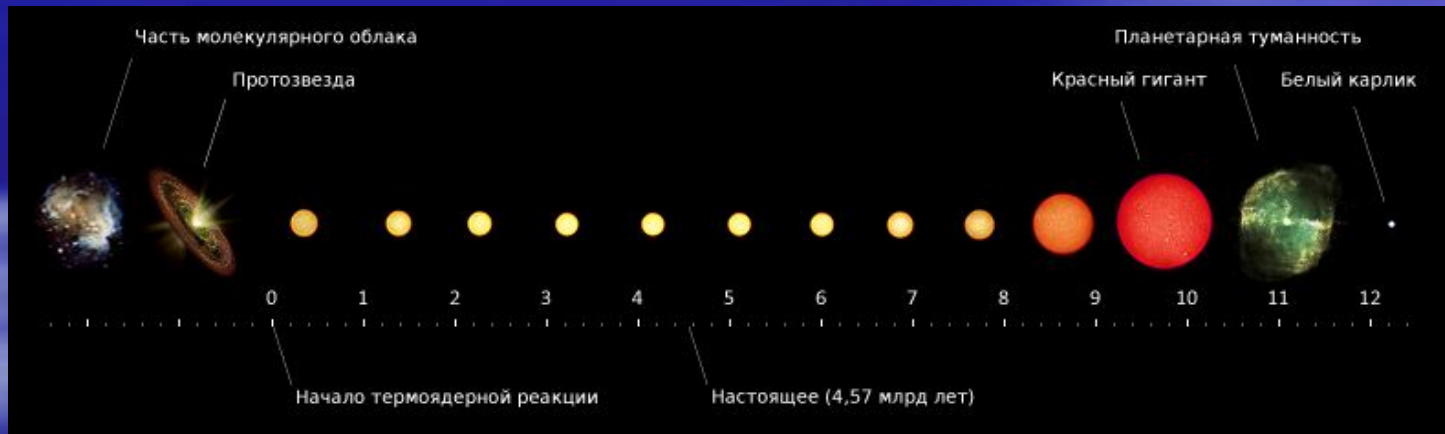
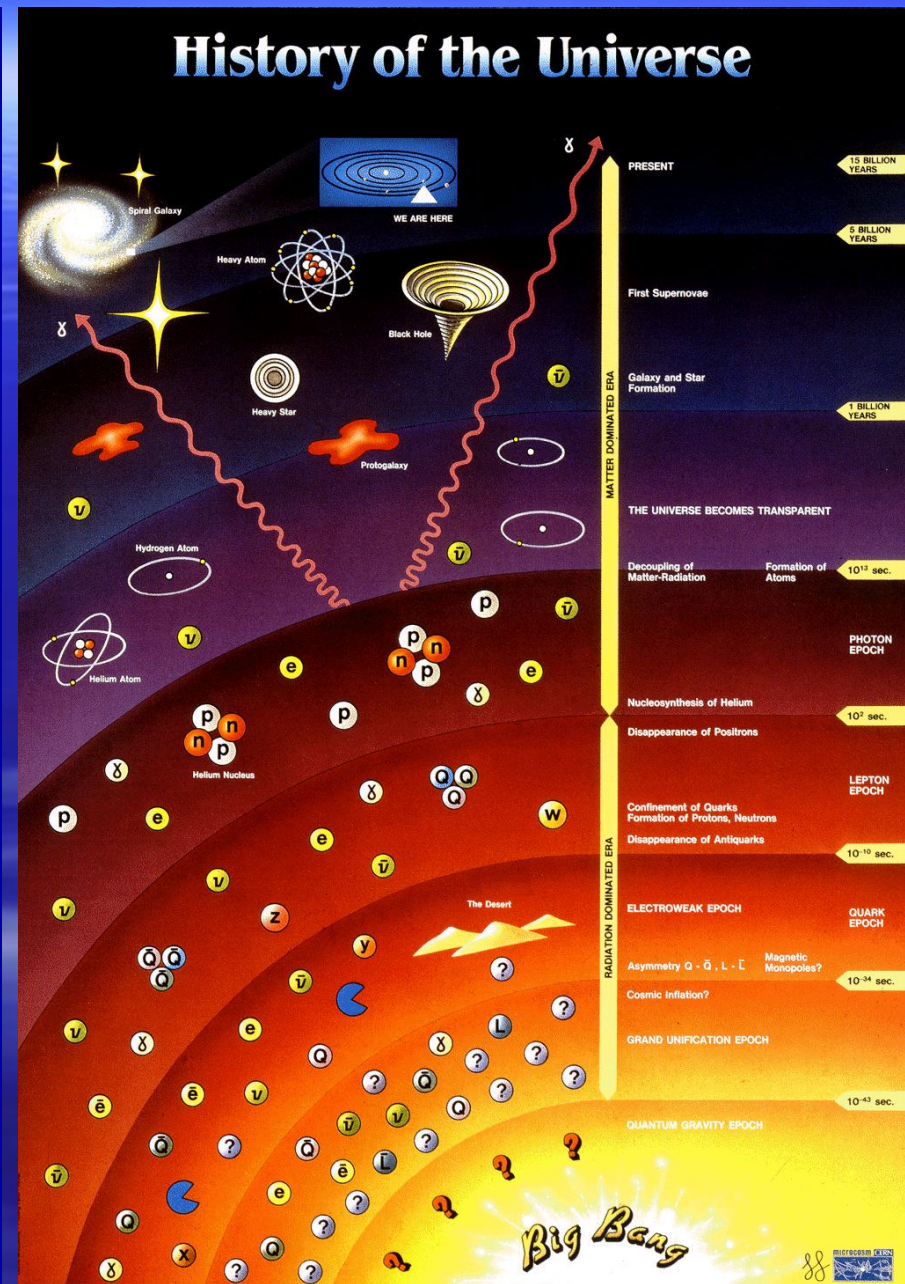


Формирование и эволюция Солнечной системы



Эволюция Вселенной

- В результате термоядерных реакций в звёздах были синтезированы элементы от гелия до углерода
- Во время взрывов сверхновых звёзд образовались ещё более тяжёлые элементы, рассеиваясь в пространстве.
- После взрывов вещество сгущалось снова, в результате чего зажигались звёзды следующих поколений, вокруг которых образовывались планетные системы
- Солнечная система построена из элементов, унаследованных от звезд предшествующих поколений: легких (H_2 и He) и более тяжелых



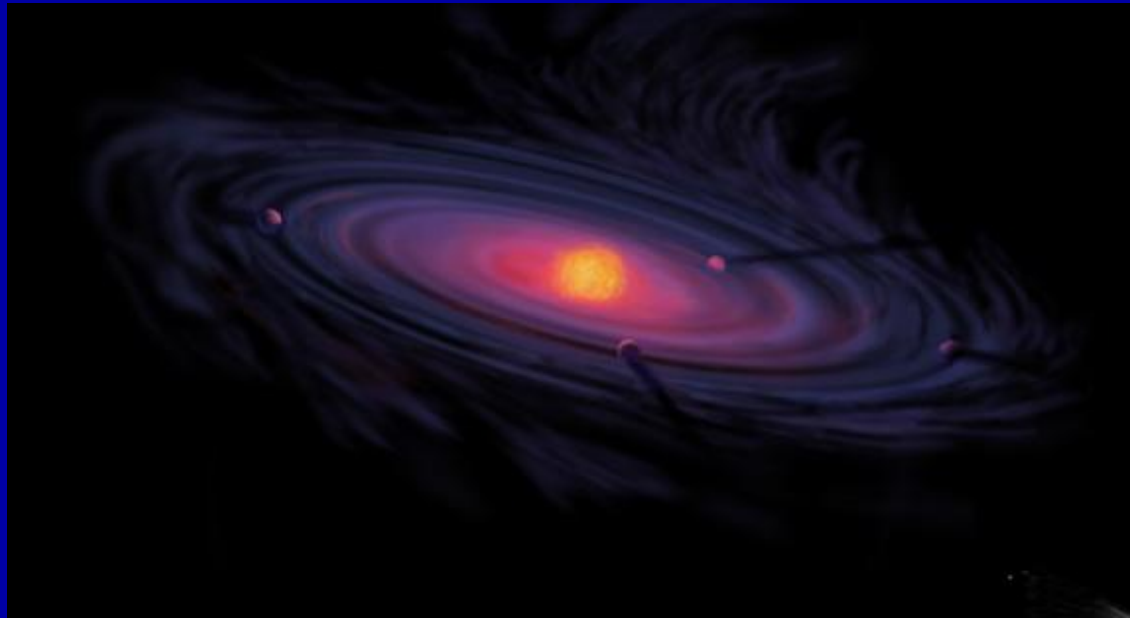
Формирование и эволюция Солнечной системы



