

# Земля в космическом пространстве.



Знание наше ограничено,  
незнание – бесконечно.

Лаплас.

**Космос** (с греч.- «упорядоченное», «красивое») – строение, мир, вселенная, мироздание, материальный мир.

**Вселенная** – весь существующий материальный мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по формам материи (т.е. весь окружающий нас микро-, макро-и мегамир).

Огромный интервал пространственных масштабов от размеров электрона ( $10^{-13}$  см) до границ видимой Вселенной ( $10^{28}$  см).

# Расстояния в Солнечной системе.

Радиус Земли – 6371 км

- до Луны – 384000 км
- до Солнца  $\approx 150$  млн. км = 1 а.е.  $\approx 8$  световых минут.

1 а.е. – новая единица измерения расстояний – «астрономическая единица».

Радиус Солнечной системы до орбиты 8 планеты Нептуна - 30 а.е.  $\approx 3,8$  световых часа, а до орбиты Плутона – 40 а.е.  $\approx 5$  световых часов.

## Расстояния до звезд.

В.Я. Струве первым измерил точное расстояние до Веги (1835-1840).

Расстояния до близких звезд измеряются методом триангуляции, в качестве базы используют радиус орбиты Земли, равный

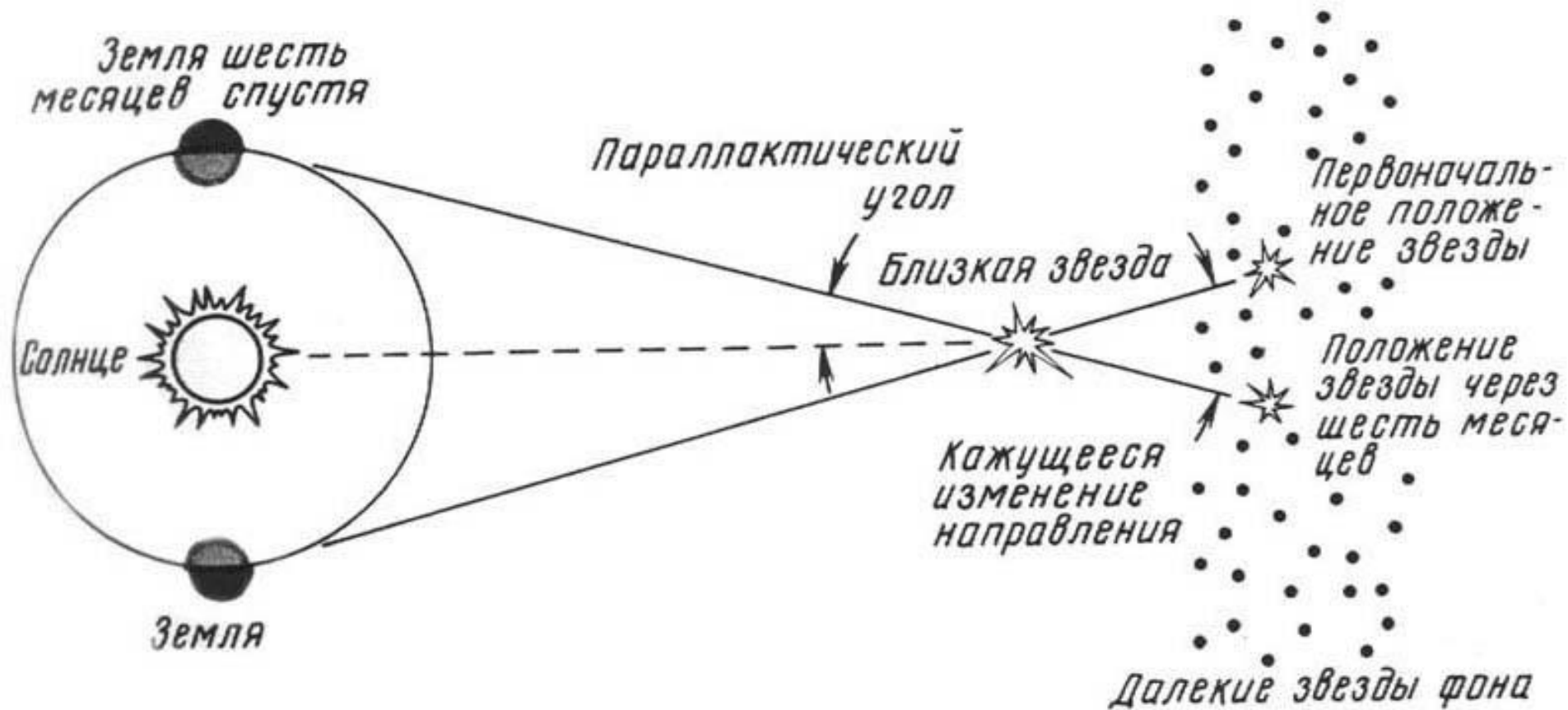
$$1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$$

Измеряется годичный параллакс звезд.

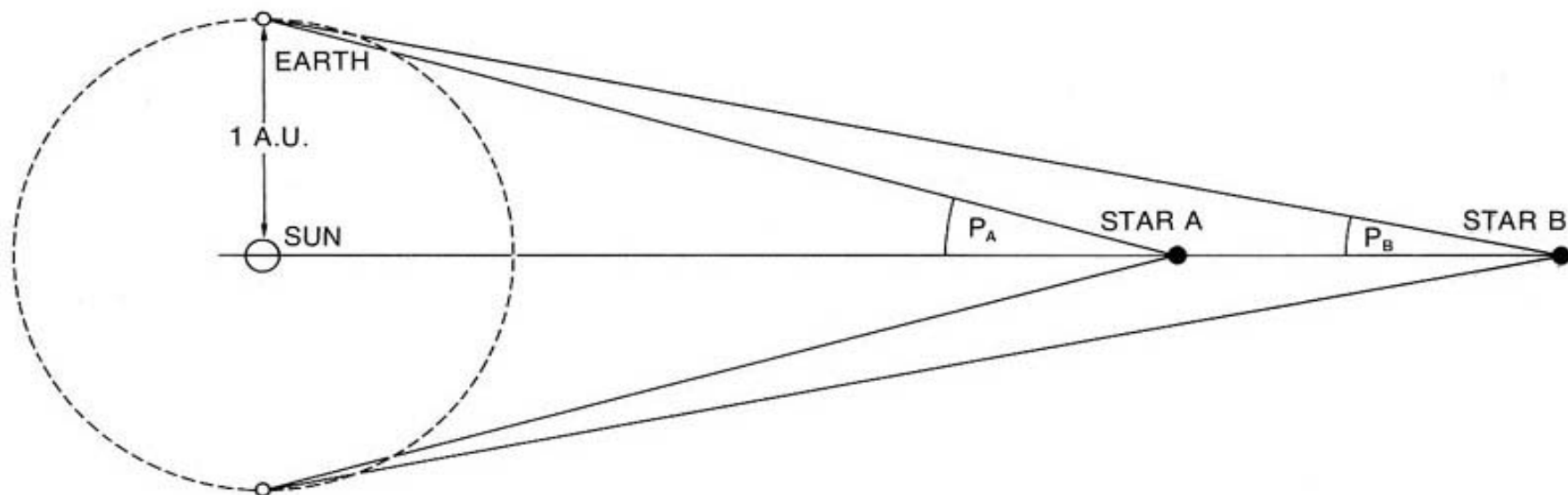
Пример параллактического смещения:  
одинокое дерево смещается на фоне  
далёкого леса, если смотреть на него из  
окна движущегося поезда.



# Эффект параллактического смещения звезд



# Зависимость параллактического угла от расстояния



# Парсек – единица измерений межзвёздных расстояний.





- Близость звёзд на небе (например, объединённых в созвездия) не всегда означает их близость в пространстве.
- Знание расстояний позволяет отделить одни звёзды от других в пространстве.
- Параллаксы большинства звёзд намного меньше 1 угловой секунды.
- Измерять параллаксы трудно ...

В научно – популярной литературе используют понятие **световой год** – расстояние, проходимое светом в вакууме за год, приблизительно равное 63 241,1 а.е. или 0,306601 пк, или 9 400 млрд. км.

Парсек (1пк)  $\approx$  206 265 а.е.  $\approx$  3,26 св. года.

Килопарсек (1 кпк) = 1000 пк  $\approx$  3258 св. лет.

Мегапарсек (1 Мпк) = 1000 кпк = 1 000 000 пк = 3 258 000 св. лет.

# Некоторые расстояния в парсеках.

- Расстояние от Солнца до ближайшей звезды Проксима Центавра  $\approx 1,3$  пк = 4,22 св.года.
- Расстояние от Солнца до центра нашей Галактики  $\approx 10$  кпк  $\approx 32\,000$  св. лет.
- Диаметр нашей Галактики  $\approx 30$  кпк  $\approx 100\,000$  св. лет.
- Расстояние до Туманности Андромеды  $\approx 0,77$  Мпк = 772 кпк  $\approx 2,5$  млн. св. лет.
- Ближайшее крупное скопление галактик, скопление Девы, находится на расстоянии 18 Мпк  $\approx 59$  млн. св. лет.

# Место Земли во Вселенной.

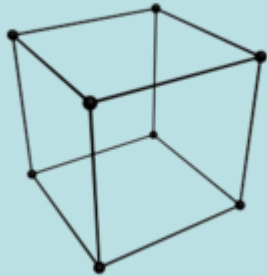
Земля – Солнечная система (С.с).–  
Галактика Млечного пути (ГМП)–  
Местная Группа галактик (МГ)–  
Местное сверхскопление галактик–  
наблюдаемая Вселенная (Метагалактика)  
– Вселенная.

## Определяем понятия.

- Вселенная – совокупность всего, что существует физически, т.е. наибольший объём пространства вместе со всей материей и излучением, заключенным в нём.
- С Земли можно наблюдать только одну, нашу Вселенную – это не исключает существования других.
- С Земли с помощью современной астрономической аппаратуры можно наблюдать только часть нашей Вселенной – Метагалактику как объём, заполненный звёздами, галактиками, скоплениями галактик (всего около 1 млрд.), радиусом ~14 млрд. св. лет.

# Коротко о строение Метагалактики.

Средняя плотность вещества в Метагалактике  $10^{-31} - 10^{-30}$  г/см<sup>3</sup>.



В кубе с длиной ребра 40 000 км  
содержится 1 г вещества

Вещество распределено неравномерно:  
одиночные элементарные частицы и атомы,  
молекулы, крупные газовые и пылевые  
туманности, звезды.



# Звёзды – основное население Метагалактики.

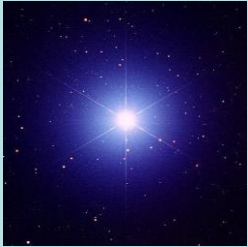
**Звёзды** – шарообразные горячие газовые (плазменные) самосветящиеся небесные тела, подобные Солнцу.

**Звёзды** сосредотачивают в себе до 90% видимого вещества нашей Вселенной.

**Звёзды** состоят из водорода (70-80%) и гелия (20-30%), остальные химические элементы – от 0,1 до 4%.

**Источник тепловой энергии звёзд – термоядерная реакция в их недрах.**

# Звёзды образуют системы.



Одиночные звёзды редки



Двойные и кратные звёзды

# Звёздные скопления.

А



Б



А – рассеянное скопление, сотни молодых звёзд.

Б – шаровое скопление, сотни тысяч старых, маломассивных звёзд.

# Галактики

(греч. galaktikos – млечный).

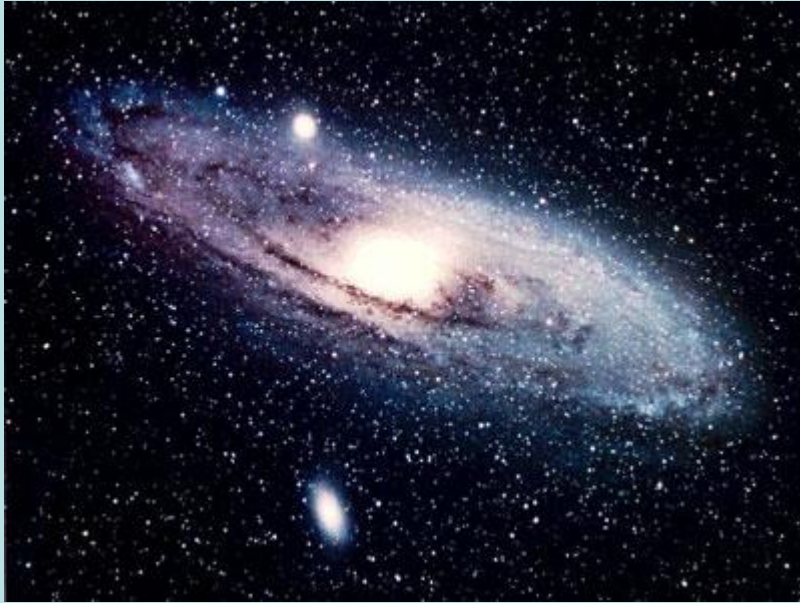
- Галактики – звёздные системы, связанные гравитационным притяжением (сотни млрд. звёзд).
- Диаметр галактик - от нескольких тысяч до сотен тысяч световых лет.
- По внешнему виду галактики делят на:  
эллиптические (E),  
спиральные (S),  
неправильные (Ir).

# Эллиптическая галактика М87 в созвездии Девы.





# Спиральные галактики – самые многочисленные.



Спиральная галактика М31  
Туманность Андромеды





# Неправильные галактики.



Галактика Большое  
Магелланово Облако.



Галактика M82 в созвездии  
Большой Медведицы.

# Группы галактик

(включают несколько десятков галактик)

Пример: Местная группа галактик.

Включает 50 галактик. Диаметр 3,3 млн. св. лет.



Самые крупные Млечный путь и Туманность Андромеды (находится от нас на расстоянии 2,3 млн. св. лет)  
Остальные – карликовые.

