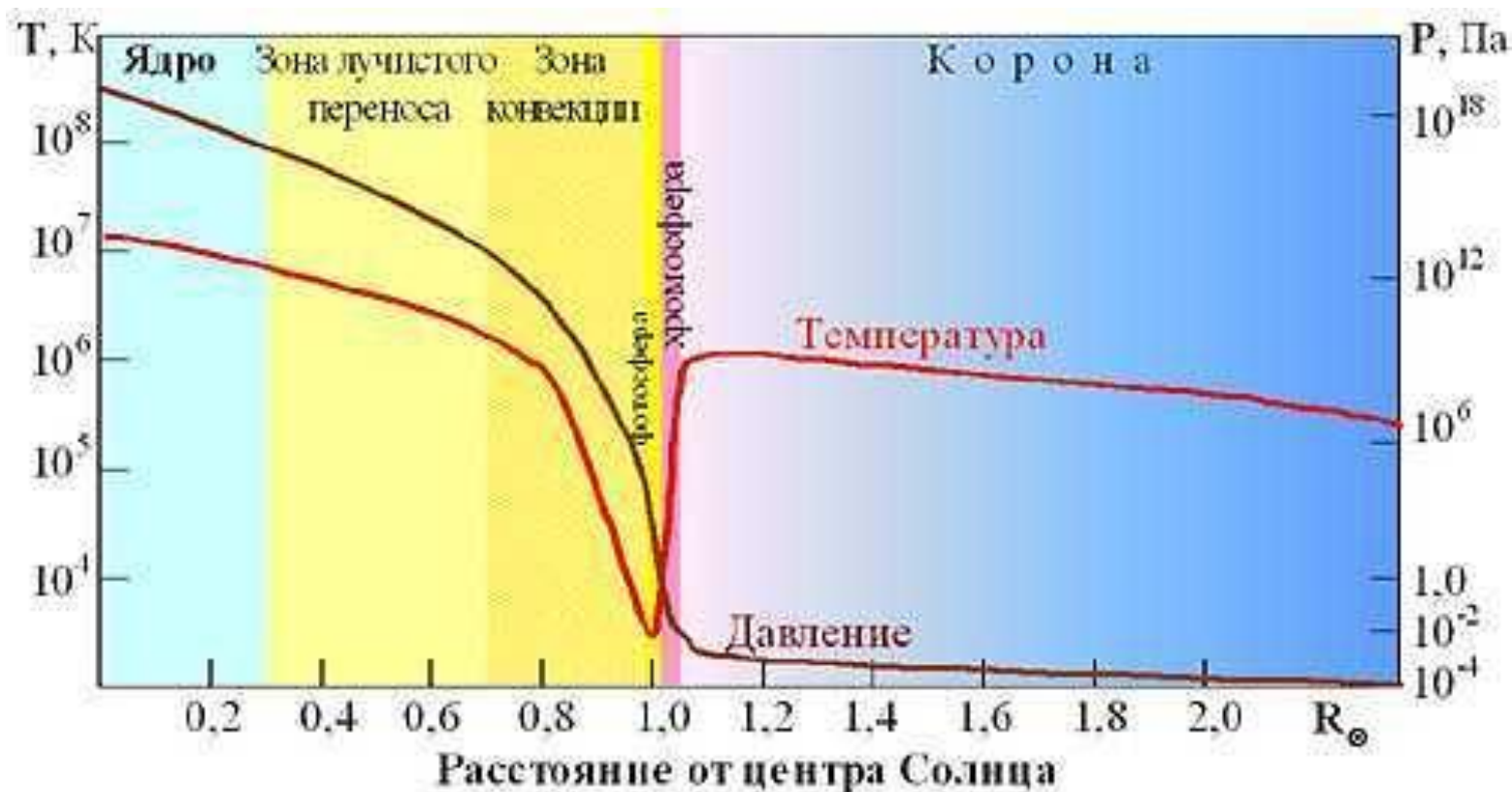
Средняя плотность солнечного вещества примерно 1400 кг/м^3 . Она соизмерима с плотностью воды и в 1000 раз больше плотности воздуха у поверхности Земли.



