

---

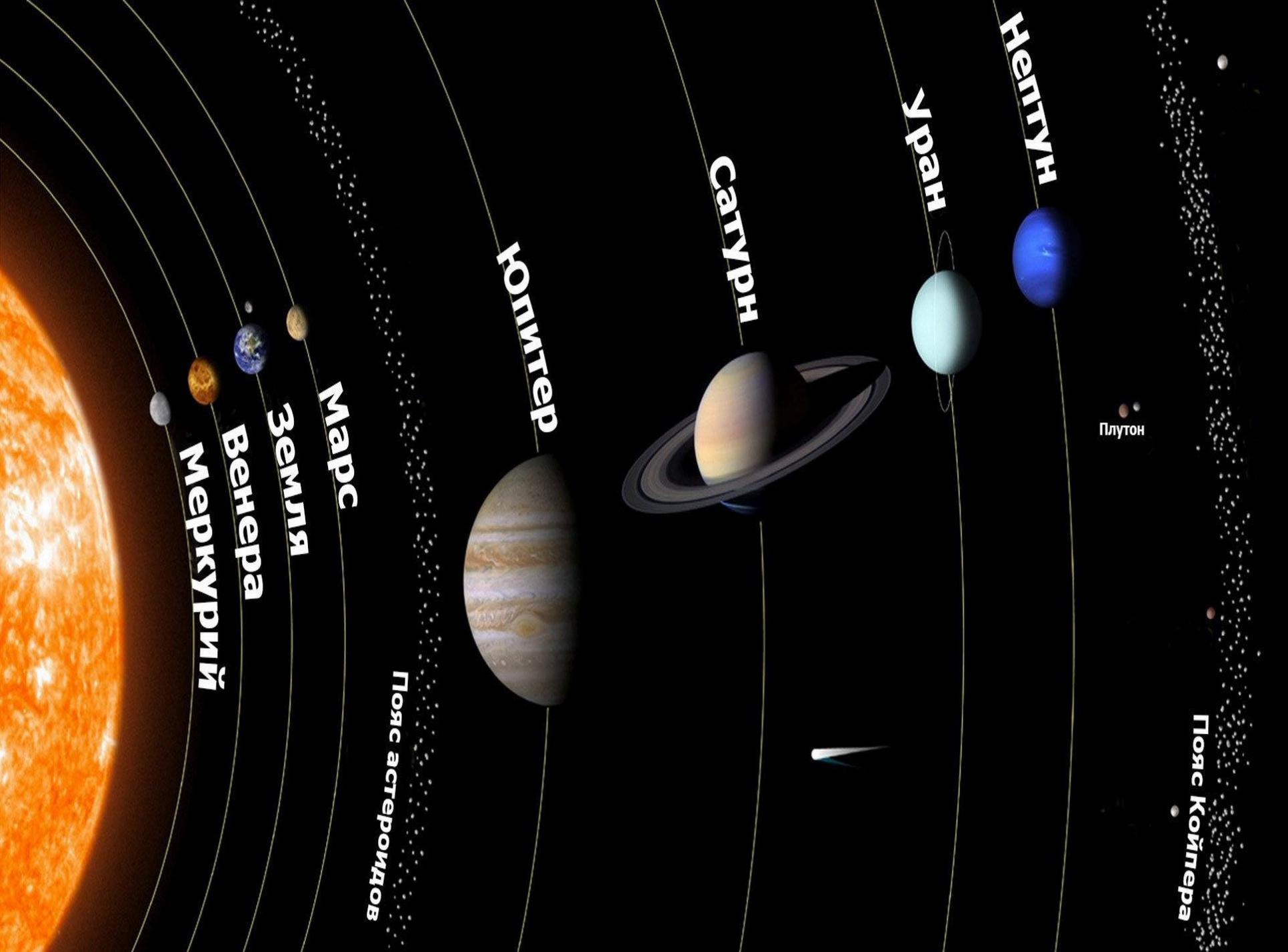
**Сначала прикрепляете ответы  
на диктант!!!**

**(В ВК или в файле вместе с  
конспектом лекции)**

---

# СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

- 
- Солнечной системой называют совокупность небесных тел, движущихся вокруг Солнца.
  - В нее входят 8 планет со своими спутниками, планеты-карлики (официально 6, самая большая Плутон), свыше 100.000 малых планет (астероидов), около  $10^{11}$  комет, метеорных тел и мелкой пыли.
  - Все тела связаны силами взаимного притяжения и в той или иной мере оказывают влияние друг на друга.