## Сверхскопления галактик.

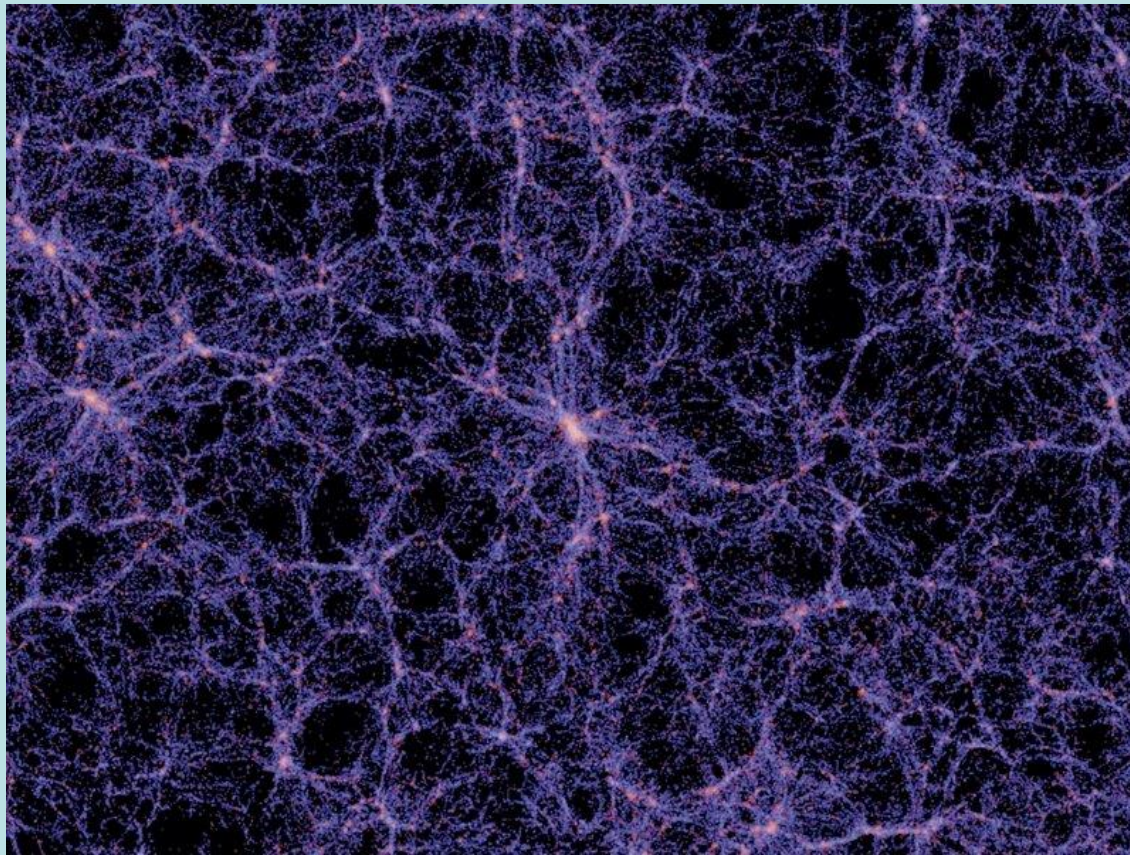
- Включают в себя свыше 90% всех существующих галактик.
- Занимают около 10% всего объёма пространства нашей Вселенной.
- Обладают массами на 15 порядков больше массы Солнца.

Пример: Местное сверхскопление галактик (Сверхскопление Девы). Размер ~ 200 млн. св.лет.

В состав МСС входят ~ 100 групп и скоплений галактик и около 30 тысяч галактик.

# Ячеистая структура Метагалактики.

Сверхскопления имеют сильно вытянутую форму и напоминают ленты или цепочки длиной в несколько сотен млн. световых лет. Пересекаясь они образуют ячейки (воиды), внутри которых галактик практически нет.



# Большой Взрыв – современная теория происхождения нашей Вселенной.

По современным представлениям, наблюдаемая нами сейчас Вселенная возникла около 13,7 млрд. назад из некоторого «**сингулярного**» состояния с бесконечно большой температурой и плотностью и с тех пор непрерывно расширяется и охлаждается.



# Краткая история возникновения теории.

- 1907-1916 гг. **А. Эйнштейн** создаёт ОТО. **Вселенная стационарна** – силы гравитации (взаимного притяжения) уравновешиваются силами отталкивания.
- 1922-1924 гг. **А.А. Фридман** находит нестационарное решение гравитационного уравнения Эйнштейна и предполагает расширение Вселенной.

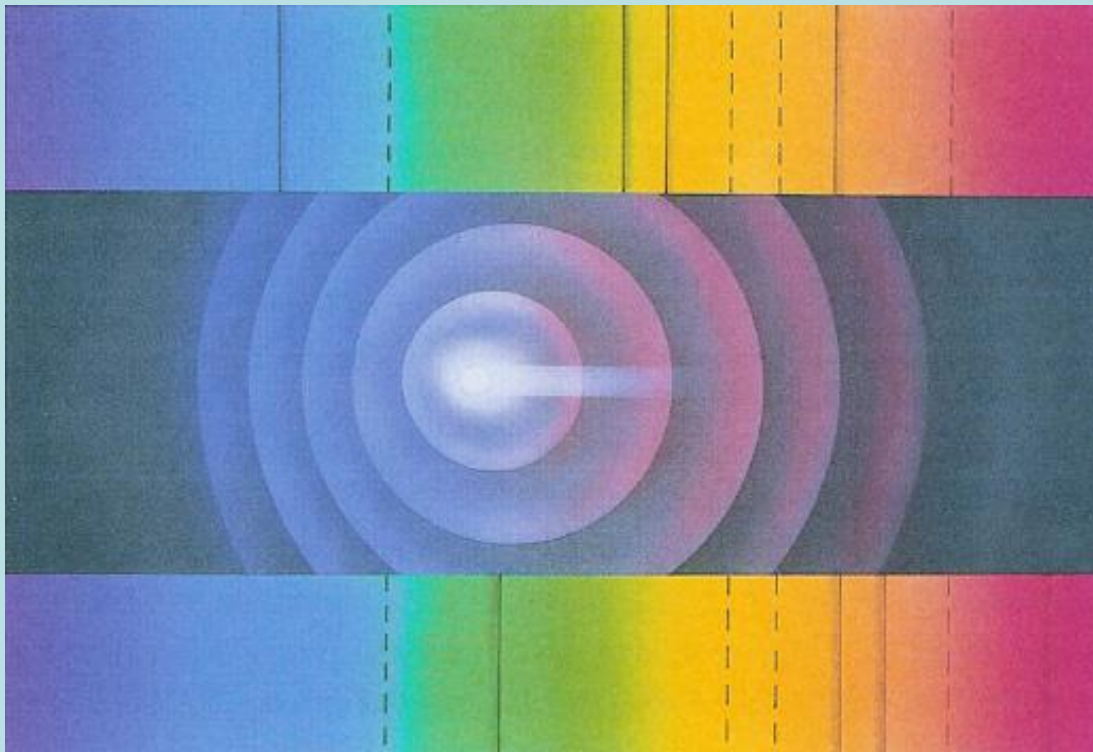
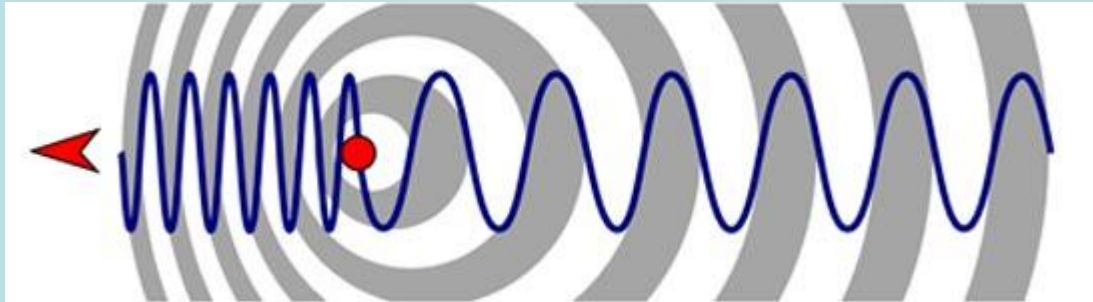


- А. Фридман экстраполирует ситуацию в прошлое и приходит к заключению, что первоначально вся материя Вселенной должна была быть сосредоточенной в очень компактной области откуда начался её разлёт («папа-атом»).
- По А.Фридману был взрыв, который произошёл **одновременно** и **повсюду** во Вселенной, заполнив образовавшееся пространство очень плотным веществом, из которого через миллиарды лет образовались звёзды, галактики, наше Солнце, планеты и т.д.

- 1929 г. – первое экспериментальное подтверждение будущей теории. Э. Хаббл открывает общее расширение Вселенной: лучевая скорость  $v$  любой галактики (измеренная с помощью красного смещения) пропорциональна расстоянию  $r$  от неё:  $v = Hr$  (закон Хаббла), где  $H$  – коэффициент пропорциональности или постоянная Хаббла.

Наша Вселенная – расширяющаяся!

# Эффект Доплера.



- 1948 г. **Г.А.Гамов**, физик-ядерщик, добавляет «маленькую» деталь – первичное вещество Вселенной было не только очень плотным, но и **очень горячим**. В этом ядерном котле за несколько минут были синтезированы легкие химические элементы (**H** и **He**). По Г.Гамову электромагнитное излучение первичного горячего вещества не должно исчезать при расширении Вселенной. Оно сохраняется в сильно охлажденном виде и сейчас должно иметь температуру **около 3 К**.

- 1965 г. – **второе экспериментальное подтверждение теории.** Радиоинженеры А.Пензиас и Р. Вильсон случайно обнаруживают фоновое космическое электромагнитное излучение в микроволновом диапазоне. Излучение однородно с точностью до тысячных долей процента, его интенсивность постоянна по всему небу. Температура излучения составляет **2,728 К.**

**Вселенная в момент рождения была горячей!**

- Третье экспериментальное подтверждение теории.

Наблюдаемый химический состав Вселенной, состоящей приблизительно из  $\frac{3}{4}$  (по массе) водорода и  $\frac{1}{4}$  гелия с небольшой (порядка 1%) примесью прочих элементов.

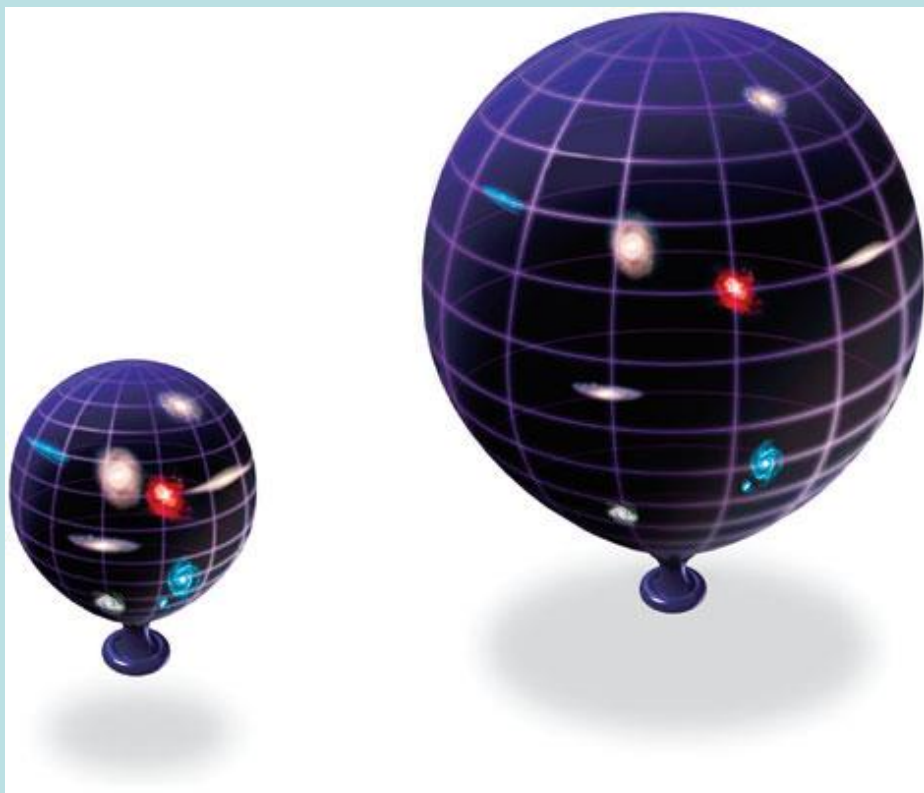
H и He образуются в первые минуты существования Вселенной.

Прочие тяжелые элементы образуются гораздо позднее внутри звёзд и попадают в межзвёздное пространство в результате взрывов сверхновых.



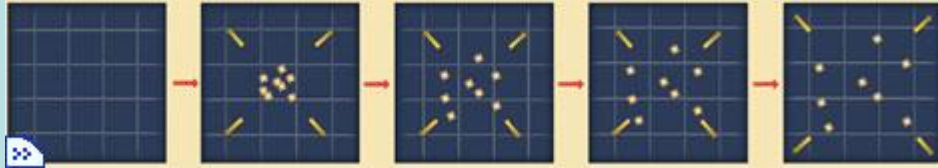
## Парадоксы Большого взрыва.

Воздушный шар – модель расширения Вселенной.

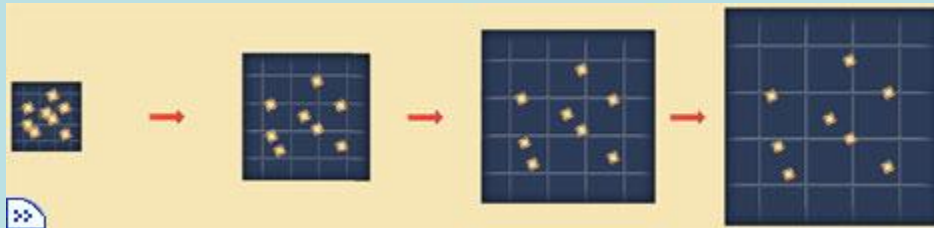


Галактики на поверхности шара неподвижны, но поскольку Вселенная расширяется, расстояния между ними возрастают, а размеры самих галактик не увеличиваются.

# На что был похож Большой взрыв.

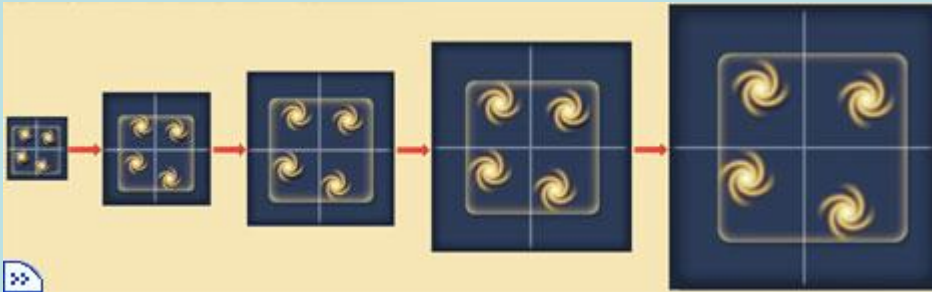


**Неверно.** Вещество, подобно бомбе взорвалось в центре Вселенной. Давление было высоким в центре и низким в окружающей пустоте, что и вызвало разлёт вещества.

