

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 starry sky.

СОЛНЦЕ:

**СОСТАВ
И ВНУТРЕННЕЕ
СТРОЕНИЕ**

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

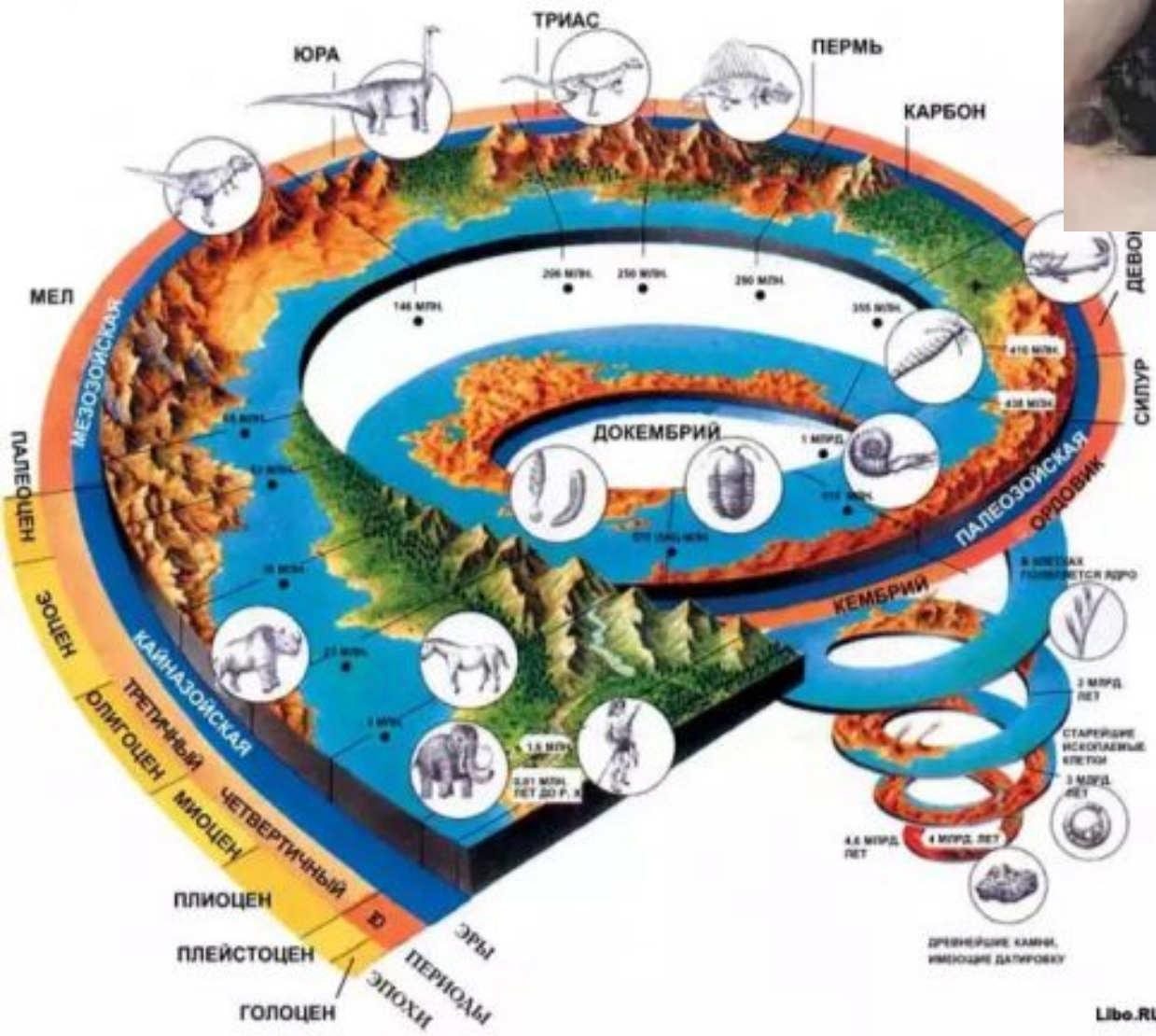
- **Масса** Солнца = 99,866 % от массы всей Солнечной системы ($2 \cdot 10^{30}$ кг, 332 982 масс Земли)
- **Видимый угловой диаметр** — 31'31" в январе,
- 32'31" в июле
- **Средний диаметр** $1,392 \cdot 10^9$ м (109 диаметров Земли)
- **Средняя плотность** 1409 кг/м³ (плотность воды в Мёртвом море)
 - давление равно примерно $6,6 \cdot 10^{18}$ Па, т. е.
- в 1 млрд раз превосходит нормальное атмосферное давление.
 - Солнце теряет в секунду 4 млн. т своего вещества
- **Ускорение свободного падения** 274,0 м/с² (27,96 g)

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



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



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

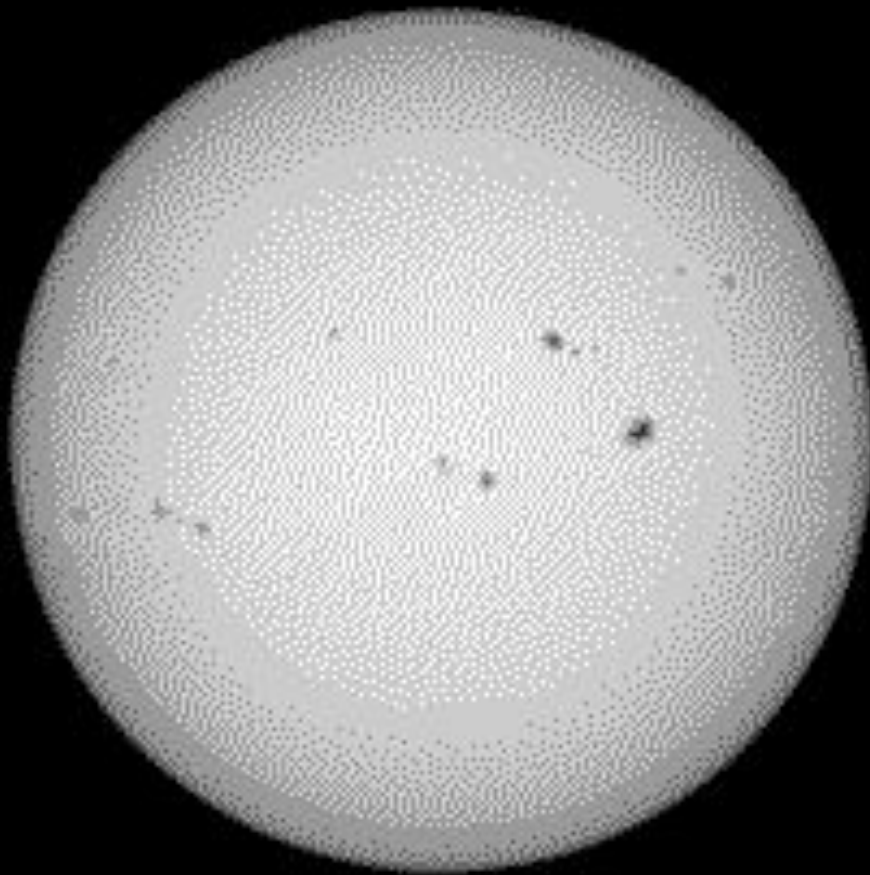
Как и многие другие звезды, Солнце представляет собою огромный шар, который состоит **из водородно-гелиевой плазмы**

и находится в равновесии в поле собственного тяготения.



Вращение Солнца 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

1992/02/01 01:18:58.000

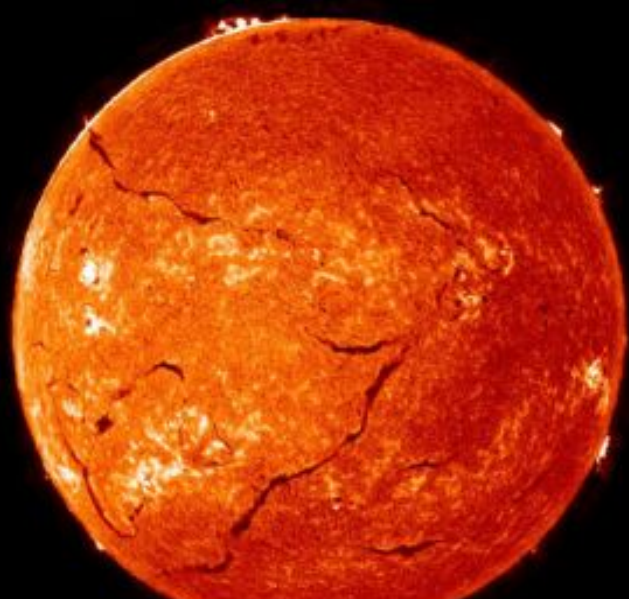
Для изучения Солнца используются телескопы особой конструкции – **башенные солнечные телескопы**.



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.)

