

## Лекция №8. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОИСХОЖДЕНИИ И ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ

С чего все пошло? Как все космическое стало таким, каким оно предстает перед человечеством?

Ответ на эти вопросы менялся с развитием человеческой мысли. Человек всегда стремился понять происхождение нашего мира. Когда в культуре господствовали мифологические представления, у древних народов происхождение мира объяснялось так, например, в Индии, “Ведах”, распадом первочеловека – Пуруша (*Пуруша – первосущество, “тысячеглавый, тысяченогий”, было не только “мировым телом”, оно заключало в себе и “мировую душу”. Согласно легенде, когда Пуруша был принесён в жертву и расчленён, из различных частей его тела возникла вещественная Вселенная (из глаз — Солнце, из дыхания — ветер и тому подобное), а также и люди — представители традиционных каст индийского общества: из уст — священнослужители-брахманы, из рук — воины-кишатри, и так далее*). В соответствии с древнеиранской мифопоэтической космологией Вселенная является результатом деятельности двух равносильных и взаимосвязанных творящих начал – бога Добра – Агурамазды и бога Зла – Ахримана. Победа христианства утвердила представления о сотворении Богом мира из ничего.

Вселенную в целом изучает космология – т.е. наука о Космосе. Хотя сейчас космосом называют все, находящееся за пределами атмосферы Земли, не так было в Древней Греции. Космос тогда принимался как “порядок”, “гармония”, в противоположность хаосу – “беспорядку”. Таким образом, космология, в основе своей, открывает упорядоченность нашего мира и нацелена на поиск законов его функционирования. Открытие этих законов и представляет собой цель изучения Вселенной как единого упорядоченного целого.

Все наши сведения о Вселенной происходят из наблюдений. Единственным источником информации является свет, пришедший из дальних миров. Отметим, что за всю историю наблюдений с момента возникновения оптических телескопов (1609 год итальянский астроном Галилео Галилей) человечество получило энергию, достаточную для нагрева стакана воды на 0,01К. За всю историю радиоастрономии (в 1913г. впервые зафиксировано радиоизлучение Млечного пути) – всего на  $10^{-7}$  К и на этой основе базируется все наши сведения о Вселенной! На протяжении всей истории человек воспринимал и анализировал с помощью органов чувств лишь незначительный интервал электромагнитного излучения – видимый свет.

*Первый телескоп был построен в 1609 году итальянским астрономом Галилео Галилеем. Телескоп имел скромные размеры (длина трубы 1245 мм, диаметр объектива 53 мм, окуляр 25 диоптрий), несовершенную оптическую схему и 30-кратное увеличение. Он позволил сделать целую серию замечательных открытий (фазы Венеры, горы на Луне, спутники Юпитера, пятна на Солнце, звезды в Млечном Пути).*

*Наикрупнейший в мире оптический телескоп – Gran Telescopio Canarias, с диаметром зеркала 10,4 м, расположен на Канарских островах.*

*Самый крупный радиотелескоп планеты находится в обсерватории Аресибо, Пуэрто-Рико, “прослушивает” звезды, пытается уловить сигналы внеземных цивилизаций.*

Космический телескоп “Хаббл” – автоматическая обсерватория на орбите вокруг Земли, названная в честь Эдвина Хаббла. Размещение телескопа в космосе даёт возможность регистрировать электромагнитное излучение в диапазонах, в которых земная атмосфера непрозрачна; в первую очередь – в инфракрасном диапазоне. Из-за отсутствия влияния атмосферы, разрешающая способность телескопа в 7–10 раз больше аналогичного телескопа, расположенного на Земле.

Орбитальный телескоп Планк, запущенный в мае 2009 года, в задачи которого входит регистрация и изучение реликтового излучения Вселенной, передал на Землю первую полную карту неба. По результатам программы работы телескопа на орбите, которая должна завершиться в 2012 году, ученые планируют получить четыре полные карты реликтового излучения.

По современным представлениям Вселенная – это огромная развивающаяся суперсистема, в состав которой входит множество подсистем (рис. 1). Наиболее общепринятой в космологии является модель однородной, изотропной, нестационарной, горячей и расширяющейся Вселенной, построенная на основе ОТО Эйнштейна и релятивистской теории тяготения.