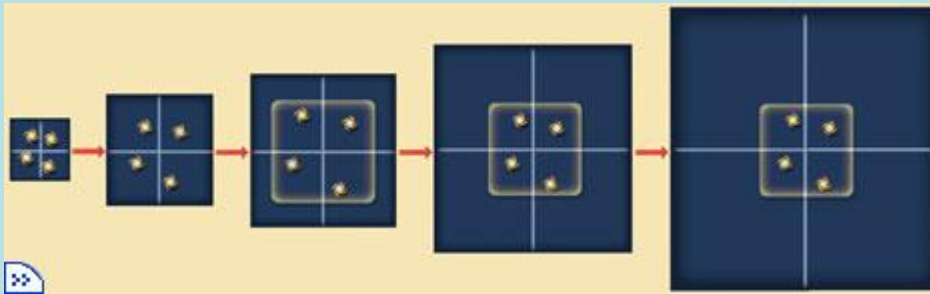


**Верно.** Это был **взрыв** самого **пространства**, который привёл вещество в движение. Наше **пространство и время возникли в Большом взрыве** и пространство начало расширяться. Нигде не было центра, условия всюду были одинаковыми, никакого перепада давления не было.

# Расширяются ли объекты во Вселенной.

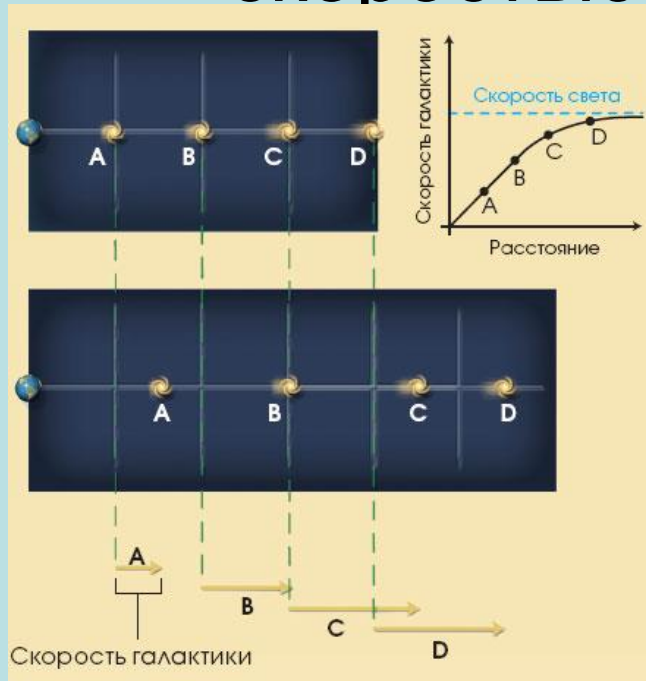


**Неверно.** Да, расширение Вселенной заставляет и всё, находящееся в ней увеличиваться.

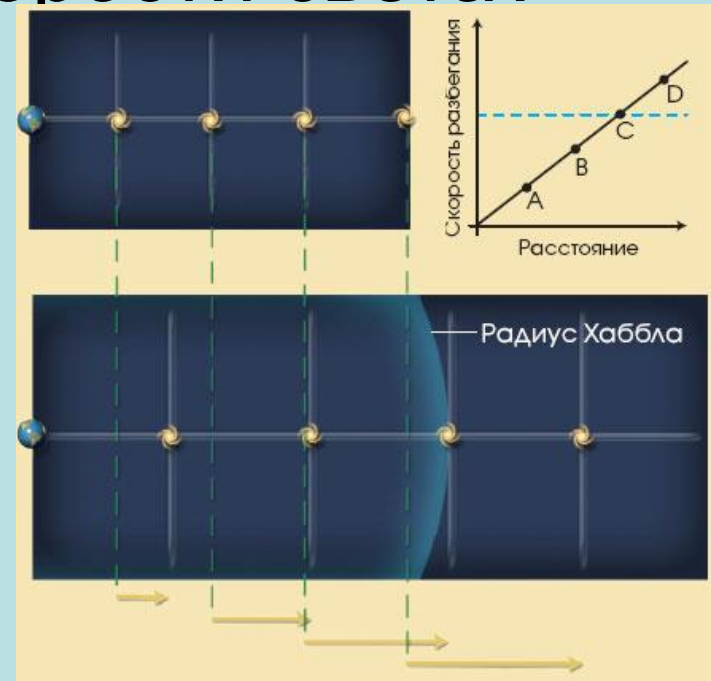


**Верно.** Нет. Связанные объекты во Вселенной не расширяются. Взаимное притяжение соседних галактик пересиливает расширение. Формируются скопления такого размера, которые соответствуют их равновесным состояниям.

# Могут ли галактики удаляться со скоростью выше скорости света?



**Неверно.** Не могут. Чем дальше галактика, тем выше её скорость (стрелки), но, если скорость света предел, то скорость удаления должна в итоге стать постоянной.

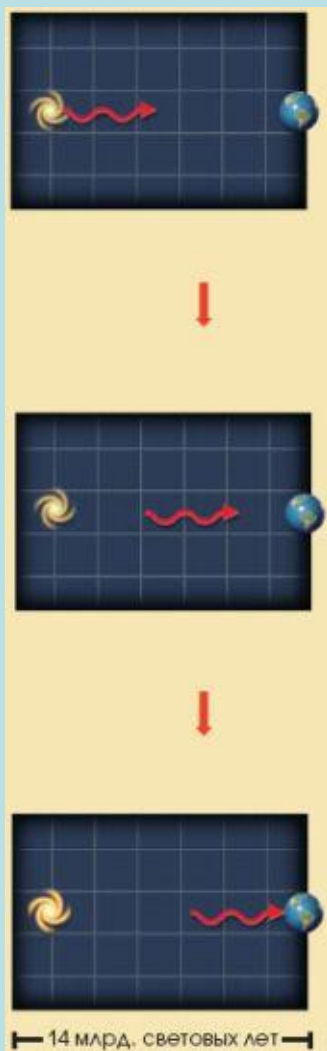


**Верно.** Могут! Скорость удаления бесконечно возрастает с расстоянием. Дальше некоторого расстояния (радиус Хаббла) она превышает скорость света. Это не нарушение ТО, т.к. удаление вызвано не движением в пространстве, а расширением самого пространства.

# Размеры наблюдаемой Вселенной.

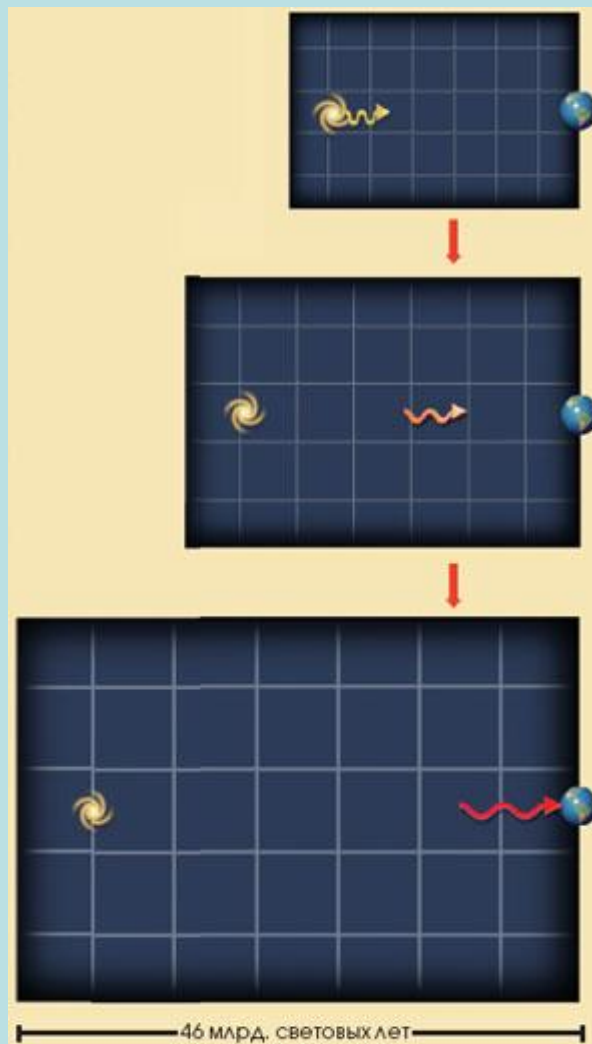
**Неверно.**

Вселенной ~ 14 млрд. лет, поэтому наблюдаемая её часть должна иметь радиус ~ 14 млрд. лет.



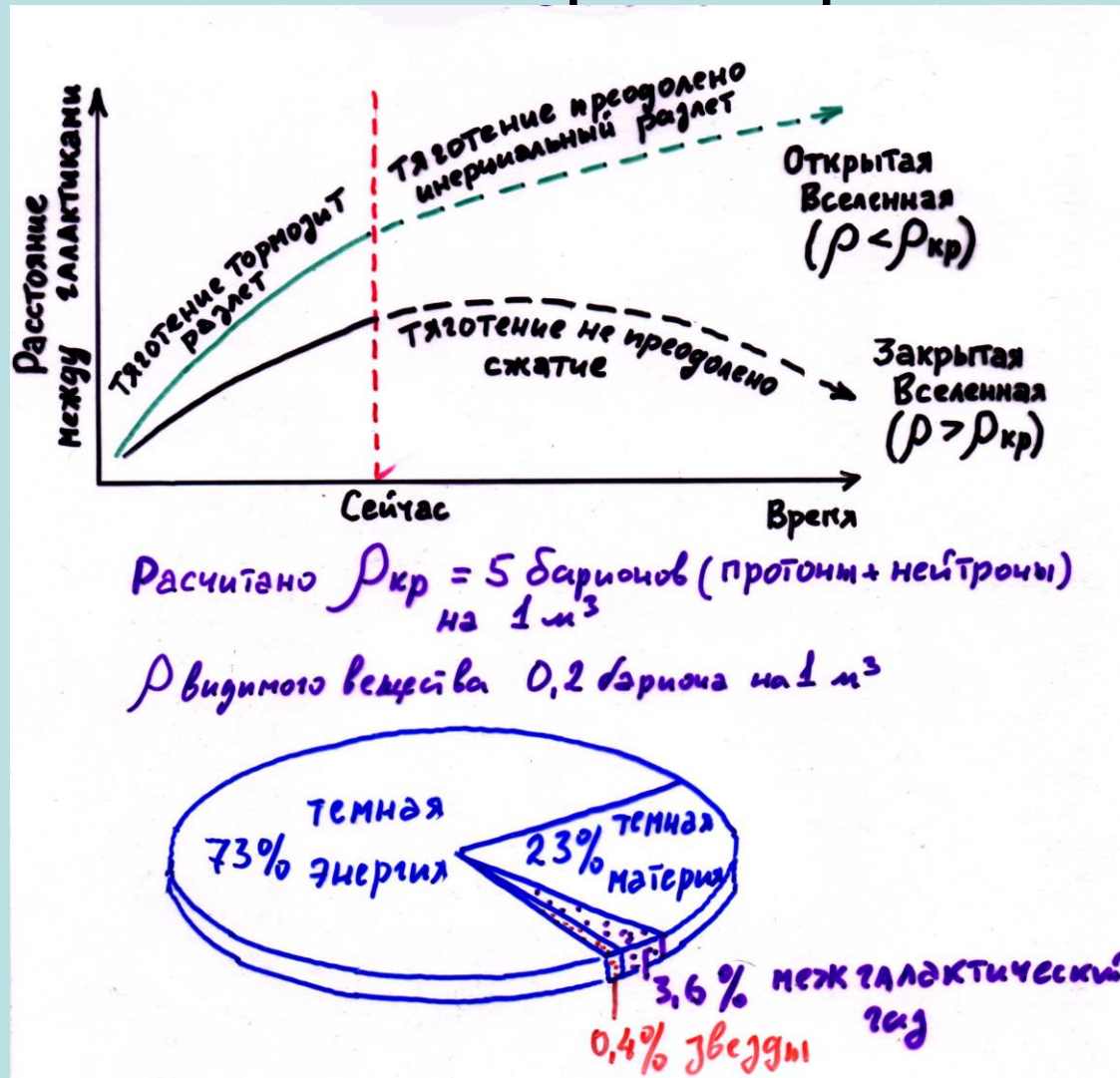
**Верно.**

Пространство расширяется, поэтому радиус наблюдаемой области > 14 млрд. лет. Пока свет летит к нам, пространство, которое он преодолевает расширяется и расстояние до испустившей его галактики становится больше.



# Будущее нашей Вселенной.

## Вечное расширение или коллапс?



# Резюме.

- Наша Вселенная расширяющаяся.
- Наша Вселенная остывающая.
- Наша Вселенная не вечна.

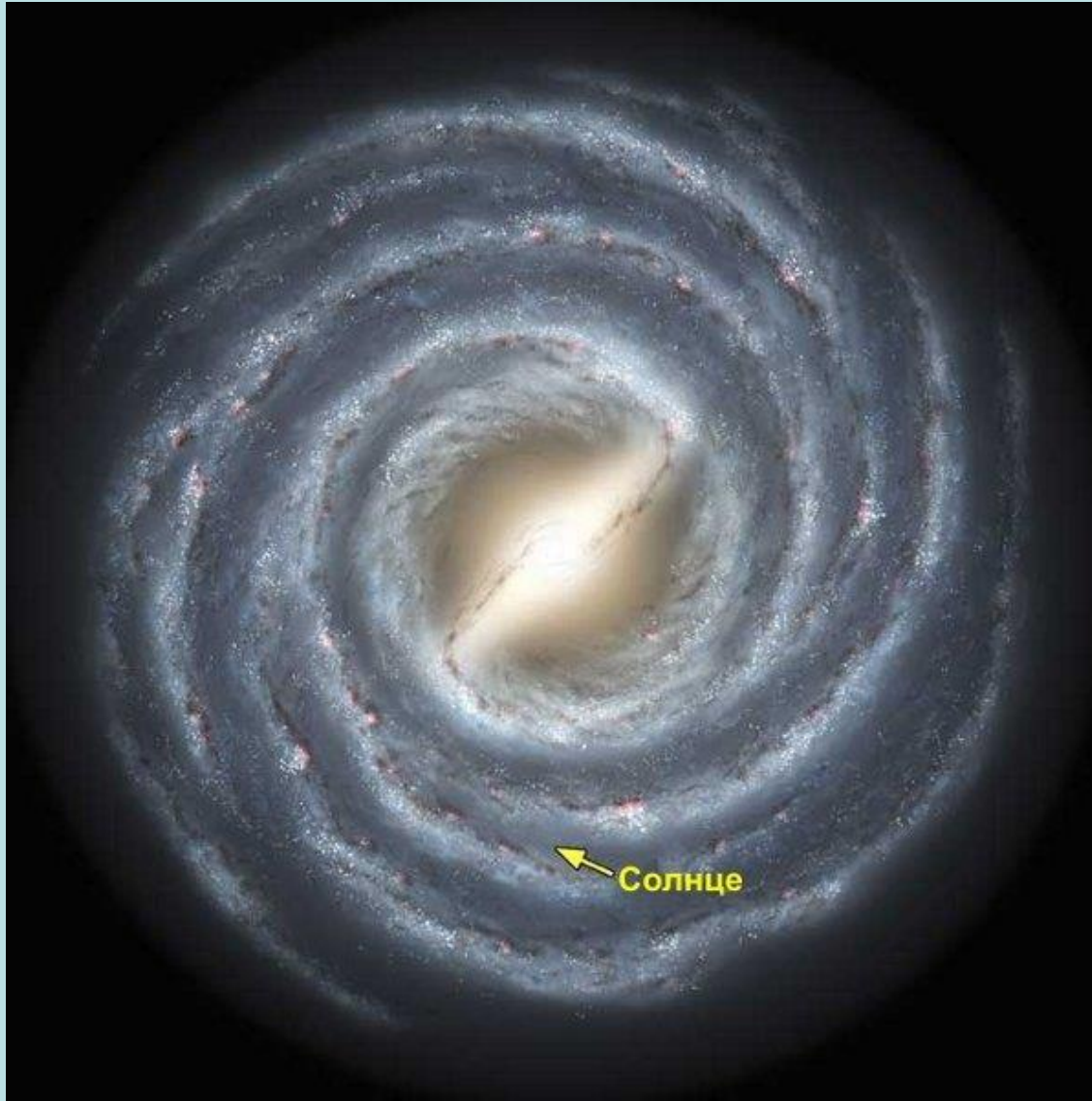


# Галактика Млечного пути (Галактика).





Млечный Путь – гигантская звёздная система,  
одна из многочисленных галактик нашей  
Вселенной.

