

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 upper right, 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.

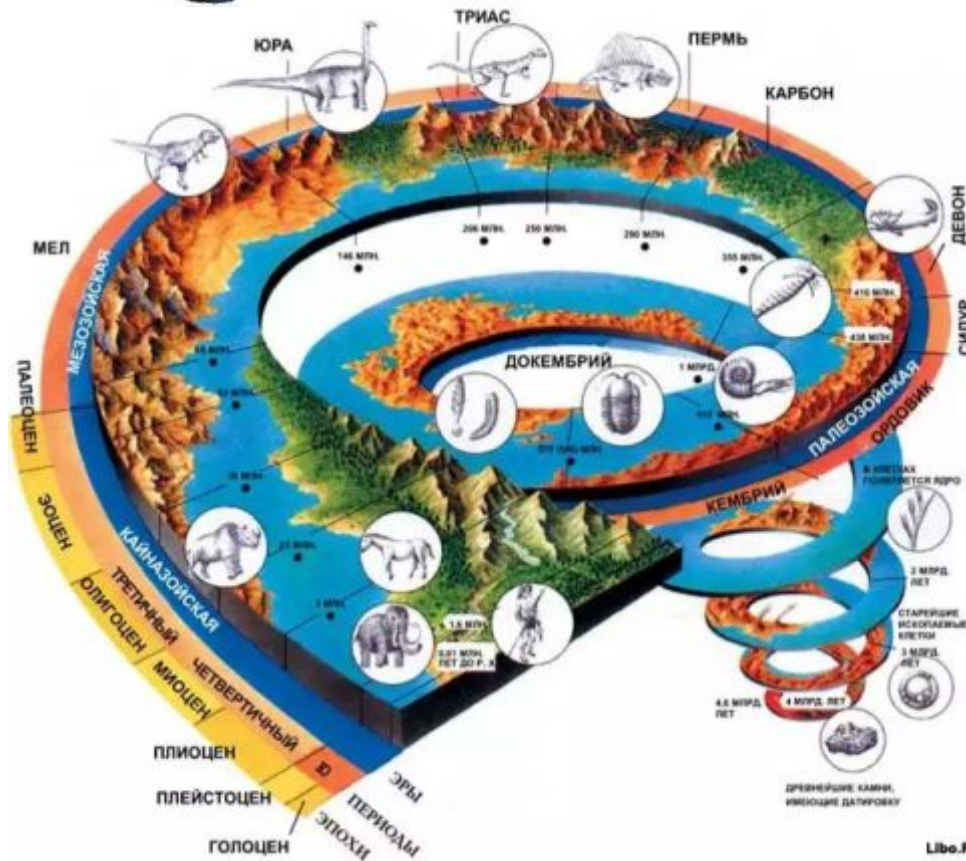
Земля получает всего лишь **одну двухмиллиардную долю** солнечного излучения. Однако и этого достаточно, чтобы приводить в движение огромные массы воздуха в земной атмосфере, управлять погодой и климатом на земном шаре.





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

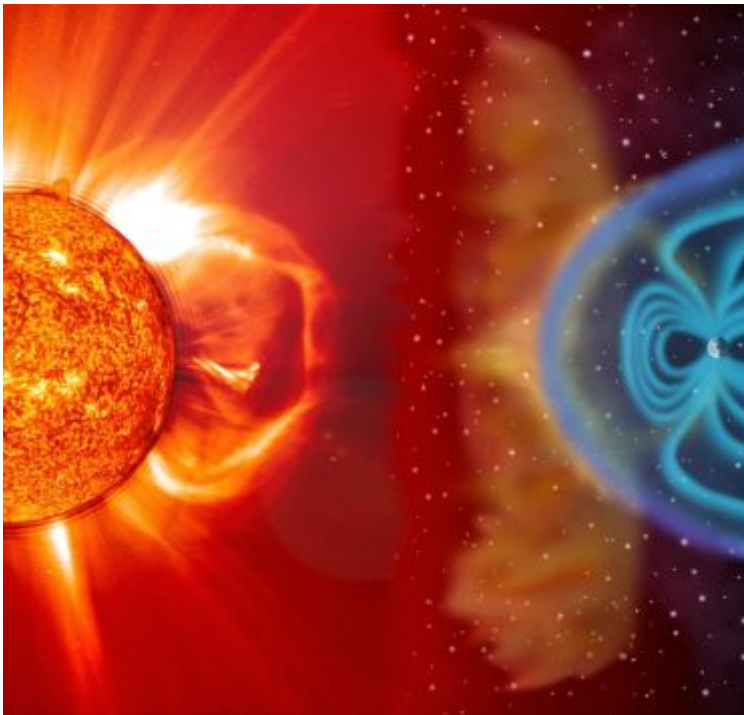
Тепло и свет Солнца обеспечили **развитие жизни** на Земле, формирование месторождений **угля, нефти и газа**.