- 1) Формирование - около 4,6 млрд лет назад
Гравитационный коллапс небольшой части гигантского межзвёздного газопылевого облака. Сжатие - результат воздействия ударной волны от вспыхнувшей на расстоянии нескольких св. лет сверхновой
- 2) Гравитационное сжатие → ↓ размеры газопылевого облака и ↑ скорость его вращения. Центр (большая часть массы), становился всё более горячим. Вращение → формирование протопланетного диска формирование протопланетного диска с горячей, плотной протозвездой в центре

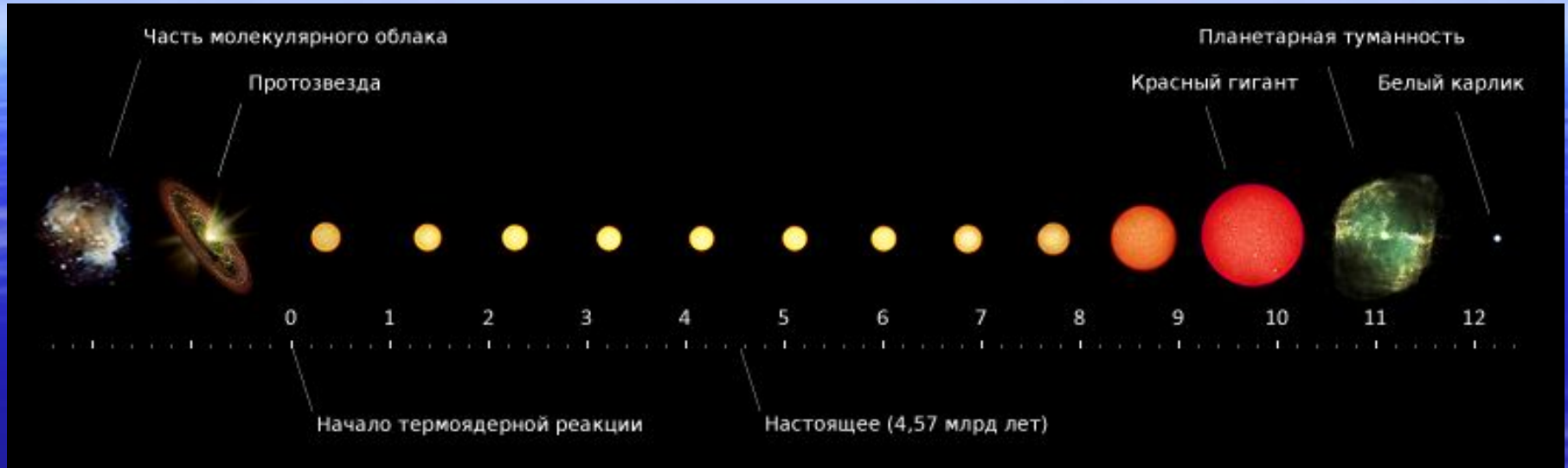
Протопланетный диск

- В остальных частях диска образуются планеты.



- (англ. proplyd, protoplanetary disk) — вращающийся диск) — вращающийся диск плотного газа) — вращающийся диск плотного газа вокруг молодой, недавно сформированной протозвезды) — вращающийся диск плотного газа вокруг молодой, недавно сформированной протозвезды, из которого впоследствии образуются планеты

Формирование и эволюция Солнечной системы

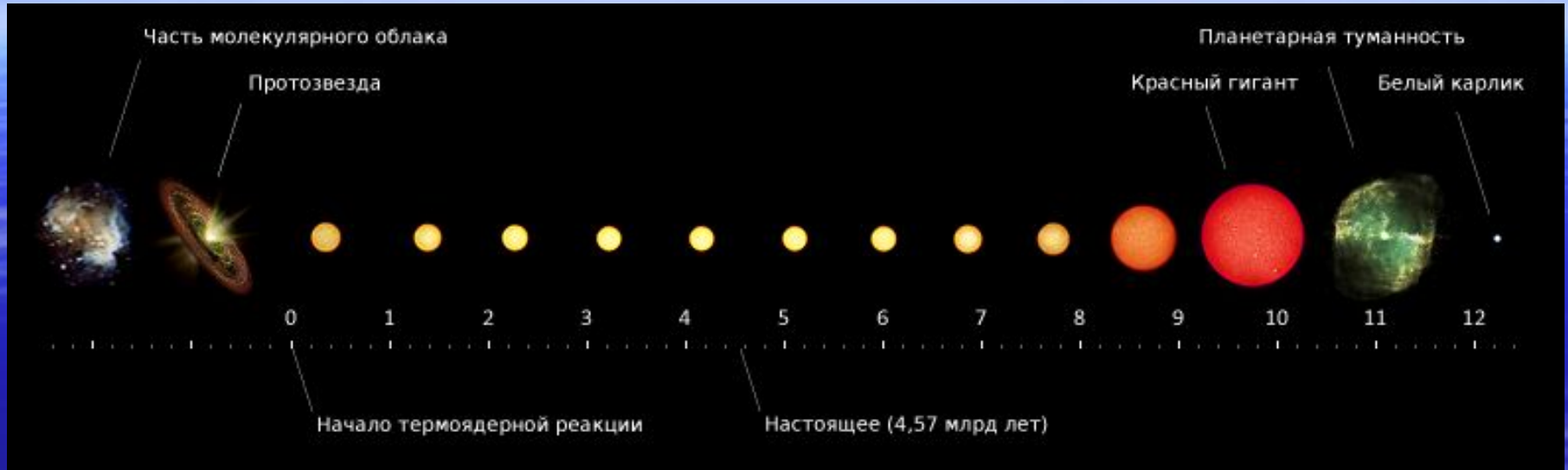


3) В течение 50 млн лет давление и плотность водорода в течение 50 млн лет давление и плотность водорода в центре протозвезды стали достаточно большими для начала термоядерной реакции.

Температура, скорость реакции, давление и плотность увеличились, пока не было достигнуто гидростатическое равновесие, с тепловой энергией, противостоящей силе гравитационного сжатия.

На этом этапе Солнце стало полноценной звездой главной последовательности – жёлтым карликом.

Формирование и эволюция Солнечной системы



4) Поскольку Солнце сжигает запасы водородного топлива, выделяющаяся энергия исчерпывается.