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

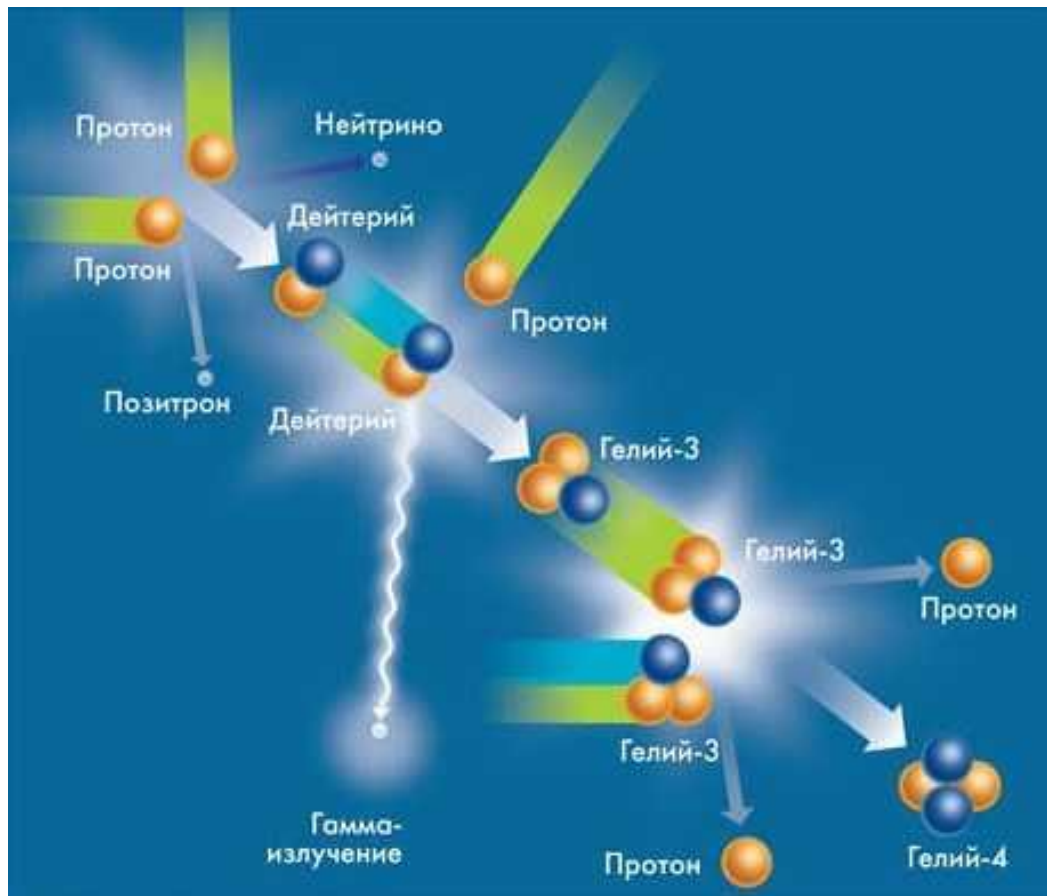
Действием гравитационных сил в недрах Солнца создается огромное давление.

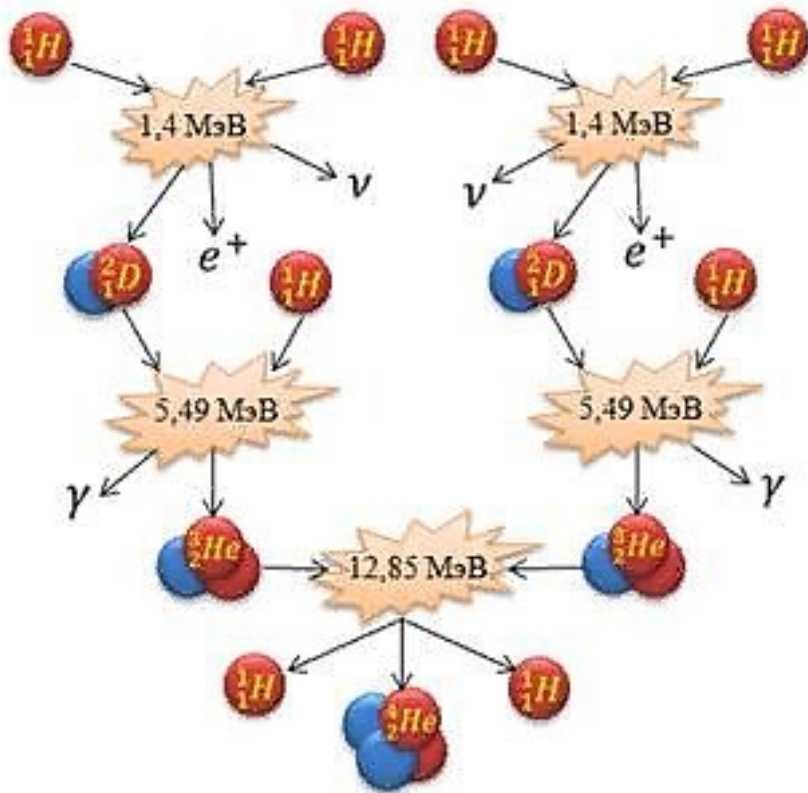
Согласно современным данным, в центре Солнца температура достигает 15 млн К, давление $2 \cdot 10^{18}$ Па, а плотность вещества значительно превышает плотность твердых тел в земных условиях: $1,5 \cdot 10^5$ кг/м³, т. е. в 13 раз больше плотности свинца.