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  $1,37 \text{ кВт/м}^2$  .

Умножив солнечную постоянную на площадь поверхности шара, радиус которого 1 а.е., определим полную мощность излучения Солнца, его **СВЕТИМОСТЬ**, которая составляет

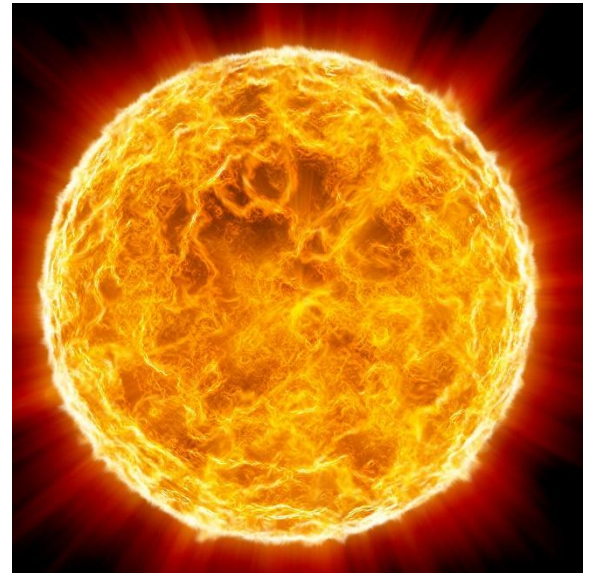
$$L = 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт.}$$