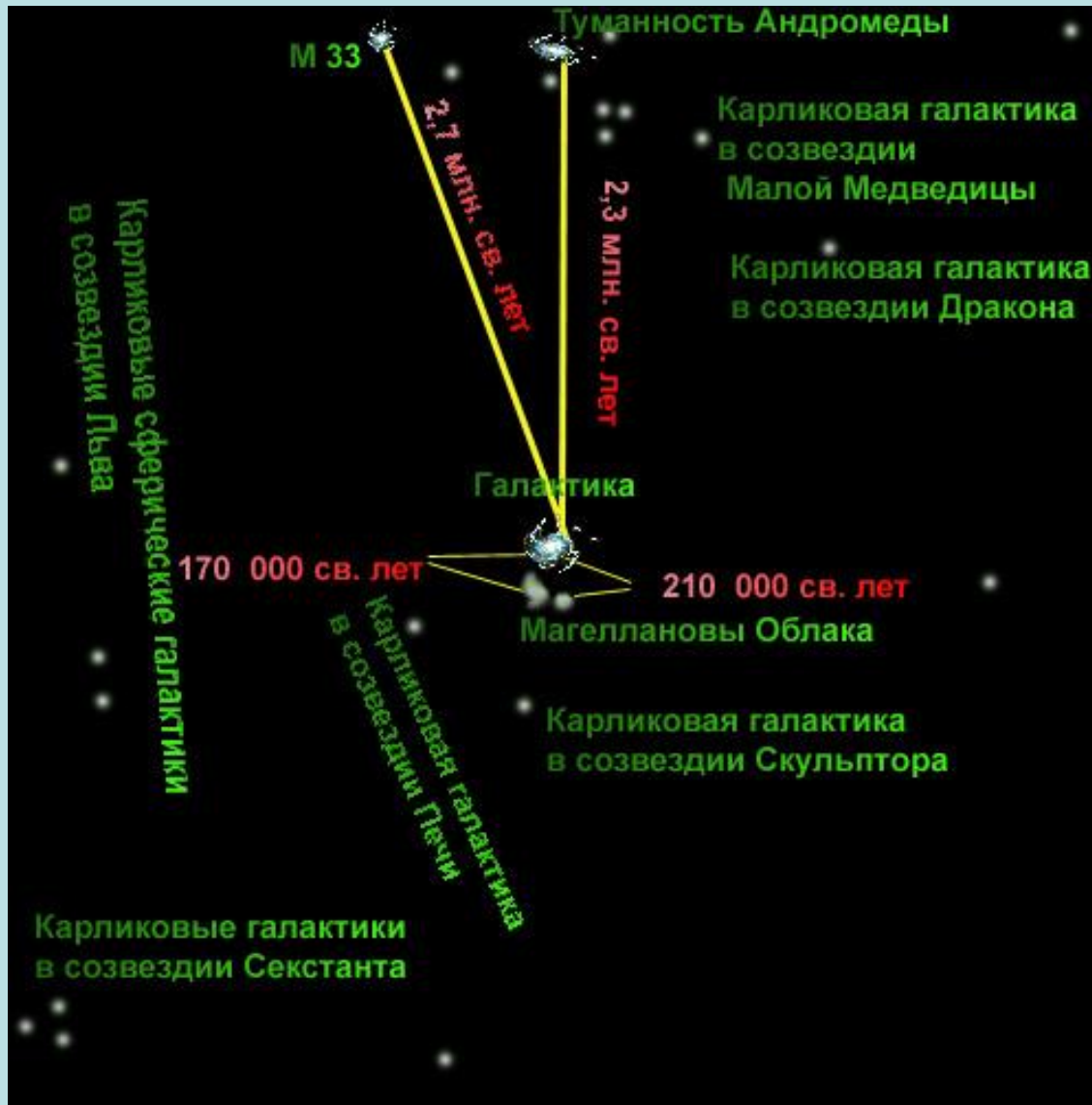


В 3/5 расстояния  
от центра  
Галактики  
находится  
Солнце, которое  
совершает оборот  
вокруг центра  
ГМП за 220  
( $\pm 10\%$ ) млн. лет со  
скоростью 240  
км/сек.

Млечный Путь – спиральная галактика с  
перемычкой (баром).



Вместе с галактикой Туманность Андромеды (М31) и меньшими галактиками-спутниками (~50) образует Местную группу галактик.



Местная группа  
входит в  
Сверхскопление Девы



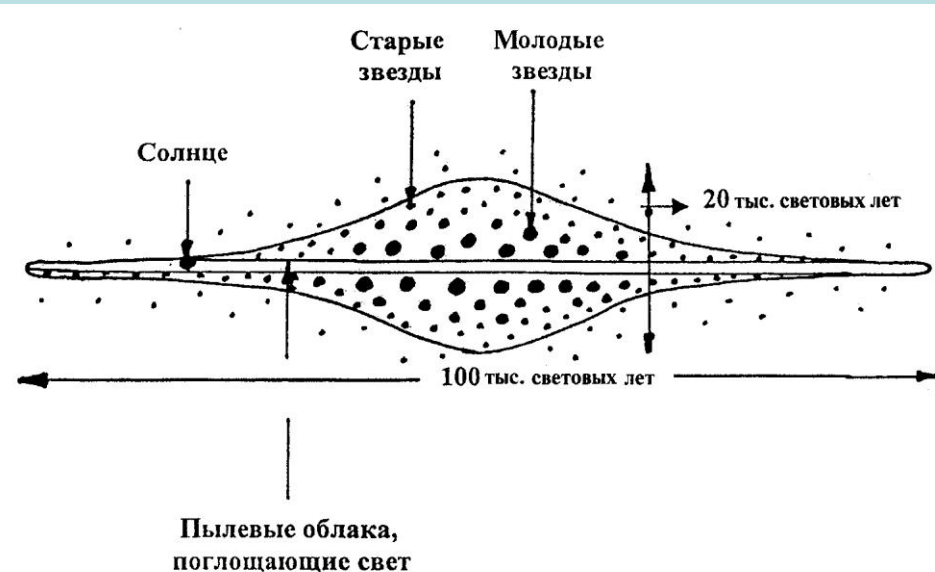
# Состав Галактики.

1. Звёзды и звёздные скопления. Всего звёзд от 200 до 400 миллиардов.
2. Газовые и пылевые туманности.
3. Межзвёздный газ и межзвёздная пыль.
4. Гравитационные и магнитные поля и потоки электрически заряженных частиц (космические лучи).

## Строение Галактики.

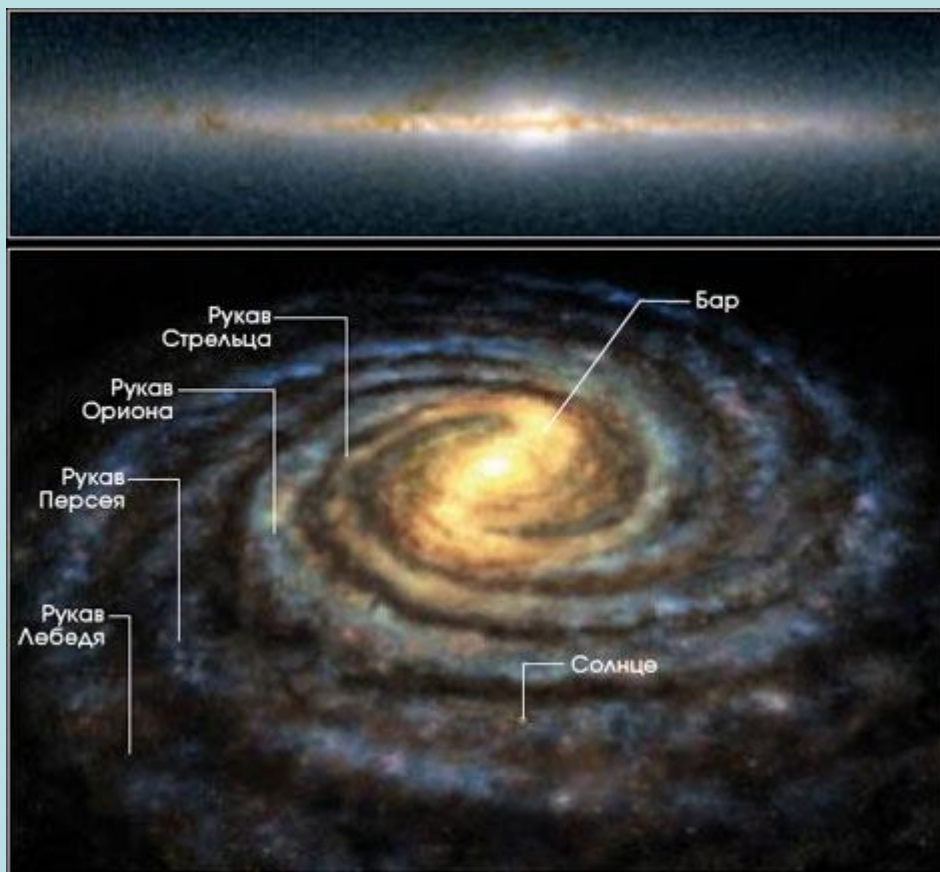


Балдж.

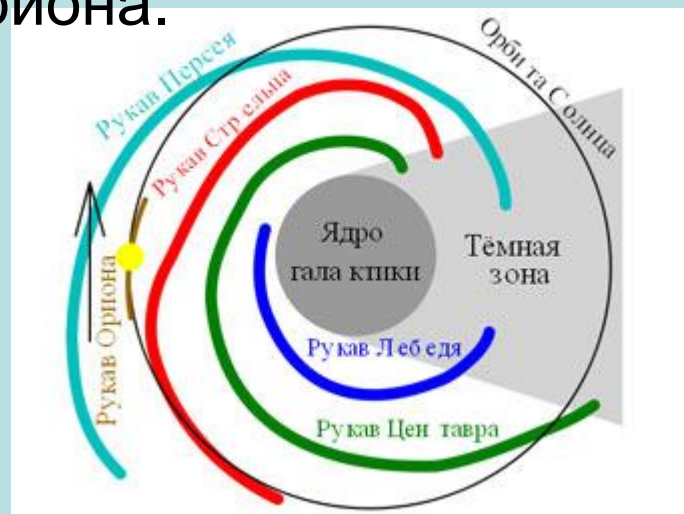


# Ядро и рукава.

Ядро Галактики проецируется на созвездие Стрельца. В его центре, возможно, располагается массивная черная дыра, гравитационное действие которой заставляет соседние звёзды двигаться по необычным траекториям.



У Галактики должны быть спиральные рукава. Солнечная система расположена в рукаве Ориона.