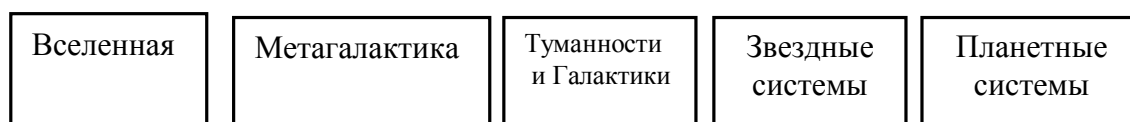


Рис. 1. Структурные уровни организации Вселенной

**Метагалактика** – часть Вселенной доступная для наблюдения современными методами, включающая несколько миллиардов галактик. Она содержит туманности и галактики. В пространстве между галактиками находятся отдельные звёзды, а также межгалактический газ, космические лучи, электромагнитное излучение. *Примеры.*

**Туманность** – межзвездное облако, состоящее из пыли, газа и плазмы, выделяющееся своим излучением или поглощением по сравнению с окружающей его межзвёздной средой. Раньше астрономы называли так любые небесные объекты, неподвижные относительно звезд, имеющие, в отличие от них, диффузный, размытый вид, как у маленького облачка.

**Галактика** (др.-греч. galaktikos – Млечный путь) – гравитационно-связанная система из звёзд, межзвёздного газа, пыли и тёмной материи. Все объекты в составе галактик участвуют в движении относительно общего центра масс.

По форме Галактики можно разделить на эллиптические, спиральные, линзовидные, неправильные, галактики с перемычкой, карликовые и т. д. Самыми распространенными галактиками являются эллиптические, линзовидные и спиральные галактики. Небольшая доля галактик относится к неправильным. Доля радиогалактик и галактик Сейферта не превышает одного процента.

1. *Эллиптические галактики (E)* – галактики, у которых дисковой составляющей нет, либо она слабоконтрастна. Все остальные галактики дисковые.

2. *Спиральные галактики (S)* – галактики, обладающие спиральными ветвями. Иногда ветви могут выростать в кольца.

3. *Линзовидные галактики (S0)* – галактики, по своей структуре не отличающиеся от спиральных, за исключением отсутствия чёткого спирального узора. Объясняется это низким содержанием межзвёздного газа, а значит, и низким темпом звездообразования.

4. *Неправильные галактики (Irr)* – для них характерна неправильная клочковатая структура. Как правило, в них очень много межзвёздного газа, до 50 % от массы галактики.

**Созвездия** как отдельные группы звезд на небе выделялись наблюдателями уже в глубокой древности. Каждое созвездие получило название, различное в разных странах и даже в одной стране в разных религиях. Сегодня на звездном небе 88 созвездий (по решению Международного Астрономического Совета в 1930 году), около 240 звезд имеют собственные имена. Наиболее известное созвездие неба Северного полушария – Большая Медведица. Его старинное русское название – Воз. Существует множество книг, посвященных созвездиям и легендам, связанным с ними.

Глядя на небо, мы видим объекты Вселенной – Солнце, планеты, звезды, галактики – в прошлом. Причем различные объекты – в разном. Например, Полярную звезду – такой, какой она была около 6 веков назад. А галактику в созвездии Андромеды мы наблюдаем с опозданием на 2 млн лет.

Единицы измерений гигантских масштабов Вселенной:

1. Астрономическая единица (а.е.) – радиус орбиты Земли,  $1 \text{ а.е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$ ;

2. Световой год равен  $9,46 \cdot 10^{15} \text{ м} \approx 10^{16} \text{ м} \approx 0,3 \text{ пс}$  – расстояние проходимое светом за один год); (популярная литература).

3. Парсек (параллакс-секунда) – в научной литературе применяется для измерения межзвездных и межгалактических расстояний.  $1 \text{ пс} = 3,08 \cdot 10^{16} \text{ м} = 206 \text{ 265 а.е.}$  Эффект параллакса легко обнаружить, посмотрев на палец вытянутой руки сначала одним, а потом другим глазом. Парсек (пс) – расстояние, с которого радиус земной орбиты виден под углом 1 секунда (отсюда и название). Под таким углом монета в 1 копейку видна с расстояния 3 км. Самая ближняя звезда – соседка Солнца – Проксима- (“ближайшая”) Центавра находится от нас на расстоянии 1,3пс. Определить это расстояние достаточно просто.