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).



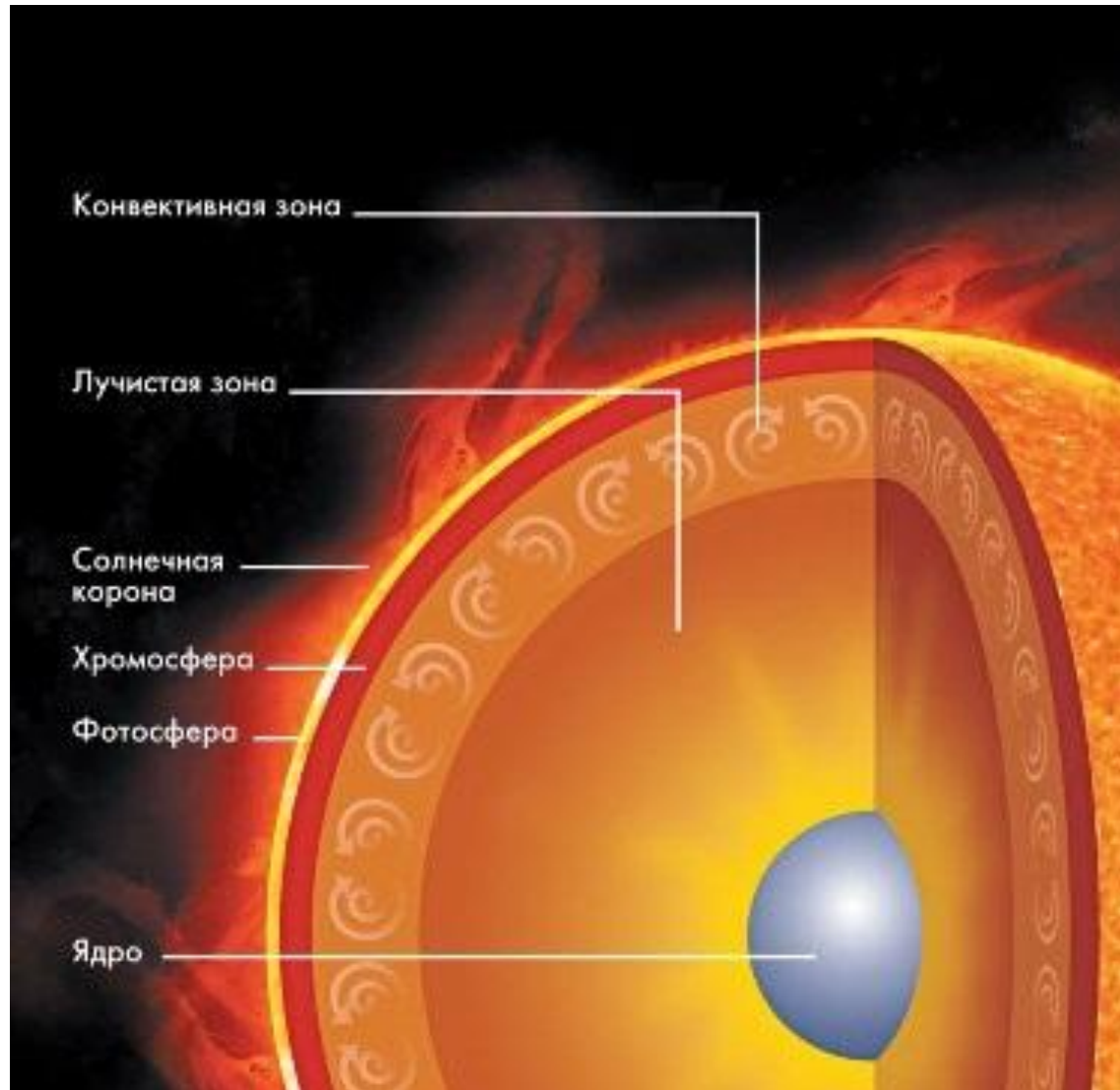


Все три типа нейтрино (электронное, мюонное и таонное) столь слабо взаимодействуют с веществом, что свободно проходят сквозь Солнце и Землю.

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 $\frac{1}{3}$ 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.