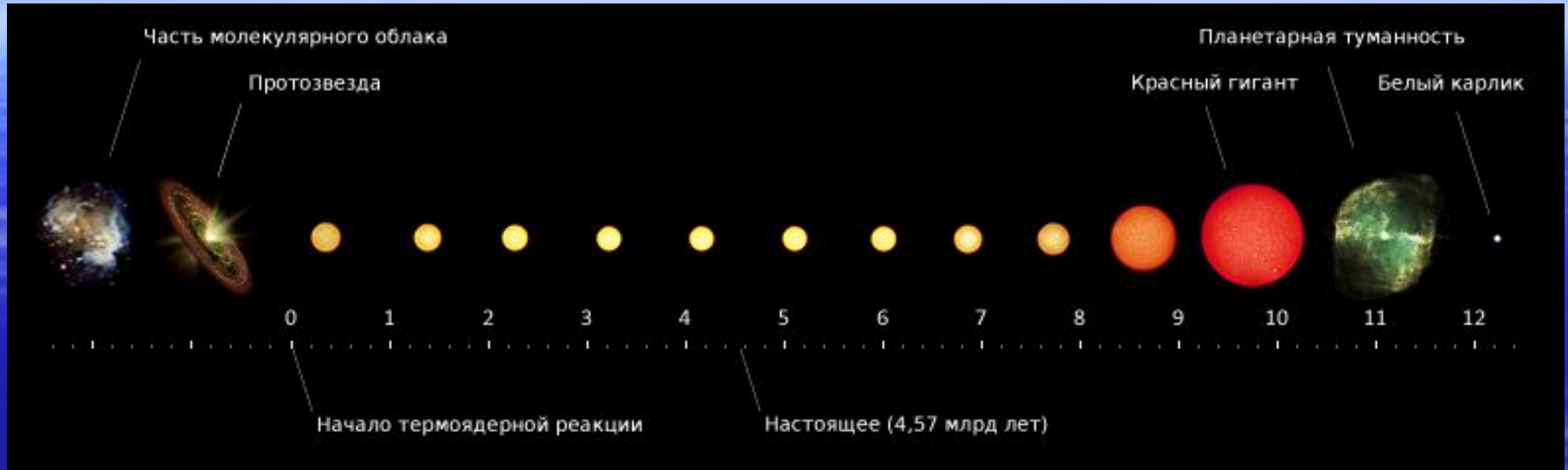
Солнце сжимается.

Это увеличивает давление в его недрах и нагревает ядро, ускоряя сжигание топлива. Солнце становится ярче.

Через приблизительно 5,4 млрд лет с настоящего времени, водород в ядре Солнца будет полностью преобразован в гелий.

В это время внешние слои Солнца расширятся примерно в 260 раз — Солнце станет красным гигантом

Формирование и эволюция Солнечной системы



- 5) В конечном счёте внешние слои Солнца будут выброшены мощным взрывом в окружающее пространство, образовав планетарную туманность.
В центре останется лишь небольшое звёздное ядро — белый карлик, необычно плотный объект в половину первоначальной массы Солнца, но размером только с Землю

Солнечная система

- **Общие характеристики**
- **Возраст** $4,5682 \pm 0,0006$
 - млрд лет
- **Расположение** Местное межзвёздное облако Местное межзвёздное облако, Местный пузырь Местное межзвёздное облако, Местный пузырь, рукав Ориона Местное межзвёздное облако, Местный пузырь, рукав Ориона, Млечный Путь
- **Масса** $1,0014 M_{\odot}$
- **Ближайшая звезда** Проксима Центавра (4,21-4,24 св.лет)
Система Альфа Центавра (4,37 св.лет)
- **Ближайшая экзопланета**
Альфа Центавра B b



Окрестности Млечного пути

ГАЛАКТИЧЕСКАЯ КОРОНА
Горячий газ, окружающий Галактику

ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ОБЛАКО
Влетающий сгусток
сравнительно свежего газа

ДИСК ГАЛАКТИКИ
Сплюснутая система
звезд, газа
и пыли

ПУЗЫРЬ
Газ, нагретый
сверхновыми;
источник
«фонтана»

**ОБЛАКО С
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
СКОРОСТЬЮ**
Остывший газ;
возвратный поток
«фонтана»

**БОЛЬШОЕ МАГЕЛЛАНОВО
ОБЛАКО**
Галактика – спутник
Млечного Пути

МАЛОЕ МАГЕЛЛАНОВО ОБЛАКО
Галактика – спутник Млечного Пути

**КАРЛИКОВАЯ СФЕРОИДАЛЬНАЯ
ГАЛАКТИКА В СТРЕЛЬЦЕ**
Галактика – спутник Млечного Пути

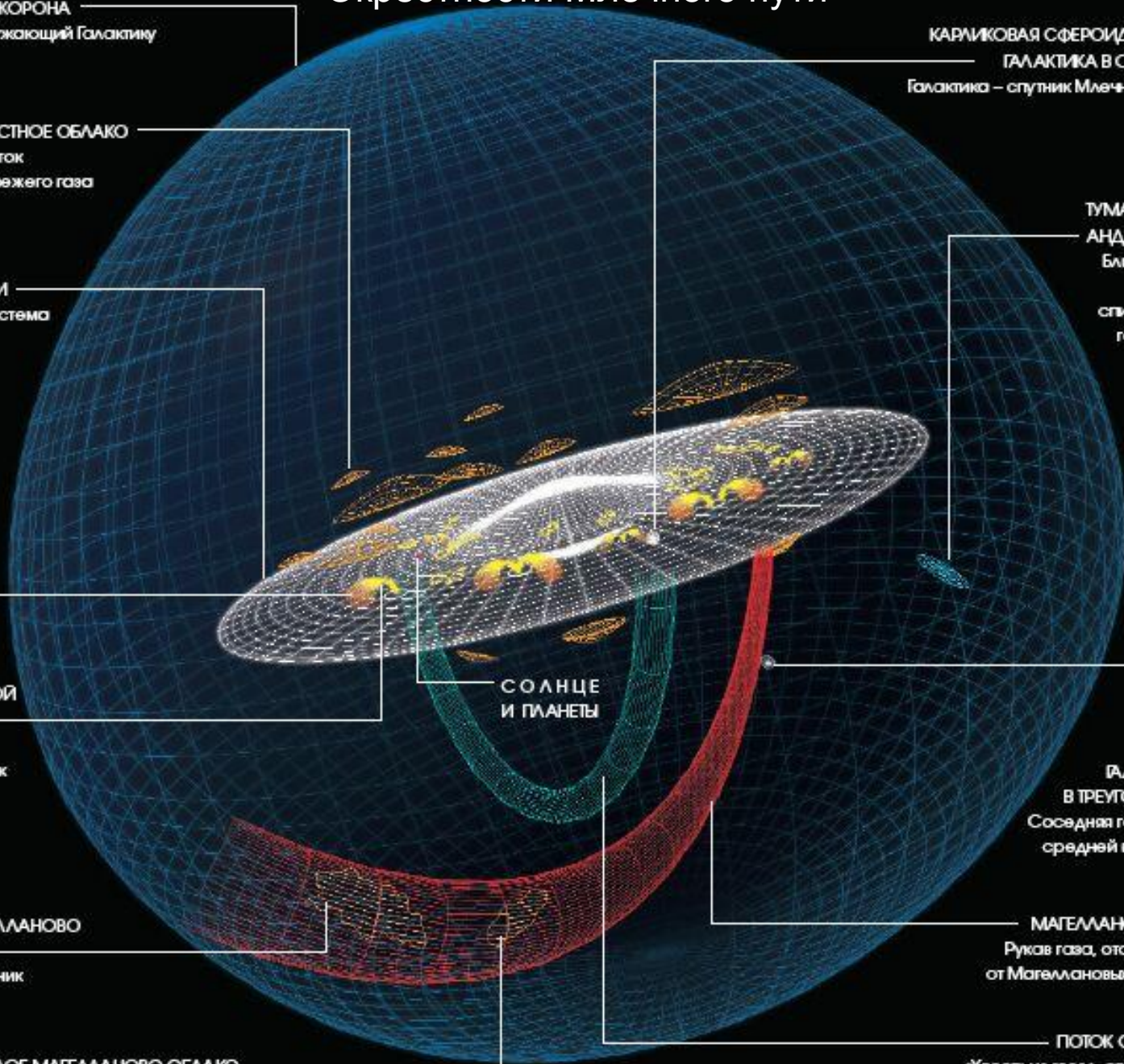
**ТУМАННОСТЬ
АНДРОМЕДЫ**
Ближайшая
крупная
спиральная
галактика

