Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"

Кафедра физики элементарных частиц (№40)

Реферат по теме:

# "Зеркальный мир без слабого взаимодействия"

Выполнила: студентка группы М18-115

Муфазалова Алена

Принял: проф, Хлопов М. Ю.

**Москва, 2018**

**Введение**

До 1956 года предполагалось, что зеркальное отражение процесса с любой фундаментальной частицей приводит к тому же процессу, либо к некоторому другому процессу, также существующему в природе. Нарушение четности в слабом взаимодействии положило начало изучению процессов, в которых это фундаментальное правило нарушается (нейтрино, рожденное в имеет только одну поляризацию).

P-преобразование координатной системы, в котором описывается P-нарушающий процесс, соответствует переходу от левой к правой координатной системе, или зеркальному отражению процесса. В результате, из-за P- несохранения такое преобразование приводит к процессу, который не существует в природе. С другой стороны, существование предпочтительной координатной системы означает, что пустое пространство-время имеет некоторую предпочтительную ориентацию.

Чтобы восстановить эквивалентность левого и правого, Ли и Янг ( Lee, Yang, 1956) предложили, что для всех известных частиц должны существовать зеркальные. В этом случае Р- инверсия должна сопровождаться взаимной заменой обычных частиц и их зеркальных партнеров.

Логичным предположением было выдвинуть на роль зеркальных частиц – античастицы, однако вследствие открытия CP – нарушения (Кобзарев, Окунь, Померанчук, 1966) было предложено, что у обычных частиц имеются зеркальные партнеры, не совпадающие с античастицами. Простейший способ включить зеркальные частицы в модель элементарных частиц – это добавить к калибровочной симметрии стандартной модели такую же симметрию, относящуюся к зеркальным частицам.

В данной работе будет рассмотрены эволюция Вселенной и ее основные космологические следствия в случае существование зеркального мира без слабого взаимодействия: , c первым поколением фермионов , масса которых совпадает с массой обычных u и d кварков, а заряды противоположны по знаку, и тремя поколениями лептонов, также с асимметрией зарядов.

**Космологические последствия**

Рассмотрим полную модель, включая зеркальные частицы без слабого взаимодействия. Во-первых, зеркальный мир имеет такие же виды взаимодействия, исключая слабое, однако они распространяются только на зеркальные частицы. Однако, имея общее сильное взаимодействие, мы имели бы удвоение некоторых адроных состояний, а также удвоение атомных состояний из-за дополнительных степеней свободы, в случае общего электромагнитного взаимодействия. Таким образом, мы имеем зеркальное электромагнитное и зеркальное сильное взаимодействия.

Однако единственным способом взаимодействовать с нашим миром, частицам зеркального мира - с помощью гравитационного взаимодействия. Поэтому зеркальное и обычное взаимодействие будет одинаковым.

В рамках Великого Объединения калибровочная симметрия

обычных и зеркальных частиц включается в единую группу симметрии - . Нарушение которой, приводит к разделению обычного и зеркального сектора частиц, при условии строгой дискретной симметрии между ними. Поскольку в нашей модели зеркального мира существует только 2 сорта кварков, считаем, что все верхние кварки обычной зеркальности соответствуют зеркальному u кварк, а все нижние – зеркальному d кварку. В таком случае, дискретная симметрия нарушается. Что приводит не к набору хиггсовских полей HO HM, а соответствует иному виду поля Хиггса, который должен по разному действовать на обычные и зеркальные частицы.

Приняв модель зеркального мира с , c первым поколением фермионов . Мы будем иметь возможность создавать зеркальную материю, устойчивую к распаду. В таком случае нейтроны станут стабильными частицами. Некоторые барионы, такие как N, Δ, не смогут распасться на более легкие частицы (p, n). Также останутся стабильными частицами, т.к. он распадается только по слабому взаимодействию. Поэтому и тяжелые мезоны останутся стабильными. Лептоны также распадаются только по слабому взаимодействию, следовательно, также остаются стабильными.

Поскольку каналы слабого распада закрыты, то рождение лептонов в распаде невозможно, а значит, их концентрация останется постоянной.

Таким образом, в случае равенства барионных плотностей в обычном и зеркальном мирах масса зеркального вещества будет больше, чем нашего. Поскольку число частиц, в составе которых входят c, s, b-кварки значительно меньше числа тех, в которых входят u и d, в нашем мире, а также тяжелые барионы остаются стабильными.

**Инфляция**

Процесс инфляции должен происходить ассиметрично, подавляя вклад зеркальных частиц в космологическую плотность. Скалярное инфлантонное поле, взаимодействуя с частицами материи обычного и зеркального мира должно распадаться так, чтобы в постинфляционный период эффективно породить наблюдаемое число барионов и лептонов нашего мира и подавить число зеркальных барионов и лептонов.