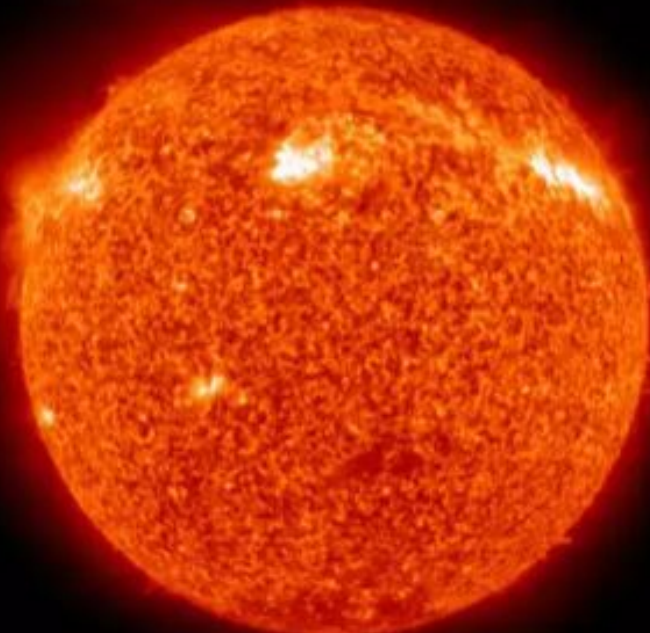




Солнце в красных лучах излучения
водорода

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

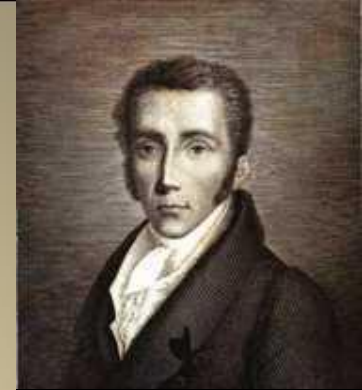


Солнце в рентгеновских лучах

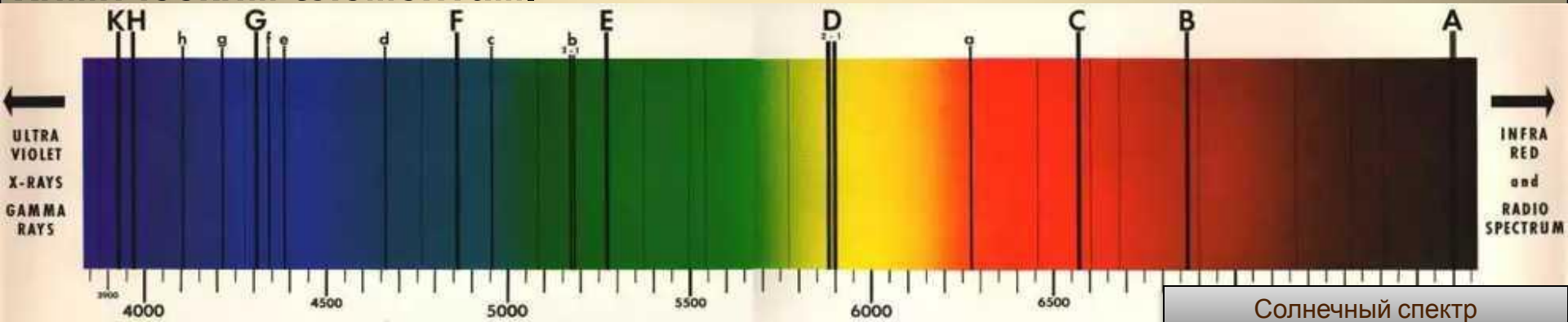
Важнейшую информацию о физических процессах на Солнце дает **спектральный анализ**.

1814 год. Йозеф Фраунгофер описал **линии поглощения для определения состава** атмосферы Солнца.

В настоящее время в солнечном спектре зарегистрировано более 30000 линий, принадлежащих 72 химическим элементам.



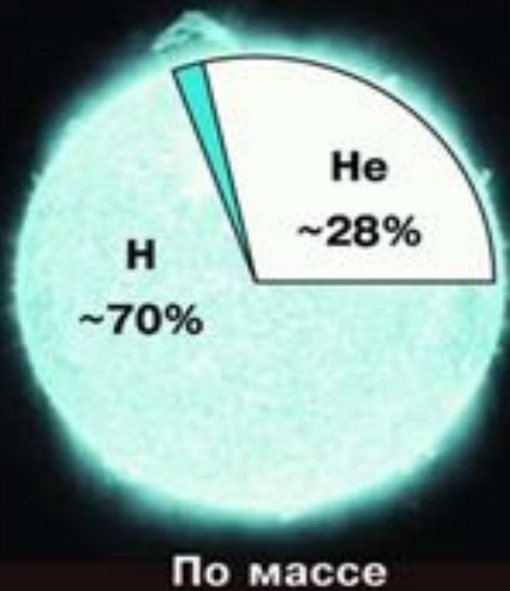
Йозеф Фраунгофер



Спектральными методами гелий (от греч. «гелиос» – солнечный) был сначала открыт на Солнце и лишь затем обнаружен на Земле.

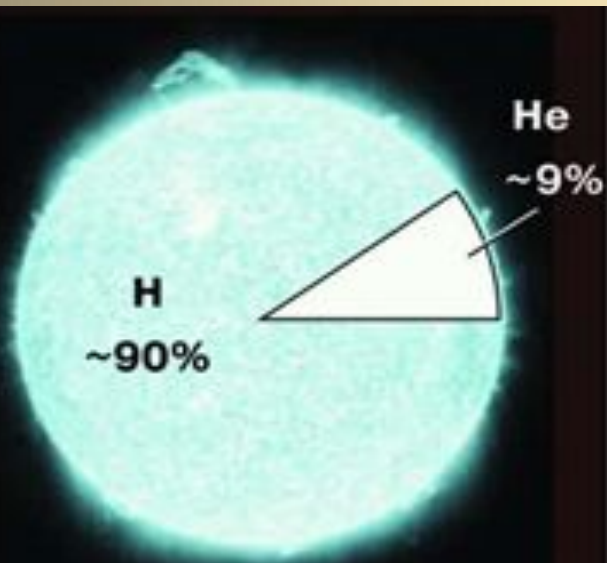
Солнце состоит из водорода (~70 %), гелия (~28 %) и других элементов (2%): железа, никеля, кислорода, азота, кремния, серы, магния, углерода, неона, кальция и хрома.

На 1 млн атомов водорода приходится 98 000 атомов гелия, 851 атом кислорода, 398 атомов углерода, 123 атома неона, 100 атомов азота, 47 атомов железа, 38 атомов магния, 35 атомов кремния, 16 атомов серы, 4 атома аргона, 3 атома алюминия, по 2 атома никеля, натрия и кальция, прочих элементов.