Меркурий

Венера

Земля

Марс

Пояс астероидов

Юпитер

Сатурн

Уран

Нептун

Плутон

Пояс Койпера

---

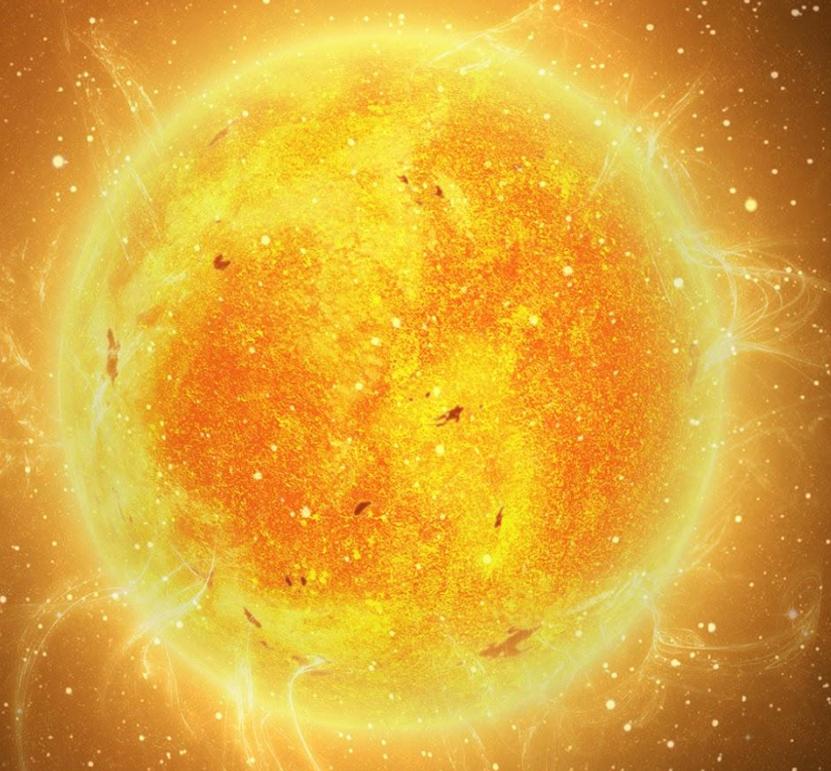
**Возраст: 4,57 млрд. лет**

**Размер: ~150 000 а.е.**

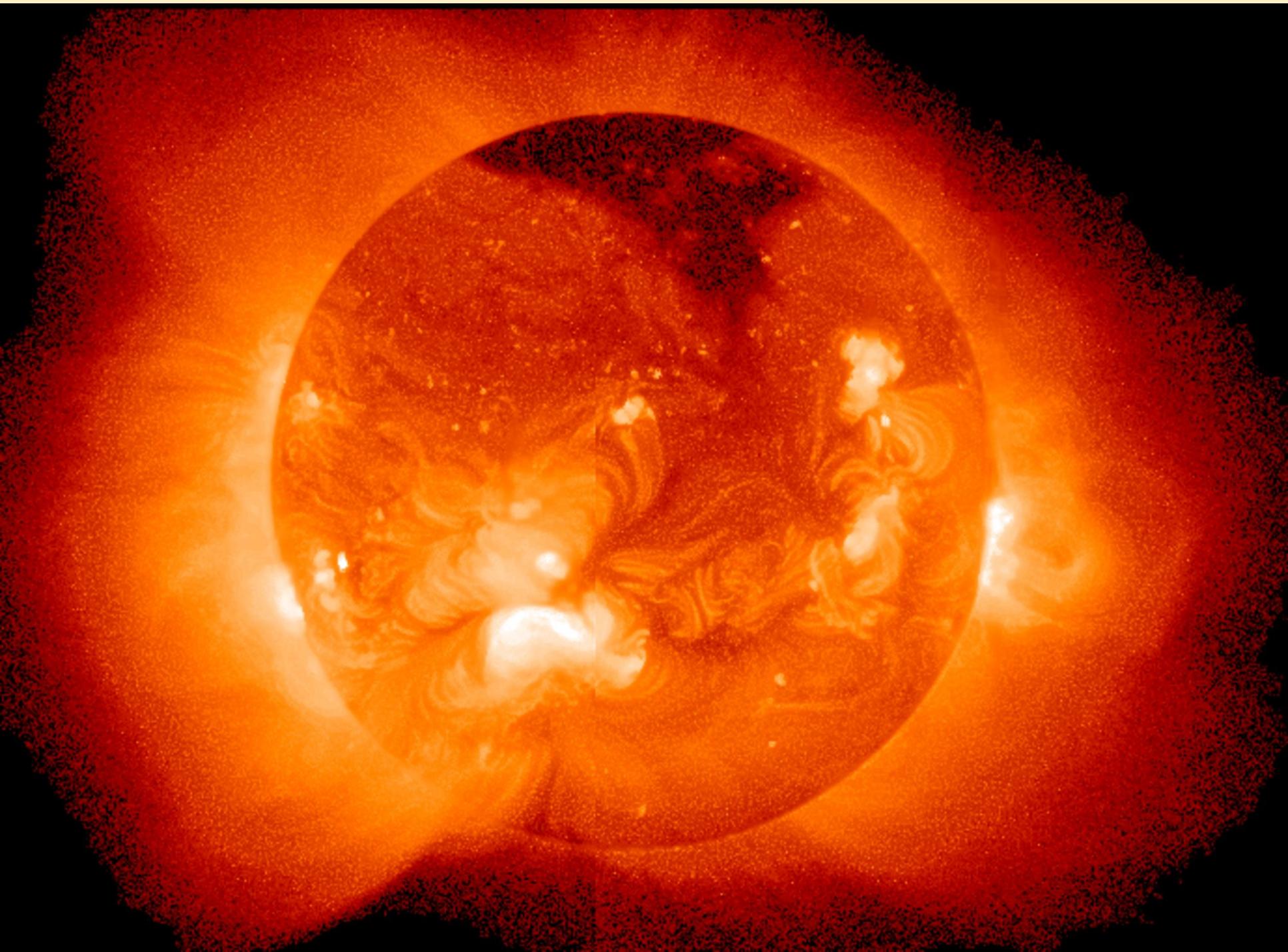
**1 астрономическая единица**

**= 150 000 000 км**

**(расстояние от Земли до Солнца)**



**СОЛНЦЕ**



# ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Диаметр - 1,4 млн км.
- Масса -  $1,99 \cdot 10^{30}$  кг.
- Средняя плотность  $1409 \text{ кг/м}^3$
- Температура на поверхности - 6000 градусов, из-за чего свет Солнца практически белый (из-за рассеяния и взаимодействия с атмосферой Земли, свет выглядит для нас желтоватым); в центре ядра Солнца - около 14 миллионов градусов.
- Возраст Солнца составляет порядка 4,57 млрд лет.

- 
- Солнце – центральное тело Солнечной системы. Это ближайшая к Земле звезда, представляющая собой раскаленный плазменный шар.
  - В нем сосредоточено 99,866% всей массы Солнечной системы.



