

Урок 30

Тема: Метагалактика

Кратная система



Скопление галактик в созвездии Печи

Галактики, подобно звездам, редко бывают одиночными. Они тяготеют к объединению. 90% галактик находится в скоплениях, насчитывающих от десятков до тысяч галактик. Средний диаметр скопления 5 Мпк, среднее число галактик в них не менее 130.



Млечный путь и его спутники

а) Галактика (Млечный путь) - имеет спутники = галактики БМО и ММО, известны еще 3 спиральных, более 10 эллиптических и более 20 небольших карликовых галактик.

б) М31 (Туманность Андромеды) - окружена крупными спутниками М32 и М110 и не менее 20 небольших карликовых галактик.

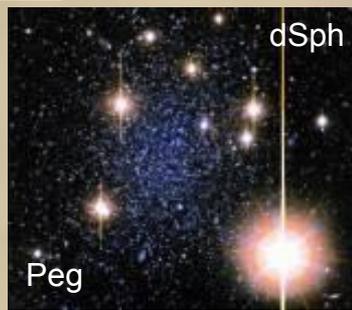
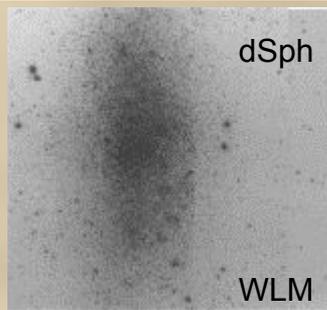
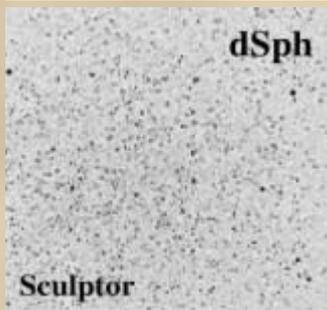
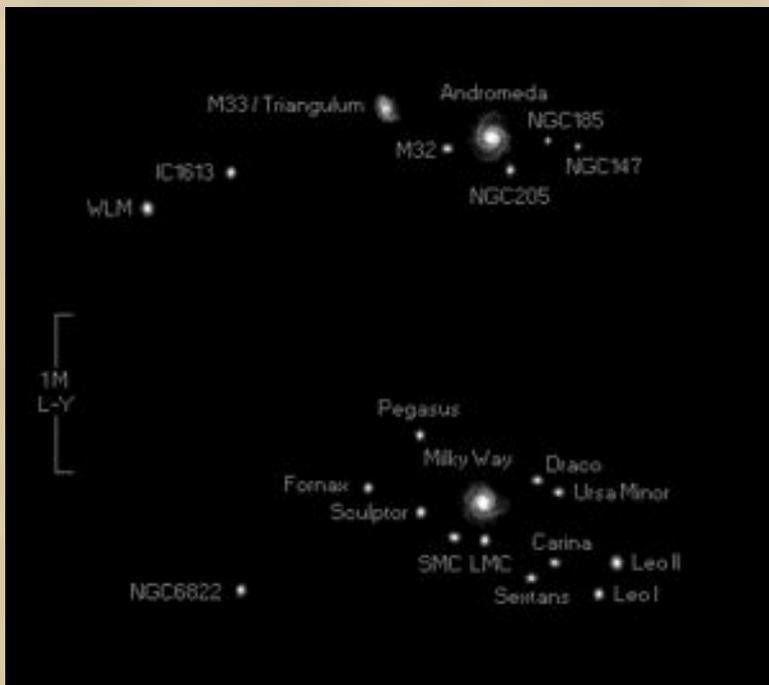
Местная группа

Совокупность спиральных галактик **Млечный Путь**, туманность **Андромеды (M31)** и **M33 в Треугольнике** со своими спутниками (всего более 60 галактик) образуют **Местную группу**.

Многие настолько слабы, что на больших расстояниях обнаружить их очень трудно, а поэтому общее количество их неизвестно.

Местная группа не имеет центрального уплотнения, состоит из двух подгрупп сосредоточенных вокруг двух наиболее массивных ее членов – доминирующего M31 и Галактики.