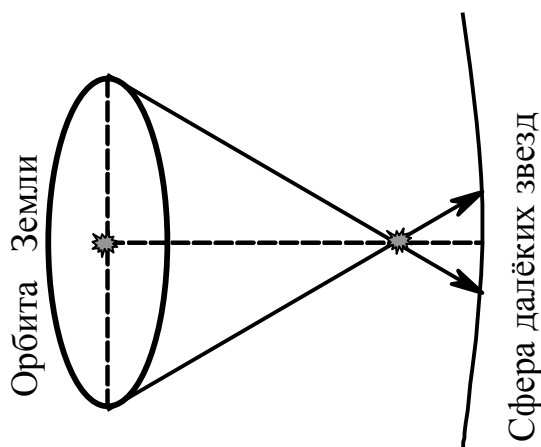


Рис.2. Параллакс изображения звезды

Если мы знаем диаметр орбиты Земли, то по проекции положения звезды на “неподвижной” небесной сфере, наблюдаемой с противоположных относительно Солнца точек орбиты, можно определить угловое смещение (параллакс) изображения звезды (рис. 2). Для Проксимы Центавра параллакс

равен 0,751 угловой секунды. Тогда для этой звезды расстояние будет  $4,1 \cdot 10^{13}$  км, или 1,3 пс.

**Наша Галактика – Млечный путь** представляет собой сплюснутый шар, заполненный звездами (около триллиона ( $10^{12}$ ) звезд). В центре находится ядро, от которого отходит несколько спиральных звездных ветвей (рукавов), что придает нашей галактике спиральную форму (рис. 3). Рукав Лебеда, рукав Персея, рукав Стрельца и рукав Ориона или Наугольника. Галактика вращается вокруг своего центра с переменной угловой скоростью и в ней идет интенсивное звездообразование. Млечный Путь – довольно большая Галактика имеет диаметр около 40000пс (120000 свет. лет), толщина в центральной части – около 5000пс. Скорость движения Солнца по галактической траектории на расстоянии около 8000пс (30000 свет. лет) от центра Галактики близка к 300 км/с.