**СОЛНЦЕ
И ПЛАНЕТЫ**

**ГАЛАКТИКА
В ТРЕУГОЛЬНИКЕ**
Соседняя галактика
средней величины

МАГЕЛЛАНОВ ПОТОК
Рукав газа, оторванного
от Магеллановых Облаков

ПОТОК СТРЕЛЬЦА
«Хвост» из звезд, оторванных
от карликовой галактики в Стрельце



Солнечная система

- планетная система, включающая в себя центральную звезду Солнце — и все естественные космические объекты, вращающиеся вокруг неё:
 - планеты планеты и их спутники планеты и их спутники карликовые планеты и их спутники
 - астероиды
 - метеороиды
 - кометы
 - космическая пыль

Солнечная система (масштаб не соблюден)



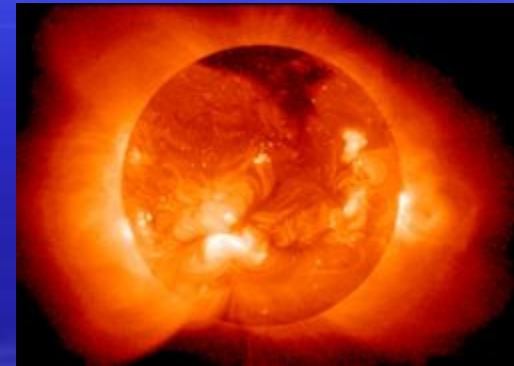
Солнце

- По звёздной классификации Солнце — жёлтый карлик По звёздной классификации Солнце — жёлтый карлик класса G2
- Его масса - 332 900 масс Земли
- При термоядерной реакции синтеза в его недрах высвобождается большое количество энергии
- Энергия излучается в пространство Энергия излучается в пространство в основном в виде электромагнитного излучения Энергия излучается в пространство в основном в виде электромагнитного излучения, максимум которого соответствует видимому свету

- Излучение Солнца — основной источник энергии на Земле



- Земля и Солнце (фотомонтаж с сохранением соотношения размеров)



- Солнце в рентгеновских лучах



Зелёный лист растения — источник жизни на Земле благодаря поступлению на Землю энергии Солнца

Строение Солнца

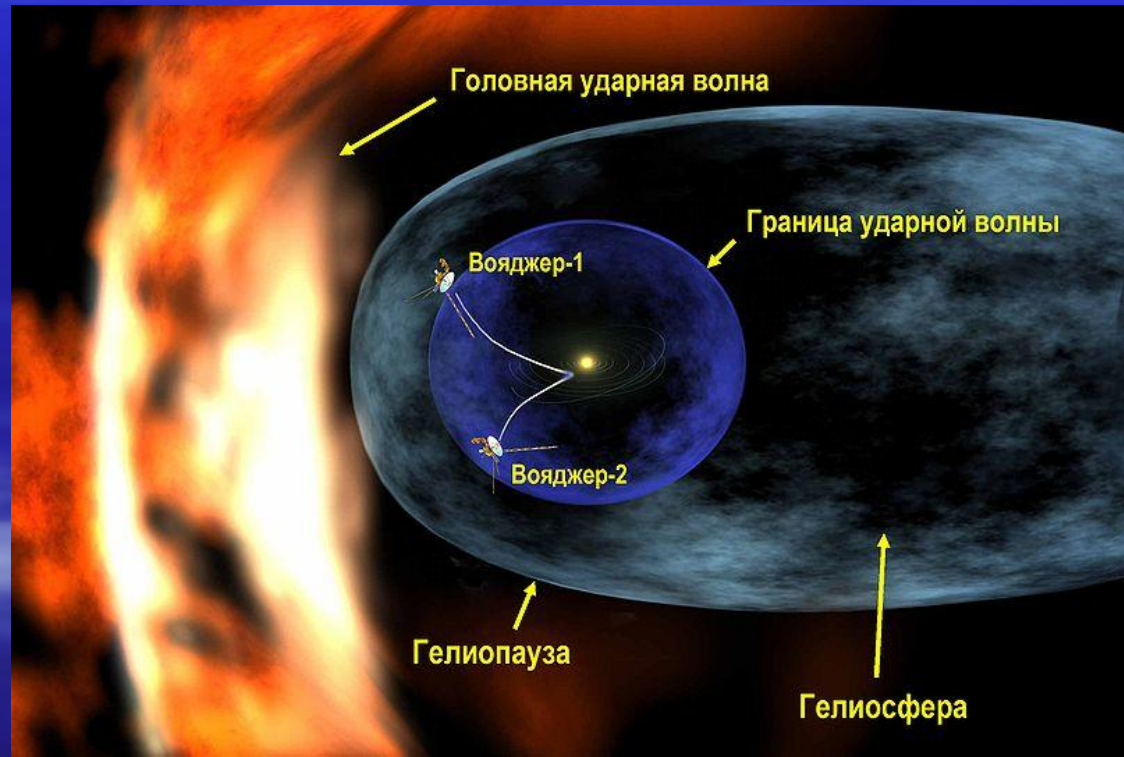
- **Солнечное ядро** находится в центре Солнца
- **Фотосфера** — это видимая поверхность Солнца, которая и является основным источником излучения.
- **Солнечная корона** - внешние слои атмосферы Солнца
 - имеет очень высокую температуру
 - крайне разрежена
- Земля, так же, как и другие планеты, находятся внутри короны



Гелиосфера

- Из солнечной короны в окружающее космическое пространство истекает **солнечный ветер** — поток **ионизированных** — поток ионизированных **частиц** — поток ионизированных частиц (в основном **гелиево** — поток ионизированных частиц (в основном гелиево-**водородной** — поток ионизированных частиц (в основном гелиево-водородной **плазм**

- область околосолнечного пространства, в которой плазма в которой плазма солнечного ветра движется от Солнца с некоторой скоростью



Граница **гелиосферы** ~113-120 а.е

Граница: плазма солнечного ветра – межзвездная плазма

Относительные размеры объектов

1	46 млрд. световых лет во всех направлениях	Размер видимой Вселенной
2	100 000 св. лет	Диаметр нашей галактики Млечный путь
3	113-120 а.е. 4,5 млрд. км - 30 а.е.	Солнечная система: граница гелиосферы Расстояние от Солнца до самой отдалённой планеты - Нептуна
4	150 млн.км 1 а. е.	Расстояние от Земли до Солнца (большая полуось)
5	13000 км	Диаметр Земли
6	109 диаметров Земли	Диаметр Солнца
7	$3 \cdot 10^{-10}$ м	Размер атома
8	$3 \cdot 10^{-15}$ м	Средний диаметр атомного ядра

Солнечная система: 8 планет и 5 карликовых планет



Планеты в порядке
увеличения расстояния от
Солнца :