# Солнце

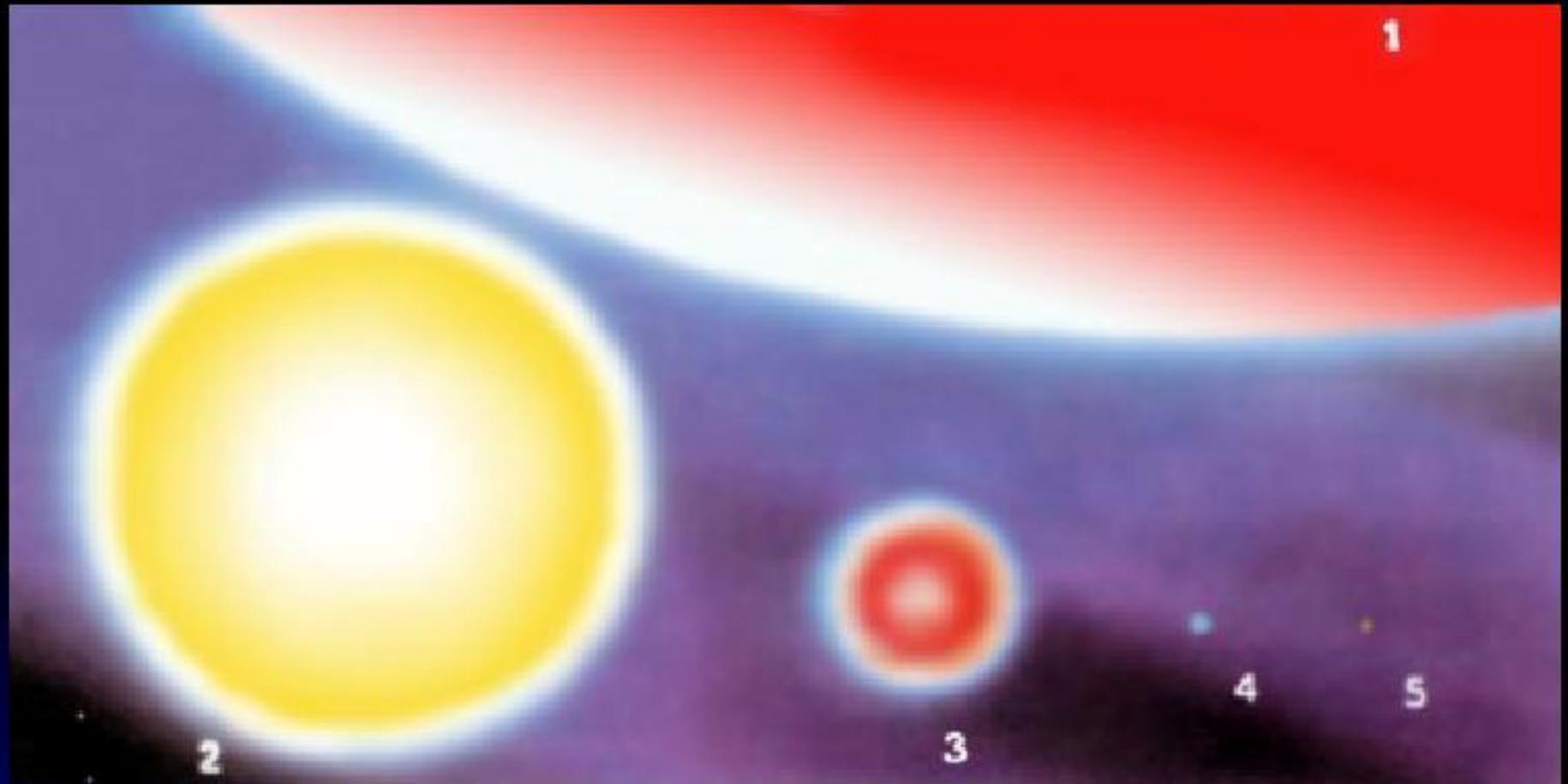
Сатурн  
Юпитер



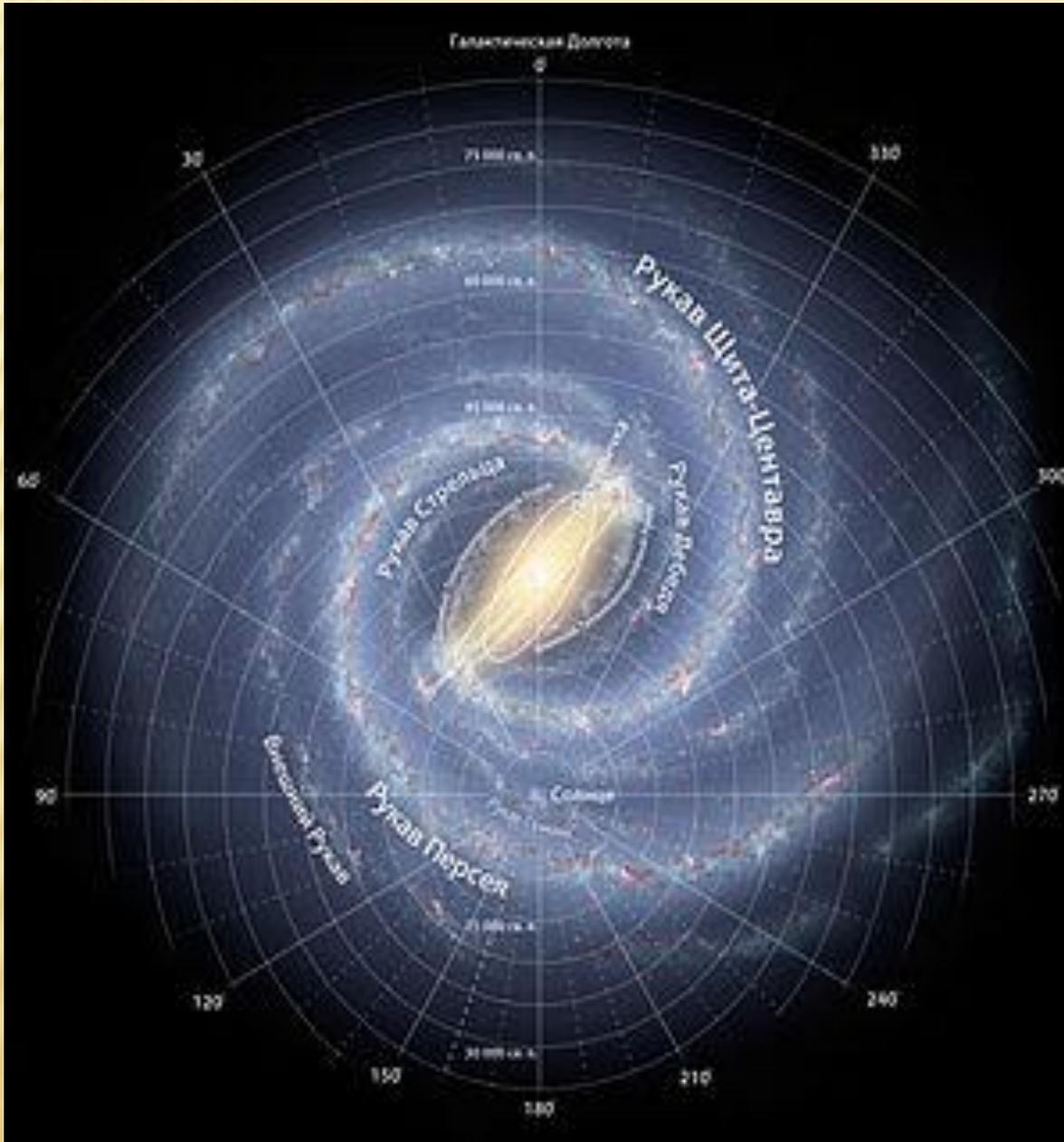
Уран  
Нептун  
Земля  
Плутон



# Сравнительные размеры некоторых звезд-гигантов и Солнца



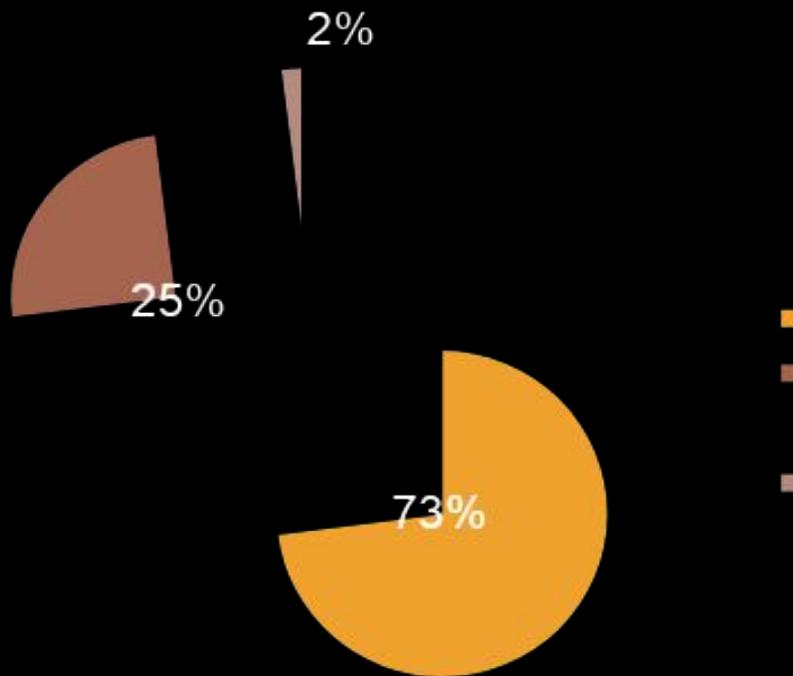
1 - Антарес; 2 - Канопус; 3 - Арктур; 4 - Вега; 5 - Солнце



Солнце движется по своей орбите вокруг центра масс нашей Галактики со скоростью - 217 км/с. Полный оборот вокруг центра оно совершает примерно за 200 миллионов лет.

# СОСТАВ СОЛНЦА

---



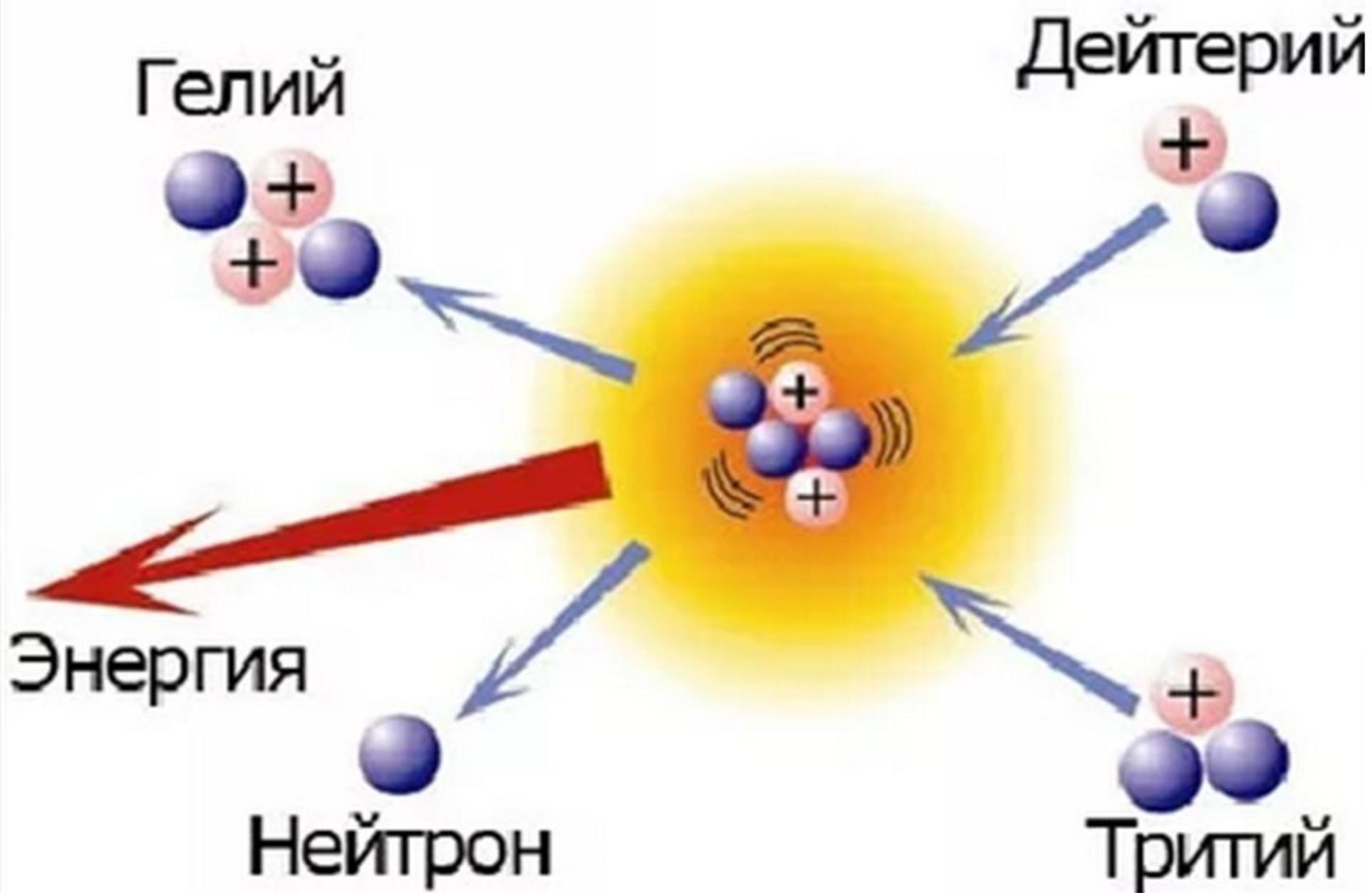
# МОЩНОСТЬ И ЭНЕРГИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