# Состав и строение Солнца

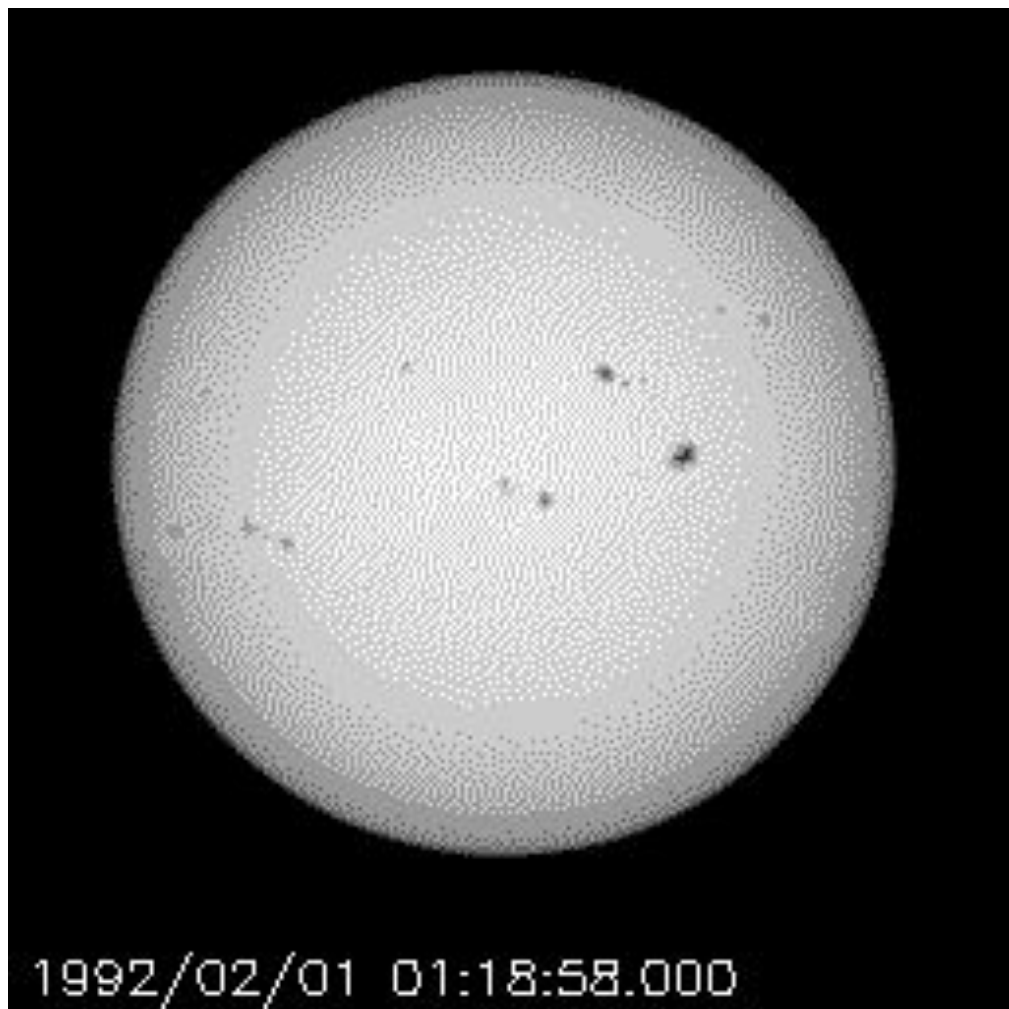


# Общие характеристики

- **Масса** Солнца составляет 99,866 % от массы всей Солнечной системы
- **Видимый угловой диаметр** — 31'31" в январе, 32'31" в июле
- **Средний диаметр**  $1,392 \cdot 10^9$  м (109 диаметров Земли)
- **Масса**  $1,9891 \cdot 10^{30}$  кг (332 982 масс Земли)
- **Средняя плотность**  $1409 \text{ кг/м}^3$  (плотность воды в Мёртвом море)
- **Ускорение свободного падения**  $274,0 \text{ м/с}^2$  (27,96 g)