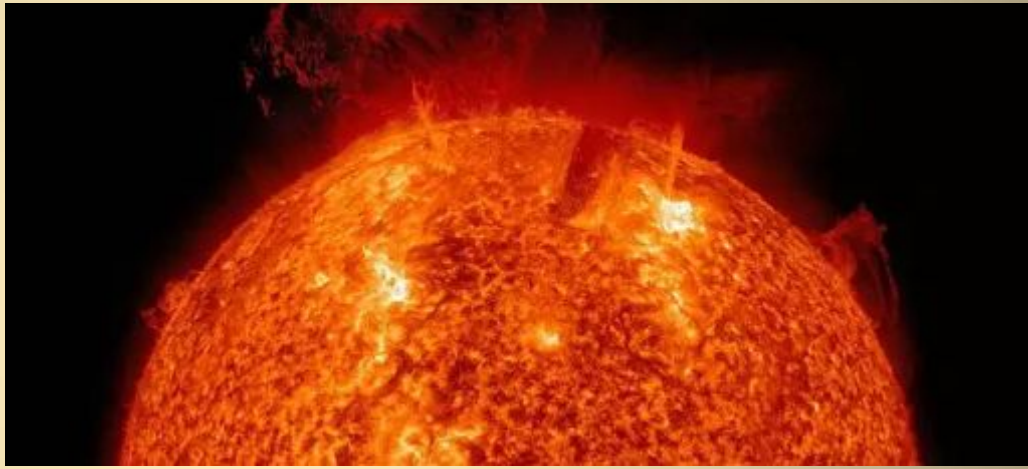
По массе

Диаграмма химического состава Солнца



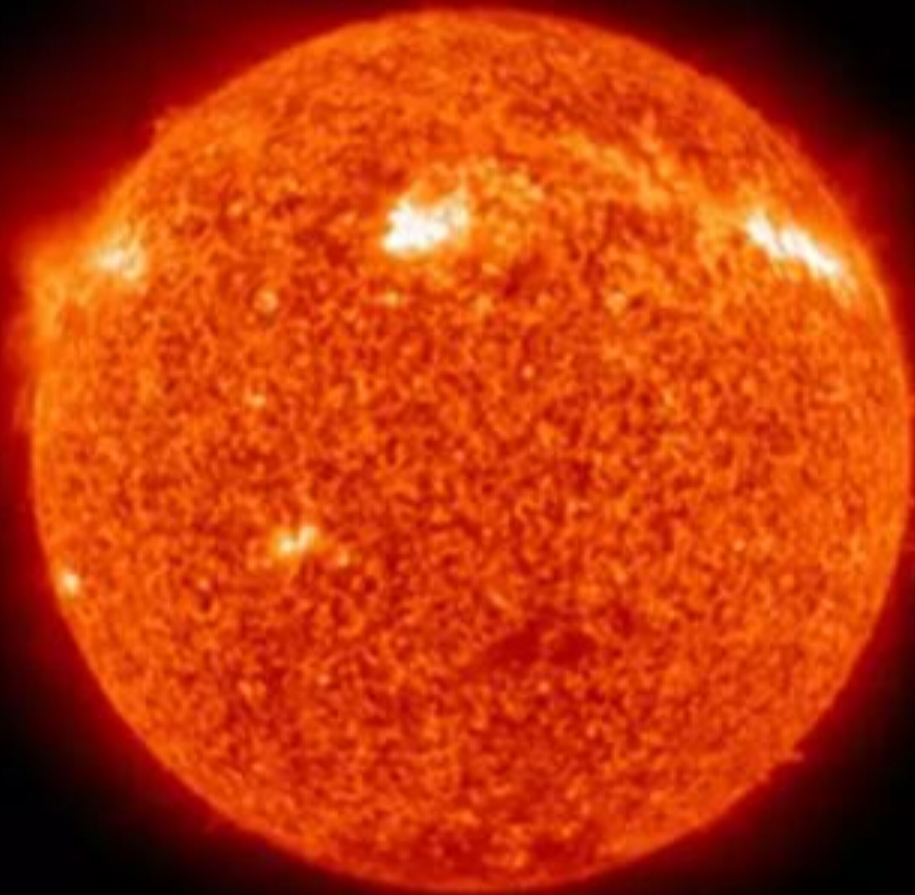
По числу атомов

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



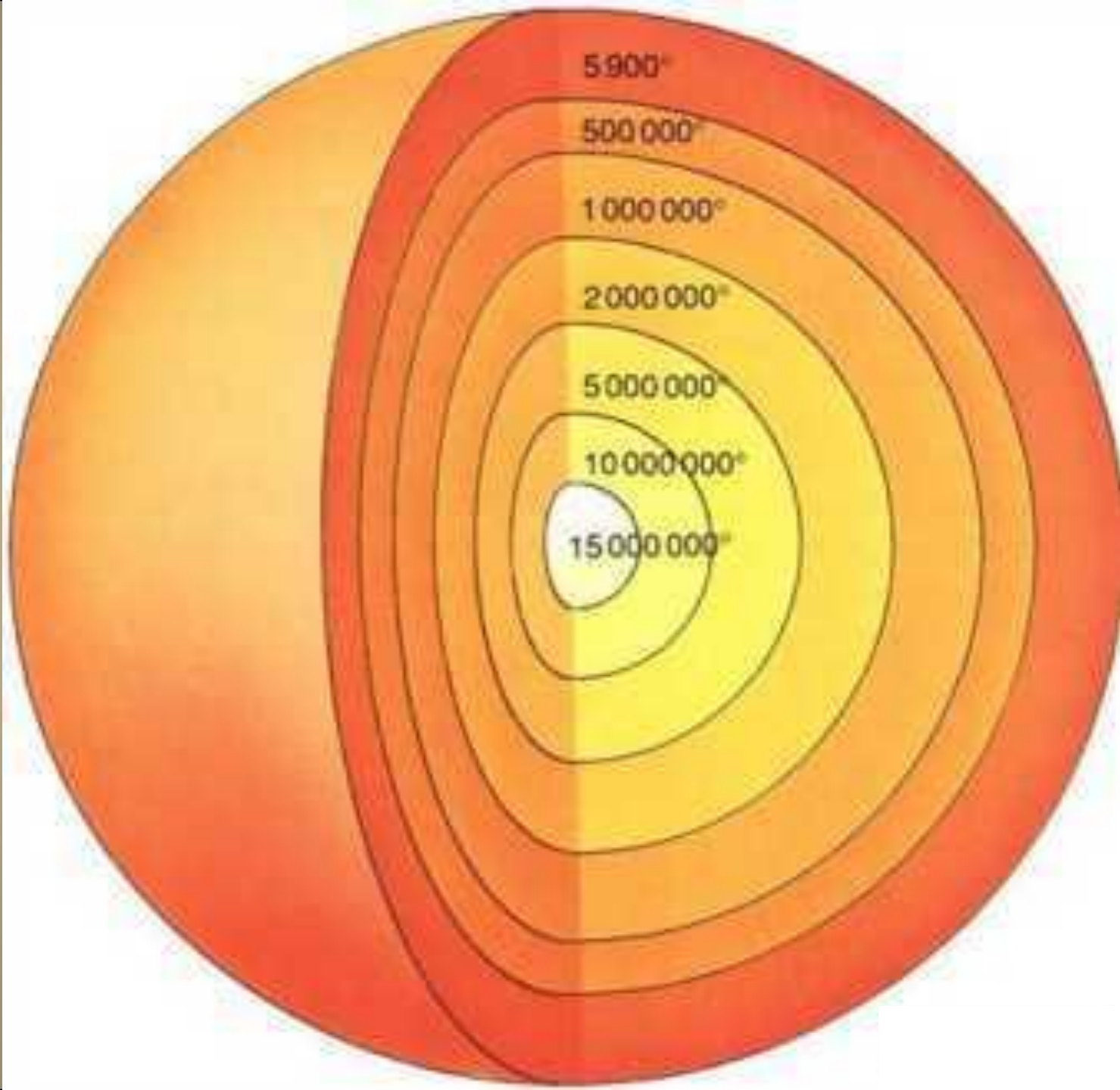
Средняя плотность солнечного вещества примерно 1400 кг/м^3 . Она соизмерима с плотностью воды и в 1000 раз больше плотности воздуха у поверхности Земли.

Используя закон всемирного тяготения и газовые законы, можно рассчитать условия внутри Солнца, построить модель «спокойного» Солнца.

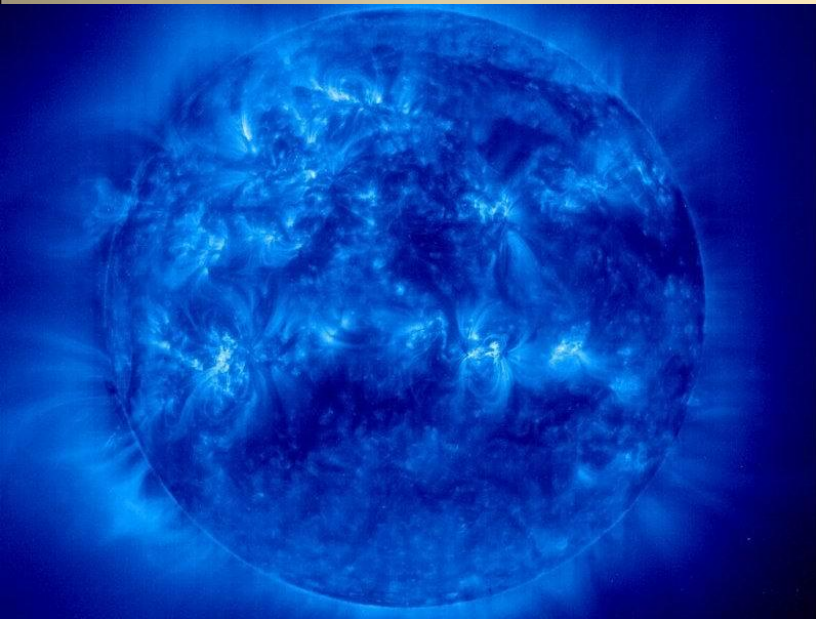


Оно находится в равновесии, поскольку в каждом его слое действие сил тяготения, которые стремятся сжать Солнце, уравнивается действием сил внутреннего давления газа.

Действием гравитационных сил в недрах Солнца создается огромное давление.



Состав и строение Солнца



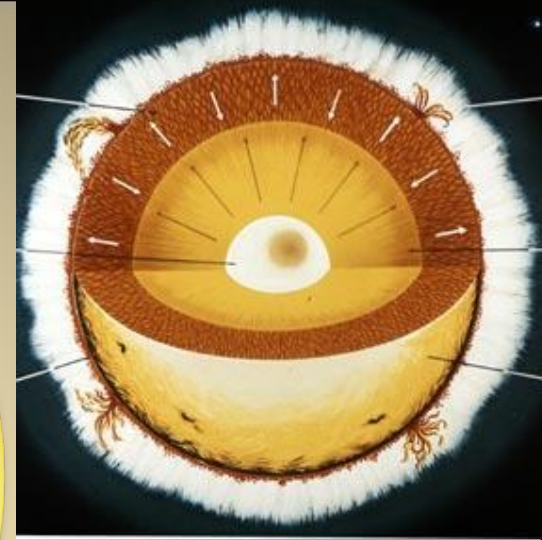
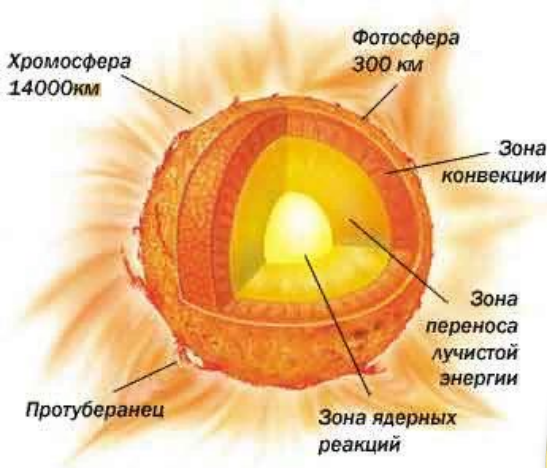
**Зона
лучистого
переноса**