Местная группа занимает объем пространства с радиусом около 3 млн. световых лет (1 Мпс). Она движется со скоростью 635 км/с относительно реликтового излучения.



В пределах 16 Мпк имеется около 50 местных групп. Вот некоторые из них:

IC342/Maffei – $v \approx 3,0$ Мпк

Группа M81 - $v \approx 3.5$ Мпк

Группа NGC 5128 (Центавр A) – $v \approx 3,4$ Мпк

Группа в Гончих Псах – $v \approx 4,3$ Мпк

Группа M96 - группа *Лев I*

Группа M66 - триплет в созвездии *Льва*

Группа NGC 5236 – $v \approx 4,2$ Мпк

Группа M101 – $v \approx 7,3$ Мпк

Местный комплекс

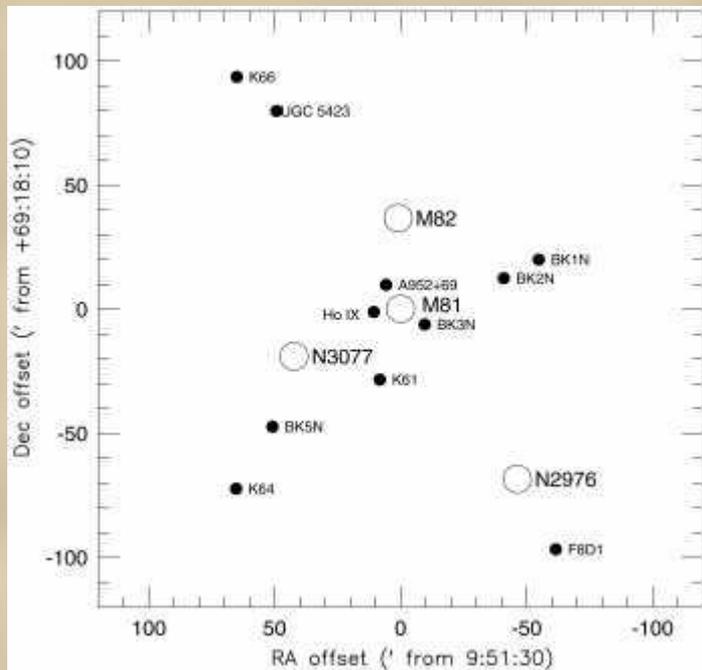


Местное сверхскопление (сверхскопление Девы, богатое скопление) - скопление скоплений галактик диаметром около 30 Мпк разделяется на: **Местный Комплекс** галактик и **скопление в Деве**.

Местная Группа, находясь на периферии примерно в 10 Мпк от центра сверхсистемы, входит в **Местный Комплекс**, включающий также близкие группы галактик - **IC342/Maffei, M 81, Гончие Псы, M 101, NGC 5128** и другие, имеющие лучевые скорости менее чем 500 км/с (что соответствует примерно 7 Мпк). **Местный Комплекс** содержит порядка 280 галактик (на 1980г, явно не полный список), включая 255 галактик с $V_o < 500$ км/с и 25 сфероидальных карликовых галактик с неизвестными лучевыми скоростями.

Понятие **Местный Комплекс** было введено в работе Краан-Кортвег и Тамманн (1979г). Из всех галактик Местного Комплекса 6 имеют массы больше $3 \cdot 10^{11} M_{\odot}$: Галактика, M31, M81, NGC 5128, NGC 5236 и M101. Распределение галактик по морфологическим типам имеет асимметрию с минимумом на типах S0-Sa, а более половины - иррегулярные карликовые галактики.

На снимке M81 и M82, а ниже схема группы M81



Скопление в Деве

Скопление галактик в Деве (Virgo Cluster) - скопление более 2000 галактик, расположенное на расстоянии от 15 до 22 мегапарсек, охватывает 120 квадратных градусов неба и имеющее диаметр более 6 Мпк (около 8° с центром в созвездии Девы) - ближайшее к Местной группе крупное скопление. Скопление в Деве является доминирующим и определяет барицентр нашего *Местного Сверхскопления*. Барицентр Местной Группы движется в направлении центра *Местного Сверхскопления* со скоростью около 300 км/с ("поток в направлении на Деву"). Наиболее массивная в скоплении - гигантская эллиптическая галактика М87 сравнимая по размерам с Местной Группой. Шестнадцать наиболее ярких членов скопления включено в Каталог Мессье.