В данном случае, применима модель хаотической инфляции (Линде, 1984), где амплитуда инфляционного поля может быть различной для обычного и зеркального мира.

В рамках модели хаотической инфляции начальные амплитуды обычных и зеркальных инфлатонов могут быть различными, что приводит к образованию доменной структуры в распределении обычного и зеркального вещества. В областях, где амплитуда обычных инфлатонов выше, после инфляции должны доминировать обычные частицы, а примесь зеркальных частиц должна быть экспоненциально мала. И наоборот, доминантность зеркальных инфлатонов приводит к незначительной плотности обычных частиц после инфляции.[2]

Таким образом подавление зеркальных частиц возможно в случае, когда начальная амплитуда зеркального инфлантона была меньше, чем обычного.

**Бариосинтез**

Предполагается, что барионный избыток был образован в процессе бариосинтеза (Сахаров, 1967; Кузьмин, 1970), приводящей к барионной асимметрии изначально барион-симметричной Вселенной. Барионный избыток в таком случае возникает из-за CP- нарушающих эффектов при выходе из равновесия процессов с не сохранением барионного числа.

Однако в зеркальном мире этот эффект CP нарушения не присутствует без слабого взаимодействия, ввиду чего невозможна асимметрия зеркального вещества и зеркального антивещества по механизму электрослабого взаимодействия. Но если предположить, что в зеркальном мире, как и в нашем, при высоких энергиях происходит объединение сильного и электромагнитного взаимодействия, то возможны вершины типа (Рис.1):



Рисунок 1 – Взаимодействие векторного бозона с кварками, антикварками, и антилептонами [3]

как в нашем, так и в зеркальном мире. В таком случае происходит нарушение барионного числа в процессе (Рис. 2):



Рисунок 2 – Процесс с обменом векторным бозоном, приводящим к нарушению барионного числа [3].

Введя новые сверхмассивные зеркальные частицы - векторы и скаляры, участвующие в зеркальных взаимодействиях с обычными зеркальными частицами, распад таких частиц приводил бы к асимметрии зеркальных и обычных барионов посредствам взаимодействий, представленных на рис. 1.

Таким образом, единственным способом получить асимметрию зеркального вещества и антивещества, это введение новых массивных частиц, распад которых приведет к увеличению количества зеркального вещества. При этом время жизни таких частиц должно быть меньше 1с для того, чтобы они успели полностью распасться к стадии нуклеосинтеза.

**Кандидат на роль Скрытой массы**

Поскольку основные свойства, которыми должны обладать частицы темной материи это:

* электронейтральность
* стабильность (время жизни порядка 14·109 лет)
* ненулевая масса
* механизм образования в ранней Вселенной отличен от механизма образования барионной материи
* Наличие сечения рассеяния на нуклонах

При этих условиях некоторые зеркальные частицы в условиях отсутствия слабого взаимодействия могут являться частицами скрытой массы.

Однако, только в том случае, если масса зеркального вещества будет много больше массы обычных частиц. Такое возможно только в том случае, если произошла закалка зеркальных частиц.

В частности зеркальные нейтрино и зеркальные нейтроны могут быть кандидатами на роль скрытой массы, поскольку они отвечают всем, выше указанным, требованиям.

**Эволюция**

Рассмотрим, как происходила дальнейшая эволюция модели Вселенной с зеркальным миром без слабого взаимодействия.

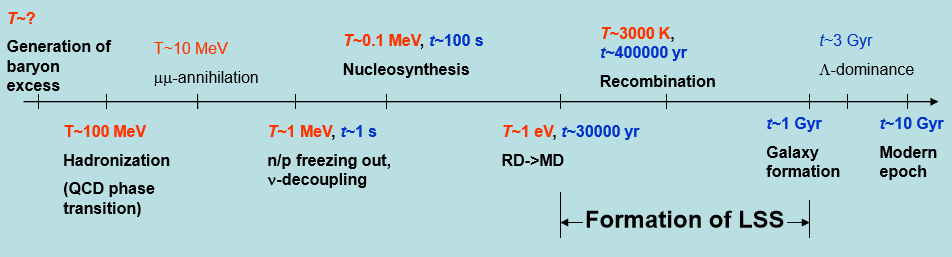


Рисунок 3 – Тепловая эволюция Вселенной

Следующая после инфляции стадия эволюции Вселенной – стадия разогрева (рехитинга). Именно во время этой стадии происходит активное рождение частиц высоких энергий и их термализация.[4]

Рождение частиц в зеркальном мире происходит в этот период, как и в случае с частицами обычного мира, за счет быстрых осцилляций инфлантонного поля около минимума потенциала.