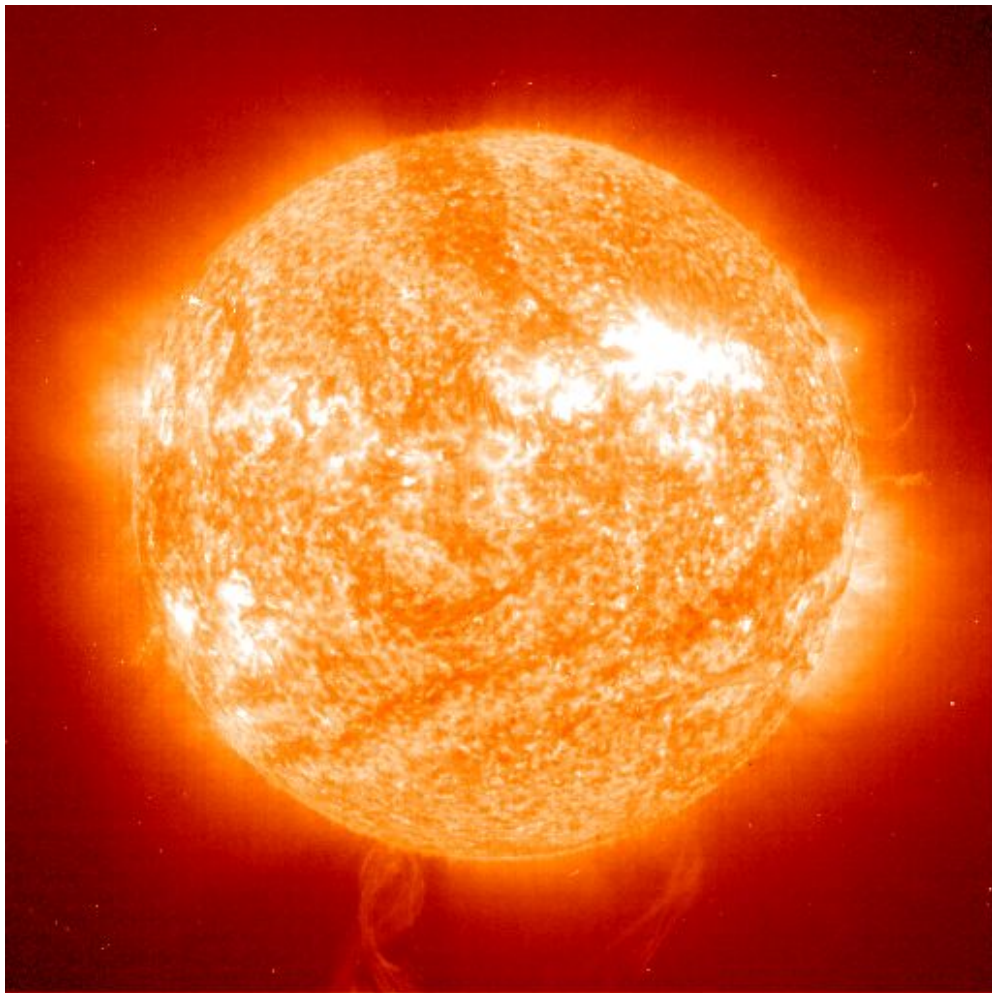


# Вращение Солнца



- **Вращение по зонам** (определяется по изменению положения пятен)
- **Период вращения** на экваторе 25,05 дней, на полюсе 34,3 дней
- **Скорость вращения** видимых слоев на экваторе 7284 км/ч

# Солнечная энергия

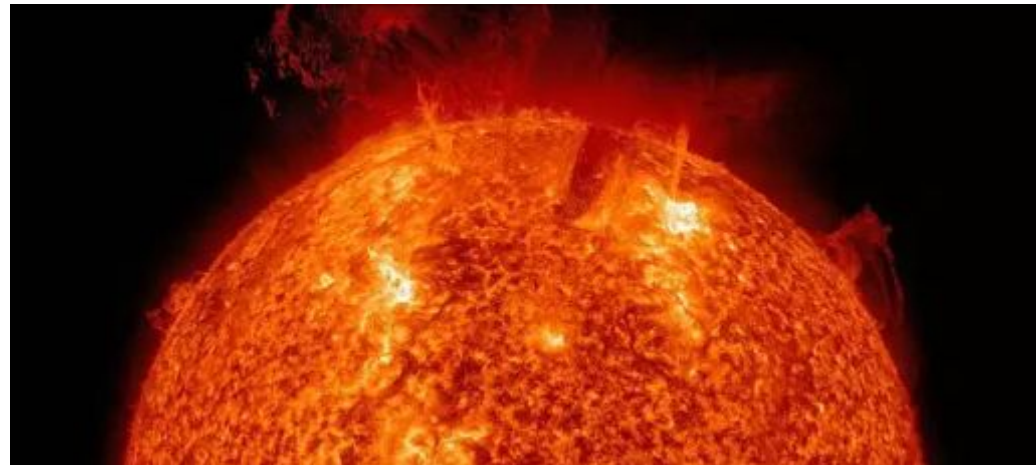


- Солнце вырабатывает энергию путём термоядерных реакций.
- Большая часть энергии вырабатывается при протон-протонной реакции, в результате которой из четырёх протонов образуется гелий.
- За каждую секунду в излучение превращаются 4,26 млн тонн вещества

## Химический состав Солнца:

- **водород** составляет около 70% солнечной массы,
- **гелий** – более 28%,

**остальные элементы** – менее 2%: железа , никеля, кислорода , азота , кремния , серы , магния , углерода , неона , кальция и хрома. 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**.