Через центр скопления в Деве проходит цепочка Маркаряна - вверху справа две большие линзовидные галактики - М84 и М86, внизу слева большая спиральная М88, в нижнем правом углу гигантская эллиптическая галактика М87.



Галактики в Скоплении имеют диапазон собственных скоростей от -200 до +2000 км/с. Движение галактик внутри и около скопления показывают, что они содержат больше темного вещества, чем наблюдаемого. В скоплении находятся не только галактики, состоящие из звезд, но также газ (в среднем один атом в кубическом дециметре, а по массе сопоставимо с массой всех звезд скопления), настолько горячий (свыше 10 млн.К), что он излучает рентгеновские лучи. На этом изображении центр скопления в Деве: видны яркие галактики М86, М84, а также выше NGC 4388 и NGC 4387 в середине.

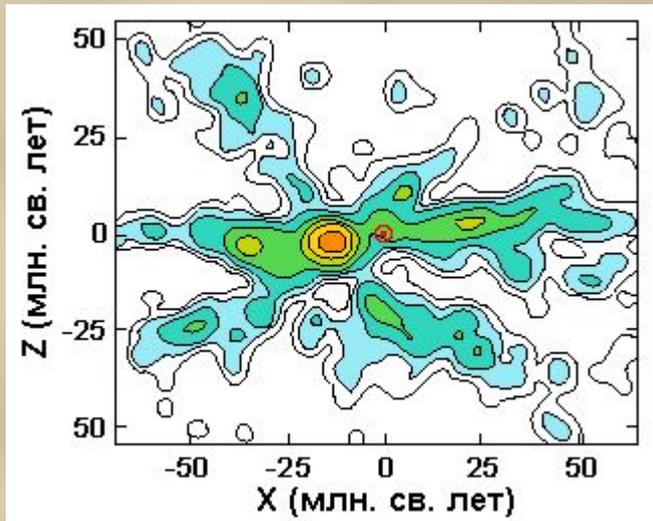
Сверхскопления



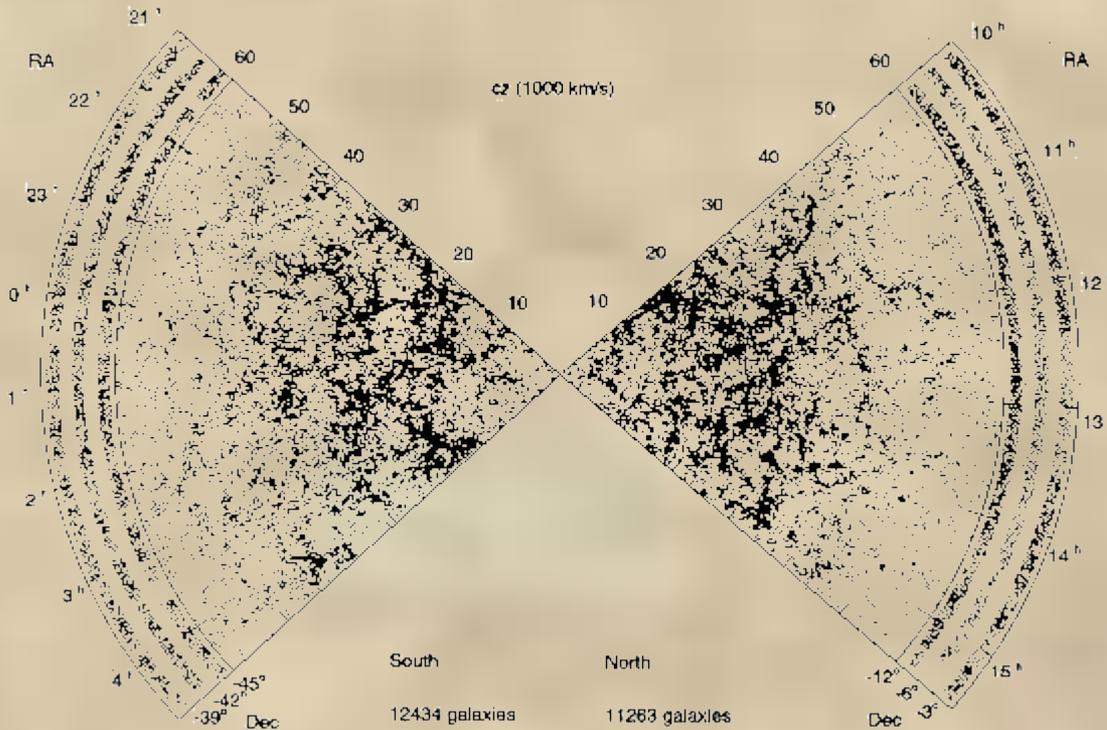
Сверхскопление в Геркулесе в 200 Мпк от нас