# Солнечная система.

## Состав.

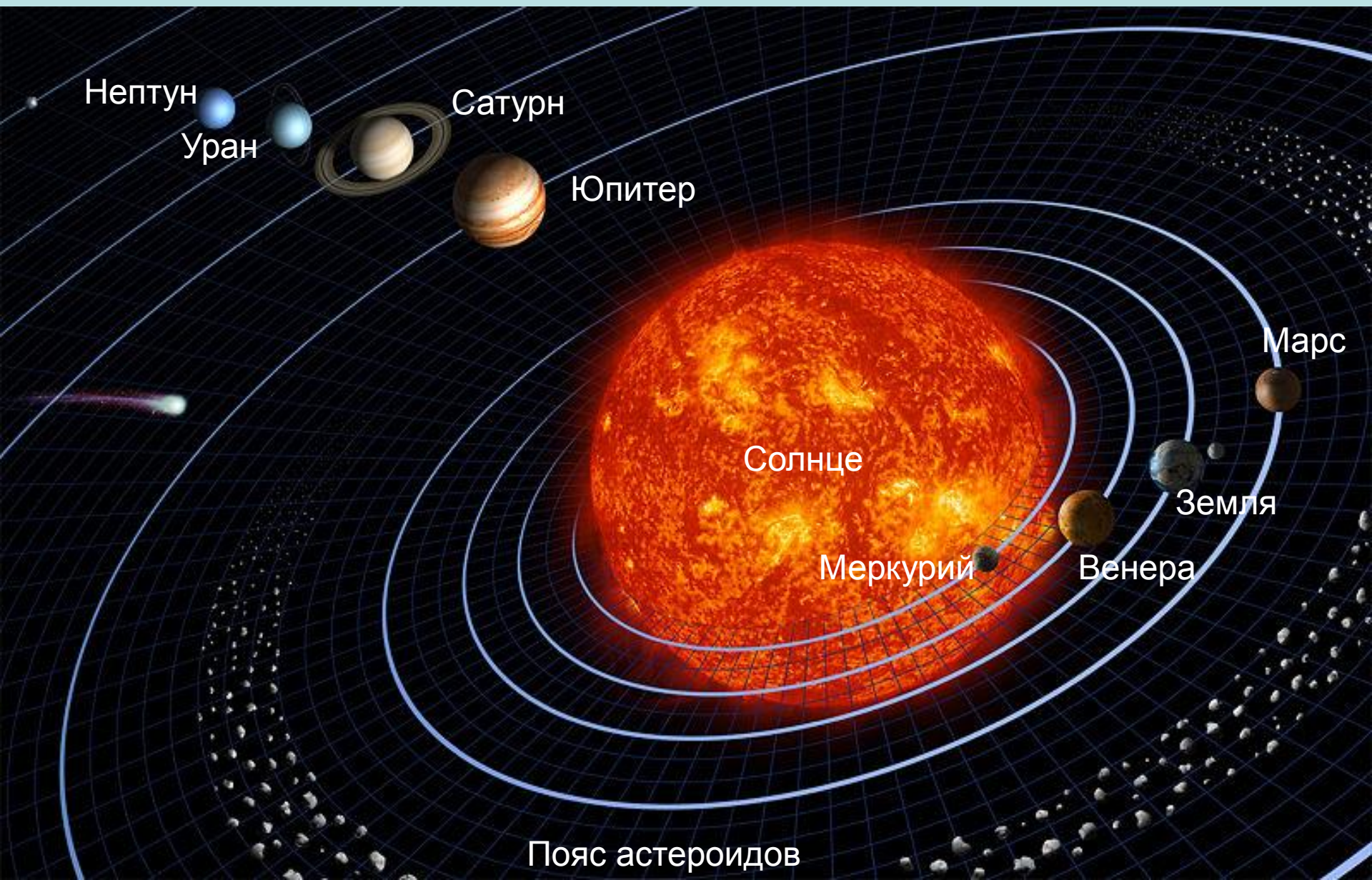
### Солнечная система

Солнце  
•  
Гелиосфера  
Гелиопауза

|   |   |   |                      |                 |                      |
|---|---|---|----------------------|-----------------|----------------------|
| <b><u>Планеты</u></b><br>☾ = <u>спутник(и)</u><br>∅ = <u>кольца</u> |   | <u>Меркурий</u>   | <u>Венера</u>        | <u>Земля</u> ☾  | <u>Марс</u> ☾        |
|   |   | <u>Юпитер</u> ☾<br>∅  | <u>Сатурн</u> ☾<br>∅ | <u>Уран</u> ☾ ∅ | <u>Нептун</u> ☾<br>∅ |
| <b><u>Карликовые планеты</u></b>                                    |   | <u>Церера</u>   | <u>Плутон</u> ☾      | <u>Макемаке</u> | <u>Эрида</u> ☾       |
| <b><u>Малые тела Солнечной системы</u></b>                          | <b><u>Астероиды (малые планеты)</u></b> | Группы и семейства: <u>Главный пояс астероидов</u> ·<br><u>Астероиды, сближающиеся с Землёй</u> ·<br><u>Троянские астероиды</u> · <u>Кентавры</u> · <u>Троянцы Нептуна</u> ·<br><u>Спутники астероидов</u> · <u>Метеороиды</u>  |                      |                 |                      |
|   | <b><u>Транс-нептуновые объекты</u></b>  | <b><u>Пояс Койпера</u></b> : <u>Плутино</u> : <u>Орк</u> · <u>Иксион</u><br><u>Кьюбигано</u> : <u>2002 UX<sub>25</sub></u> · <u>Варуна</u> · <u>1992 QB<sub>1</sub></u> · <u>2002 TX<sub>300</sub></u> ·<br><u>2003 EL<sub>61</sub></u> · <u>Кварвар</u> · <u>2002 AW<sub>197</sub></u><br><b><u>Рассеянный диск</u></b> : <u>2002 TC<sub>302</sub></u> · <u>2004 XR<sub>190</sub></u> · <u>Седна</u> |                      |                 |                      |
|   | <b><u>Кометы</u></b>                    | Списки <u>короткопериодических и долгопериодических</u><br>комет · <u>Дамоклоиды</u> · <u>Облако Оорта</u>  |                      |                 |                      |
|   |   |   |                      |                 |                      |



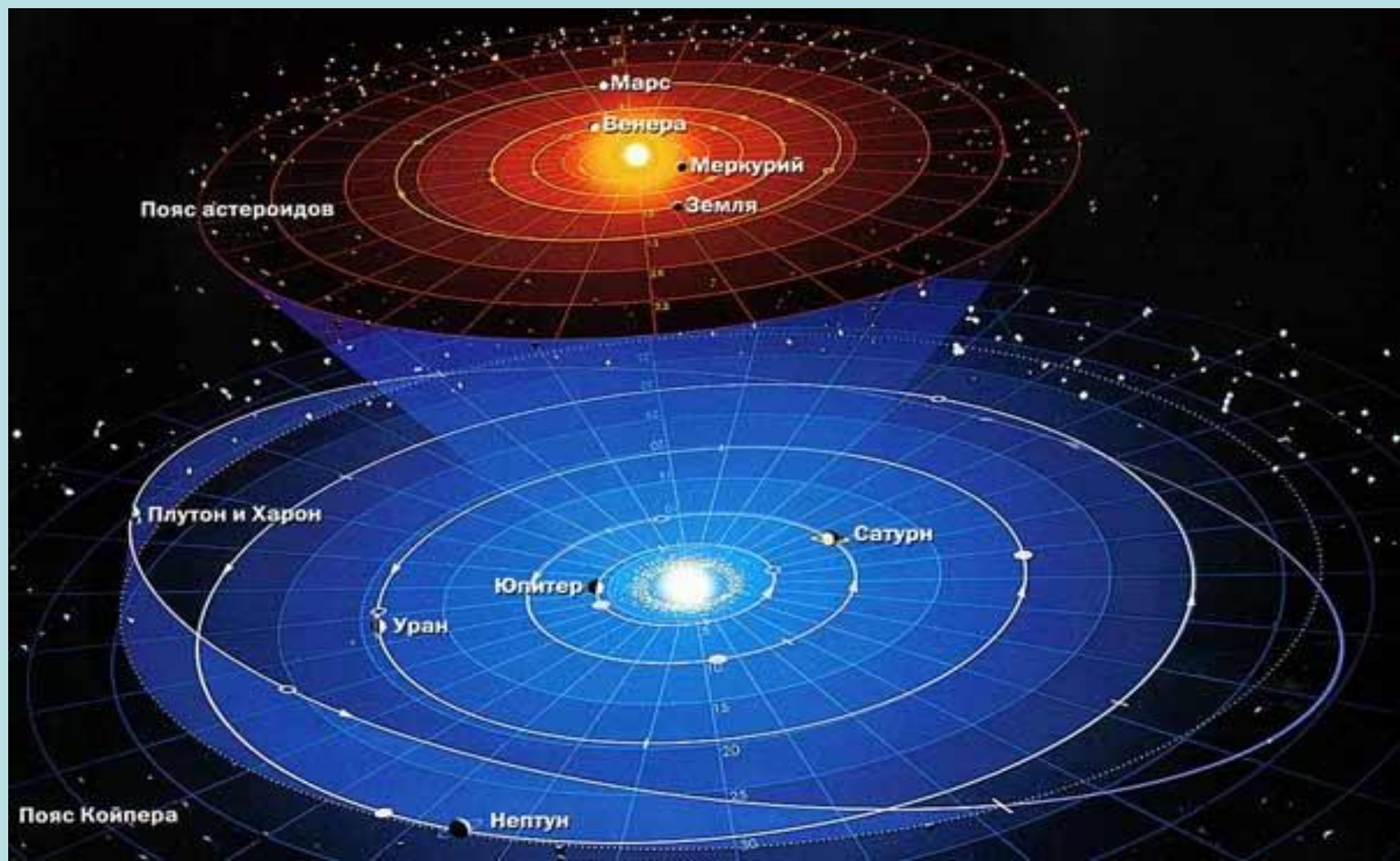
# Строение Солнечной системы.





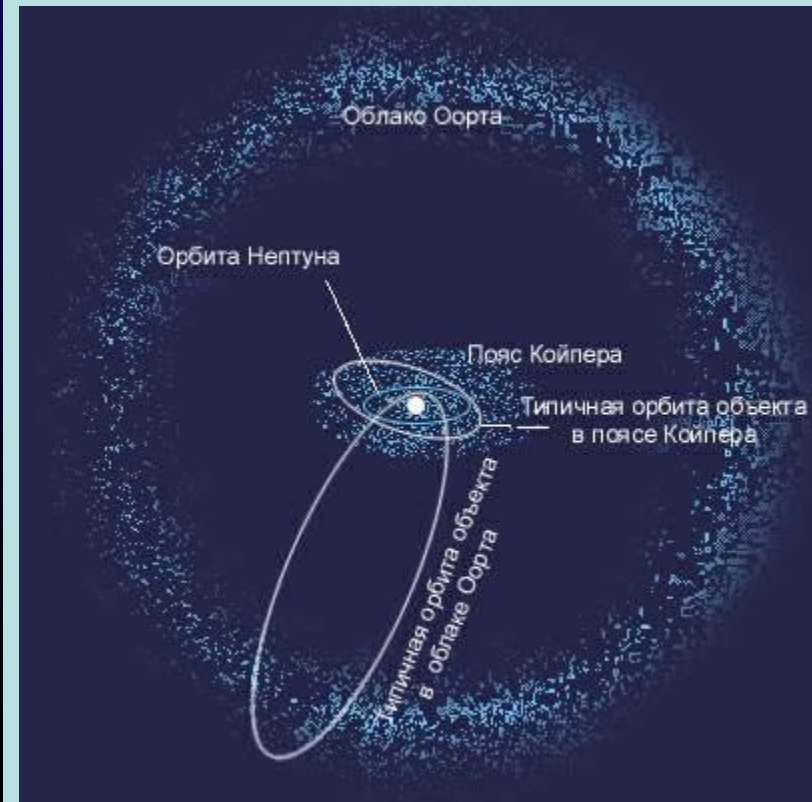
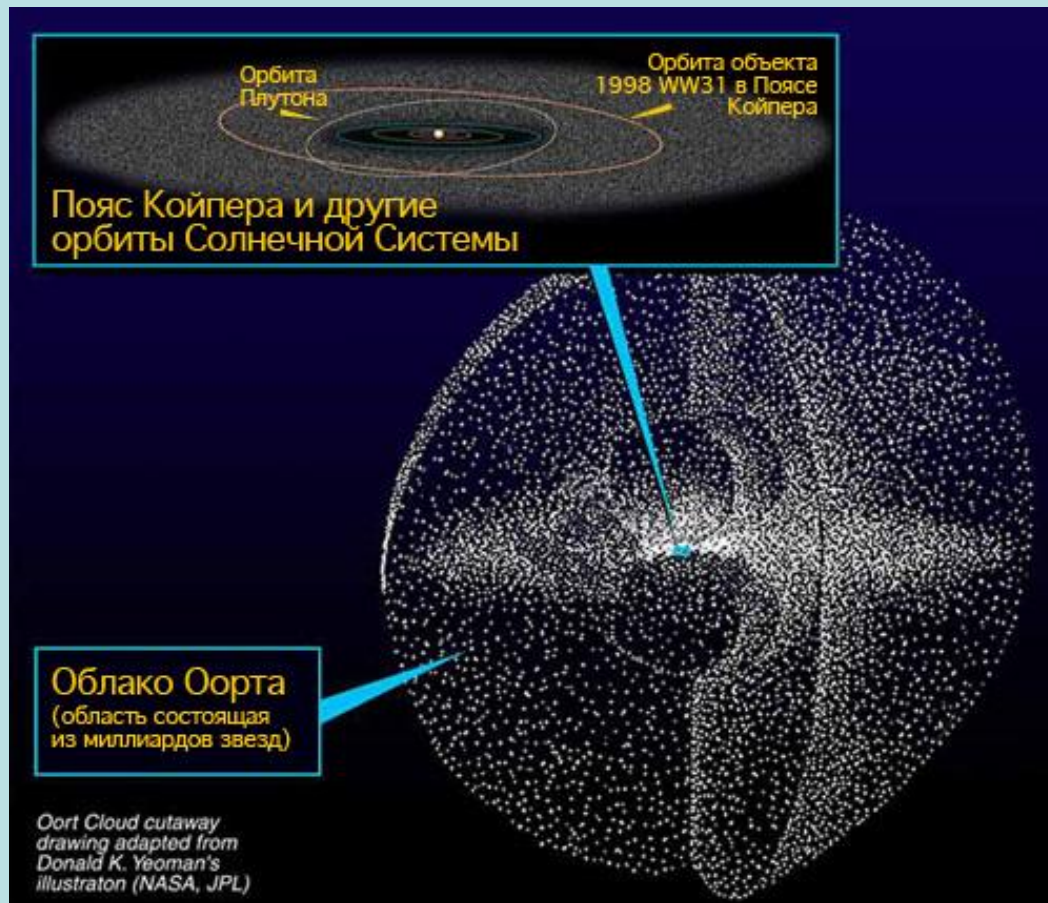
# Строение Солнечной системы.

## Пояс Койпера (>30-55а.е.).



# Строение Солнечной системы.

Облако Оорта (50 000-100 000 а.е.).

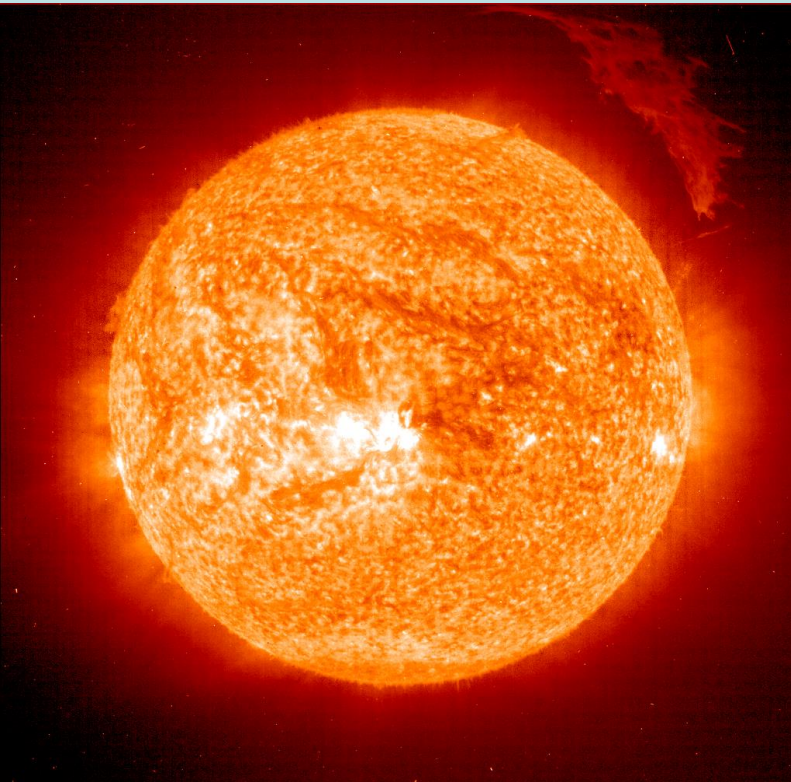


# Размеры Солнечной системы.

- до орбиты Нептуна – 30 а.е.
- до орбиты Плутона – 40 а.е.
- до внешней границы пояса Койпера ~ 55 а.е.
- до внешней границы облака Оорта ~ 100 000 а.е.



# Солнце ☀.



☀ - центральная и единственная звезда С.с.

Масса ☀  $\approx 99,8\%$  массы всей С.С.

☀ состоит из Н ( $\sim 73\%$ ), Не ( $\sim 25\%$ ), на долю других 67 х/э приходится  $\sim 2\%$  от массы.