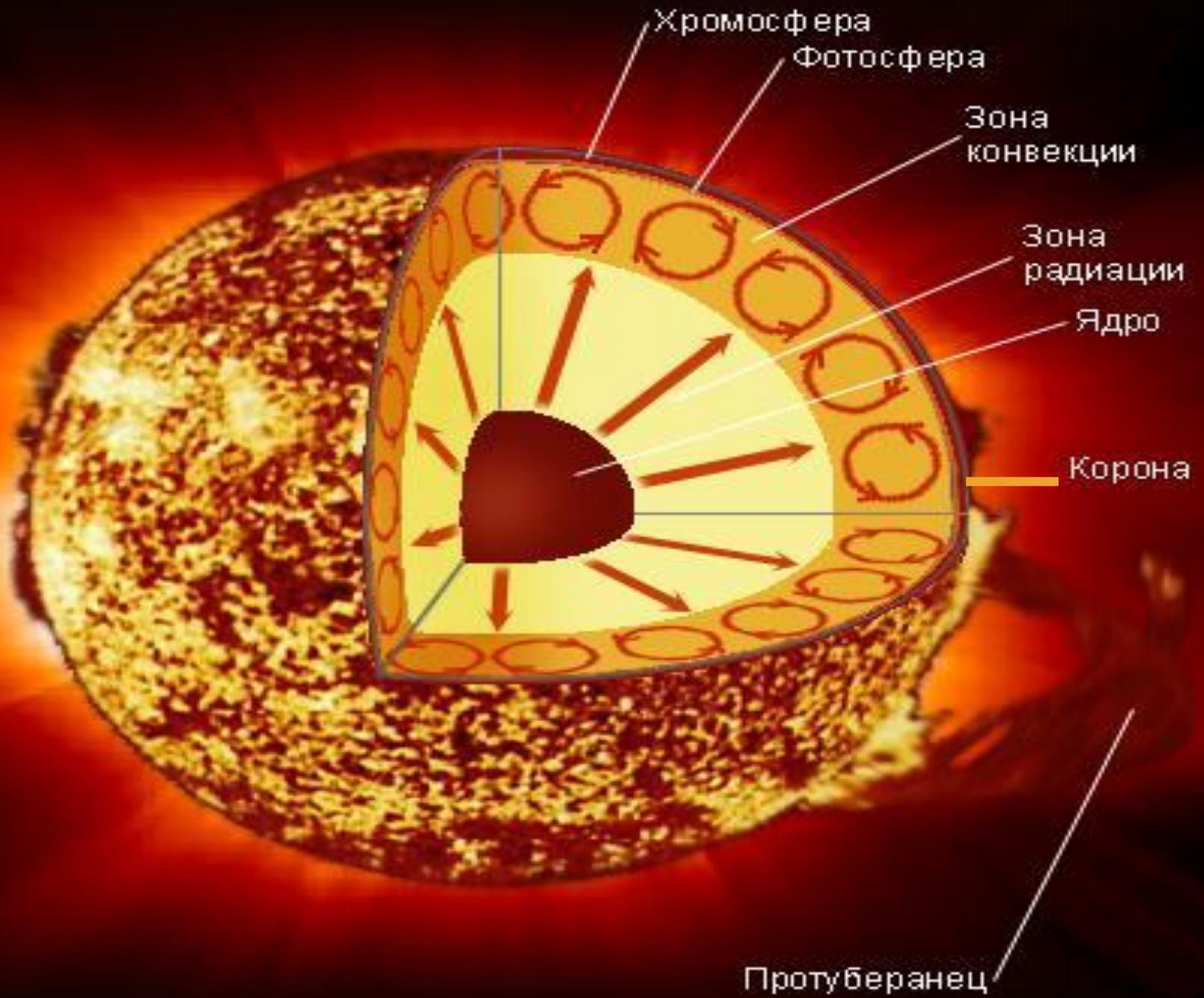
---

Это гигантский источник энергии: мощность излучения его очень велика - около  $3,86 \cdot 10^{23}$  кВт.

На Землю попадает очень маленькая часть солнечной энергии.

- 
- Принято считать, что в недрах Солнца при  $t$  около 15 млн. градусов и больших давлениях протекают термоядерные реакции, которые сопровождаются выделением огромного количества энергии.
  - Одной из таких реакций - это синтез ядер водорода (73%), при котором образуются ядра атома гелия (25%). Термоядерная реакция будет происходить до тех пор, пока не иссякнут запасы водорода. Такого резерва должно хватить, по меньшей мере, на несколько миллиардов лет.





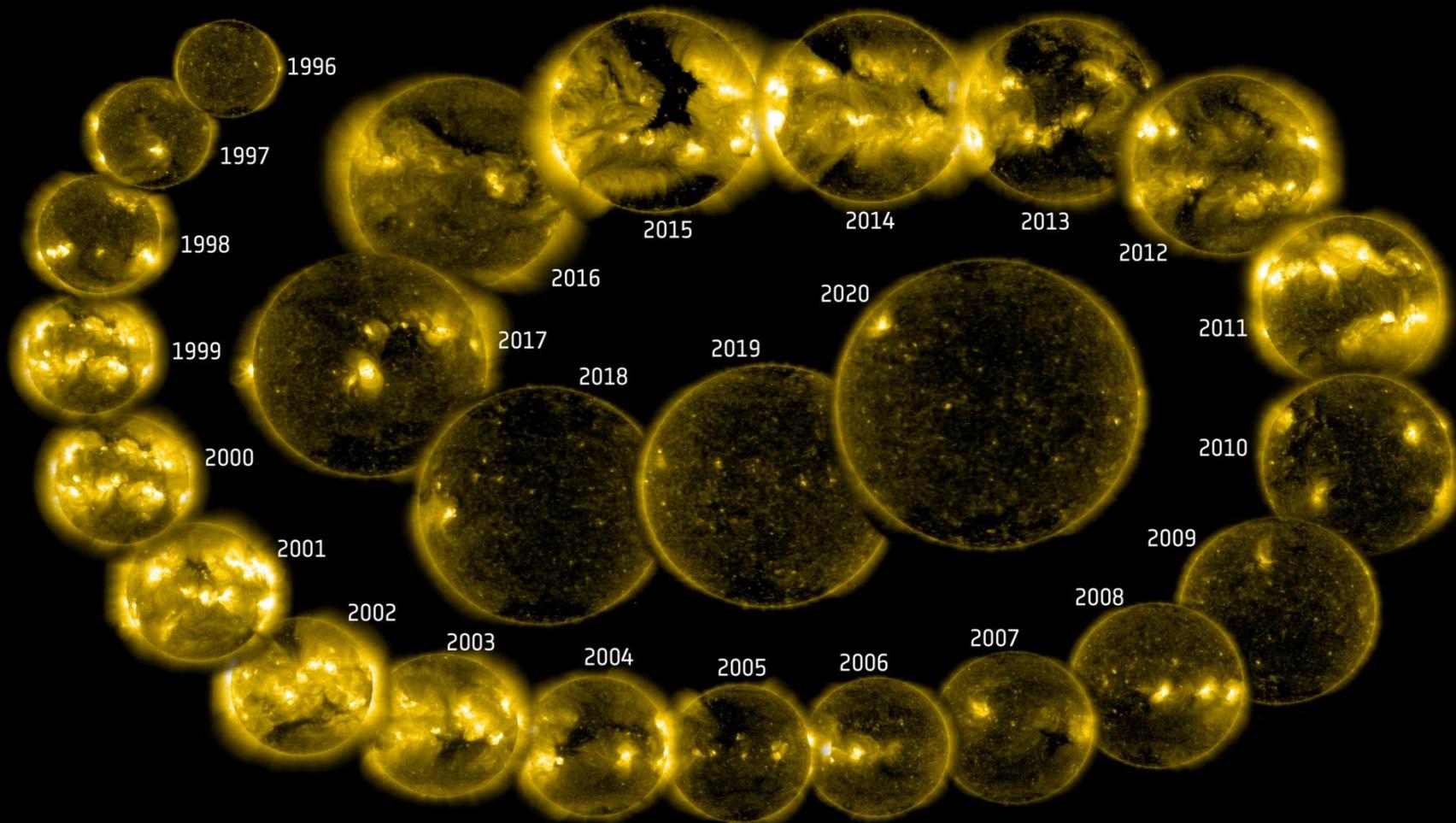
# СТРОЕНИЕ СОЛНЦА

- Протуберанец;
- Видимая поверхность Солнца. Плотность меньше -  $1/1000000$  г/см<sup>3</sup>, температура 6000 К, давление 1/6 атмосферы;
- Конвективная зона. По мере приближения к поверхности Солнца температура быстро уменьшается. В результате происходит конвекция - перемешивание вещества и перенос энергии к поверхности светила самим веществом;
- Зона переноса энергии излучением. Она представляет собой как бы стенки ядерного котла, через которые энергия медленно просачивается наружу;
- Ядро Солнца - естественный термоядерный реактор, где происходит выделение энергии за счет превращения водорода в гелий. В центре ядра: плотность - 160 г/см куб, температура - 15 млн К, давление - 340 млрд атмосфер, т.е. условия точно такие, какие нужны для работы ядерного реактора;
- Фотосфера - из нее исходит большая часть излучаемой Солнцем энергии в видимой области спектра;
- Хромосфера - плотность и давление с высотой убывают, а температура возрастает;
- Корона - самый верхний слой атмосферы Солнца - состоит из чрезвычайно разреженной плазмы. Во внутренней короне температура составляет 1 млн К и выше.

- 
- Почти вся энергия Солнца генерируется в его центральной области, откуда переносится излучением, а затем во внешнем слое - передается конвекцией.
  - Поверхность Солнца излучает потоки невидимых ультрафиолетовых и рентгеновских лучей, а также элементарных частиц. Интенсивность его невидимых излучений зависит от уровня солнечной активности.