**Конвективная
зона**

**Солнечное
ядро**

**Строение
Солнца**



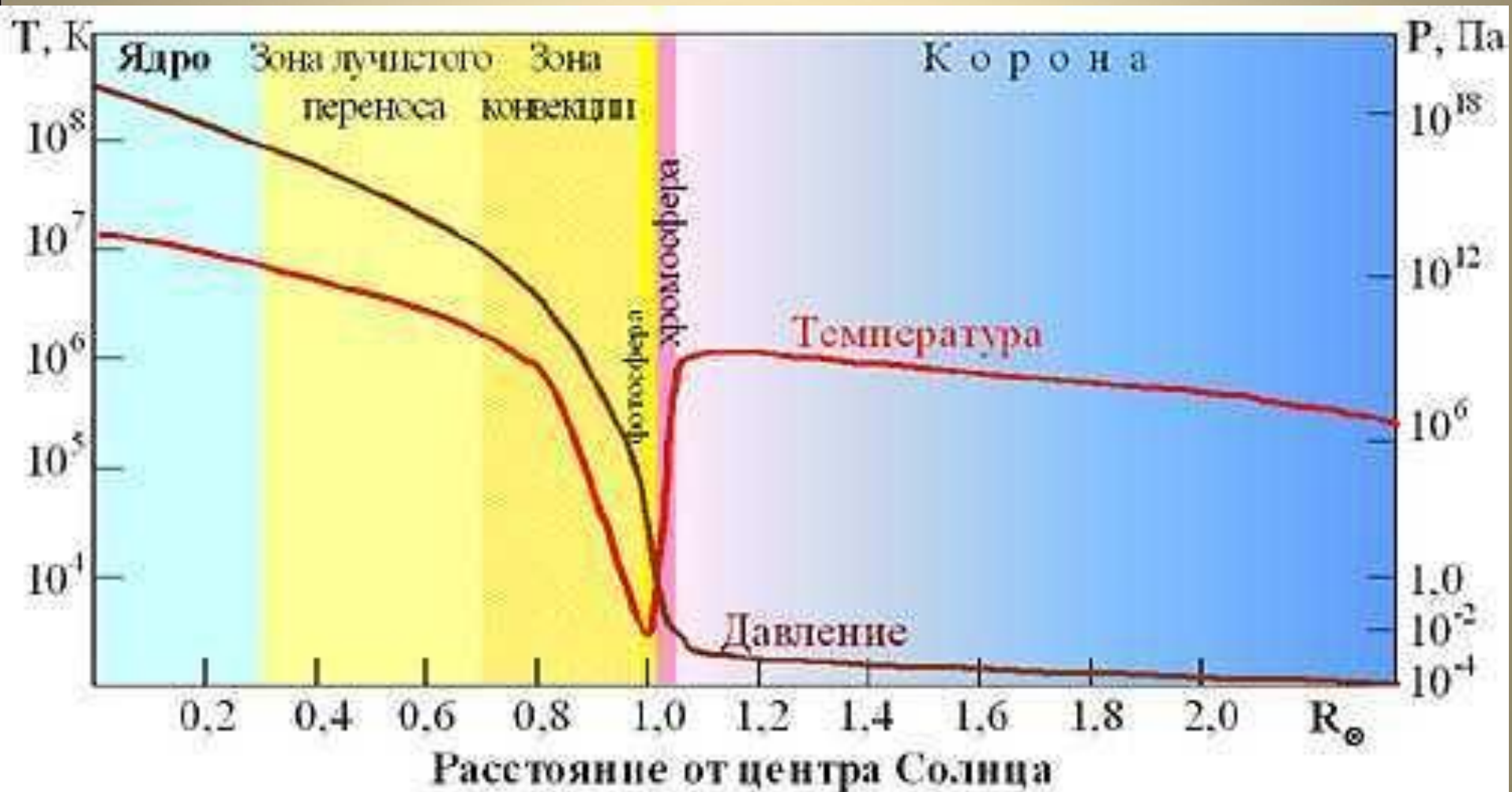


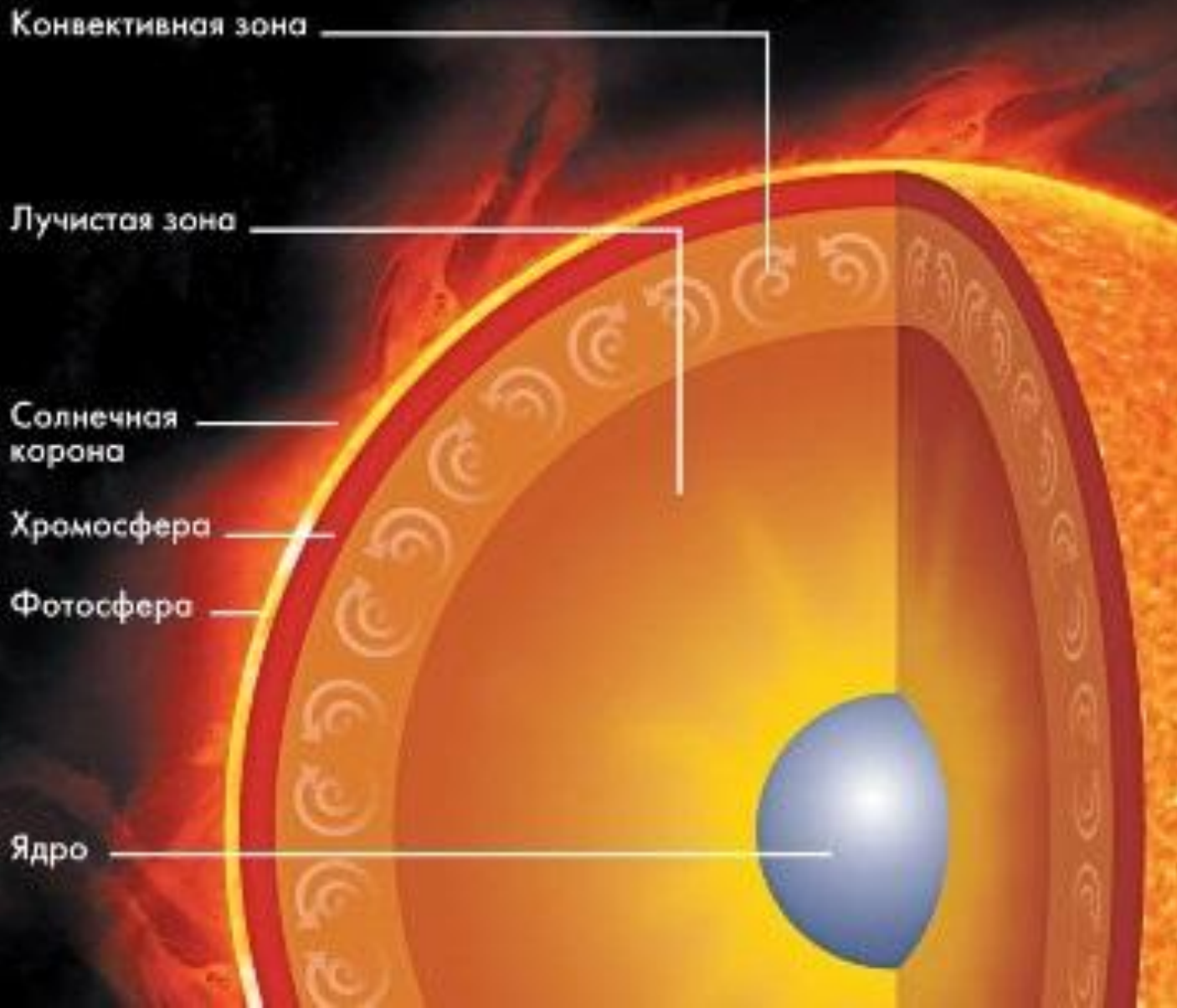
ядро – центральная зона, где при высоком давлении и температуре происходят термоядерные реакции;