На первой секунде происходит закалка релятивистких нейтрино в нашем мире. Этот процесс связан с тем, что нейтрино выходит из равновесия, поскольку время пробега нейтрино , a а скорость расширения . Однако, в зеркальном мире без слабого взаимодействия, нейтрино не может родиться в реакциях, рассеется на e и проаннигилировать, т.к. такие процессы идут по слабому взаимодействию. Отсюда получаем, что зеркальные нейтрино изначально не присутствует в равновесном состоянии, поэтому оцепления зеркальных нейтрино не происходит. Происходит рождение реликтовых нейтрино и дальнейшее их “остывание” по мере расширение Вселенной.

Поскольку не происходит закалка оцепление нейтрино, не будет происходить и закалка отношения числа зеркальных нейронов к числу зеркальных протонов nM/pM.

На РД-стадии доминируют равные по плотности обычное и зеркальное излучений вместе с релятивистскими легкими нейтрино с малой примесью обычных и зеркальных барионов с равными плотностями.[1] Сценарий может естественным образом учитывать существование малой (на РД-стадии) примеси нерелятивистских обычных и зеркальных частиц с равными плотностями, таких как обычные и зеркальные нейтралино, аксионы и так далее. Следует отметить, что равные плотности зеркальных и обычных частиц в период нуклеосинтеза противоречат широко принятому предположению об обилии первичного 4Не. Наблюдаемое обилие 4Не составляет

Уobs = (28 ±12)%,

но во всех случаях, исключая очень большие зеркальные домены, релятивистские зеркальные частицы присутствуют в том же количестве что и обычные релятивистские частицы в период нуклеосинтеза. Это значит, что после первой секунды расширения, когда происходила закалка отношения числа нейтронов и протонов в обычном веществе, в полной плотности нужно учитывать вклад зеркальных фотонов, зеркальных электрон-позитронных пар, правых нейтрино и левых антинейтрино. Такое удвоение релятивистских типов частиц в период нуклеосинтеза должно приводить к росту первичного обилия обычного 4Не (Блинников, Хлопов, 1980; 1982; 1983; Хлопов, Чечеткин, 1987; Carlson, Glashow, 1987)

Уprim ≥28%.

Заметим все же, что мы не можем напрямую наблюдать первичный гелий, и в отсутствии прямых методов должны использовать обоснованные экстраполяции наблюдательных данных к их догалактическому значению. Как бы ни была обоснована такая экстраполяция, она является модельно зависимой, так что, в отсутствии модельно независимых результатов, вопрос о существовании однородно смешанного обычного и зеркального вещества не следует считать решенным окончательно.

С расширением Вселенной температура среды уменьшается, массивные частицы становятся нерелятивискими, а длина волны фотонов увеличивается. Наступает момент, когда энергия покоя частиц сравнивается с их кинетической энергией. Начиная с этого момента, наступает стадия доминантности вещества.

На этом этапе происходит формирование крупномасштабной структуры Вселенной (LSS). Влияние зеркального вещества на LSS возможно только в случае крупномасштабных зеркальных доменов, соответствующих масштабу масс:

или крупномасштабному островному распределению барионов. В этом случае зеркальные барионные острова должны выглядеть как пустоты, в которых отсутствуют галактики из обычного вещества.

**Заключени**е

Таким образом, в модели зеркального мира без слабого взаимодействия с первым поколением фермионов остаются стабильными большая часть барионов, все мезоны и лептоны. А также невозможен процесс аннигиляции нейтрино.

В данной модели возможен механизм хаотической инфляции с начальной амплитудой зеркального инфлантона меньшей, чем обычного.

Ввиду отсутствия CP-нарушения можно предположить, что барионный избыток был образован в результате распада сверхмассивных частиц по каналам: , при условии если предположить, что в зеркальном мире, как и в нашем, при высоких энергиях происходит объединение сильного и электромагнитного взаимодействия.

Зеркальные нейтрино и зеркальные нейтроны могут быть кандидатами на роль скрытой массы.

Зеркальные нейтрино изначально не присутствует в равновесном состоянии, поэтому оцепления зеркальных нейтрино не происходит. Поскольку не происходит закалка оцепление нейтрино, не будет происходить и закалка отношения числа зеркальных нейронов к числу зеркальных протонов nM/pM.

Модель зеркального мира предсказывает величину концентрации первичного гелия Уprim ≥28%, при том что наблюдается Уobs = (28 ±12)%, что ставит под сомнение реализуемость данной модели.

Влияние зеркального вещества на крупномасштабную структуру Вселенной возможно только в случае крупномасштабных зеркальных доменов, или крупномасштабному островному распределению барионов.

**Список используемой литературы**

1. M. Ю. Хлопов: Основы микрокосмофизики, 2004
2. M. Ю. Хлопов: Основы микрокосмофизики, 2011
3. Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков: Введение в теорию ранней вселенной. Теория горячей Вселенной, 2006
4. К.А. Бронников, С.Г. Рубин: Лекции по гравитации и космологии, 2008