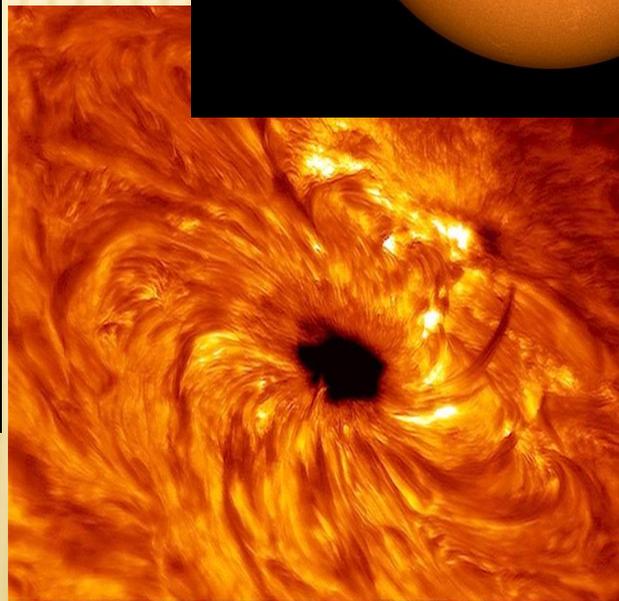
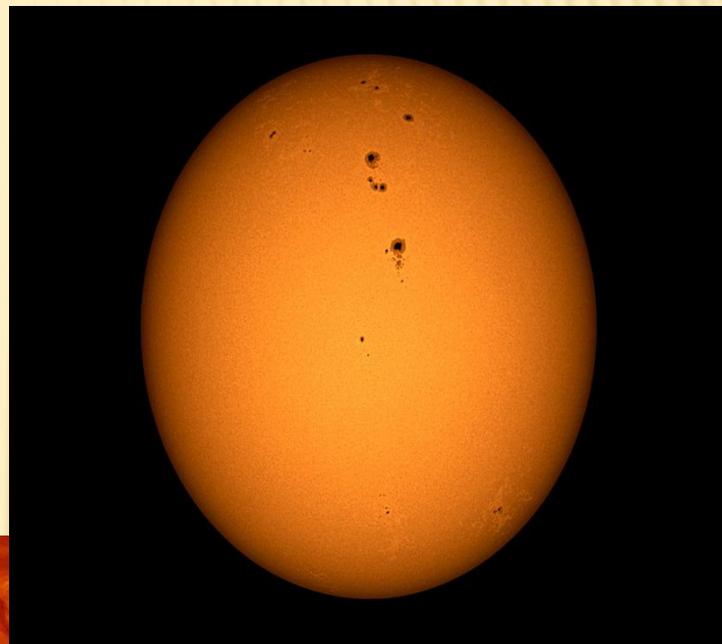
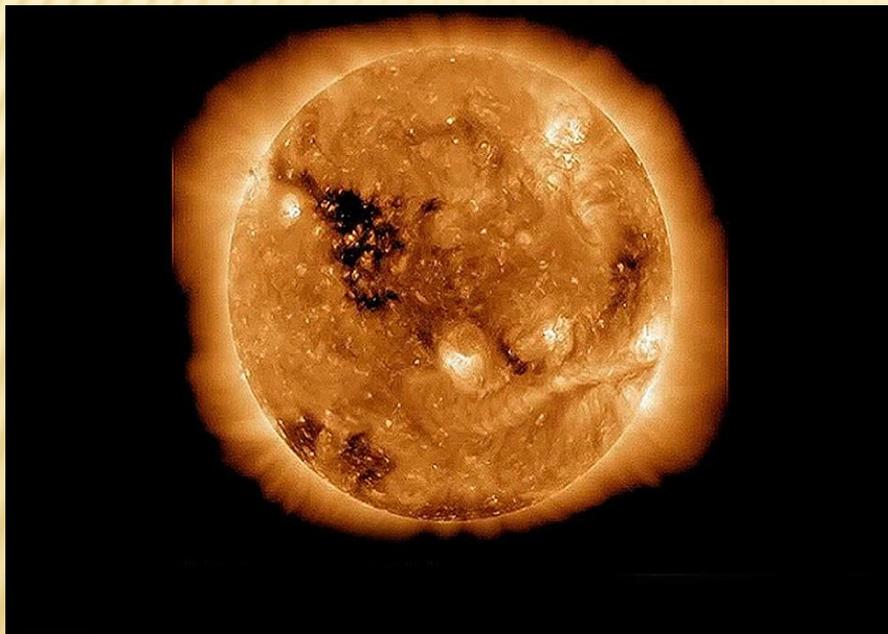
- 
- ▣ Наблюдаются циклы, в течение которых солнечная активность достигает максимального значения. Их периодичность составляет 11 лет.
  - ▣ Солнечная активность оказывает непосредственное влияние как на Землю, так и на людей. Без всех этих процессов жизнь на нашей планете не существовала бы, но они же являются и одной из главных угроз для нас.

# ЦИКЛЫ АКТИВНОСТИ



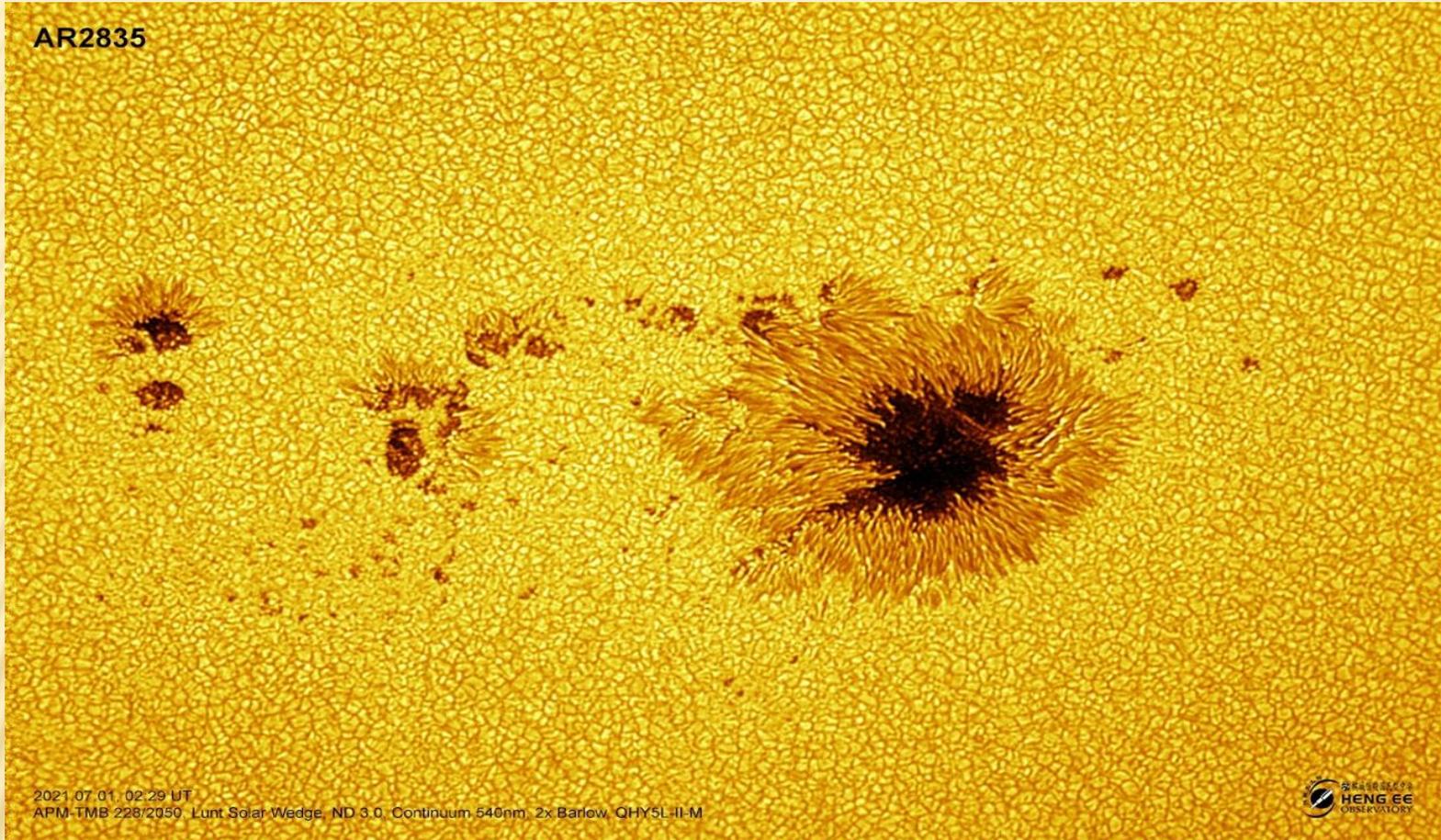
- 
- Флора и фауна тоже подвержена воздействию активности нашей звезды. На самом ее пике начинается нашествие саранчи, быстрее плодится рыба и даже увеличивается количество соболей.
  - Температура вод мирового океана постоянно изменяется в зависимости от уровня активности Солнца. А это влияет на многих морских животных и растений.
  - В годы наибольшей активности увеличивается число солнечных пятен и вспышек на солнечной поверхности, на Земле возникают магнитные бури, усиливается ионизация верхних слоев атмосферы и т. д.

# СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА



- 
- Солнечное пятно выглядит как рваная дыра на солнечной поверхности. Внутри пятна находится темная полная тень, а вокруг него менее темная полутень.
  - Поверхностная температура солнечного пятна примерно на 1500К ниже окружающей, что объясняет темный цвет пятен.
  - Диаметр типичного солнечного пятна около 10000 км, а время жизни от нескольких дней до нескольких месяцев, в зависимости от его размера. Большие пятна являются более долгоживущими.
  - Солнечные пятна часто встречаются парами или группами.

AR2835



Солнечное пятно AR2835, снимок сделан обсерваторией Хенг Ее в Малайзии 1 июля 2021 года. Размер поля зрения - около 150 тысяч километров, что в десять раз больше диаметра Земли.

---

Пятна на Солнце – обычное явление, происходящее там постоянно. Истории известны лишь два временных периода, когда их не было совсем. Они названы минимумами Шперера и Маундера, и протекали несколько десятков лет в 13-14 и 17-18 веках.

Самое большое количество пятен на Солнце было обнаружено в 1947 году. Их общая площадь составляла 18 миллиардов квадратных километров, что в сотню раз больше Земли. Их можно было наблюдать невооруженным глазом в определенное время суток.

- 
- Помимо пятен существует несколько других типов проявления поверхностной активности Солнца: факелы, флоккулы, протуберанцы

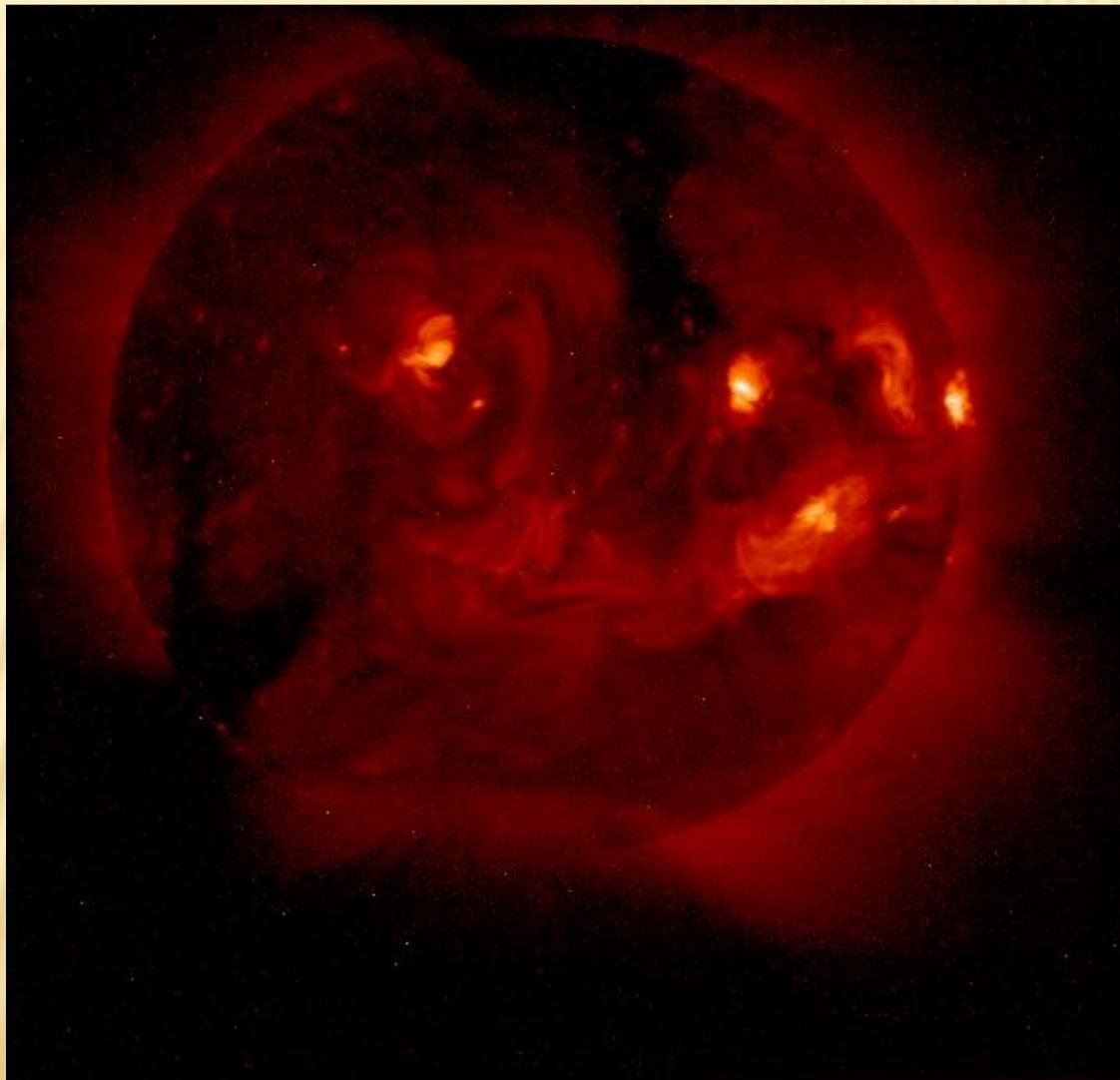
# ФАКЕЛЫ (ЯРКИЕ ОБЛАСТИ ВОКРУГ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН)