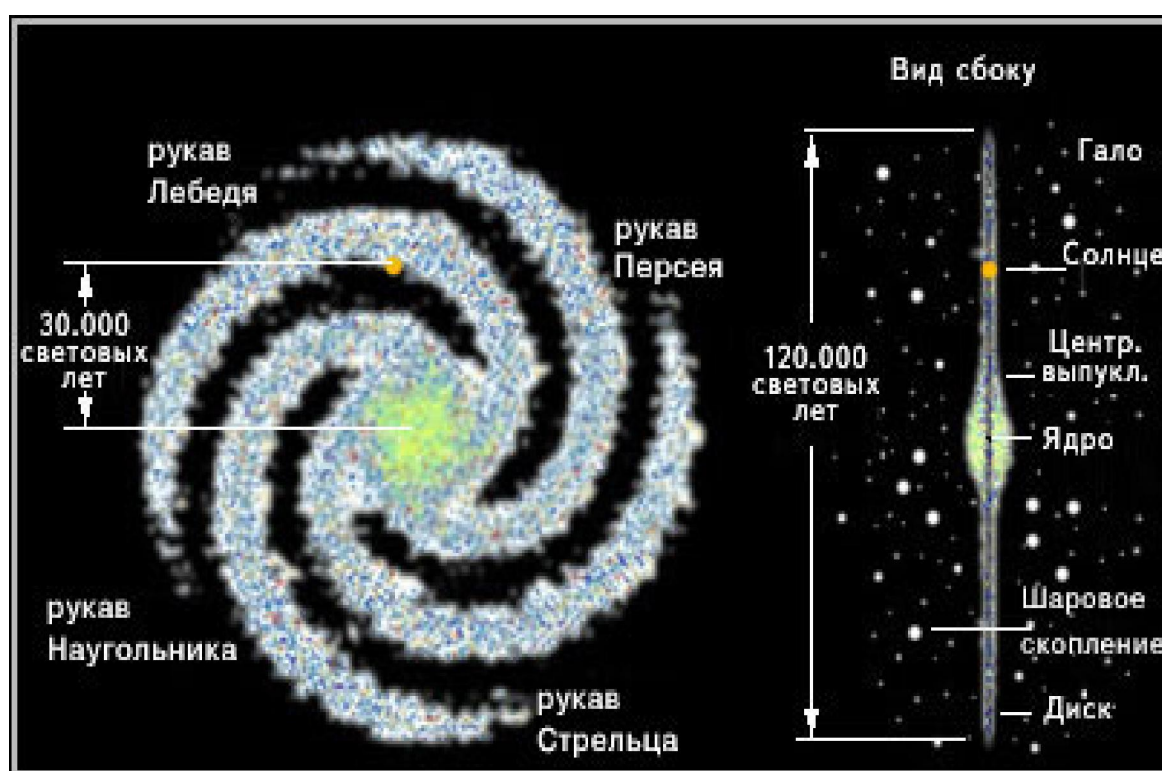


Рис.3. Структура Галактики “Млечный Путь”

Девяносто пять процентов массы Галактики расположено около галактической плоскости. На долю сферической составляющей 1 (рис. 4) приходится около пяти процентов вещества Галактики. Важным представителем сферической составляющей являются шаровые скопления звезд. Если в окрестностях Солнца на 10 кубических парсеков приходится одна звезда, то в шаровых скоплениях она в 5 раз выше, а около центра скопления доходит до одного миллиона звезд на кубический парсек.

Самая близкая галактика в созвездии Андромеды (и по расстоянию, и по размерам) находится на удалении 720000пс. Следовательно, отношение расстояния между галактиками к их средним размерам около 20. Расстояние до ближайшей к Солнцу звезды  $4,1 \cdot 10^{13}$  км при диаметре Солнца около

$1,5 \cdot 10^6$  км. Тогда отношение расстояния между типичными звездами к их размеру – около  $10^7$ . Ясно, что это число характеризует вероятность столкновения объектов: чем оно больше, тем менее вероятно такое явление, то есть столкновение галактик значительно более вероятно, чем звезд.

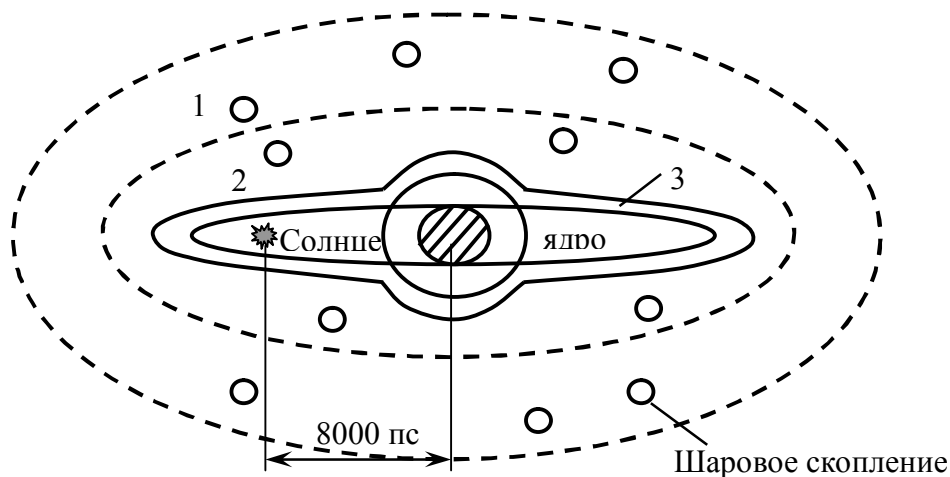


Рис.4. Строение Галактики

Средняя плотность галактик в наблюдаемой части Вселенной около 3 на 1 кубический миллион парсеков, т.е. среднее расстояние между ними около 700000 пс. Типичная скорость движения галактик – около 1000 км/с. Тогда для прохождения расстояния до ближайшей соседки требуется около 1 миллиарда лет. Если учесть размеры галактик и случайность направления движения, то окажется, что за  $10^{13}$  лет (оценочное время существования Вселенной) каждая галактика может испытывать по меньшей мере одно столкновение с себе подобной.