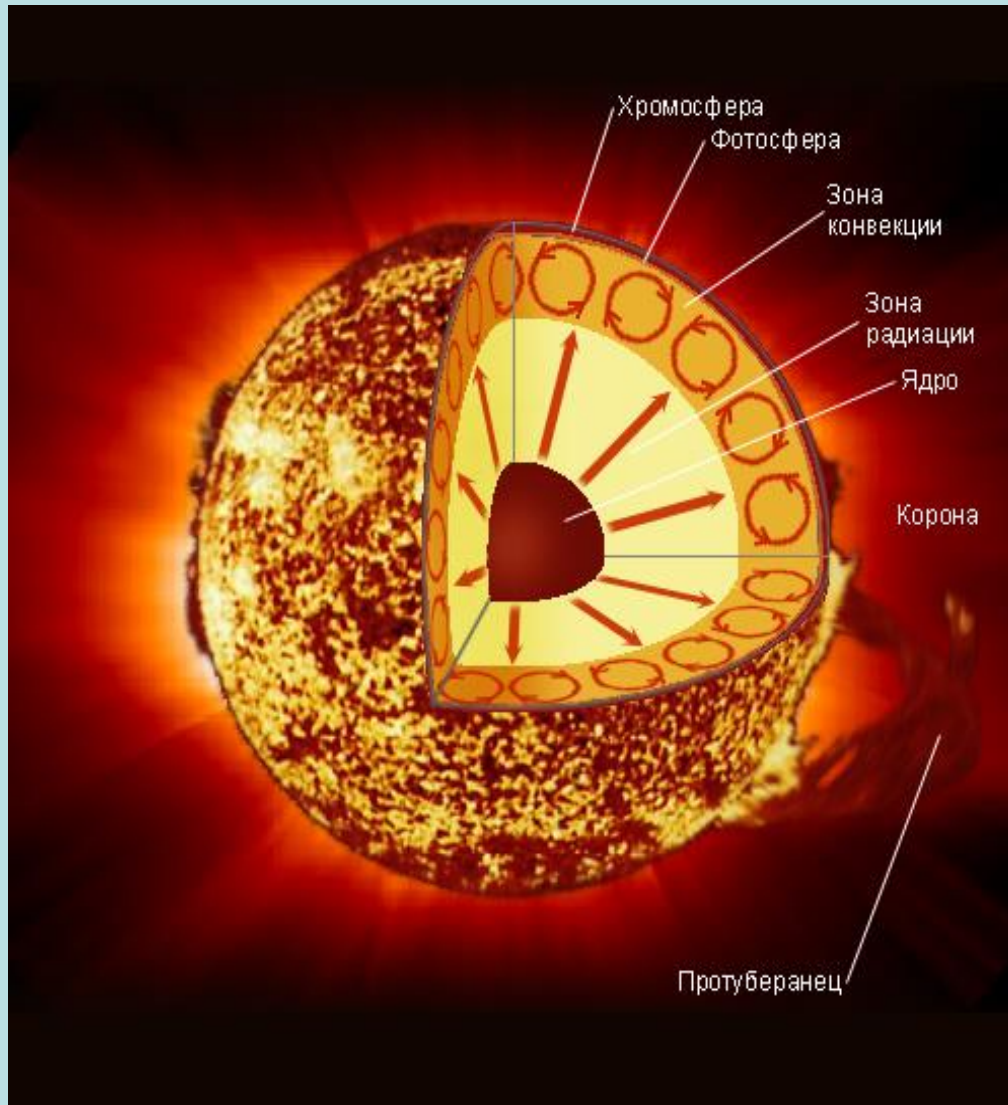
По спектральной классификации

☀ относится к типу G2V (желтый карлик).

Источник энергии ☀ - термоядерный синтез Не из Н.

☀ вращается вокруг центра Галактики, делая один оборот за 200-250 млн. лет.  $V \approx 220$  км/с.

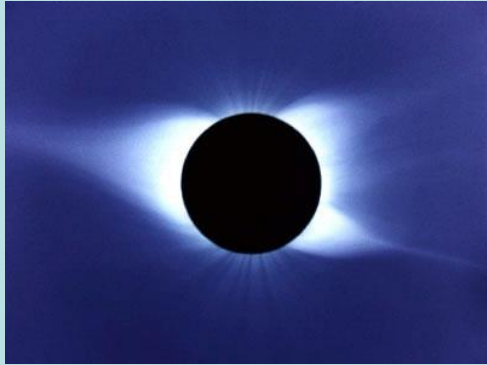
# Строение Солнца.



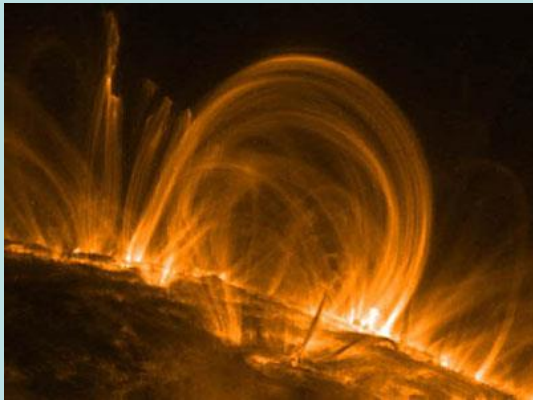
## Атмосфера Солнца.

1. Корона – самая внешний слой атмосферы. Граница – вся Солнечная система.
2. Хромосфера – внешняя оболочка толщиной ~ 10 000 – 15 000 км.
3. Фотосфера – слой, испускающий свет, толщина 200-300 км.

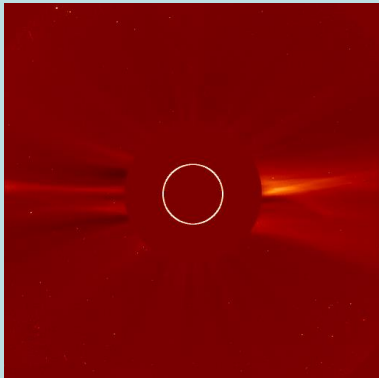
# Корона.



Корона во время полного затмения.



Корональная арка.



Солнечный ветер – поток ионизированных частиц (плазмы), в основном протонов, электронов и  $\alpha$ -частиц, имеющий скорость 300-1200 км/с.

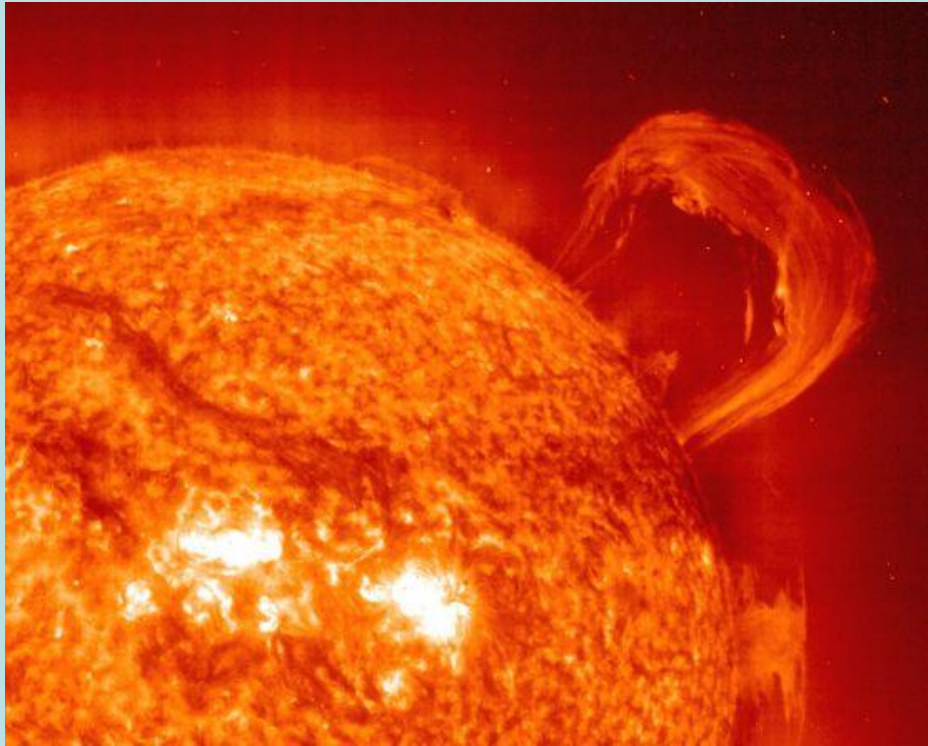
# Хромосфера



Основной элемент структуры –  
спикулы, вытянутые,  
наклонно торчащие  
струи газа.



# Фотосфера.



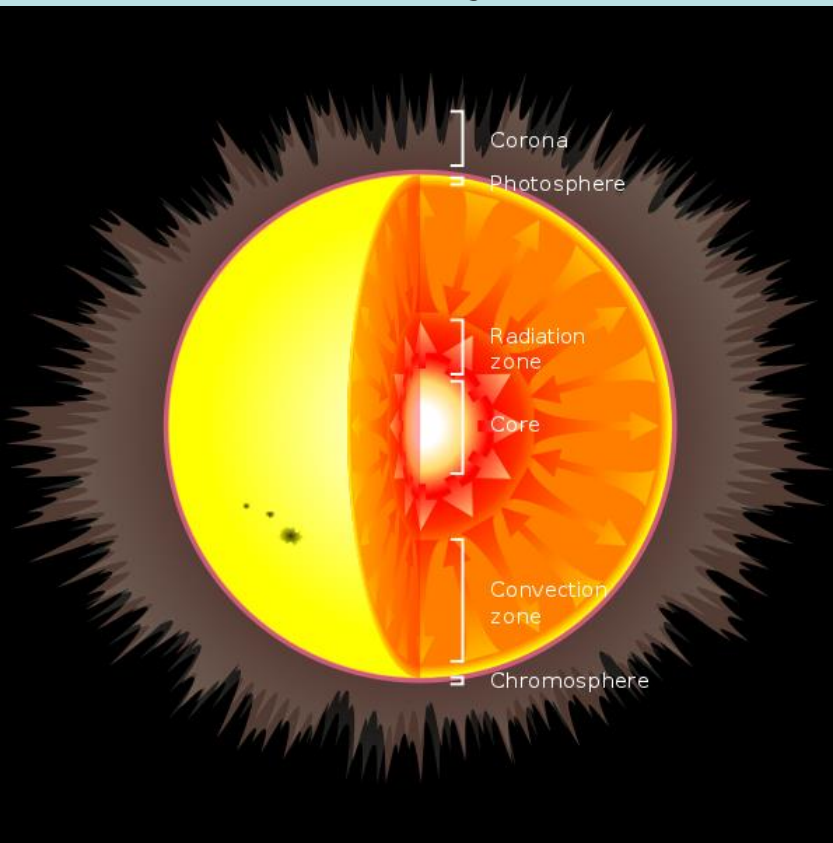
Здесь рождаются  
протуберанцы.

Видимая поверхность ☀, основной источник света и тепла. Средняя  $T$ - 5800 К. По фотосфере определяют размеры Солнца.

Имеет гранулированную структуру за счет светлых горячих конвективных ячеек.

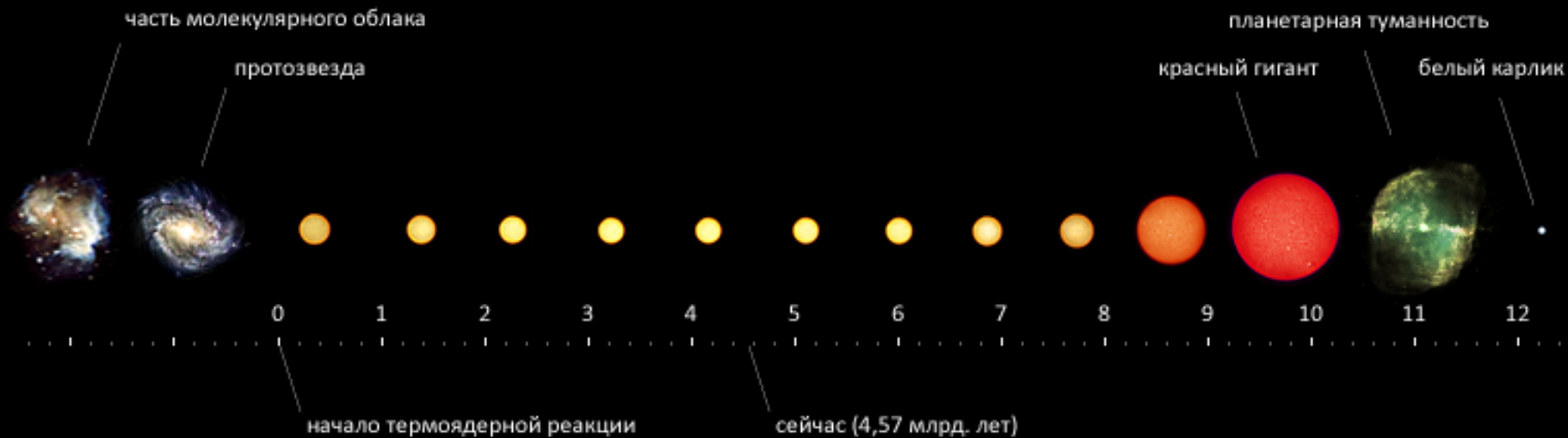
Наблюдаются области пониженной  $T$  (до 1500К) – солнечные пятна.

# Внутреннее строение Солнца.



1. Зона конвекции до глубины ~200 тыс. км. Зона переноса энергии к поверхности за счёт вихревого перемещения плазмы.  $T \sim 2$  млн. К.
2. Зона радиации – зона переноса энергии с помощью переизлучения фотонов.  $T \sim 10$  млн.К.
3. Ядро – центральная часть радиусом  $\sim 150$  тыс. км, где идут термоядерные реакции.  $T > 14$  млн.К.