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

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

Зависимость температуры от расстояния





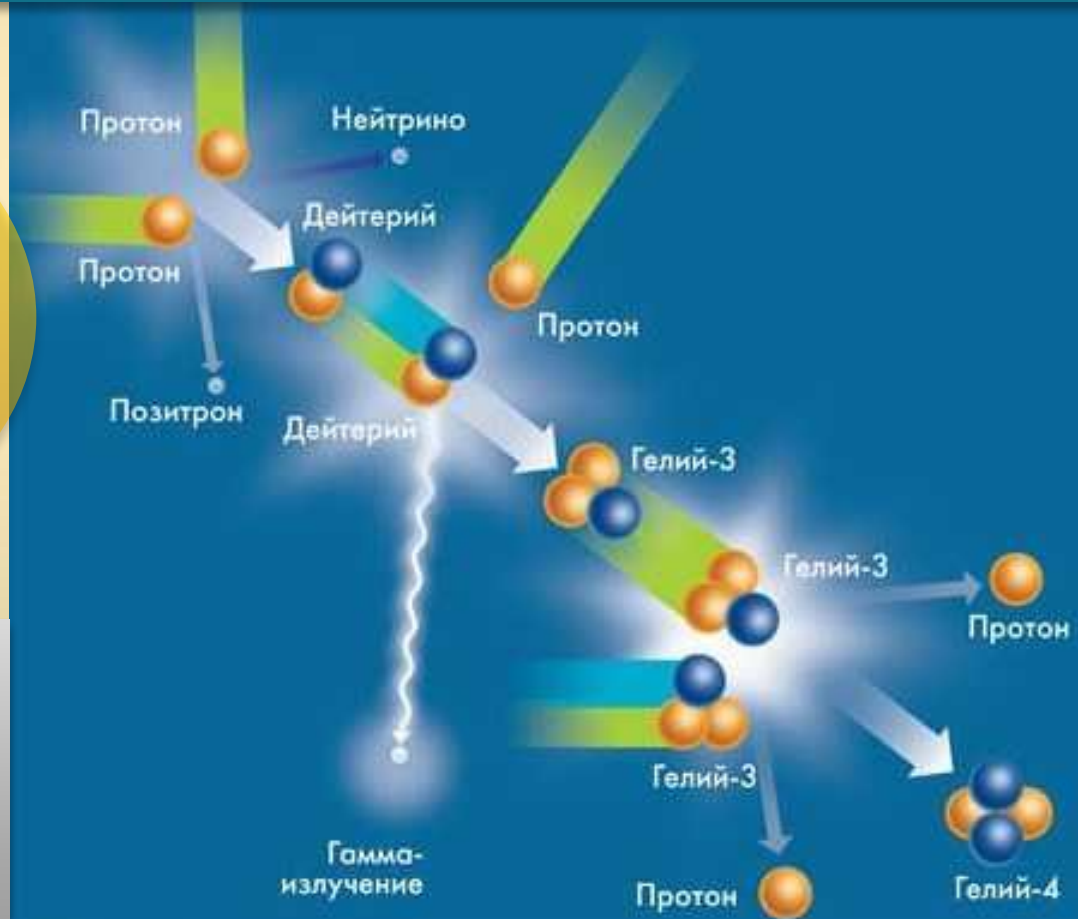
Из недр Солнца наружу энергия передается двумя способами: **излучением**, т. е. самими квантами, и **конвекцией**, т. е. веществом.

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

Трехступенчатый процесс:

- Два протона сталкиваются, производят дейтерий, позитрон и нейтрино.
- Протон сталкивается с дейтерием, образуется ядро гелия-3 и гамма-квант.
- Два ядра гелия-3 образуют ядро гелия-4 и два протона.

ядро – происходит реакция превращения водорода в гелий



По мере удаления от центра плотность и температура уменьшаются, ядерные реакции почти полностью прекращаются за внешней границей ядра (~175 000 км)

Над ядром, на расстояниях около 0,3—0,7 радиуса Солнца от его центра, находится зона лучистого переноса, в которой отсутствуют макроскопические движения, энергия переносится с помощью переизлучения фотонов.

Произведенные в ядре фотоны движутся в лучистой зоне, сталкиваясь с частицами плазмы. В результате, хотя скорость фотонов равна скорости света, они сталкиваются и переизлучаются так много раз, что требуется около миллиона лет, прежде чем отдельный фотон достигнет верхней границы лучистой зоны и покинет ее. Температура падает от 7 млн. до 2 млн.

«лучистая» зона получила название от способа, которым осуществляется перенос энергии от ядра к поверхности – через излучение.

Ближе к поверхности Солнца возникает вихревое перемешивание плазмы, и перенос энергии к поверхности совершается преимущественно движениями самого вещества. Такой способ передачи энергии называется конвекцией, а подповерхностный слой Солнца, толщиной примерно 200 000 км, где она происходит — конвективной зоной.

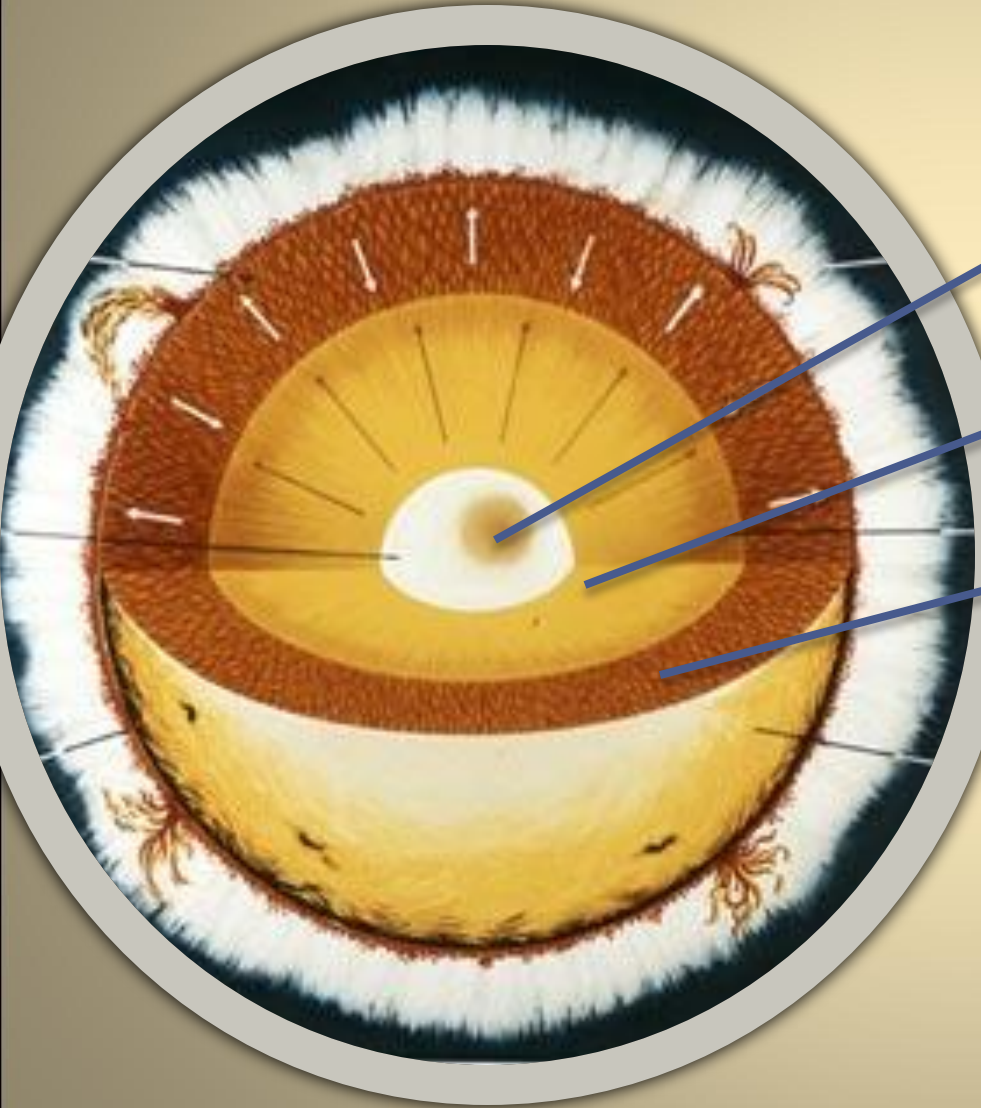
Поднимающееся вещество расширяется и охлаждается, плотность становится равной 0,0000002 г/см³ (около одной десятитысячной от плотности воздуха на уровне моря). Конвективные движения плазмы видны на ее поверхности как гранулы и супергранулы.

конвективная зона:

энергия от слоя к слою переносится самим веществом в результате перемешивания (конвекции).

По современным данным, её роль в физике солнечных процессов исключительно велика, так как именно в ней зарождаются разнообразные движения солнечного вещества и магнитные поля.