---



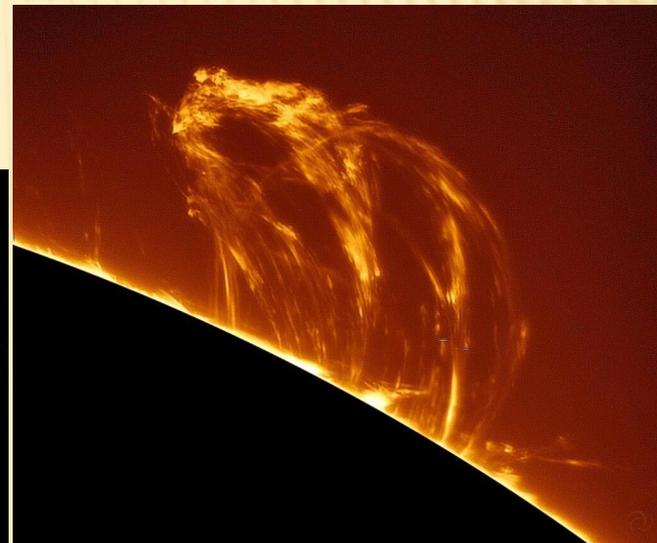
# ФЛОККУЛЫ

---



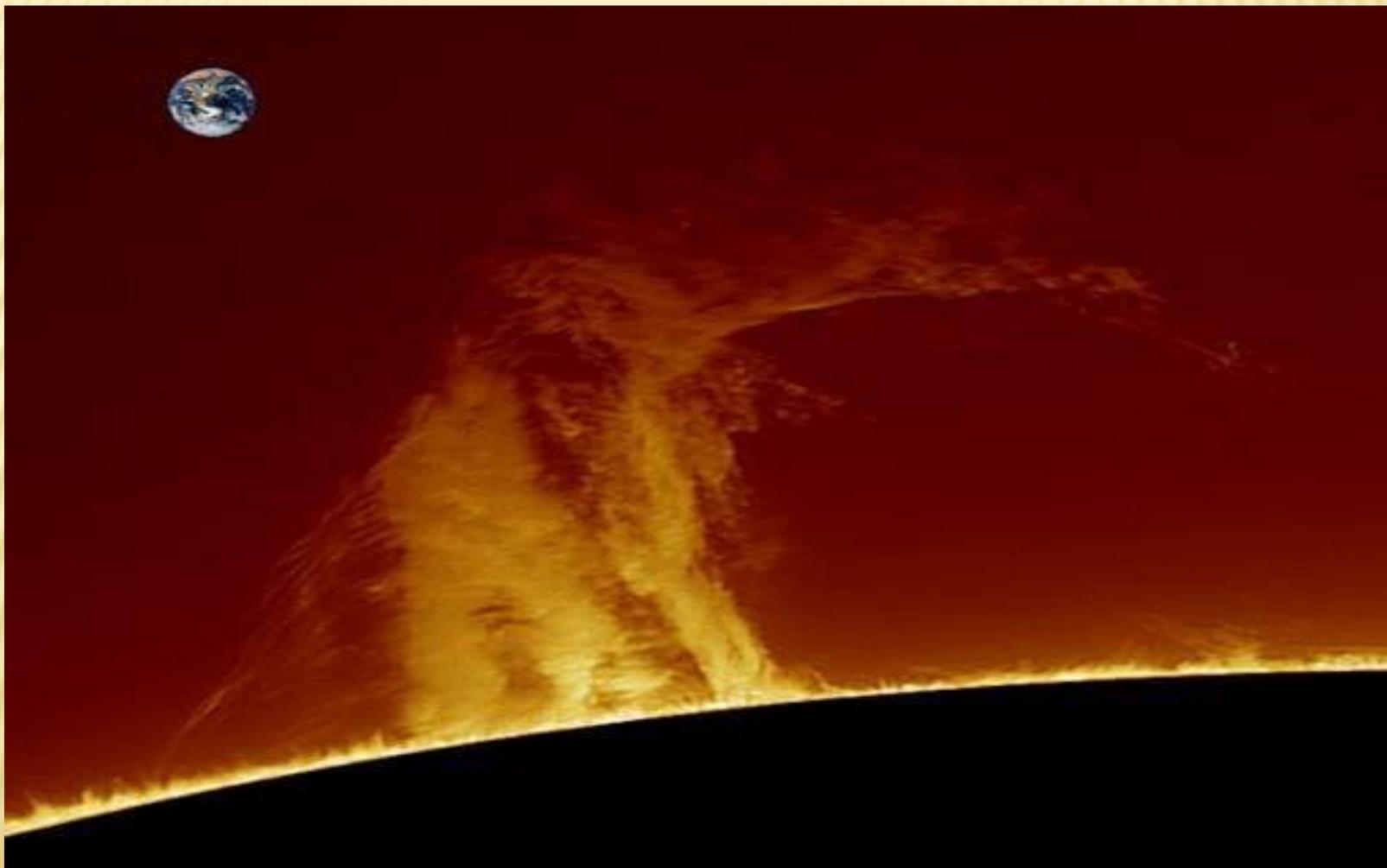
- 
- Флоккулы - волокнистые образования в хромосфере Солнца, имеющие большую яркость и плотность, чем окружающие их участки.
  - Являются продолжением фотосферных факелов в хромосферу.
  - На обычных (выполненных в белом свете) изображениях Солнца практически не видны.

# ПРОТУБЕРАНЦЫ



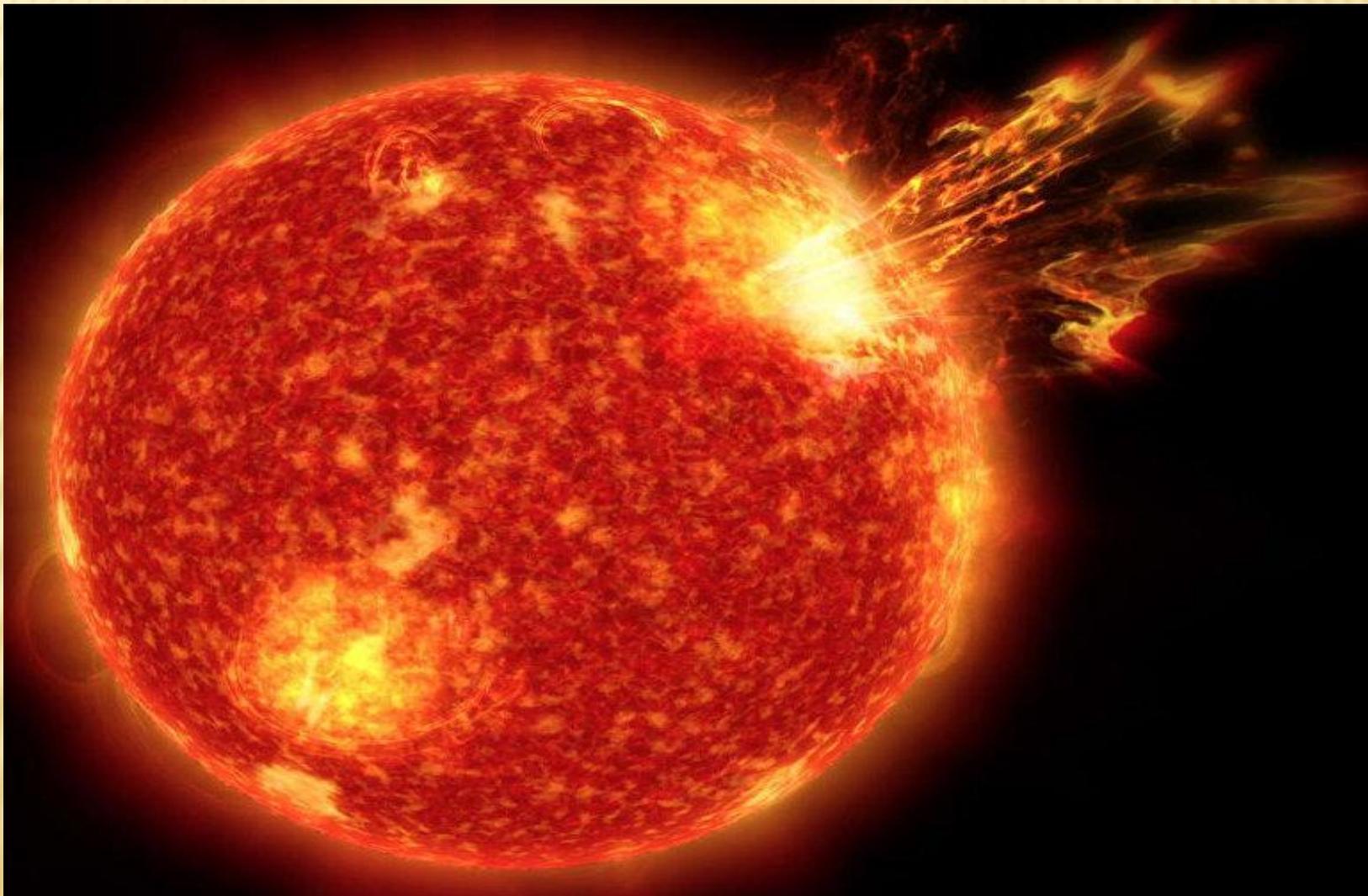
- 
- Протуберанцы - пылающие газовые массы в короне, легко наблюдаемые вблизи краев Солнца. Это огромные сгустки плазмы, удерживаемые магнитным полем Солнца.
  - Температура около 20 000 К.
  - Некоторые из них существуют в короне несколько месяцев, другие, появляющиеся рядом с пятнами, быстро движутся со скоростями около 100 км/с и существуют несколько недель.
  - Отдельные протуберанцы движутся с еще большими скоростями и внезапно взрываются.