1. Меркурий (57,9 млн. км)
2. Венера
3. Земля
4. Марс
5. Юпитер
6. Сатурн
7. Уран
8. Нептун (4,5 млрд. км)

Карликовые планеты:

1. Плутон
2. Церера
3. Хаумеа
4. Макемаке
5. Эрида

Орбиты планет Солнечной системы

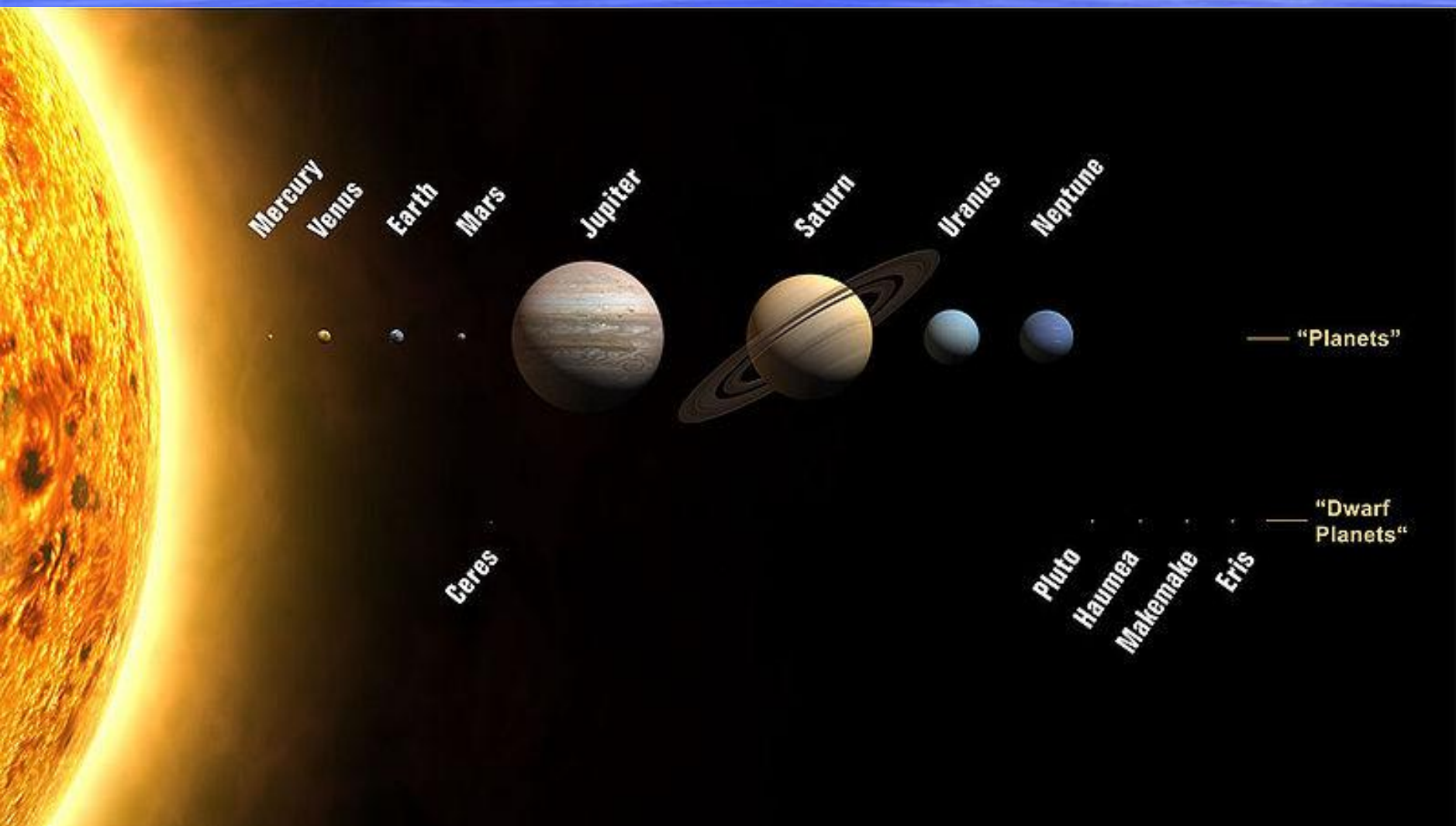
- Планеты движутся в одном направлении в единой плоскости по ~ круговым орбитам.
- Орбиты располагаются в пределах почти плоского диска — плоскости ЭКЛИПТИКИ



Планеты и Карликовые планеты

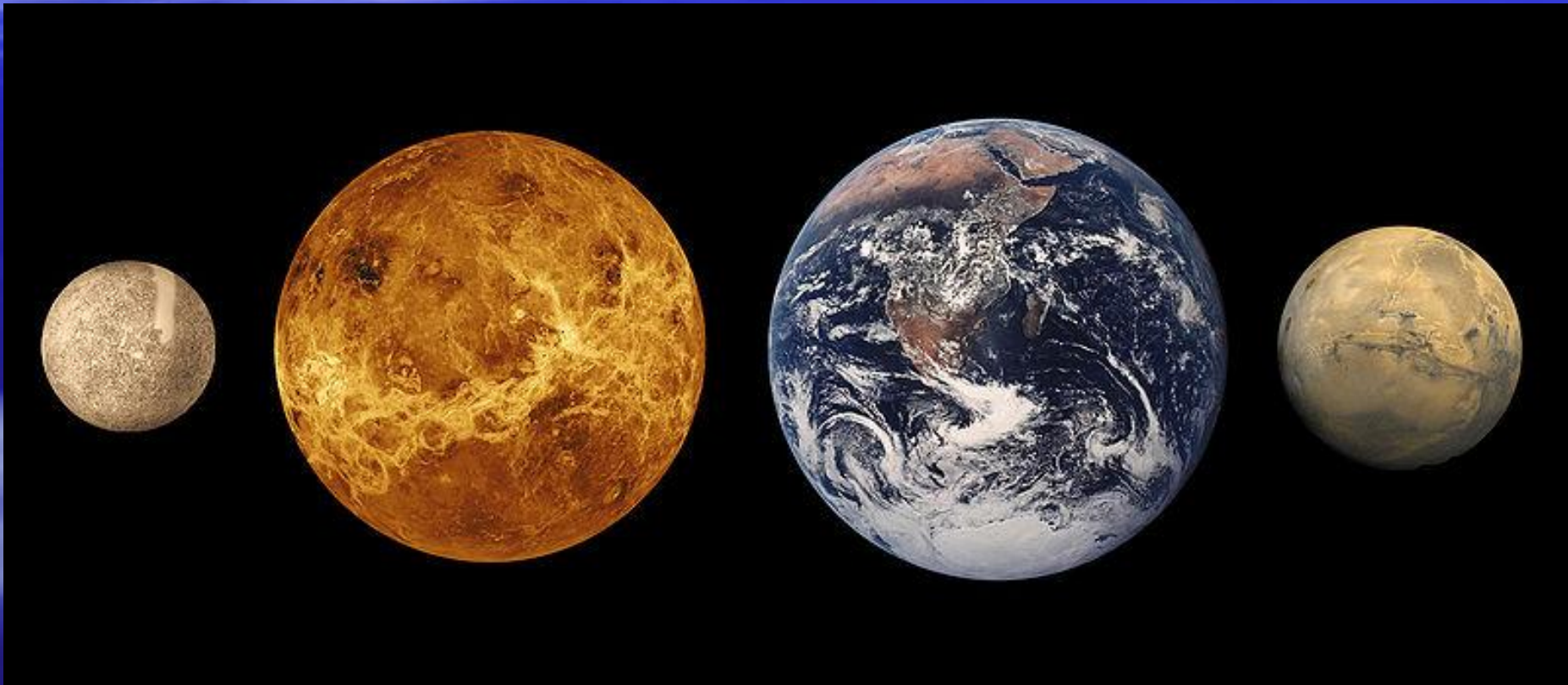
Солнечной системы

(размеры для сравнения, расстояния не соблюдены)