Много неясного связано и с ядром Галактики. Его диаметр, видимый с Земли, – около 9 градусов, линейные размеры – около 4000 световых лет. Ядро является источником очень мощного радиоизлучения. В 1934г. Э. Хаббл подсчитал, что на один квадратный градус приходится в среднем 131 галактика со светимостью до 20 звездной величины. Сфера содержит 41253 квадратных градуса, т. е. общее число галактик до 20 звездной величины на небесной сфере – около 6 миллионов. Более того, показано, что галактики в пространстве распределены достаточно однородно.

Внимательное изучение спектров галактик позволило сделать одно открытие фундаментальной важности. Было обнаружено (1929г., Эдвин Хаббл), что у удаленных галактик спектральные линии всегда смещены в красную область спектра (“красное смещение”). Частота излучения, измеряемая наблюдателем, зависит от направления и скорости движения источника относительно наблюдателя. С таким эффектом мы сталкиваемся, когда стоим на железнодорожной станции и мимо нас на большой скорости проходит состав. Он был описан в 1842г. австрийским физиком Х. Доплером. Красное смещение, т.е. уменьшение частоты излучения (увеличение длины волны) спектральных линий, является свидетельством того, что все галактики удаляются от нас. Скорость разлета весьма велика. Так,

радиогалактика 3C295 (излучающая в основном радиоволны), удаленная от нас на 5 миллиардов световых лет, улетает со скоростью 138000 км/с (половина скорости света в вакууме!). Закон Хаббла экспериментально подтвердил расширение Вселенной:  $v = Hr$ , где  $v$  – радиальная скорость,  $H = (3 - 5) \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$  – постоянная Хаббла,  $r$  – расстояние до объекта. Из  $H$  можно определить возраст Вселенной ( $t \sim 1/H$ ), который оценивается в 10-20 млрд. лет. При решении задач постоянную Хаббла принимают равной 70,4 (км/с)/Мпк (или  $2,28 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$ ).

Никто не знает, как возникла Вселенная. Существует несколько теорий происхождения и эволюции Вселенной. Наиболее распространенной на сегодня является теория горячей Вселенной или теория Большого Взрыва.

В 1965 г. Арно Пензиас и Роберт Вильсон обнаружили реликтовое излучение (Нобелевская премия по физике 1978 г.). Существование реликтового излучения было предсказано теоретически в рамках теории Большого взрыва. Считается, что реликтовое излучение сохранилось с начальных этапов существования Вселенной и равномерно её заполняет. Наряду с космологическим красным смещением, реликтовое излучение рассматривается как одно из главных подтверждений теории Большого взрыва. Интенсивность этого излучения не зависит от направления, в котором его наблюдают исследователи с Земли – изотропно в пространстве. Интенсивность реликтового излучения очень мала и соответствует излучению черного тела с температурой 3 К т. е. сегодняшняя температура космоса 3 К (–270°C).

При этом мы должны отметить, что Вселенная, видимо, конечна и существует ограниченное время. Действительно, если бы Вселенная существовала бесконечно долго и была бы бесконечна, свет от всех заполняющих ее звезд (бесконечно большого числа) дошел бы до Земли и ночной небосвод был бы не черным с вкраплениями звезд, а светлым. Это заключение носит название парадокса Ольберса (1826г.).

Если Вселенная стационарна и, значит, существует бесконечно долго, то все процессы в ней должны были бы перейти в состояние равновесия, то есть наступила бы “тепловая смерть”. Кроме того, в бесконечной Вселенной энергия гравитационного взаимодействия любого тела со всеми другими была бы бесконечно большой, то есть ньютоновскую теорию тяготения к Вселенной применять нельзя (это заключение носит название парадокса Зеелигера, 1895г.).

Существовали разные *модели образования Вселенной*. В начале существовали и конкурировали две модели: модель *стационарной* (Вселенная существовала всегда, наблюдаемое разрежение вещества компенсируется его непрерывным творением) и модель *расширяющейся* Вселенной (начальное состояние, из которого возникла Вселенная, было таким горячим и плотным, что могли существовать только элементарные частицы и излучение; затем Вселенная расширялась и охлаждалась, образуя звезды и галактики).