Это концентрация богатых скоплений галактик. Известно около пятидесяти (Каталог Дж.Эйбелл, разделив на правильные и неправильные (сравнивая с шаровыми и рассеянными скоплениями звезд), содержащих в среднем по двенадцать богатых скоплений галактик (самое крупное насчитывается 29 богатых скоплений). Эти структуры имеют в поперечнике сотни миллионов световых лет.

Наш Местный комплекс находится на периферии сверхскопления диаметром в 40 Мпк с центром в богатом **скоплении Девы**, содержащем около 400 скоплений, собранных в слои и полосы, разделенные промежутками и более 30000 галактик с концентрацией в Деве (карты Местного сверхскопления **Брента Талли** (1982г, США), СС в центре - 60% находятся в узком слое толщиной всего около 10 млн. св. лет вблизи плоскости Сверхскопления, 40% галактик расположены вне плоскости Сверхскопления). При этом 98% галактик Местного сверхскопления принадлежат 11 облакам, суммарный объем которых не превышает 5% объема всего Сверхскопления и вытянутым в направлении скопления Девы.



Метагалактика



Сводная карта распределения галактик в обзоре Las Campanas Redshift Survey, проведенном с 1988 по 1994 годы. Средняя глубина обзора - 30000 км/с. LCRS обнаруживает богатую волокнистую структуру, скопления и пустоты вплоть до 50000 км/с.