Землеподобные планеты: Меркурий, Венера, Земля, Марс

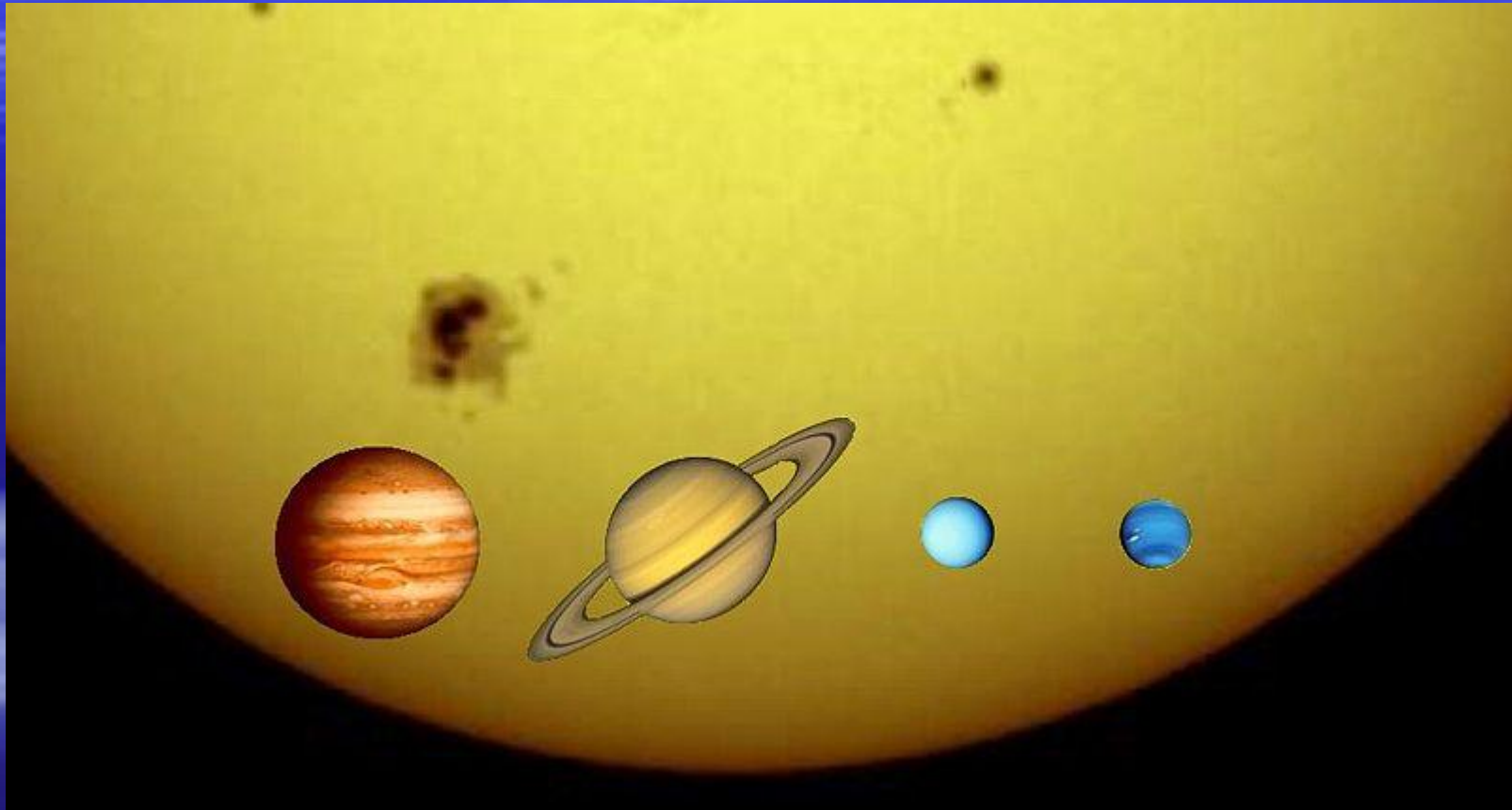
(размеры для сравнения, расстояния не соблюдены)



Состоят в основном из силикатов и металлов

Четыре газовых гиганта: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун

(размеры для сравнения, расстояния не соблюдены)



В значительной степени состоят из водорода В
значительной степени состоят из водорода и гелия

Кометы

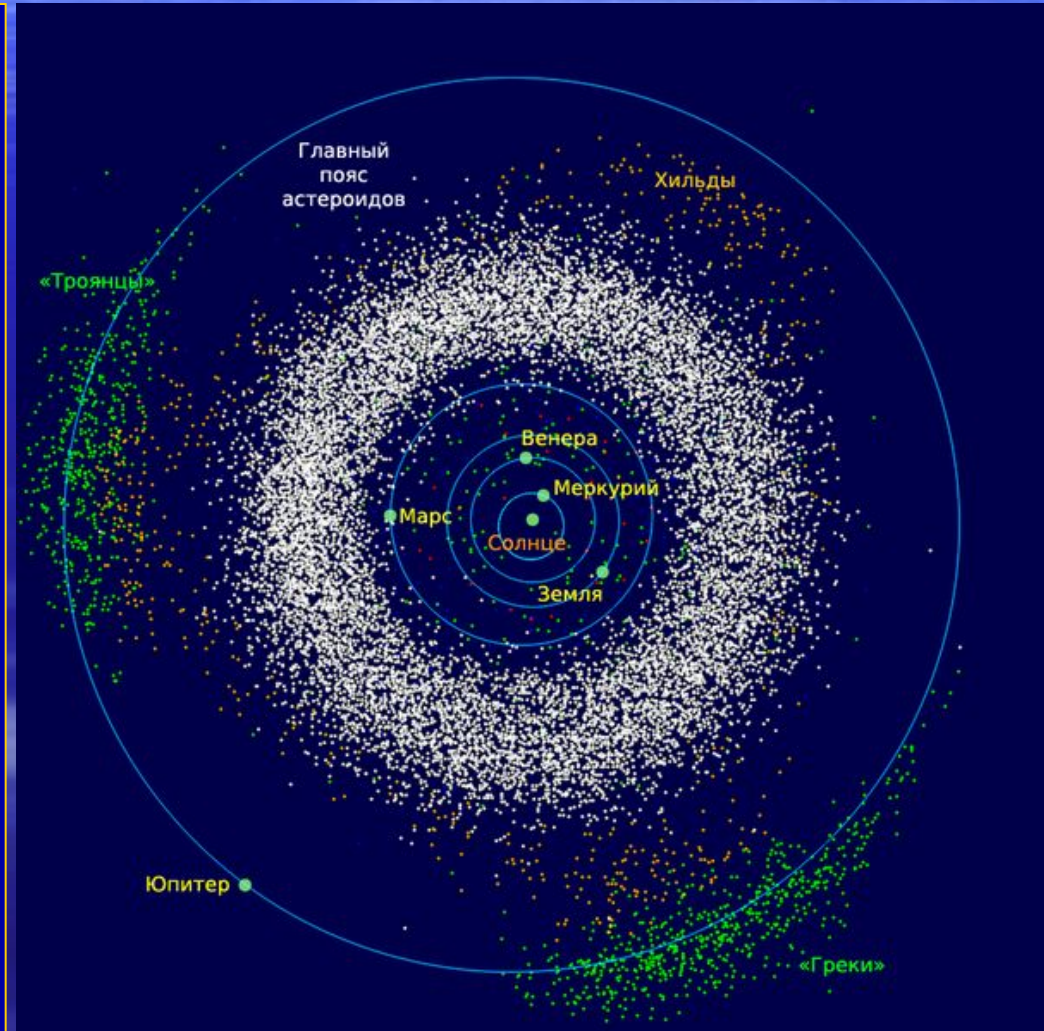
- **Комета** (от др.-греч. κομήτης, komētēs — «волосатый, косматый») — небольшое небесное тело, имеющее туманный вид, обращающееся вокруг Солнца обычно по вытянутым орбитам
- Комета Хейла-Боппа