*Теорию горячей Вселенной* разрабатывал Георгий Гамов (американец русского происхождения, автор теории  $\alpha$ -распада, теории образования

химических элементов, первой модели генетического кода) в сороковых годах XX века, усовершенствовал Фред Хойл. Хойл назвал теорию Гамова в шутку “the big bang theory” – теория громкого хлопка. Это название очень понравилось конкурентам Хойла, а в России его перевели как **Теория Большого Взрыва**. Согласно **Теории Большого Взрыва** около 10-20 млрд. лет назад вещество Вселенной существовало в виде объекта сверхбольшой плотности, Вселенная представляла огромную ядерную каплю (сингулярное состояние – бесконечная плотность в точечном объеме). По каким – то причинам капля оказалась в неустойчивом состоянии и взорвалась. Наличие реликтового излучения – одно из подтверждений этой модели. Комбинируя три фундаментальных физических постоянных: скорость света  $c$ , гравитационную постоянную  $G$  и постоянную Планка  $\hbar$ , можно получить некие характерные первоначального сингулярного состояния: длину  $l$ , время  $t$ , массу  $m$  и плотность  $\rho$

$$l_p = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} = 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ см}; \quad m_p = \sqrt{\frac{c\hbar}{G}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ г};$$

$$t_p = \frac{l}{c} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^5}} = 5,3 \cdot 10^{-44} \text{ с}; \quad \rho_p = \frac{m_p}{l_p^3} = \frac{c^5}{G^2\hbar} = 5 \cdot 10^{93} \text{ г/см}^3.$$

**Гипотезу холодной Вселенной** развивал Яков Зельдович. На его взгляд, из теории горячей Вселенной следовали слишком большие плотность и температура излучения. Эту гипотезу Зельдович разрабатывал вплоть до открытия реликтового излучения.

**Модель раздувающейся или инфляционной Вселенной** Алана Гута точно совпадает с описанием наблюдаемого мира, начиная с  $10^{-30}$  с после начала расширения. В эти микроскопические доли секунды имеется отличие модели от модели “Большого взрыва”. В раздувающейся Вселенной сначала была фаза инфляции (раздувания), когда диаметр вселенной очень быстро увеличивался – в  $10^{50}$  раз больше, чем предполагает модель “Большого взрыва”. Все локальные скручивания в течение фазы раздувания сильно расширились, все микроскопические квантовые флуктуации превратились в макроскопические вариации плотности, из которой в будущем образовались структуры. Последствия этого раздувания велики, они приводят к выводу, что наблюдаемая нами Вселенная – часть всей Вселенной. Модель полагает, что Начало было 10 – 15 млрд. лет назад из сингулярного (сверхгорячего и сверхплотного) состояния; расширение пространства продолжается. Эти модели объяснили и реликтовое излучение, и красное смещение в спектрах далеких галактик, и первоначальное содержание легких элементов. Согласно инфляционной теории в самом Начале, в момент времени  $10^{-45}$  с после начала расширения, законы физики не менялись, и состояние описывалось квантовой гравитацией. Вещество было равновесно и однородно – это был расширяющийся горячий газ из элементарных частиц, заполняющий все пространство и расширяющийся вместе с ним.