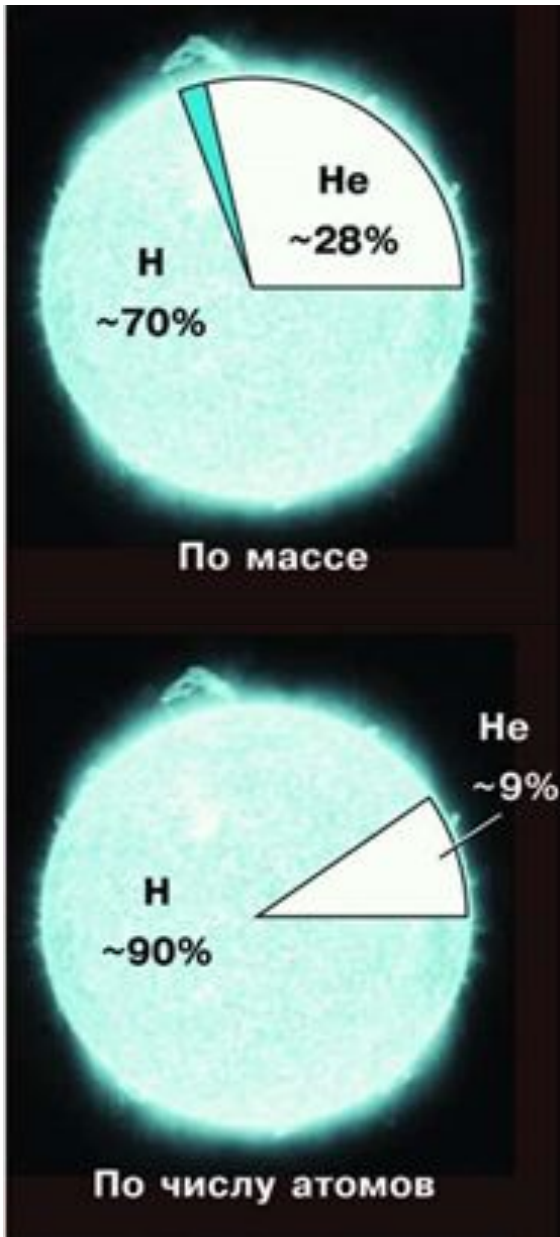


Диаграмма химического состава Солнца



# Температура Солнца



- Закон Стефана-Больцмана

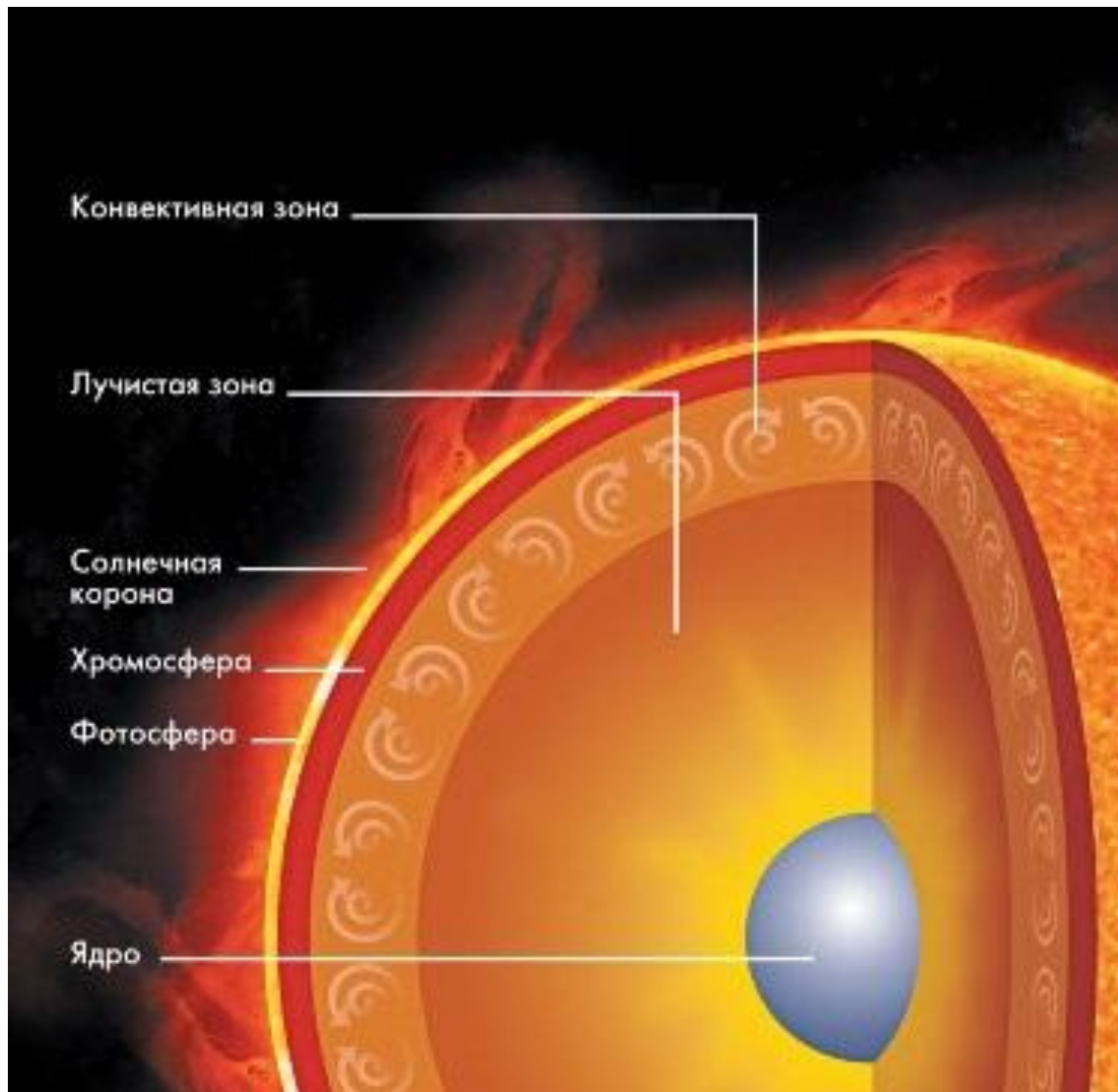
$$E = \sigma T^4$$

- Закон Вина

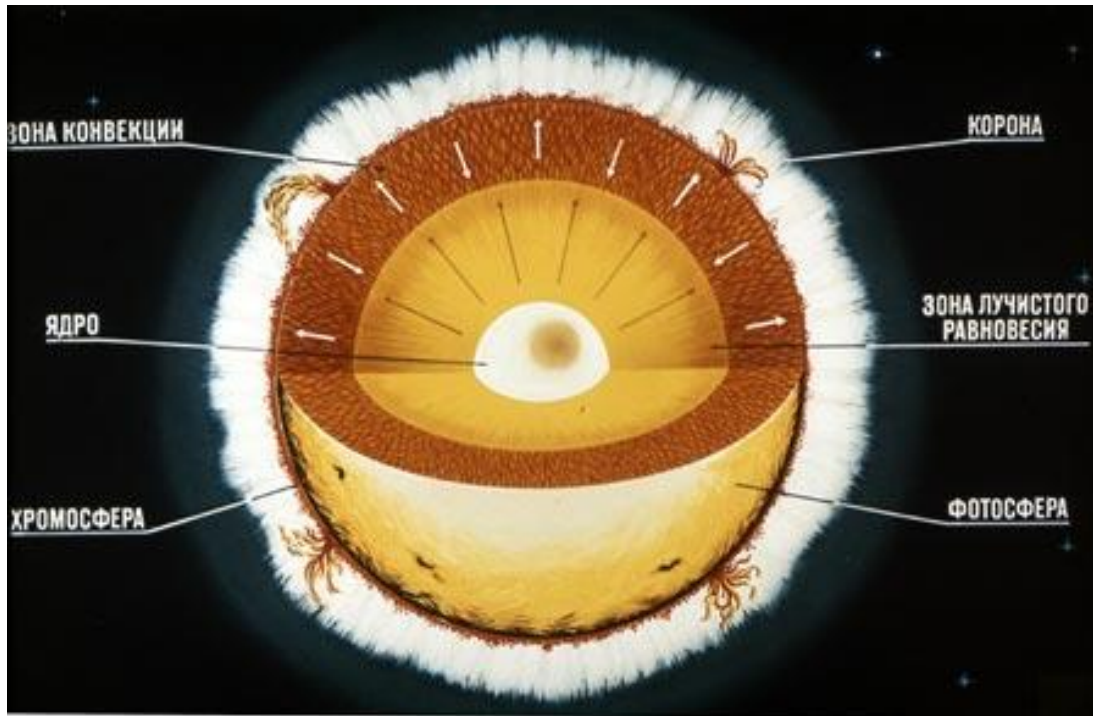
$$\lambda_{\max} = \frac{0,0028999}{T}$$

- Эффективная температура поверхности Солнца 6000К
- Температура в центре Солнца 13 500 000К

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



# Внутреннее строение Солнца



- Зона термоядерных реакций (ядро)  $0-0,3 R$
- Зона переноса лучистой энергии  $0,3 - 0,7 R$
- Конвективная зона  $0,7-1 R$
- Атмосфера



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.

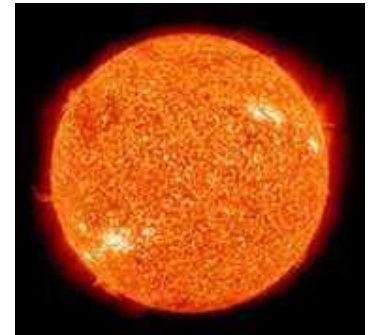




Сразу за конвективной зоной начинается **атмосфера**, которая простирается далеко за пределы видимого диска Солнца.

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.