Внутреннее строение Солнца

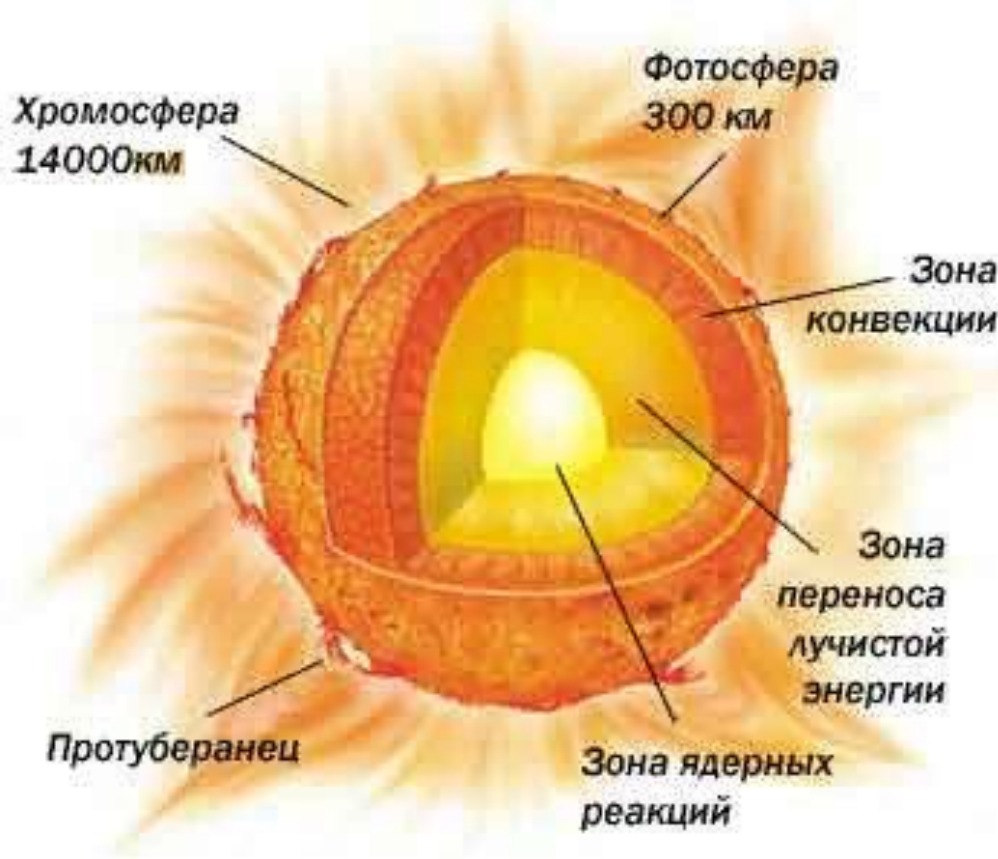


■ Зона термоядерных реакций (ядро): $0-0,3 R$

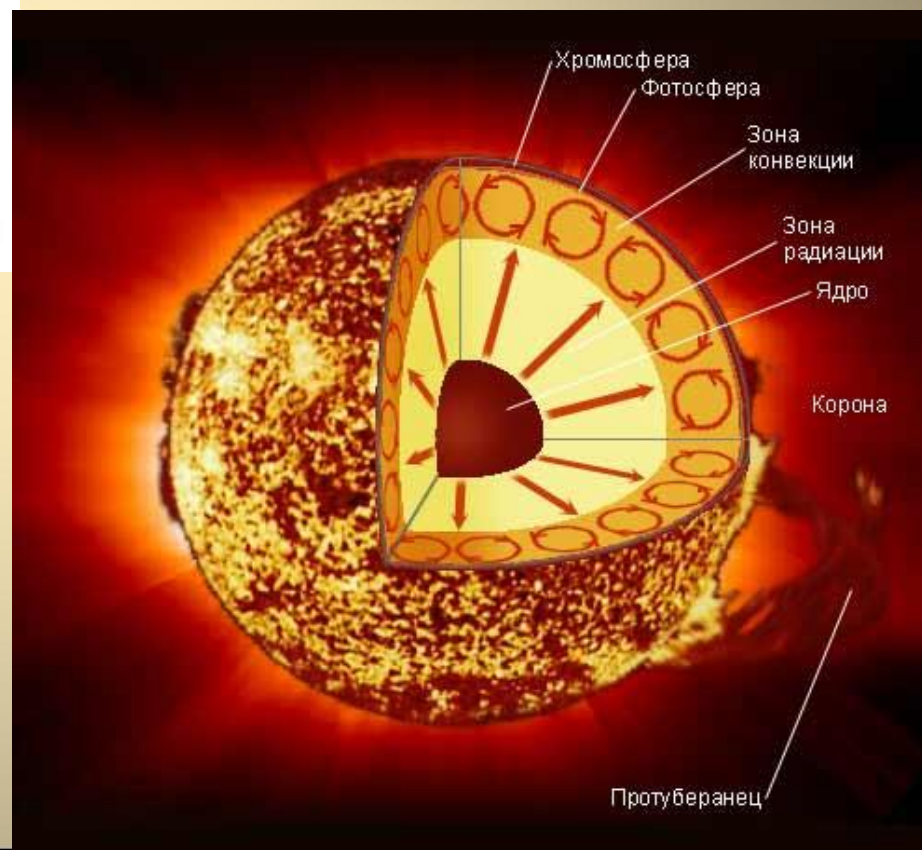
■ Зона переноса лучистой энергии: $0,3 - 0,7 R$

■ Конвективная зона: $0,7-1 R$

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



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



Атмосфера Солнца

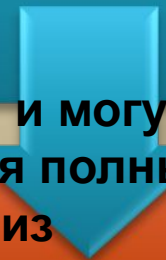
ФОТОСФЕРА

воспринимается как
поверхность Солнца



ХРОМОСФЕРА

Верхние слои атмосферы
непосредственно не видны и могут
наблюдаться либо во время полных
солнечных затмений, либо из
космического пространства

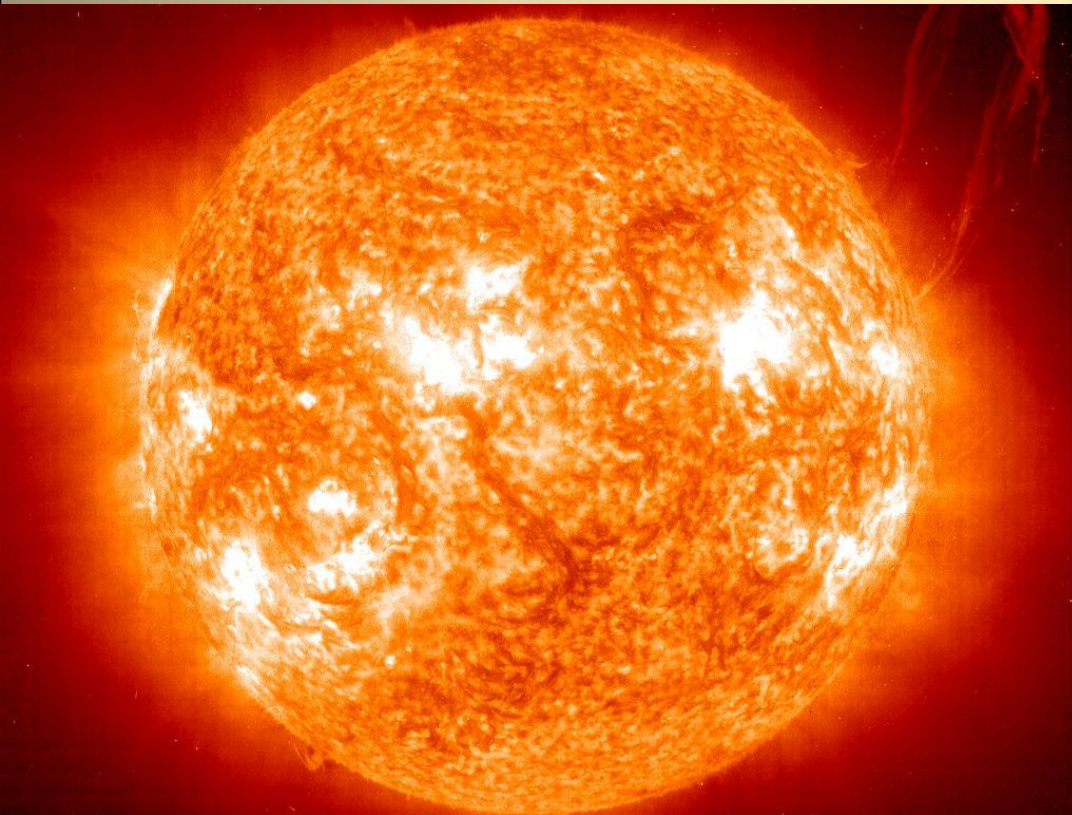


КОРОНА



Фотосфера Солнца

Фотосфера (слой, излучающий свет) образует видимую поверхность Солнца, от которой определяются размеры Солнца, расстояние от поверхности Солнца и т. д. Температура в фотосфере достигает в среднем 5800 К. Здесь средняя плотность газа составляет менее 1/1000 плотности земного воздуха.



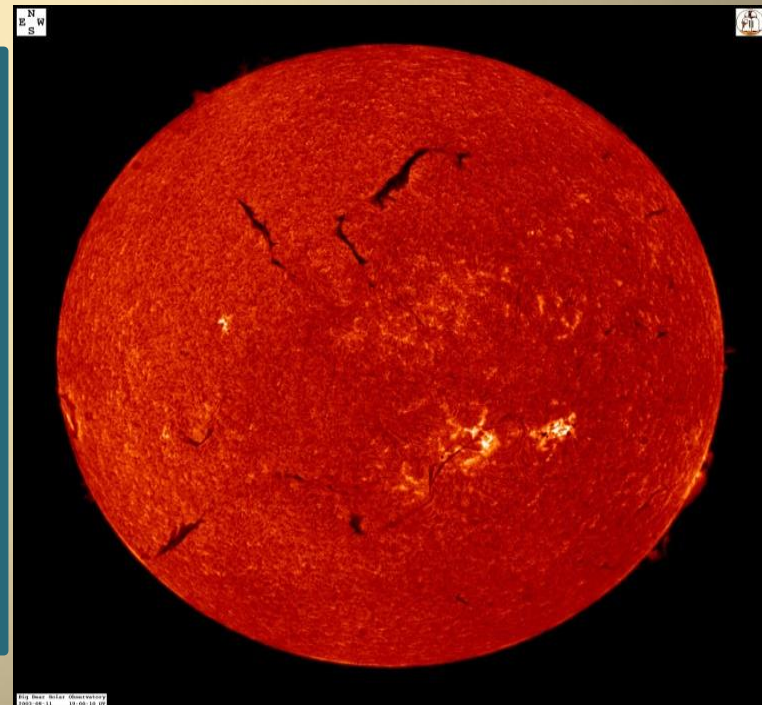
Фотосферу, толщиной 200 км, наблюдаем как резко очерченный солнечный диск. Температура -6000°С. Фотосфера имеет зернистое строение и похожа на кипящую рисовую кашу, только размер каждого такого зернышко гранулы составляет около тысячи километров. Светлые гранулы это горячее вещество, поднимающееся вверх из недр Солнца, атомные — холодное вещество, опускающееся вниз.