- Кометы, прибывающие из глубины космоса Кометы, прибывающие из глубины космоса, выглядят как туманные объекты, за которыми тянется хвост
- Ядро кометы представляет собой тело из твёрдых частиц и льда
- Окутано туманной оболочкой - комой
- Потоки солнечных лучей выбивают частицы газа из комы и отбрасывают их назад, вытягивая в длинный дымчатый хвост, который движется за ней



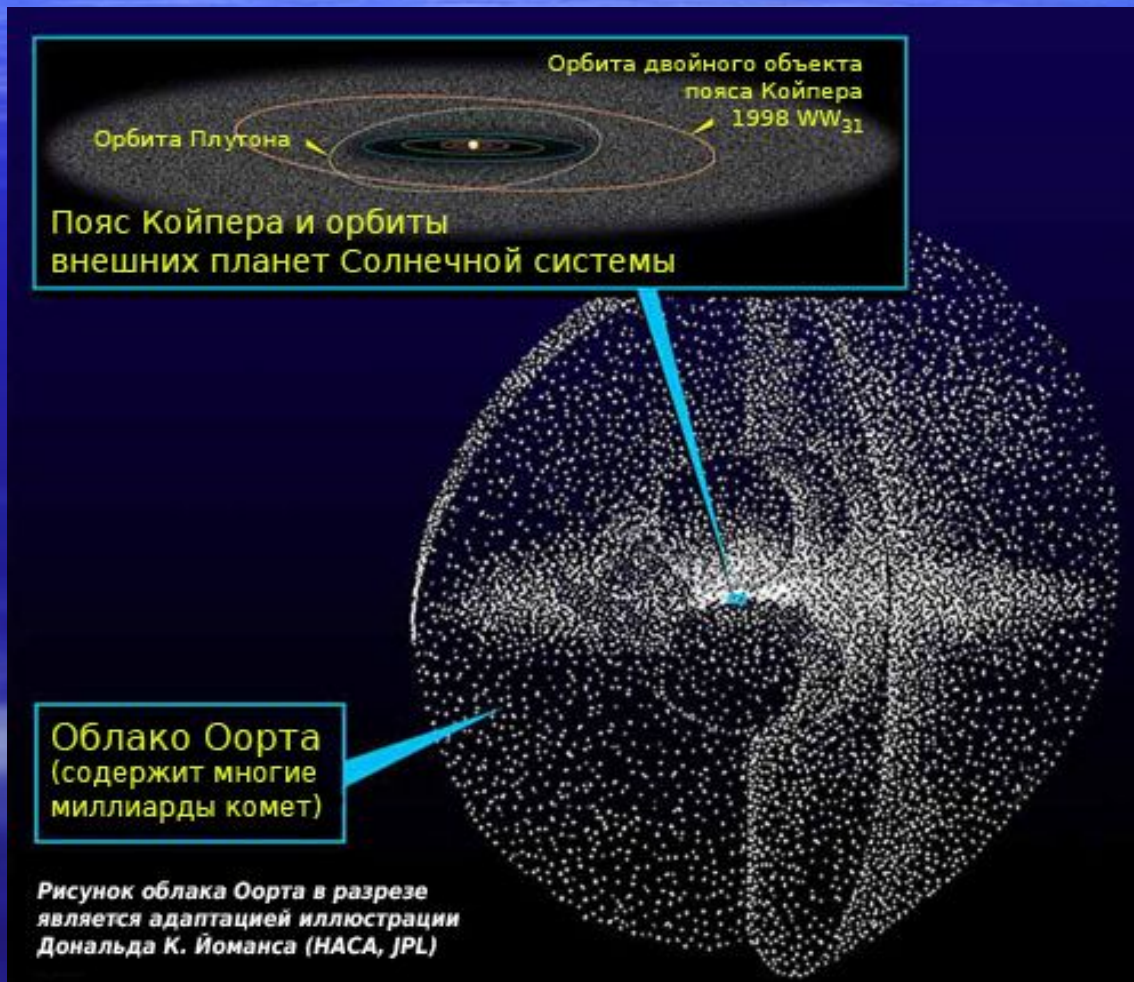
Пояс астероидов

- Между орбитами Марса и Юпитера располагается кольцо астероидов - **Пояс астероидов**
- Состоит из силикатов и металлов
- **Астероиды** - небесные тела, обращающиеся по орбитам вокруг Солнца, но недостаточно крупные для того, чтобы приобрести круглую форму
- Изображение пояса астероидов и некоторых планет Солнечной системы →



Пояс Койпера и гипотетическое облако Оорта

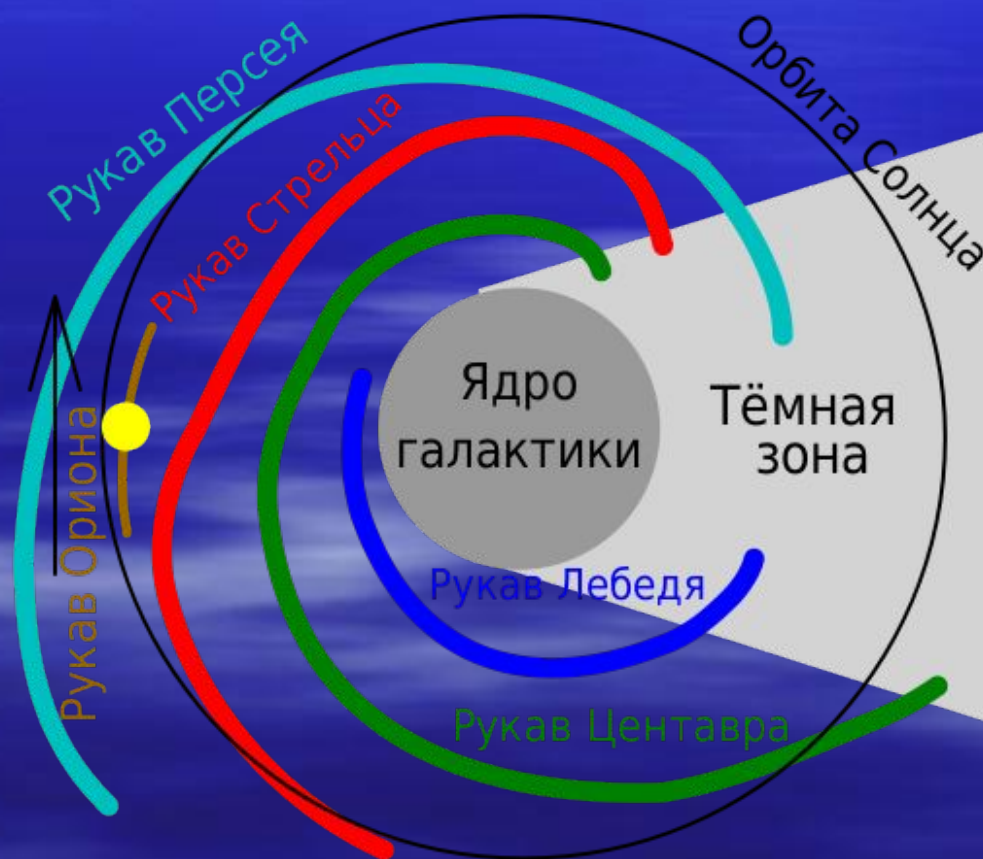
- **Облако Оорта** — сферическое облако ледяных объектов (вплоть до триллиона), служащее источником долгопериодических комет.
- Предполагаемое расстояние до внешних границ от Солнца : от 50 000 до 100 000 а. е.—~световой год.
- **Пояс Койпера** — область реликтов времён образования Солнечной системы, являющейся большим поясом осколков, подобным поясу астероидов, но состоящий в основном из льда.
- Он простирается между 30 и 55 а. е. от Солнца



