

НОВАЯ КАРТИНА МИРА.

3. Вселенная: современные представления. (Газета «Наш Техас» № 293 от 1 июля 2011 г.)

Взгляд на возникновение, эволюцию и структуру Вселенной является вторым столпом, на котором основывается современная картина мира. В этой статье будет рассказано о сегодняшнем видении Вселенной и об имеющихся здесь место проблемах и противоречиях.

Современные теоретические представления о Вселенной основываются на релятивистской теории тяготения – Общей теории относительности А.Эйнштейна (1916г.), описывающей гравитационное взаимодействие релятивистской материи (её скорость движения ограничена скоростью света). Эта материя является предметом изучения физики. На основе этой теории А.А.Фридман в 1922-1924 гг. создал модель однородной расширяющейся Вселенной. В ней инициированное каким-то образом расширение образовавшегося вещества тормозится гравитацией. Если плотность вещества превышает критическое значение, то в какой-то момент расширение сменяется сжатием (осциллирующая Вселенная). В противном случае Вселенная должна непрерывно расширяться. Согласно наблюдательным данным, наша Вселенная эволюционирует по последнему сценарию. Модель Фридмана первоначально была отвергнута Эйнштейном, который полагал Вселенную стационарной. Однако после работ Э.Хаббла (1927-1929 гг.), установившего факт разбегания близлежащих галактик со скоростью, пропорциональной расстоянию между ними, расширение Вселенной оказалось доказанным и модель Фридмана получила признание. Вместе с гипотезой «Большого Взрыва» Г.А.Гамова (1948г.), лежащей в основе стандартной модели Ранней Вселенной, модель Фридмана является основой современных представлений о Вселенной.

В однородной и изотропной Вселенной расширение происходит в соответствии с законом Хаббла. Но Хаббл установил свой закон, определяя относительные скорости и расстояния между близлежащими галактиками, распределёнными крайне неоднородно. Получается, что гравитационное взаимодействие галактик, которое должно определять их относительное движение, на глобальном разбегании галактик не сказывается. Тогда чем же оно определяется? Это противоречие получило название «загадка Хаббла».

Модель Фридмана, будучи классической теорией, не может описать рождение и нагрев вещества и электромагнитного излучения, а также квантовые физические процессы, происходящие с ними при расширении Вселенной. Эту задачу исследует утвердившаяся сегодня в космологии стандартная модель Ранней Вселенной. В ней о взрыве в обычном понимании речь не идёт, поскольку предполагается, что вещество Вселенной при рождении и расширении является однородным и изотропным по плотности, температуре и давлению. Его разлёт обусловлен полученным неизвестным образом начальным толчком. Таким образом, модель оставляет вне рассмотрения само рождение и нагрев материи Вселенной, причину её расширения. Она исследует изменение состава вещества и излучения, происходящее в остывающей «горячей» Вселенной. Для этого используются представления теории элементарных частиц. Согласно ей рождение пары частица-античастица есть результат распад фотона с высокой энергией, а при столкновении частицы и античастицы происходит их аннигиляция. В начале расширения Вселенной почти вся энергия сосредоточена в высокотемпературном излучении, но по мере его остывания энергия фотонов падает и оказывается недостаточной, чтобы рождал пары частиц и античастиц и разбивать образующиеся ядра легких элементов. При возрасте Вселенной 30-300 секунд образуются основные компоненты дозвёздного вещества: водород (его массовая доля 65-75%) и гелий-4 (25-35%), из которых в дальнейшем образуются первые звезды. Эти теоретические оценки соответствуют

наблюдаемой пропорции указанных элементов, что является аргументом в пользу стандартной модели Ранней Вселенной.

Но против неё то, что при образовании вещества из квантов излучения число частиц и античастиц строго одинаково. Мы же живём в мире, где антивещества ничтожно мало. Это т.н. проблема зарядовой асимметрии. Избыток вещества, из которого построена Вселенная, должен возникать либо изначально, либо на ранней стадии расширения. Как он возникает, остаётся неясным до сих пор.

Когда температура вещества Вселенной достигает примерно 3000 градусов Кельвина (3000К), происходит очень важное событие: свободные электроны и протоны, соединяясь, образуют нейтральные атомы водорода, с которыми электромагнитное излучение взаимодействует очень слабо. Это означает, что Вселенная становится прозрачной, а излучение и вещество начинают остывать независимо друг от друга и в разном темпе, т.е. термодинамическое равновесие фотонов и частиц нарушается. Теперь расширение Вселенной определяется веществом, а не излучением. Последующее энерговыделение в веществе, происходящее в некоторых процессах, не влияет на температуру излучения, которое тем самым несет информацию о состоянии Вселенной в момент обособления излучения от вещества. Это излучение, названное реликтовым, образовалось, когда возраст Вселенной составлял примерно полмиллиона лет.

В 1965 г. реликтовое излучение случайно было обнаружено А. Пензиасом и Р. Вилсоном. Его температура по современным данным не сильно отличается от полученного ими значения и составляет 2,7К. Важно, что обнаруженное излучение оказалось в высокой степени изотропным! Оно было интерпретировано как реликтовое излучение. А это означает, что в момент отделения излучения от вещества Вселенная была практически однородной. Это открытие стало существенным аргументом в поддержку гипотезы однородной и изотропной Ранней Вселенной. Но, естественно, не доказательством, т.к. нельзя исключать неизвестных процессов, сглаживающих первичные неоднородности.