Хромосфера

Хромосфера- внешняя оболочка Солнца толщиной около 10 000 км, окружающая фотосферу. Происхождение названия этой части солнечной атмосферы связано с её красноватым цветом. Верхняя граница хромосферы не имеет выраженной гладкой поверхности, из неё постоянно происходят горячие выбросы, называемые спикулами. Температура хромосферы увеличивается с высотой от 4000 до 15 000 градусов.

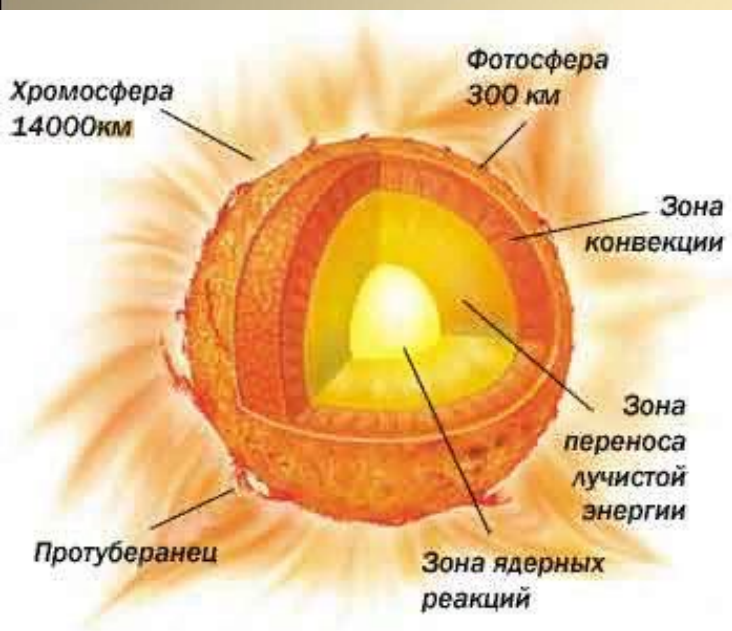


Слой, в котором происходят быстрые конвективные движения газов, поднимающихся вверх и опускающихся вниз.



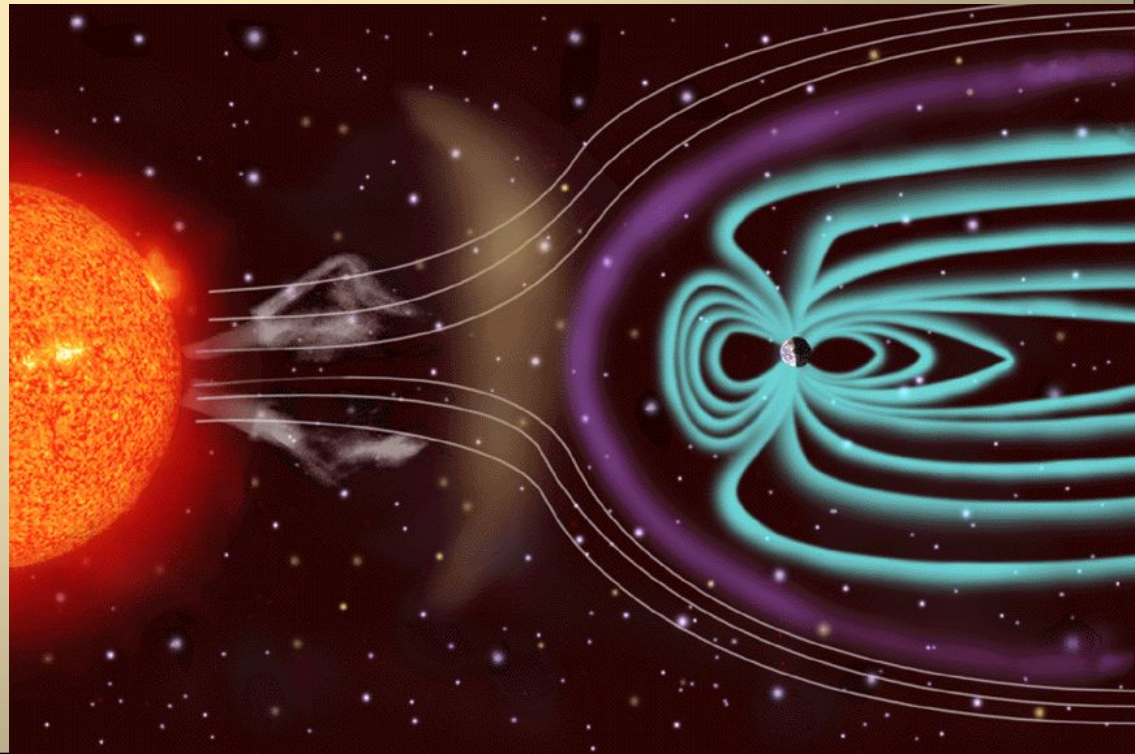
Корона

Корона — последняя внешняя оболочка Солнца. Несмотря на её очень высокую температуру, от 600 000 до 5 000 000 градусов, она видна невооружённым глазом только во время полного солнечного затмения.



Солнечный ветер


Многие природные явления на Земле связаны с возмущениями в солнечном ветре, в том числе геомагнитные бури и полярные сияния.



Активные образования



**ПЯТНА И
ФАКЕЛЫ**



**ВСПЫШ
КИ**

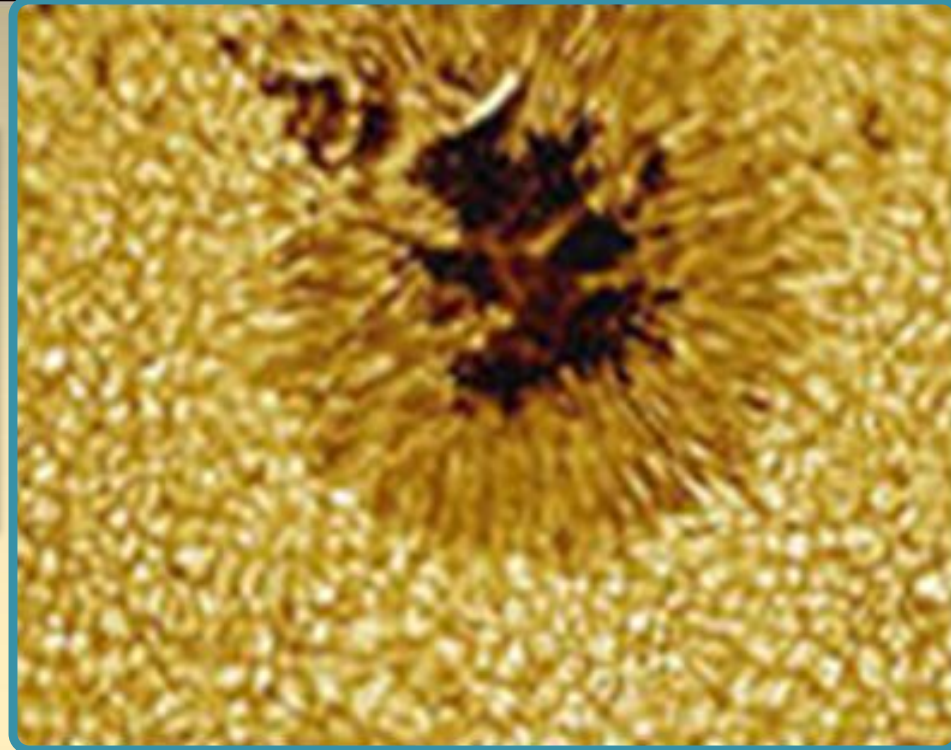


**ПРОТУБЕ
РАНЦЫ**



**СОЛНЕЧ
НЫЙ
ВЕТЕР**

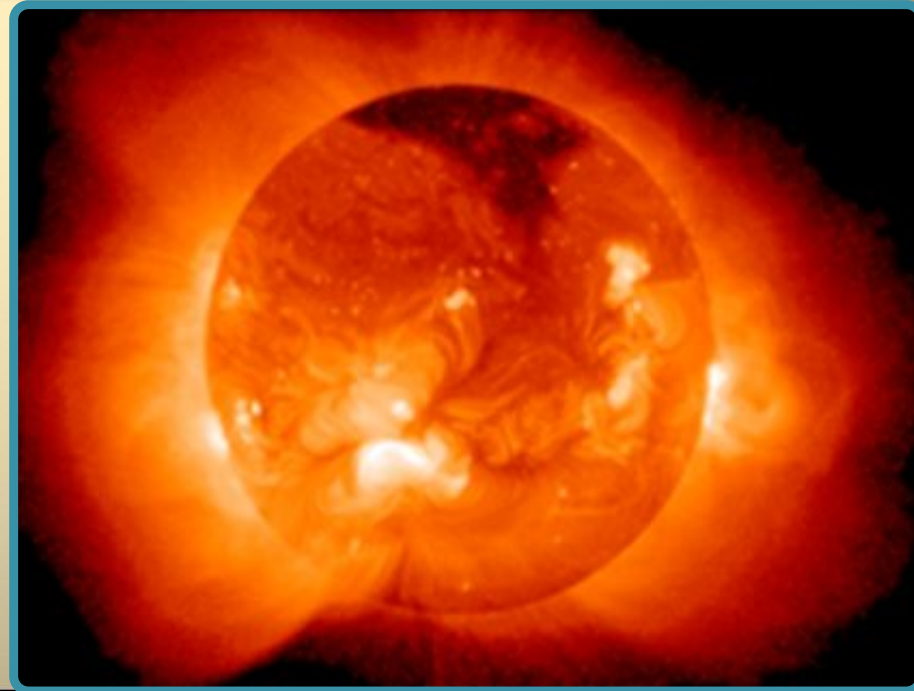
Солнечные пятна - это регионы магнитных полей, вырывающихся на поверхность и исчезающих через несколько часов или растущих и существующих месяцами в 11-летнем цикле активности Солнца.