# Строение атмосферы Солнца

	Условие наблюдения	Внешний вид	Физические характеристики	Наблюдаемые образования
Фотосфера	Видимая сфера	Сфера света	Высота 200-300 км Температура 4000-8000 К	Пятна Факелы
Хромосфера	Полное солнечное затмение	Розовая каёмка	Высота 10-14 тыс.км Температура 5000-50 000К	Вспышки (быстрое увеличение яркости участка)
Солнечная корона	Полное солнечное затмение	Лучистое жемчужное сияние	Температура 2 000 000К	Протуберанцы Солнечный ветер

# Строение атмосферы Солнца

- Фотосфера



- Хромосфера

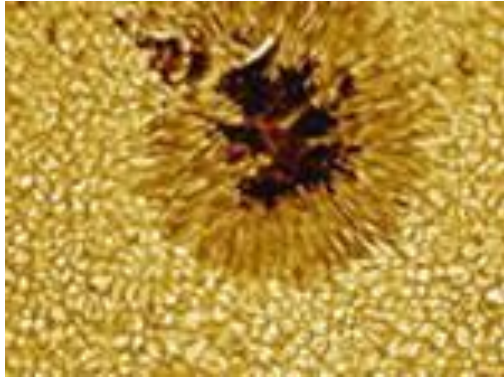


- Солнечная корона



# Активные образования

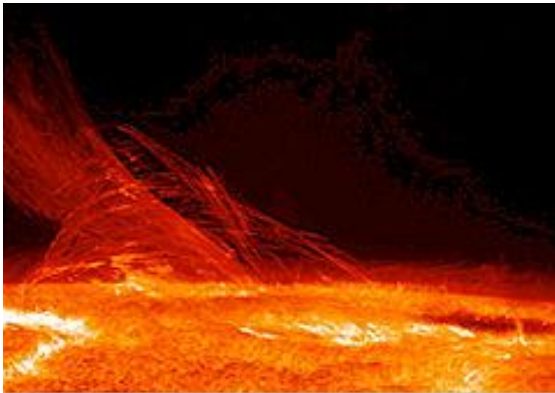
- Пятна и факелы



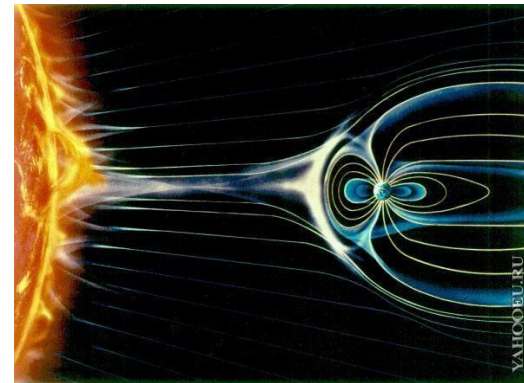
- Вспышки



- Протуберанцы



- Солнечный ветер

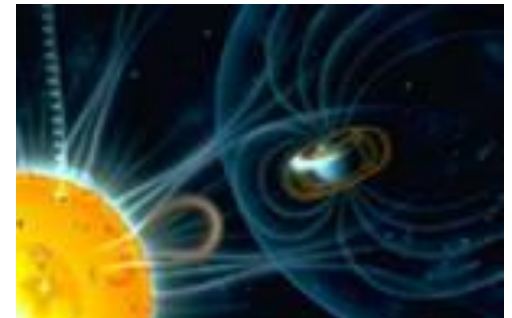
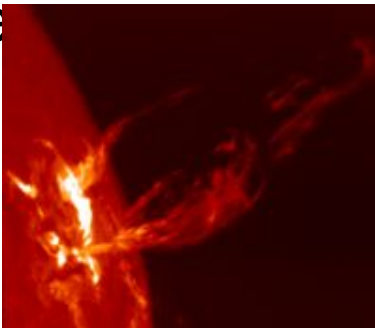


Количество активных областей и групп пятен на Солнце периодически меняется со временем в среднем в течении примерно 11 лет. Это явление называют **циклом Солнечной активности**.