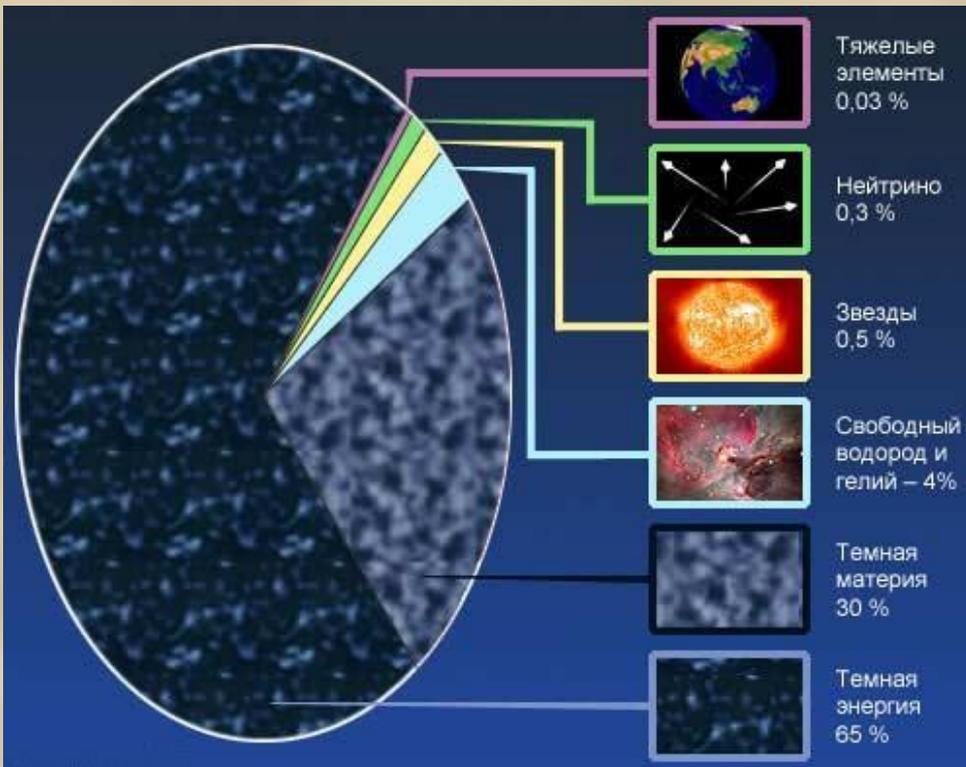
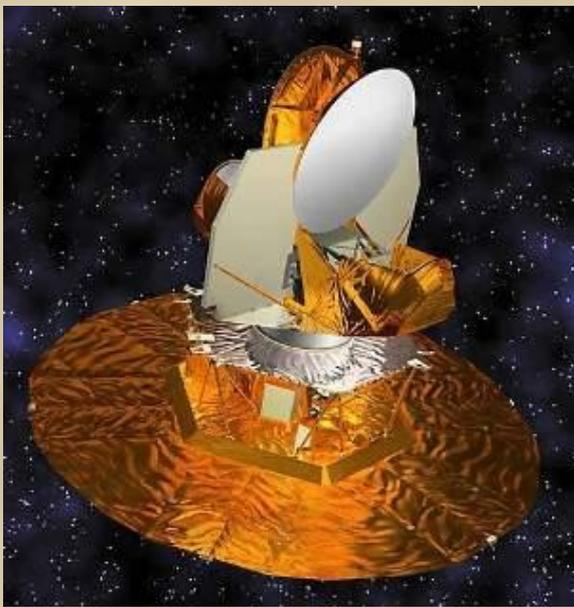
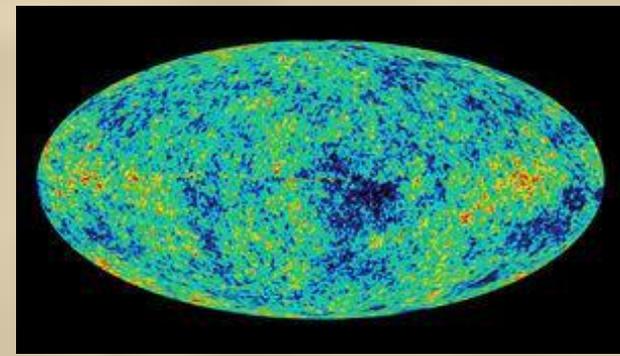
Мы не в силах увидеть, какой облик в данный момент времени имеет наша Метагалактика: чем дальше находится космический объект, тем большее прошлое объекта мы наблюдаем. Солнце мы видим таким, каким оно было 8 минут 20 секунд назад – столько времени понадобилось солнечному лучу, чтобы преодолеть расстояние до Земли; ближайшую спиральную галактику М 31 – такой, какой она была около 2,5 миллионов лет назад; квазары и самые далекие галактики "сдвинуты в прошлое" на 8-13 млрд. лет.

Метагалактика - это предельная по степени общности и объему, обладающая структурностью на всех своих уровнях система космических объектов массой около 10^{52} кг, размерами около 10^{23} - 10^{24} км (≈ 14 млрд. св. лет) и возрастом до 14 миллиардов лет.

Метагалактика - вся наблюдаемая часть Вселенной, размер которой ограничен расстоянием прошедшим светом с момента Большого Взрыва. В Метагалактике пространство между галактиками заполнено чрезвычайно разреженным межгалактическим газом, пронизываемым космическими лучами, гравитационными и электромагнитными полями. Большая часть вещества для нас невидима (темная материя). В принципе во Вселенной возможно существование и других метагалактик.

WMAP

Собранная WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, запуск 30 июня 2001) по наблюдению микроволнового фона информация позволила к 2006 году построить самую детальную на сегодня карту флуктуаций температуры распределения микроволнового излучения на небесной сфере.