Солнечная система- часть галактики Млечный Путь

- Структура Млечного Пути.
Солнечная система - жёлтая точка

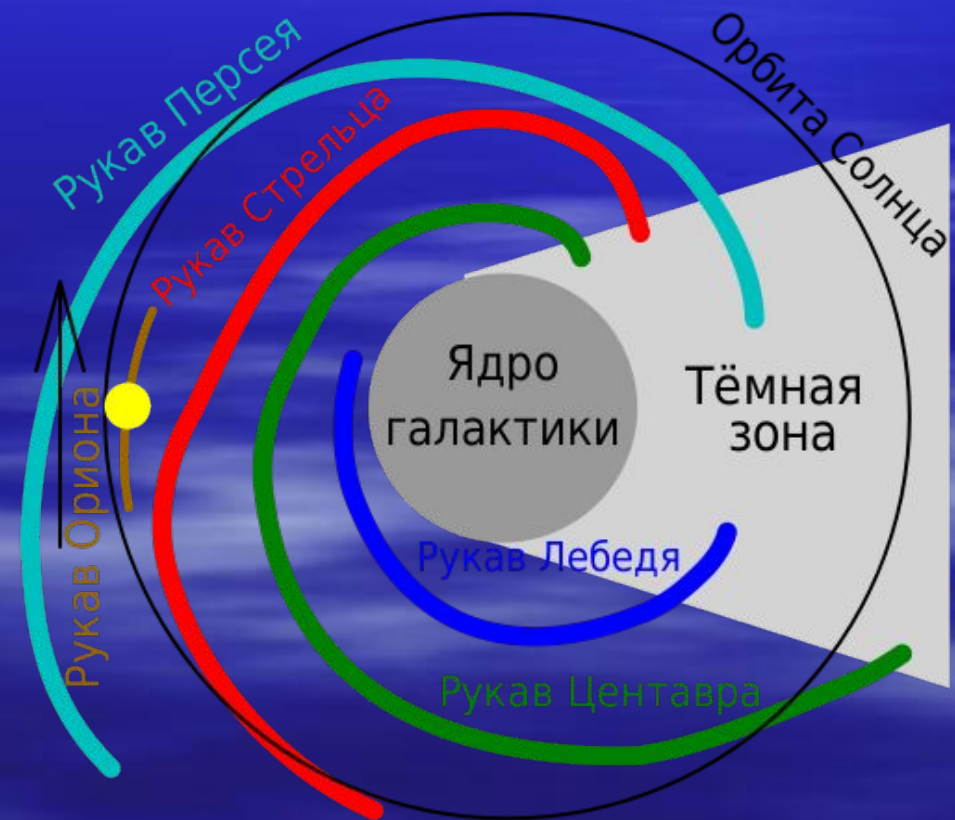
- Млечный Путь — спиральная галактика
- Диаметр -около 100 тысяч световых лет.
- Состоит из приблизительно 200 млрд. звёзд
- Возраст старейшей из известных звёзд 13,2 млрд. лет



Галактическая орбита

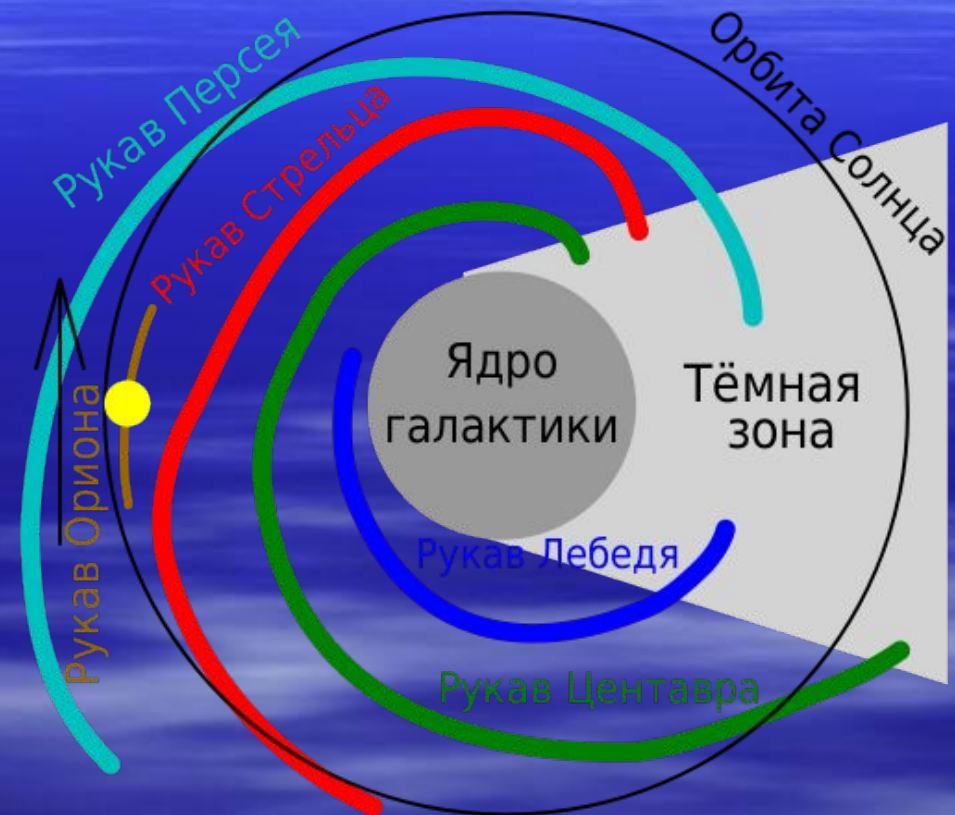
- Структура Млечного Пути.
Солнечная система - жёлтая точка

- Солнечная система расположена на окраине рукава Ориона Солнечная система расположена на окраине рукава Ориона — одного из галактических рукавов Млечного Пути.
- Солнце вращается вокруг галактического центра по почти круговой орбите со скоростью около **220 км/с**
- Совершает полный оборот за **226 млн лет**.
- Этот промежуток времени называется галактическим годом.



Местоположение Солнечной системы в галактике -

- вероятно, является фактором эволюции фактором эволюции жизни на Земле:
 - орбита Солнечной системы практически круглая;
 - скорость примерно равна скорости спиральных рукавов, что означает, что она проходит сквозь них чрезвычайно редко
- Это даёт Земле длительные периоды межзвёздной стабильности для развития жизни, так как спиральные рукава обладают значительной концентрацией потенциально опасных сверхновых



Земля



- Земля образовалась из Солнечной туманности около 4,54 млрд. лет назад, и вскоре после этого приобрела, и вскоре после этого приобрела свой единственный естественный спутник, и вскоре после этого приобрела свой единственный естественный спутник — Луну
- Предполагается, что Луна сформировалась в результате столкновения Земли с объектом массой 10 % от земной (иногда этот объект называют «Тейя»)