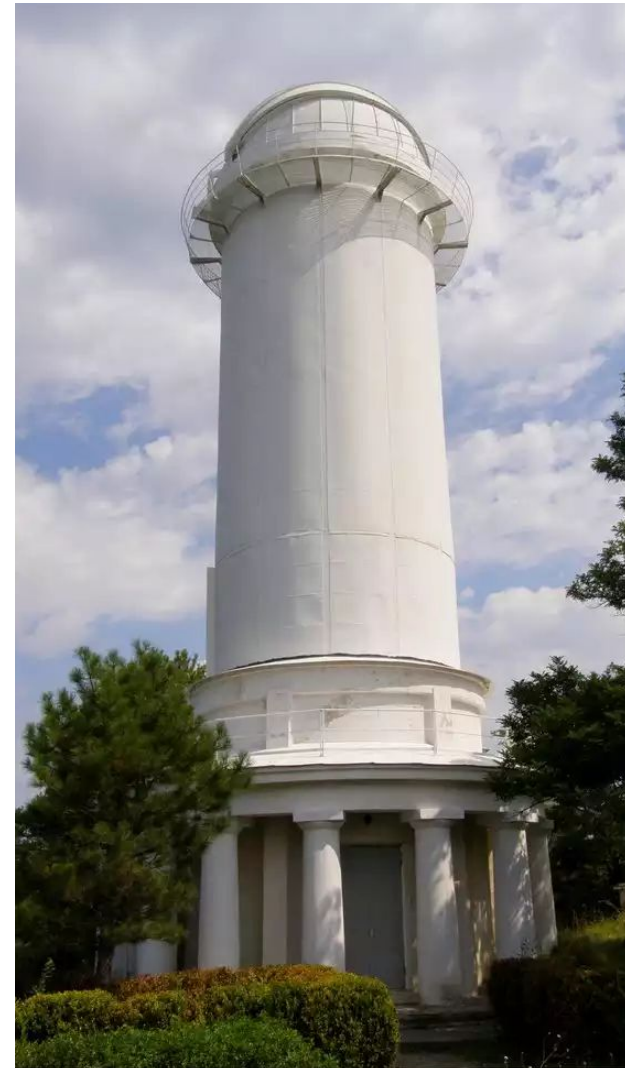
# Солнечная активность

- Солнце обладает сильным магнитным полем, напряжённость которого меняется со временем и которое меняет направление приблизительно каждые 11 лет, во время солнечного максимума.
- Во время солнечной активности наблюдается увеличение солнечных пятен, вспышек, протуберанцев, солнечного ветра.
- На Земле усиливаются полярные сияния в высоких и средних широтах и геомагнитные бури, которые негативно сказываются на работе средств связи, средств передачи электроэнергии, а также негативно воздействует на живые организмы (вызывают головную боль и плохое самочувствие у людей, чувствительных к магнитным бурям).

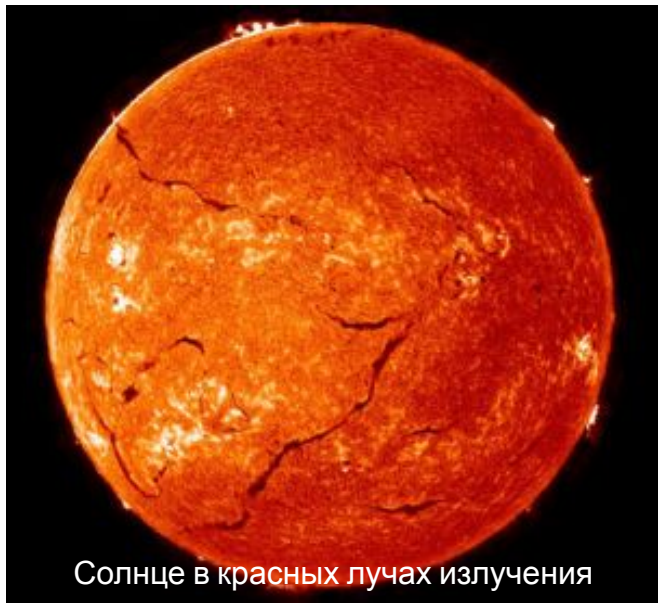


Для изучения Солнца используются телескопы особой конструкции – **башенные солнечные телескопы**.

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

## Вопросы

1. Из каких химических элементов состоит Солнце и каково их соотношение?
2. Каков источник энергии излучения Солнца? Какие изменения с его веществом происходят при этом?
3. Каково внутреннее строение Солнца? Сделайте схему внутреннего строения Солнца.
4. В каких пределах изменяется температура на Солнце от его центра до фотосферы?
5. Что такое цикл солнечной активности и как она влияет на Землю?