Из данных WMAP определены (исходя из Λ CDM-модели):

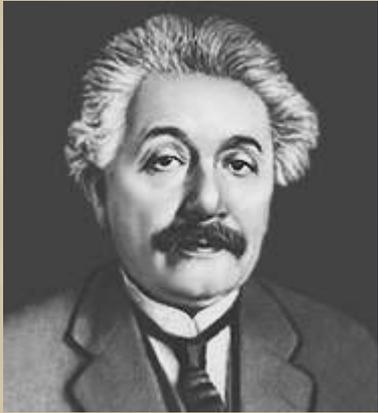
возраст Вселенной: $(13,7 \pm 0,2) \times 10^9$ лет;
постоянная Хаббла: 71 ± 4 км/(с/Мпк);
плотность барионов: $(2,5 \pm 0,1) \times 10^{-7}$ см⁻³;
отношение общей плотности к критической: $1,02 \pm 0,02$;
суммарная масса всех трёх типов нейтрино: $<0,7$ эВ.

Космология

Раздел астрономии, изучающий происхождение, свойства и эволюцию Вселенной.

Физическая (наблюдательская) космология занимается наблюдениями, которые дают информацию о Вселенной в целом. Результаты, полученные внегалактической астрономией, являются основным наблюдательным материалом для космологии.

Теоретическая космология - разрабатывает модели в математических терминах, которые должны описывать наблюдаемые свойства Вселенной.



Теоретическая космология обычно основывается на общей теории относительности, разработанной в начале 20-го века немецким физиком **Альбертом Эйнштейн** (1879-1955). На больших расстояниях преобладающей силой, воздействующей на вещество, является гравитация, и, следовательно, именно она определяет крупномасштабную структуру Вселенной. Общая теория относительности способна описать связи между пространством, временем, веществом и гравитацией. Эйнштейн, придерживаясь точки зрения не меняющегося состояния Вселенной со временем, для уравнивания силы притяжения, ввел гипотетические силы отталкивания и космологическую постоянную - **Λ -член**.



В 1922-1924гг российский математик **Александр Александрович Фридман** (1888-1925), решая уравнение Эйнштейна, вывел идею глобальной эволюции Вселенной, т.е. материя в масштабах Вселенной однородна и изотропна и не может находиться в покое - Вселенная либо должна сжиматься, либо расширяться. Все зависит от средней плотности материи (критическая 10^{-26} кг/м³). Но к сожалению мы видим лишь небольшую часть материи, остальная представляет невидимую часть (скрытую массу), а потому оценить среднюю плотность не можем.

$$V = H \cdot R$$

Закон Хаббла

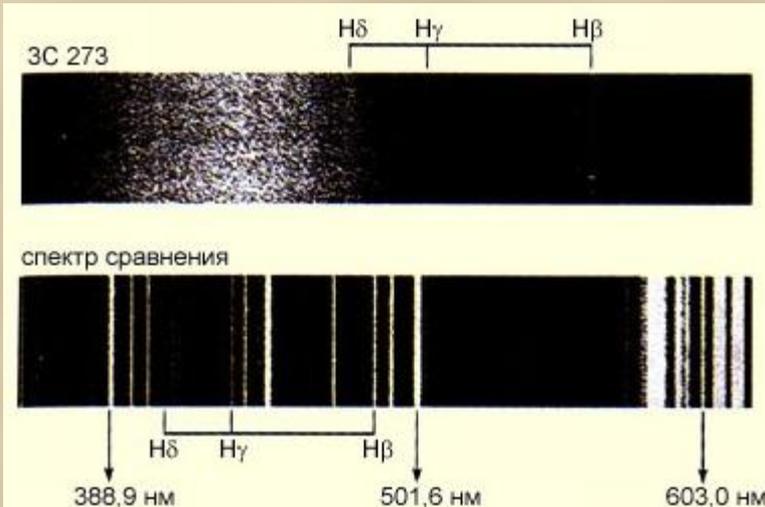
В 1929г **Эдвин Поуэлл ХАББЛ** (1889-1953, США) открывает **красное смещение** - увеличение расстояния между нашей Галактикой и другими галактиками.