# Будущее Солнца.

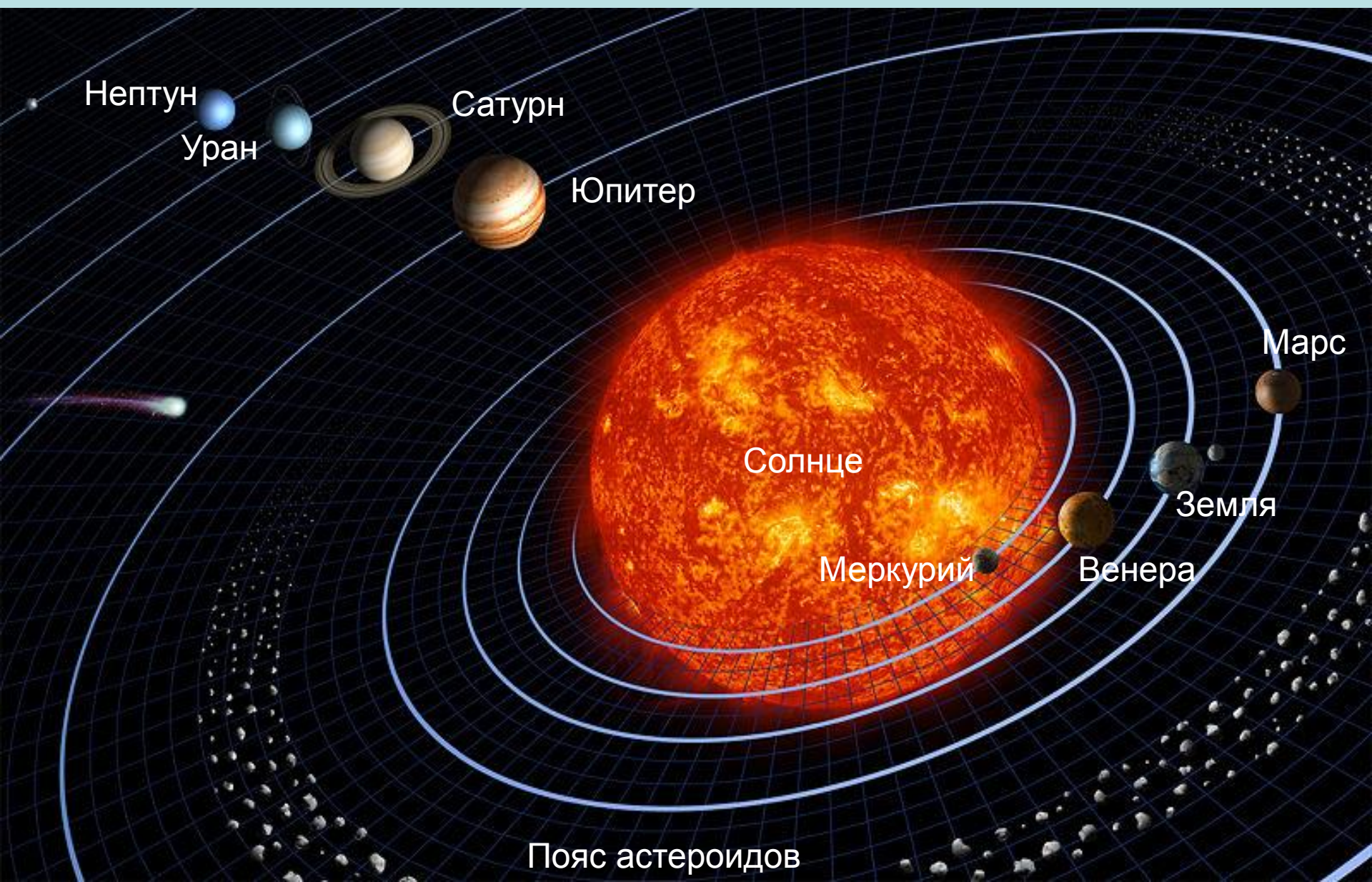


## Жизненный цикл солнца

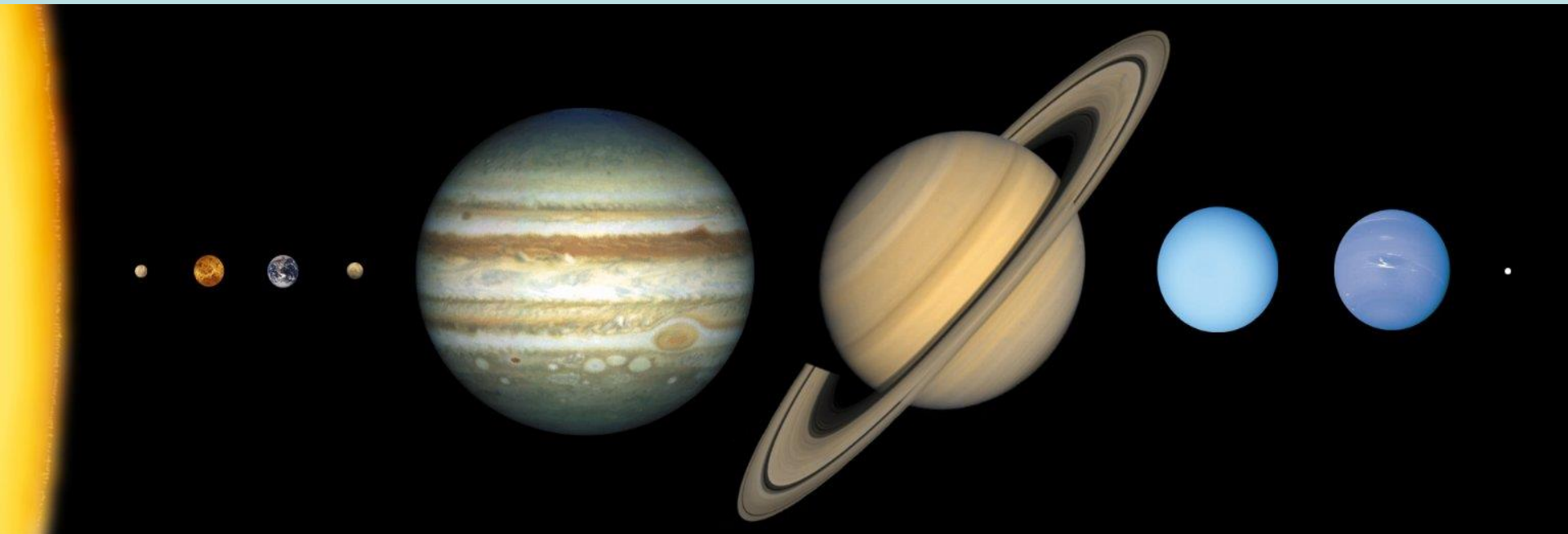
Масштаб и цвета условны. Временная шкала в миллиардах лет (приблизительно)



# Планеты.



# Сравнительные размеры планет.





# Внутренние планеты или планеты земной группы.

Сравнительные размеры.



Меркурий



Венера

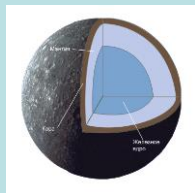


Земля



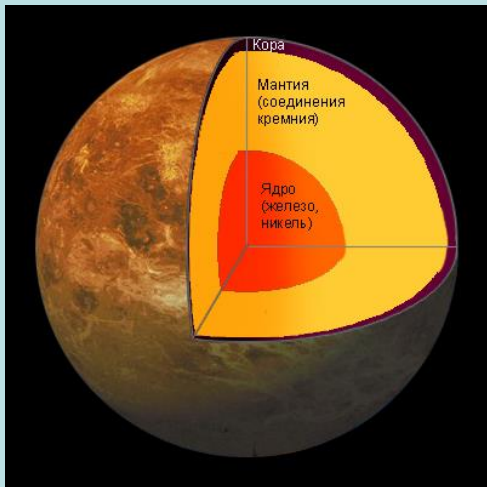
Марс

# Внутреннее строение планет земной группы.

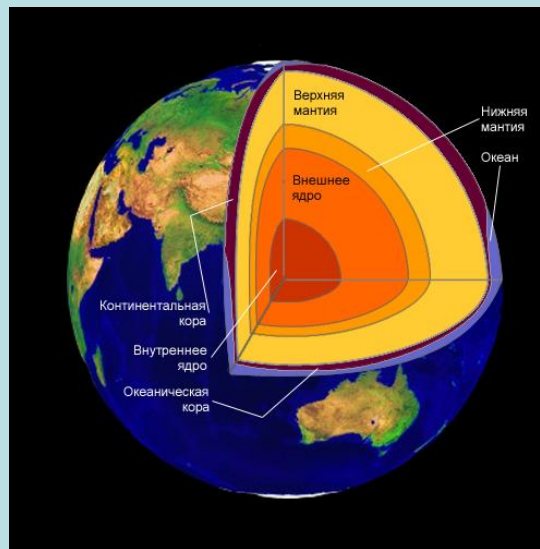


Меркурий.

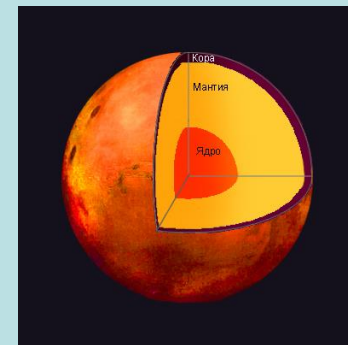
1. Ядро Fe
2. Мантия
3. Кора



Венера



Земля



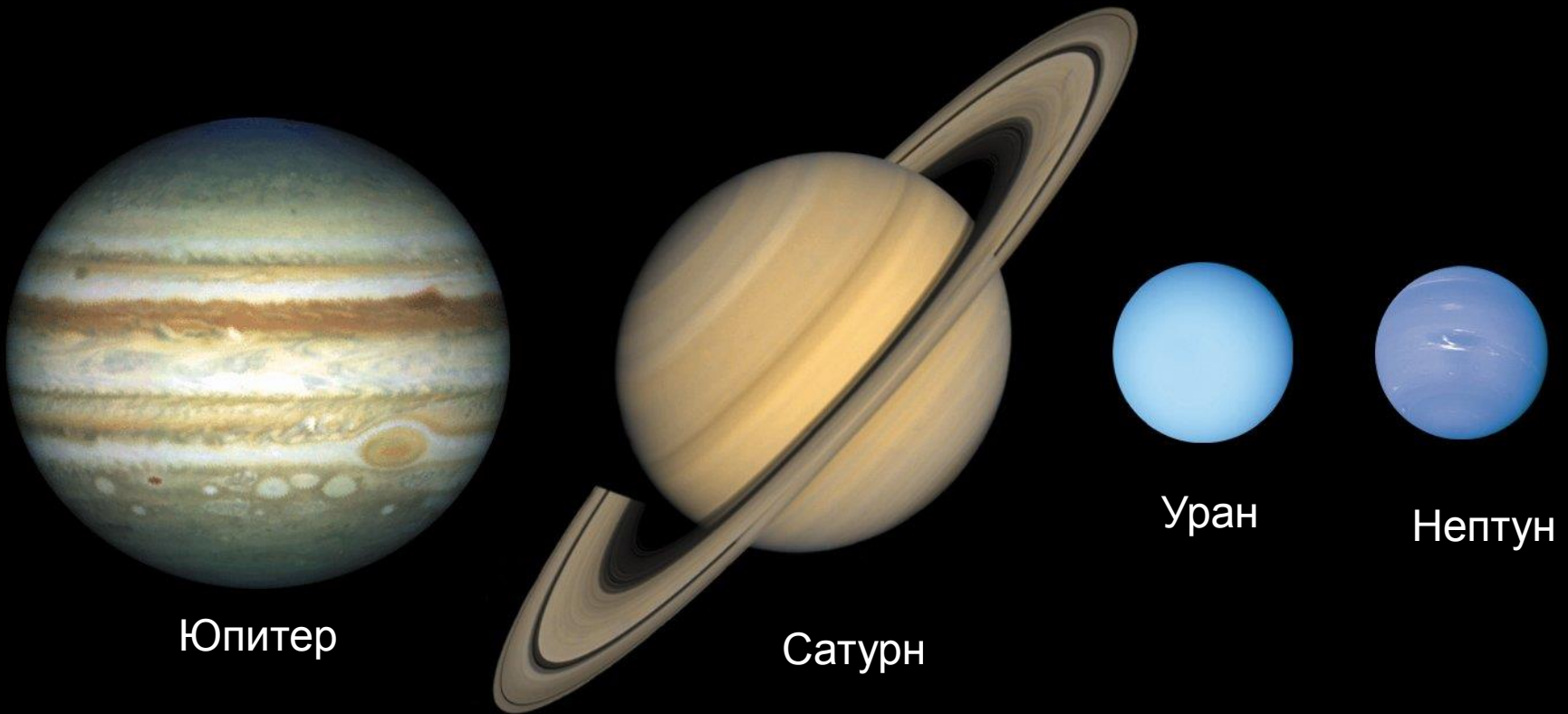
Марс

Все эти планеты твёрдые!

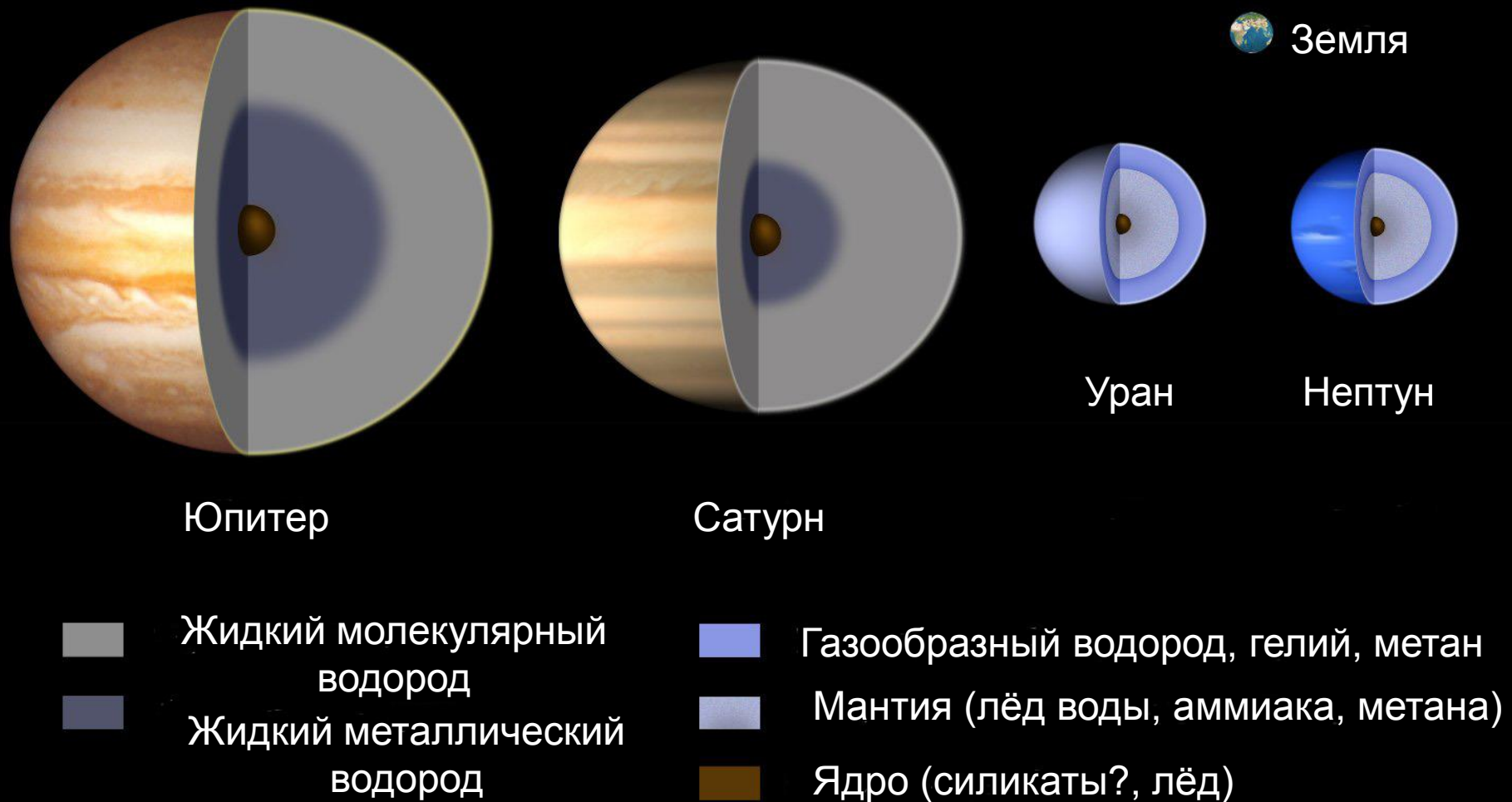


# Внешние планеты, планеты – гиганты.

Сравнительные размеры.