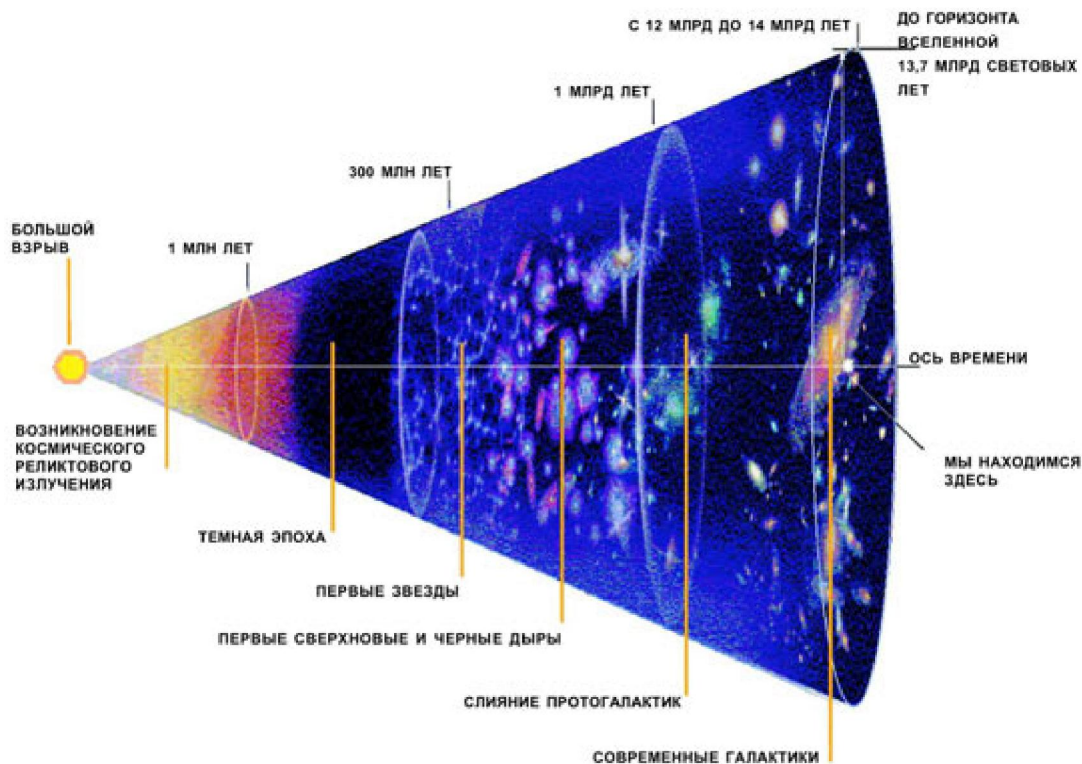


Рис. 5. Модель Большого Взрыва

В модели Большого Взрыва раннюю стадию развития Вселенной можно разделить на ряд этапов.

*I. Адронная или эра тяжелых частиц и мезонов.* Основную роль играет излучение. В конце этого промежутка частицы аннигилируют с античастицами, остается небольшой избыток частиц (время после Большого Взрыва  $t < 10^{-4}$  с, плотность материи  $\rho > 10^{14}$  г/см<sup>3</sup>,  $T > 10^{12}$  К) (табл. 1).

При очень высоких температурах и плотности в самом начале существования Вселенной материя состояла из элементарных частиц. Вещество на самом раннем этапе состояло прежде всего из адронов. В первую миллионную долю секунды эволюции Вселенной происходила материализация всех барионов неограниченно, так же, как и аннигиляция. Но по прошествии этого времени материализация барионов прекратилась, так как при температуре ниже  $10^{13}$  К фотоны не обладали уже достаточной энергией для ее осуществления. К моменту, когда возраст Вселенной достиг одной десятитысячной секунды ( $10^{-4}$  с), температура ее понизилась до  $10^{12}$  К, а энергия частиц и фотонов представляла лишь 100 МэВ. Ее не хватало уже для возникновения самых легких адронов – пионов. Пионы, существовавшие ранее, распадались, а новые не могли возникнуть. Это означает, что к тому моменту, когда возраст Вселенной достиг  $10^{-4}$  с., в ней исчезли все мезоны. На этом и кончается адронная эра, потому что пионы являются не только самыми легкими мезонами, но и легчайшими адронами. Никогда после этого сильное взаимодействие (ядерная сила) не проявлялась во Вселенной в такой мере, как в адронную эру, длившуюся всего лишь одну десятитысячную долю секунды.



**II. Лептонная эра.** Основную роль играют легкие частицы – электроны, позитроны, нейтрино и антинейтрино. Заканчивается этап аннигиляцией электронно-позитронных пар ( $t < 10\text{с}$ ,  $\rho > 10^4\text{г/см}^3$ ,  $T > 10^{10}\text{К}$ ).

Когда энергия частиц и фотонов понизилась в пределах от 100 МэВ до 1 МэВ в веществе было много лептонов. Температура была достаточно высокой, чтобы обеспечить интенсивное возникновение электронов, позитронов и нейтрино. Во время этого этапа начинается независимое существование электронного и мюонного нейтрино, которые мы называем “реликтовым”. Все пространство Вселенной наполнилось огромным количеством реликтовых электронных и мюонных нейтрино.

**III. Фотонная эра или эра излучения.** Излучение “отделяется” от вещества. Реликтовое излучение является как раз результатом этого процесса ( $t < 10\text{с}$ ,  $\rho > 10^4\text{г/см}^3$ ,  $T > 3000\text{К}$ ).