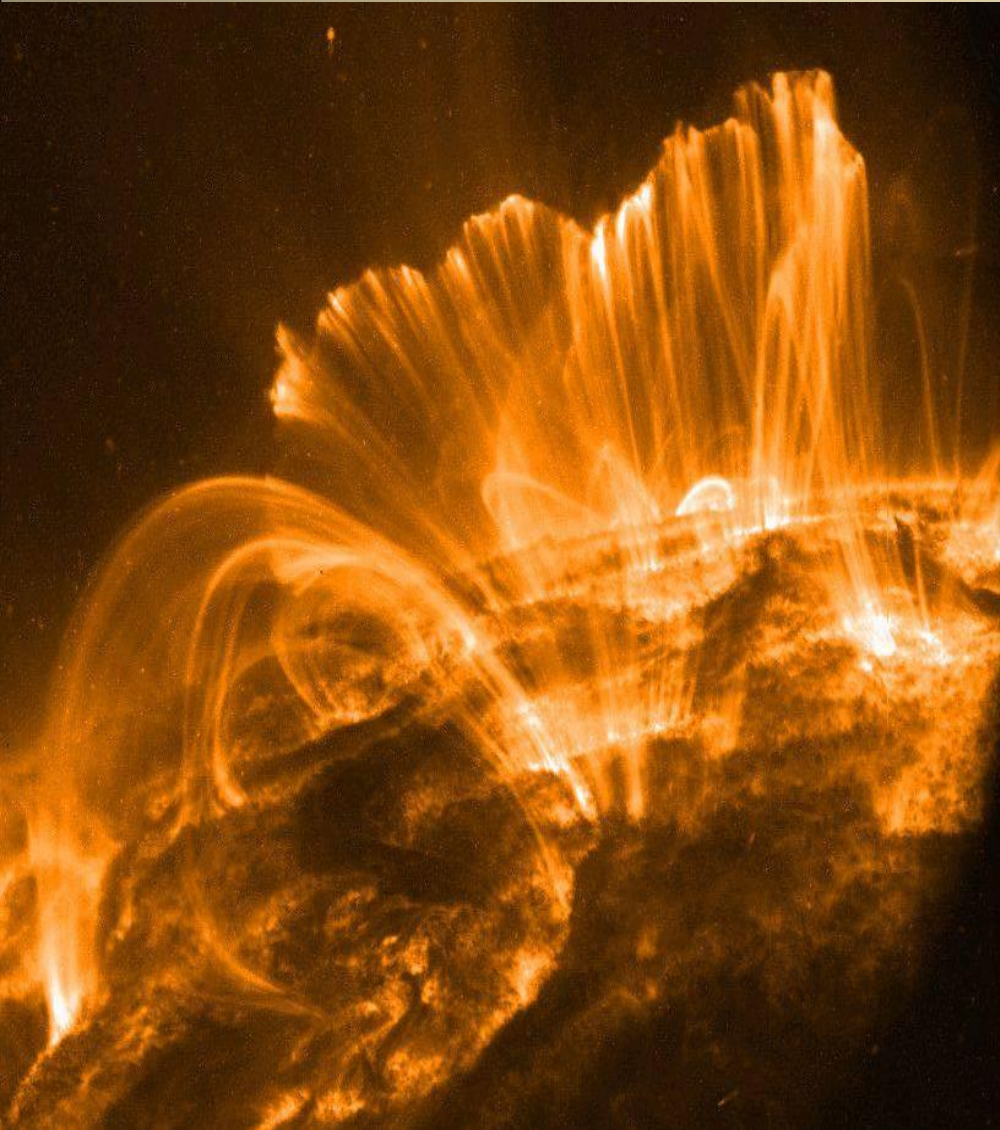
Причина: магнитное поле подавляет конвективные движения вещества, поэтому снижается поток переноса тепловых энергий

Известны периоды, когда Солнце вообще не имело пятен. Это случалось два раза: первый раз (минимум Шперера) с 1400 года по 1510 год, второй (минимум Маундера) – с 1645 года по 1715 год.

Вспышки на Солнце — это самые большие взрывы в Солнечной системе. Вспышки затрагивают все слои атмосферы. Они бывают и в фотосфере, и в хромосфере, и в солнечной короне. За несколько минут вспышки высвобождается энергия в миллиарды мегатонн, если исчислять её в тротиловом эквиваленте. Выделенная энергия – это электромагнитное и корпускулярное излучения. Они превращаются в потоки, называемые солнечным ветром. Это очень ионизированные частицы, мчащиеся со скоростями 300-1200 км/с. До Земли они добираются за двое-трое суток.



Протуберанцы

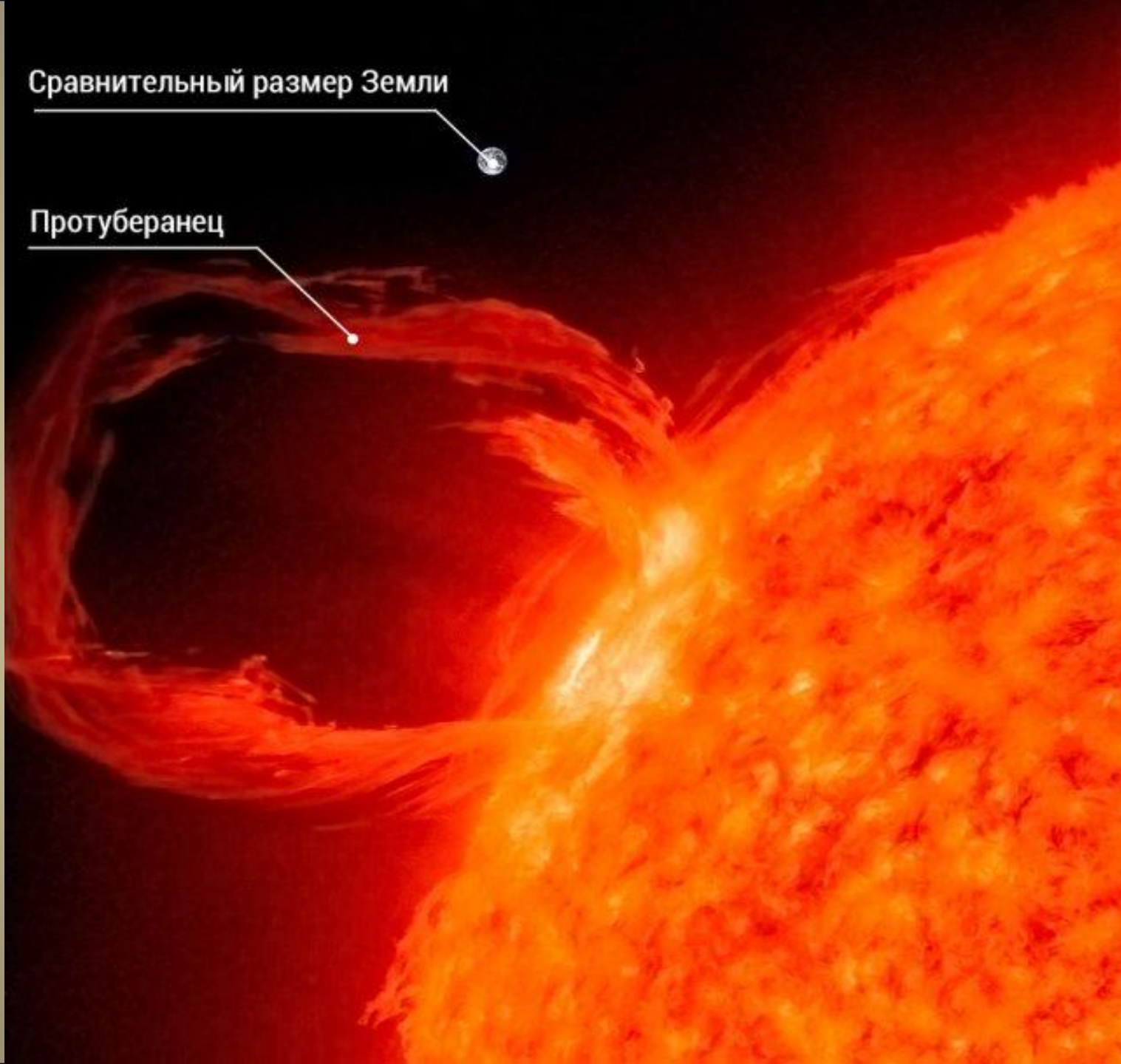


Солнечные протуберанцы – это огромные выбросы водорода, напоминающие светящиеся длинные волокна. Протуберанцы поднимаются на огромное расстояние, достигающие диаметра Солнца (1.4 млн км), движутся со скоростью около 300 км/сек, а температура при этом, достигает 10 000 градусов.

Сравнительный размер Земли



Протуберанец



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