# Внутреннее строение планет-гигантов.



Эти планеты – газовой-жидкие.

# Карликовые планеты.

## Церера.



Орбита лежит между Марсом и Юпитером в поясе астероидов.

Форма – сфероид размером 975x909 км.

Масса в 6000 раз меньше массы Земли.

# Крупнейшие из известных транснептуновых объектов (ТНО)

Дисномия

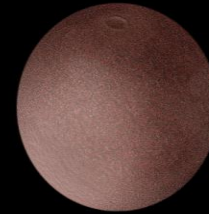


Эрида

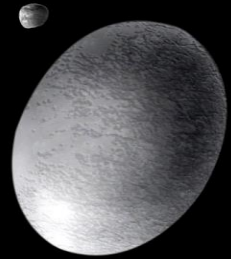


Плутон

Харон



Макемаке



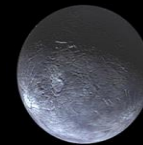
Хаумеа



Седна



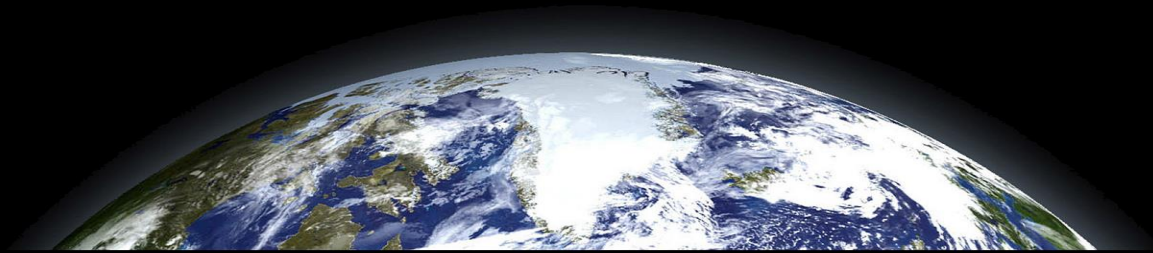
Орк



Квавар

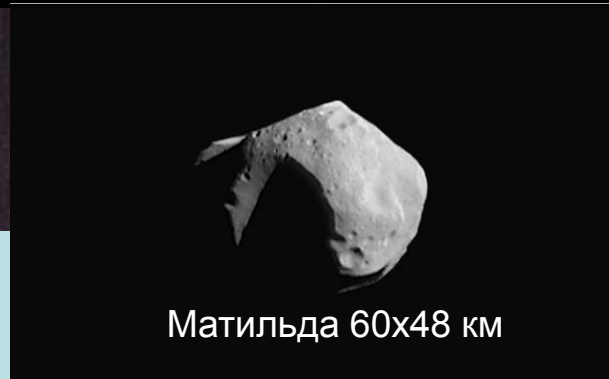
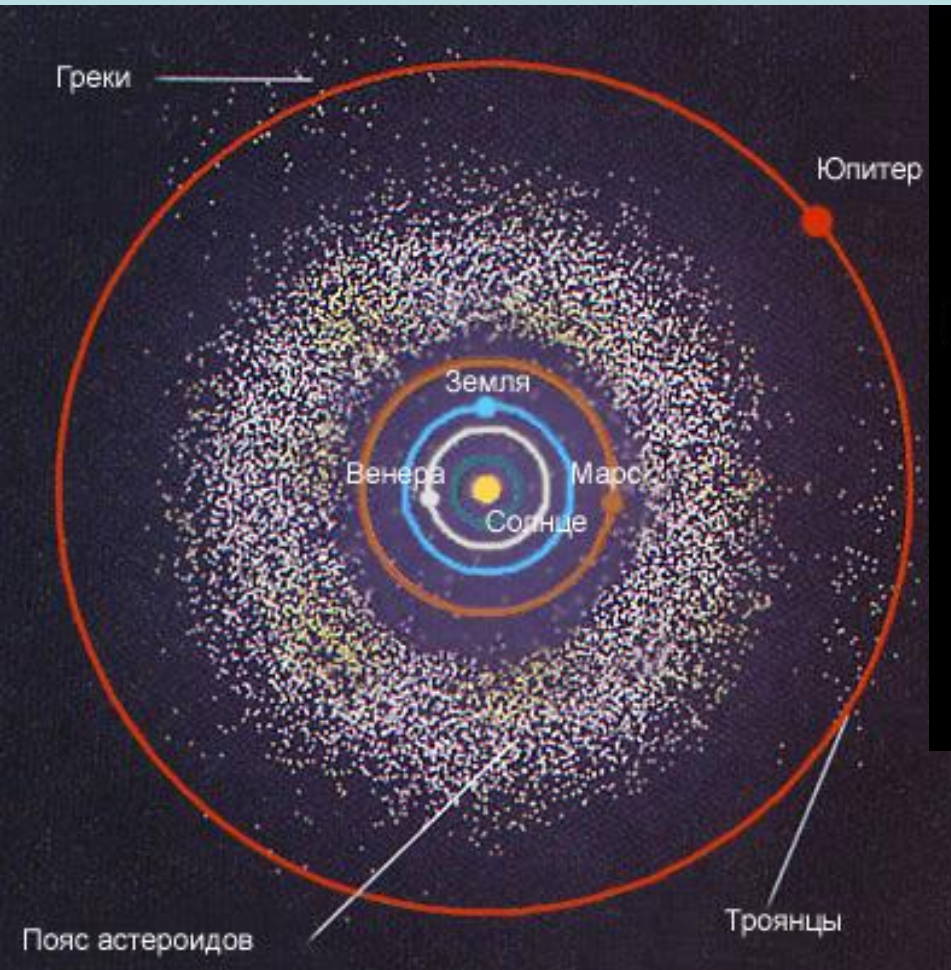


Варуна



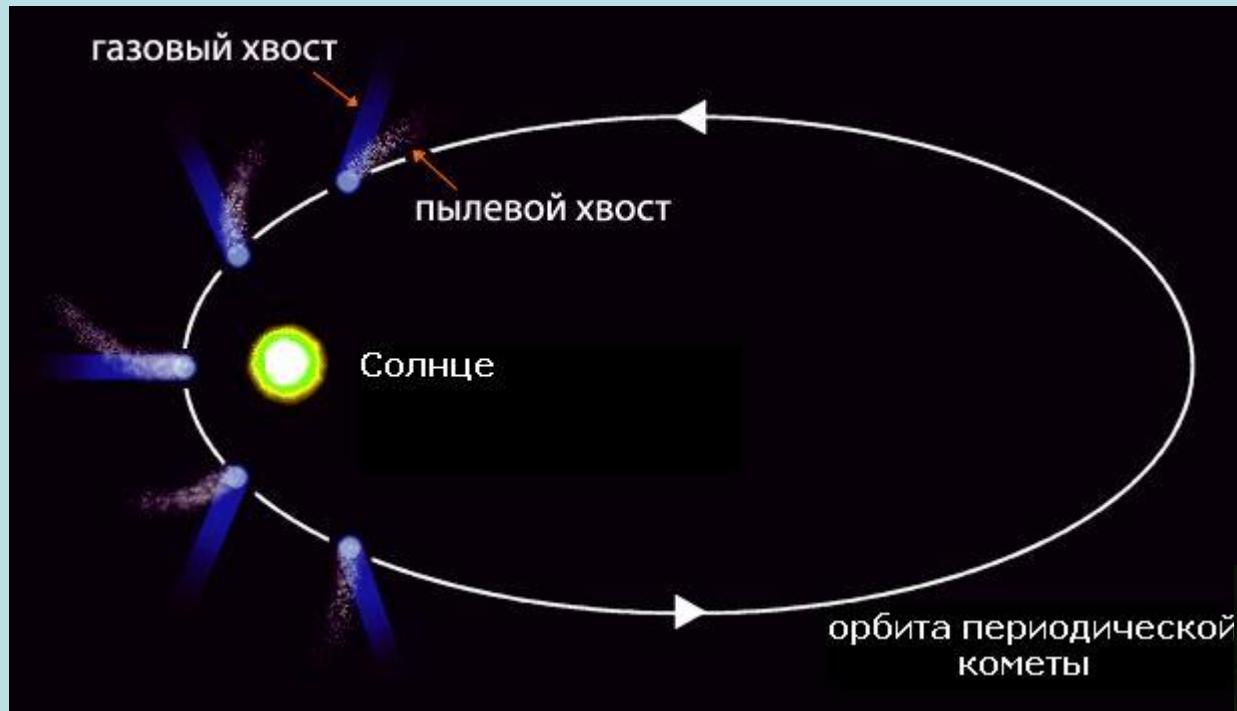


# Астероиды – малые планеты.



**В Солнечной системе  
насчитывается десятки тысяч  
астероидов.**

# Кометы – хвостатые звёзды.



## Строение кометы.

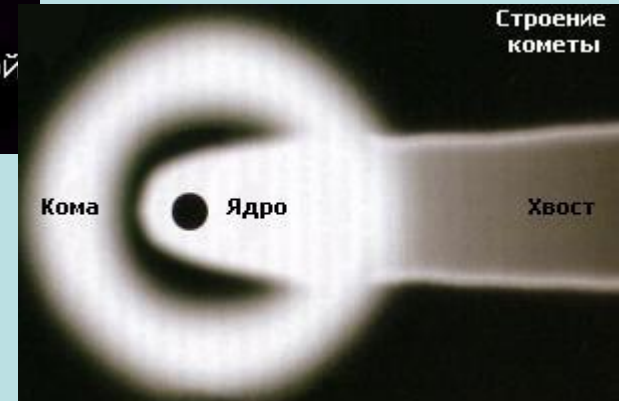
Ядро –твёрдые частицы и лёд.

Кома – оболочка из газа и пыли.

Хвост – смесь разреженного газа и пыли.



Комета Галлея  
12 марта 1986  
года.





# Происхождение Солнечной системы.

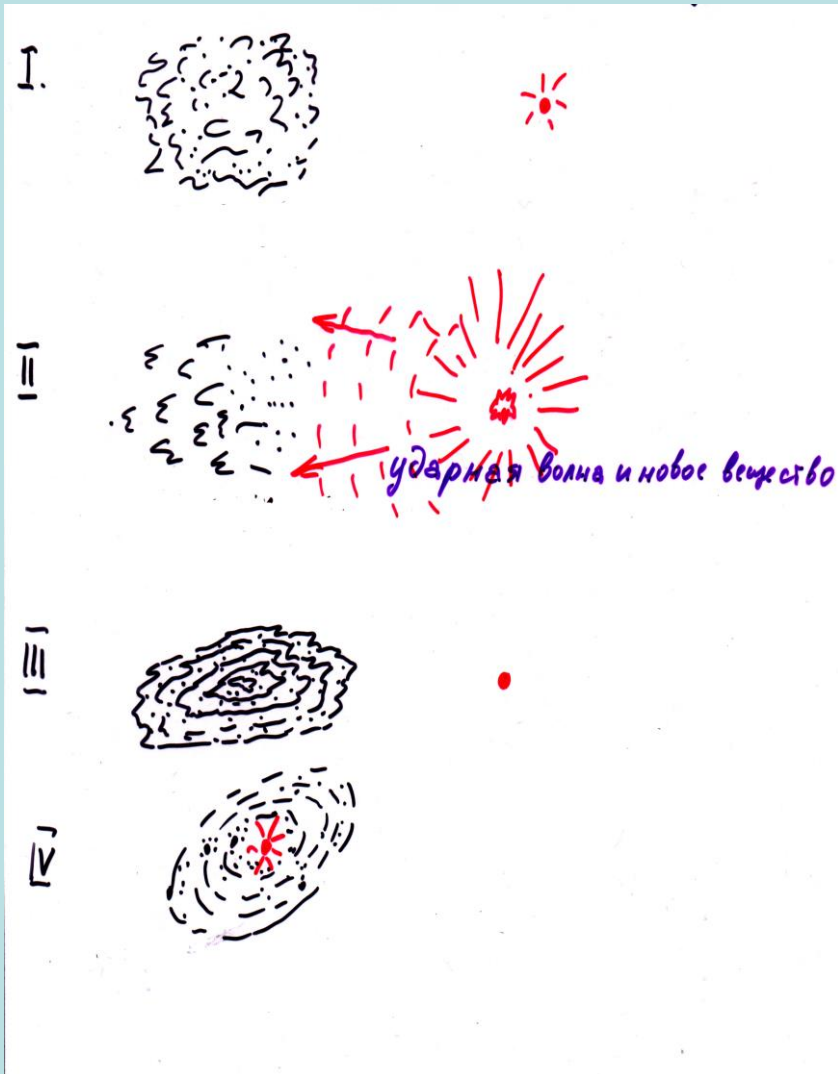
В движении Солнца, планет и их спутников, малых тел Солнечной системы наблюдается замечательное сходство.

- Все планеты вращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам с запада на восток почти в одной плоскости, совпадающей с солнечным экватором.
- Солнце также медленно вращается с запада на восток.
- Все планеты (кроме Венеры и Урана) вращаются вокруг своей оси в том же направлении, в котором они вращаются вокруг Солнца.
- Почти все спутники планет вращаются по орбитам в том же направлении, что и планеты вокруг своих осей.

Согласованность движения практически всех тел в Солнечной системе указывает на их общее происхождение.

### Этапы эволюции протосолнечного газопылевого облака (по Руднику и Соботовичу).

- I. Первоначальная протосолнечная газопылевая туманность и звезда, впоследствии сверхновая ( $> 4,7$  млрд лет).
- II. Туманность попала в сферу действия сверхновой (4,7 млрд. лет).
- III. В выведенной из равновесия туманности начинаются процессы упорядочения, аккреции вещества туманности и конденсации вещества сверхновой.
- IV. Центральное сгущение превратилось в Солнце, началось формирование планет (4,6-4,5 млрд. лет).



# Итог.

- Большой взрыв создал нашу Вселенную и водород.
- Водород создал звёзды.
- Звёзды в процессе своей эволюции создали все остальные химические элементы.
- Химические элементы несут жизнь.
- Взрыв, гибель звезды создаёт жизнь.
- Гибель одной из сверхновых создала жизнь на Земле.
- Все мы дети звёзд!