При дальнейшем остывании во Вселенной стали образовываться звёзды, галактики, их скопления, газовые облака и другие структуры. Вселенная стала неоднородной. Но из наблюдательных данных следует, что при усреднении видимого вещества по достаточно большим объёмам, его средняя плотность одинакова. Это ещё один аргумент в подтверждение гипотезы однородной Вселенной: структурирование Вселенной происходило в первоначально однородной среде, масштаб неоднородности постепенно нарастал, но перераспределение вещества по пространству не могло нарушить однородность средней плотности.

Но и здесь есть свои подводные камни. Например, сверхскопления галактик скоплений (так называют скопления галактических скоплений) иногда находятся на столь большом расстоянии друг от друга, что их образование в однородной Вселенной за время её существования посредством механического перемещения масс невозможно. Ещё один пример. Совсем недавно (в 2007г.) открыта вакуумная область, существование которой противоречит установившимся представлениям относительно её крупномасштабной однородности. Космический аппарат WMAP, исследуя слабую анизотропию реликтового излучения, обнаружил в созвездии Эридана огромное совершенно пустое пространство, где нет не только вещества, но и реликтового излучения, которое могло бы быть поглощено при наличии вещества.

Одной из главных проблем модели однородной Вселенной является механизм образования её структур, нарушающих исходную однородность. Считается, что структуры возникают в результате развития гравитационной неустойчивости: если где-то возникает уплотнение вещества, то оно начинает сильнее притягивать к себе окружающее вещество, образуя массивный объект. Но что порождает уплотнения и разрежения в однородной Вселенной? И почему их величина и место образования оказываются такими, что

возникает видимая структура Вселенной? Это проблема получила название «проблема начального состояния».

Модель Фридмана не может ответить на ещё один важный вопрос. Гравитационное взаимодействие, лежащее в её основе и распространяющееся со скоростью света, не может связать воедино вещество Ранней Вселенной, расширяющейся со сверхсветовой скоростью. В этой ситуации одни области Вселенной не знают о существовании других областей, т.е. существуют какие-то неизвестные, не зависящие от расстояния механизмы, поддерживающие однородность Вселенной, которую нарушает гравитационное поле. Это «проблема горизонта». В модели Ранней Вселенной это противоречие остается. Таким образом, мы имеем модель Вселенной, в которой скорость относительного движения вещества сверхсветовая, что противоречит теории относительности.

Следующим важным событием в космологии стало открытие в галактиках и галактических системах невидимого вещества – «темной материи». Наблюдаемое вращение галактик нельзя было объяснить массой их видимого нуклонного вещества. Было предположено, что тёмная и видимая материя взаимодействуют между собой посредством гравитационного поля и что они принципиально различаются по своей природе. Во всяком случае, частицы темной материи электрически не заряжены и потому не могут излучать фотоны. Со временем появились наблюдательные данные, свидетельствующие, что в галактиках тёмного вещества в примерно 6 раз больше, чем видимого! Происхождение и свойства частиц тёмного вещества до сих пор неизвестны. Среди известных и гипотетических частиц, а также малых несветящихся объектов подходящих кандидатов не выявлено. Это ещё одна загадка космологии. Её отгадка может изменить наш взгляд на эволюцию Вселенной.

Наконец, в 1998-1999гг сделано ещё одно выдающееся открытие в космологии, изменившее принятое представление об эволюции Вселенной. Было обнаружено, что примерно пять миллиардов лет назад расширение Вселенной стало ускоряться. Это означало, что помимо тормозящей расширение гравитационной силы должна существовать неизвестная антигравитационная сила. Чтобы не отказываться от имеющейся модели, было предположено существование гипотетической субстанции, названной «тёмной энергией». Для объяснения наблюдаемого ускорения разлёта её энергия должна более чем вдвое превышать энергию тёмной материи. Получается, что мы живём во Вселенной, о подавляющем количестве материи которой мы ничего толком не знаем. Гипотеза «тёмной энергии» породила свои сложные вопросы, остающиеся без ответа.

Список проблем современной модели Вселенной можно было бы продолжить. Есть проблемы, связанные с образованием её структур. В частности, не ясно, как возникает основной элемент Вселенной -- галактики.

Очевидно, что принятая модель Вселенной несовершенна. И это космологи понимают. Выдающийся физик С.Вайнберг писал в [1]: «Всегда следует допускать, что наши простые модели могут описывать лишь малую часть Вселенной или ограниченный отрезок её истории». Но он считает, что «правильное отношение к подобным неопределённостям не в том, чтобы отдать на слом стандартную модель (как хотят некоторые космологи), а скорее в том, чтобы воспринимать её очень серьёзно и тщательно разрабатывать её следствия, даже лишь в надежде выявить противоречия с наблюдениями» [1]. Этим и занимается последние десятилетия космология, выявляя одну проблему за другой. Поэтому возникает естественный вопрос, сколько нужно накопить проблем и противоречий, чтобы был сделан вывод о неспособности современной модели адекватно и полно отобразить рождение, эволюцию и структуру Вселенной и о необходимости «пустить модель на слом». Последнее можно было бы сделать и сегодня, если бы существовала непротиворечивая альтернативная модель.

Литература.

[1] Weinberg S. The First Three Minutes. Basic Books, Inc. Publishers, New York, 1977.
Перевод на русский: Первые три минуты. Москва-Ижевск, РХД, 2000.