На смену лептонной эры пришла эра излучения, как только температура Вселенной понизилась до  $10^{10}\text{К}$ , а энергия гамма фотонов достигла 1 МэВ, произошла только аннигиляция электронов и позитронов. Новые электронно-позитронные пары не могли возникать вследствие материализации, потому, что фотоны не обладали достаточной энергией. Но аннигиляция электронов и позитронов продолжалась дальше, пока давление излучения полностью не отделило вещество от антивещества.

**IV. Эра формирования протозвезд и протогалактик или звездная эра.** После “Большого взрыва” наступила продолжительная эра вещества, эпоха преобладания частиц. ( $t \sim 1\text{млн. лет}$ ,  $\rho \sim 10^{-21}\text{г/см}^3$ ,  $T \sim 3000\text{К}$ ).

Эра продолжается со времени завершения “Большого взрыва” (приблизительно 300 000 лет) до наших дней. По сравнению с периодом “Большого взрыва” ее развитие представляется как будто слишком замедленным. Это происходит по причине низкой плотности и температуры. Таким образом, эволюцию Вселенной можно сравнить с фейерверком, который кончился. Остались горящие искры, пепел и дым. Мы стоим на остывшем пепле, вглядываемся в стареющие звезды и вспоминаем красоту и блеск Вселенной.

“Большой взрыв” продолжался сравнительно недолго, всего лишь одну тридцатитысячную нынешнего возраста Вселенной. Несмотря на кратность срока, это все же была самая славная эра Вселенной. Никогда после этого эволюция Вселенной не была столь стремительна, как в самом ее начале, во время “Большого взрыва” Все события во Вселенной в тот период касались свободных элементарных частиц, их превращений, рождения, распада, аннигиляции. Не следует забывать, что в столь короткое время (всего лишь несколько секунд) из богатого разнообразия видов элементарных частиц исчезли почти все: одни путем аннигиляции (превращение в гамма фотоны), иные путем распада на самые легкие барионы (протоны) и на самые легкие заряженные лептоны (электроны).

Таблица 1. Классификация элементарных частиц

Наименование частиц		Символ		Масса в электронных массах	Электрический заряд	Время жизни, с	
		частица	анти-частица				
Фотон		$\gamma$	$\gamma$	0	0	Стабилен	
Лептоны	Нейтрино электронное	$\nu_e$	$\bar{\nu}_e$	0	0	Стабильно	
	Нейтрино мюонное	$\nu_\mu$	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	Стабильно	
	Тау-нейтрино	$\nu_\tau$	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	Стабильно	
	Электрон	$e^-$	$e^+$	1	-1	Стабилен	
	Мюон	$\mu^-$	$\mu^+$	207	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$	
	Тау-лептон	$\tau^-$	$\tau^+$	3492	-1	$1,46 \cdot 10^{-12}$	
Мезоны	Пи-мезоны (пионы)		$\pi^0$	$\pi^0$	264,1	0	$1,83 \cdot 10^{-16}$
			$\pi^+$	$\pi^-$	273,1	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$
	Ка-мезоны (каоны)		$K^+$	$K^-$	966,4	1	$1,2 \cdot 10^{-8}$
			$K^0$	$K^0$	974,1	0	$K_S^0 - 8,9 \cdot 10^{-11}$ $K_L^0 - 5,2 \cdot 10^{-8}$
	Эта-нуль-мезон		$\eta^0$	$\eta^0$	1074	0	$2,4 \cdot 10^{-19}$
Адроны	Нуклоны	Протон	$p$	$\bar{p}$	1836,1	1	Стабилен (?)
		Нейтрон	$n$	$\bar{n}$	1838,6	0	$10^3$
	Гипероны	Гиперонлямбда	$\Lambda^0$	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$
		Гиперонсигма	$\Sigma^+$	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1	$8 \cdot 10^{-11}$
			$\Sigma^0$	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	$5,8 \cdot 10^{-30}$
			$\Sigma^-$	$\bar{\Sigma}^-$	2343,1	-1	$1,48 \cdot 10^{-10}$
		Гиперонкси	$\Xi^0$	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$
	$\Xi^-$	$\bar{\Xi}^-$	2586,6	-1	$1,64 \cdot 10^{-10}$		
	Омегаминус-гиперон	$\Omega$	$\bar{\Omega}$	3273	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$	