# ПРОТУБЕРАНЕЦ В СРАВНЕНИИ С ЗЕМЛЕЙ



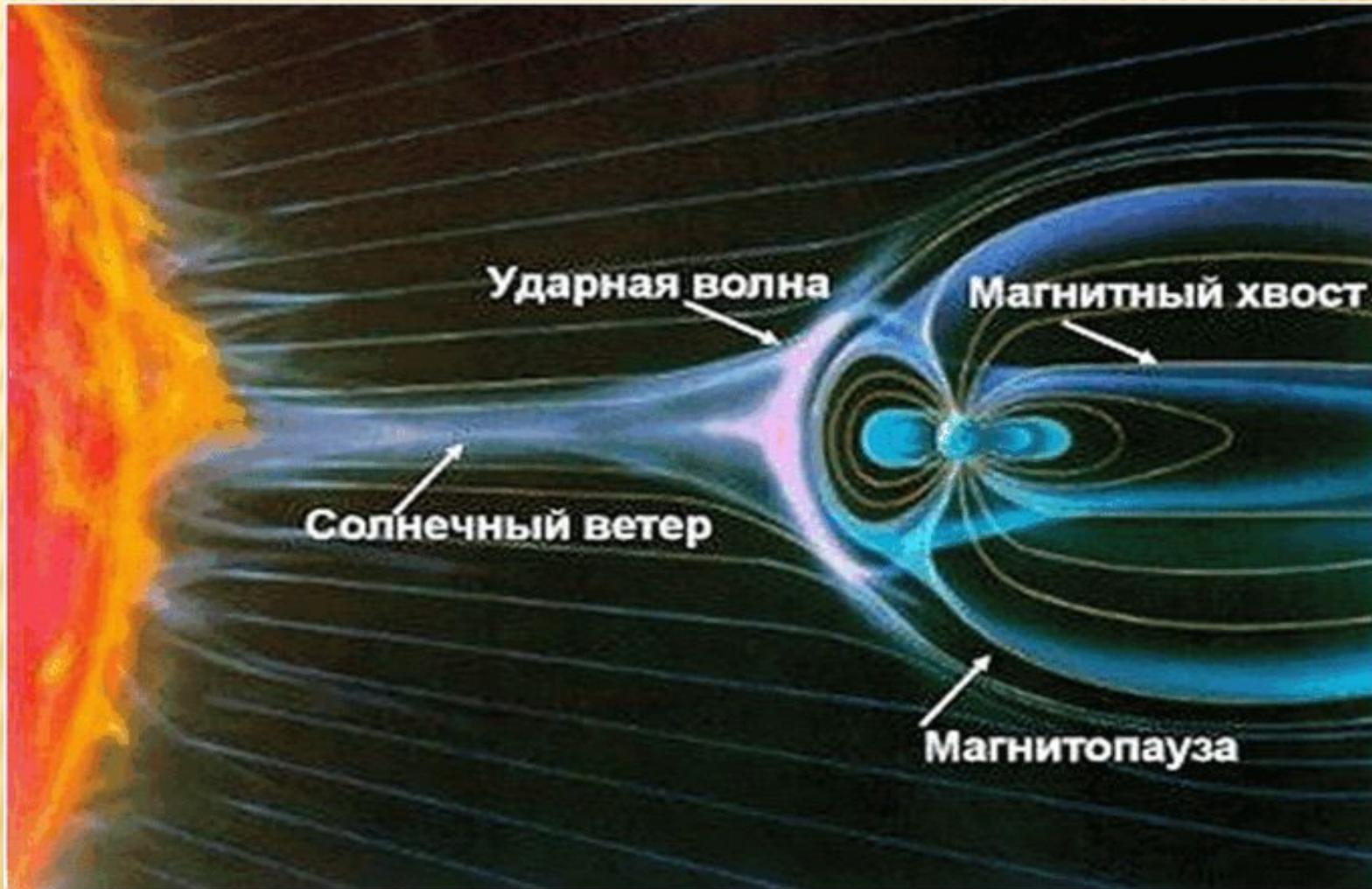
# ВСПЫШКИ

---



- 
- Вспышки - взрывной процесс выделения энергии (кинетической, световой и тепловой) в атмосфере Солнца ( $6 \times 10^{25}$  джоулей, что составляет около  $\frac{1}{6}$  энергии, выделяемой Солнцем за секунду).
  - В отличие от пятен, где потоки энергии замедляются, в этом случае они, наоборот, увеличиваются до таких масштабов, что происходит мощный взрыв. Вспышка прорывается через всю атмосферу с большой скоростью. За пару минут происходит высвобождение энергии объемом в несколько миллиардов мегатонн. После этого вырвавшееся излучение превращается в поток и несется по космосу на огромных скоростях.
  - Это явление называется солнечным ветром, и после высвобождения оно достигает Земли примерно за 2-3 дня.
  - Приводят к возникновению геомагнитных бурь, которые определённым образом влияют на технику и биологические объекты.
  - Солнечные вспышки снижают количество лейкоцитов в крови человека. Именно магнитные бури влияют на плохую свертываемость крови, учащение заболеваний нервной системы, приводят к утомлению и сонливости.

# СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР





---

Солнечный ветер защищает Солнечную систему от попадания в неё межзвёздного газа.

Звёздный ветер Солнца оказывает сильное влияние и на нашу планету (как и на другие планеты системы, обладающие магнитным полем).

Магнитное поле Земли надёжно защищает ее от облучения солнечным ветром, который происходит в результате вспышек. В полярных широтах это особенно наглядно показано. Там ветер все-таки проскальзывает сквозь магнитное поле, вызывая северное сияние.

Возмущённые потоки ветра также способствуют проявлению геомагнитной активности (например, возникновению магнитных бурь).

---

В настоящее время известны несколько «двойников» Солнца, которые являются практически полными аналогами нашей звезды по массе, светимости, температуре, металличности, возрасту и т. д.

# ДВОЙНИКИ СОЛНЦА



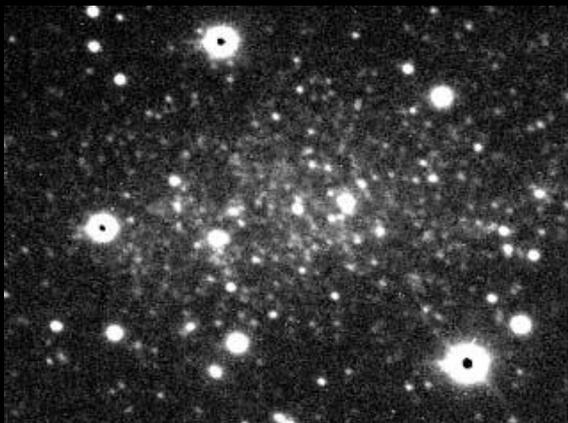
HD 44594



Бета Гончих Псов



18 Скорпионов



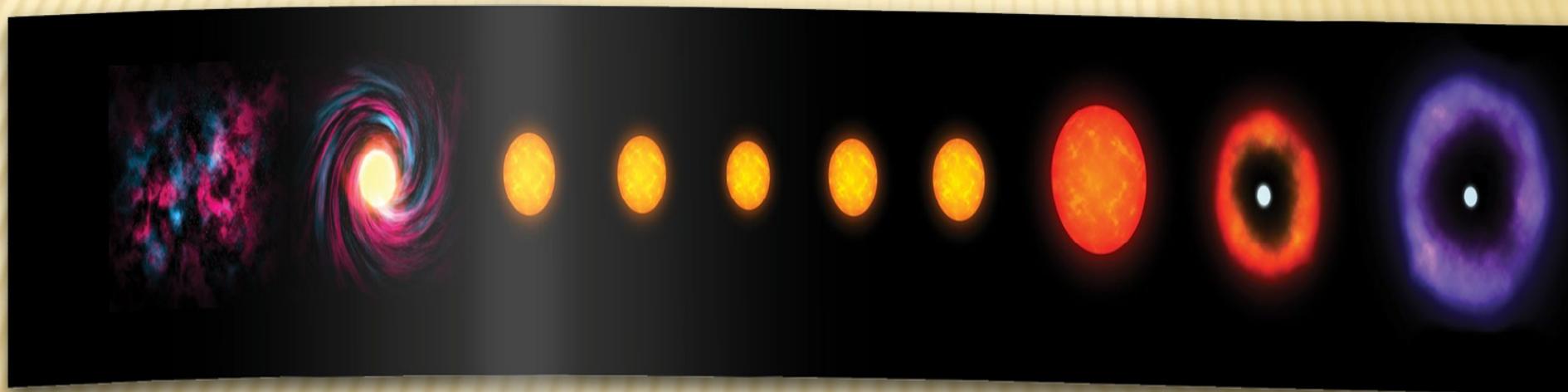
37 Близнецов



HIP 56948

# ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СОЛНЦА

Туманность    Протозвезда    Основная последовательность    Красный гигант    Планетарная туманность    Белый карлик



Настоящее (4,57 млрд. лет)

Масштаб и цвета условны. Временная шкала в миллиардах лет (приблизительно)

---

Масса Солнца недостаточна для того, чтобы его эволюция завершилась взрывом сверхновой. После того, как Солнце пройдет фазу красного гиганта, термические пульсации приведут к тому, что его внешняя оболочка будет сорвана, и из нее образуется планетная туманность.

В центре этой туманности останется сформированный из ядра Солнца белый карлик, очень горячий и плотный объект, но размером только с Землю. Изначально этот белый карлик будет иметь температуру поверхности 120000 К и светимость 3500 солнечных, но в течение многих миллионов и миллиардов лет будет остывать и угасать.

Данный жизненный цикл считается типичным для звезд малой и средней массы.

# ПИСАТЬ НЕ НАДО (ТОЛЬКО ПРОЧИТАТЬ)

- Сейчас Солнце – так называемый желтый карлик – находится на основном этапе жизни звезд. Его горючее постепенно расходуется. Солнце будет светить еще ярче, например, в ближайший миллиард лет его яркость увеличится уже на 10%, а через 4 млрд. – уже на 40%. Казалось бы, не большие цифры, но посмотрим, что делается в это время на Земле. Уже в первом случае - сильнейший парниковый эффект, испаряется влага. Земля становится похожей на сегодняшнюю Венеру. Затем на Земле становится так жарко, что растают ледники и выкипают океаны, а пар улетучивается в космос. Солнце теперь – не доброе светило, и вся жизнь уничтожена его излучением. Теперь если из космоса посмотреть на Землю, мы уже не увидим прекрасный голубой шар.
- Через 6 млрд. лет Солнце начинает увеличиваться в размерах и даже поглощает ближайшую к себе планету – Меркурий. Когда выгорает весь гелий, звезда начинает пульсировать, и большая часть ее атмосферы улетаает в космос. Вместо огромного яркого шара на месте Солнца теперь – белый карлик размером с Землю. Через триллионы лет он остынет почти до абсолютного нуля. Так закончится жизнь Солнечной системы, а оставшиеся облака пыли и газа станут кирпичиками для новых звезд и планет – вспомним, как начинало свою жизнь наше Солнце и вся Солнечная система.