Красное смещение (скорость) возрастает пропорционально расстоянию до галактик (коэффициент $H=75 \text{ км/(с·Мпк)}$ - постоянная Хаббла). В 2005г получено значение $H_0=(72\pm3) \text{ км/с/Мпк}$.

Расширение Метагалактики (с ускорением) происходит только на уровне скоплений и сверхскоплений и не существует центра, от которого разбегаются галактики. Начало расширения $R/(H \cdot R)=1/H \approx 14 \text{ млрд. лет}$, а размер наблюдаемой Вселенной $R=c/H \approx 4300 \text{ Мпк}$.

Закон Хаббла плохо выполняется или совсем не выполняется для объектов, находящихся на расстоянии ближе 3-5 Мпк, то есть для тех галактик, расстояния до которых наиболее надёжно определяются без красного смещения.

Закон Хаббла плохо выполняется и для галактик на очень больших расстояниях (в миллиарды св.лет), которым соответствует величина $z > 1$.



Чем сильнее смещены линии в спектре галактики, тем дальше галактики.



Зависимость красного смещения от расстояния до галактик

Теория Горячей Вселенной

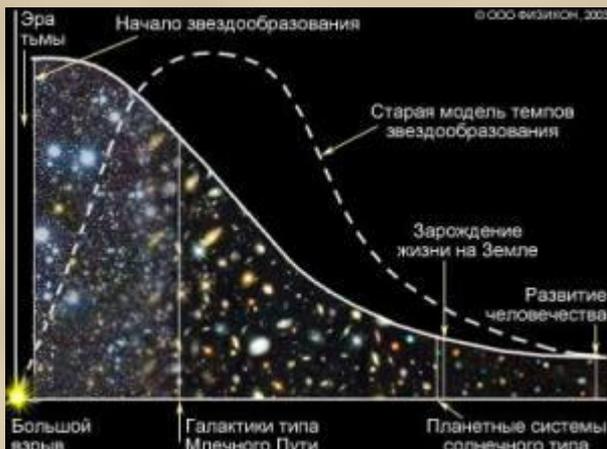
Исходя из теории Фридмана в момент начала расширения Вселенной вещество имело колоссальную плотность. В 1948г **Георгий Антонович Гамов** (1904-1968) выдвигает идею, что на начальном этапе вещество имело не только колоссальную плотность, но и очень высокую температуру (теория Большого Взрыва).

В 1965г было открыто космическое фоновое излучение, предсказанное Гамовым, получившим название *реликтового* (электромагнитное излучение водорода с температурой 2,7К), подтверждающее положение космологии Большого Взрыва.



Используя законы физики, можно просчитать в обратном направлении все состояния, в которых находилась Вселенная, начиная с 10^{-43} секунд после Большого Взрыва (Планковское время). Наблюдаемая Вселенная с очень хорошей точностью однородна и изотропна, и является геометрически плоской. Это явление объясняется эпохой космической инфляции (около **10^{-37} секунд**), во время которой Вселенная расширилась во много раз.

Приблизительно с **1 секунды** после Большого Взрыва материя охладилась достаточно для образования стабильных нуклонов и начался процесс первичного нуклеосинтеза. Он длился до возраста Вселенной **3 минуты**, и за это время образовался первичный состав звездного вещества: около 25% гелия-4, 1% дейтерия, следы более тяжелых элементов до бора, остальное - водород.



Вселенная постепенно охлаждалась и через **379 000 лет** стала достаточно холодной для образования атомов (3000 K), перейдя из состояния плазмы, непрозрачной для большей части электромагнитного излучения, материя перешла в газообразное состояние. Тепловое излучение той эпохи мы можем непосредственно наблюдать в виде реликтового излучения. На этой стадии Вселенная стала прозрачной для излучения. Плотность вещества теперь стала выше плотности излучения, что и определяло скорость расширения Вселенной. Фоновое микроволновое излучение - все, что осталось от сильно охлажденного излучения ранней Вселенной.

Первые галактики начали формироваться из первичных облаков водорода и гелия только через один или два миллиарда лет.