МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА №40 «Физика элементарных частиц»

РЕФЕРАТ ПО КОСМОМИКРОФИЗИКЕ

НА ТЕМУ

«Зеркальный мир

 »

Выполнил: студент группы Т9-40

Быша И.М.

Преподаватель: Хлопов М.Ю.

Москва

2012 г.

**ВВЕДЕНИЕ**

В связи с нарушением CP-симметрии, в 1966 году выдвинута гипотеза о том, что, может быть, существуют специальные зеркальные частицы. Так что любому процессу с нашими частицами отвечает CP сопряжённый процесс с зеркальными частицами. Зеркальное вещество не имеет обычных сильных, слабых, электромагнитных взаимодействий с нашими частицами, но зеркальное вещество потому и называется зеркальным, что для любой нашей частицы существует её зеркальный двойник. Есть зеркальный мир, зеркальные макротела и даже, может быть, существует зеркальная жизнь. Но с нашим миром это связано очень слабо. Красивая идея Ландау, согласно которой зеркальными по отношению к нашим частицам являются наши же античастицы, рухнула. После этого возникла идея того, что, может быть, есть отдельные зеркальные частицы. Не взаимодействуя с нашими фотонами зеркальное вещество выглядело бы как тёмное вещество.

Вообще говоря, исключается всякое взаимодействие зеркального мира и нашего реального мира, кроме гравитационного взаимодействия.

Если зеркальные объекты действительно имеются, то они должны существовать в мире, вокруг нас. По-видимому, в Солнечной системе, в непосредственной близости от Земли их немного. Но что касается вообще Вселенной, то тёмного вещества в ней много. Установлено, что звезды в галактиках вращаются относительно центра галактик гораздо быстрее, чем они должны были бы вращаться, если бы веществом в галактике было бы только светящееся вещество, которое мы видим. Следовательно, в галактиках есть ещё какое-то невидимое вещество, которое притягивает периферийные звезды и заставляет их вращаться быстрее. Стоит отметить, что со времени опубликования работ Оорта и Цвики существовали два альтернативных объяснения данного «вириального парадокса»:1)невидимое (темное) вещество (или **темная материя**); 2) аномально сильная гравитация на больших расстояниях. Новейшие наблюдения столкновения скоплений галактик, по-видимому, разрешают эту неопределенность в пользу темной материи. В этом столкновении темная материя, которая проявляется благодаря своему гравитационному линзированию, отделена от светящихся частей скоплений.

Зеркальное вещество является одним из кандидатов на роль этой тёмной материи. Тёмной материи во Вселенной в 5 раз больше, чем светящейся материи. Это, в свою очередь, не согласуется со строгой зеркальной симметрией (если считать зеркальный мир кандидатом на роль темной материи). Следовательно, когда зеркальное вещество найдут, потребуется выяснение того, как в природе нарушается зеркальная симметрия.

Измеряя спектры и яркость **сверхновых** звезд, можно определять их скорости и расстояния от нас. Выяснилось, что они находятся дальше, чем нужно. В то же время существуют обычные звезды, которые вращаются вокруг галактик быстрее, чем нужно (о чем упоминалось выше), что указывает на существование тёмной материи. А сверхновые звёзды указывают на то, что Вселенная расширяется быстрее, чем нужно. Такое аномальное расширение отвечает тому, как если бы у вакуума была какая-то средняя энергия. И по величине этого эффекта можно определить, сколько этой вакуумной энергии. Так вот, все наше видимое вещество обладает такой энергий (как энергией покоя, так и энергией движения, которая гораздо меньше), что эта энергия составляет 5% всей массы или всей энергии вселенной; 20–25% составляет тёмная материя; 70% составляет **темная энергия**, про которую мы сейчас плохо понимаем, что это вообще может быть. Возможно, что это космологический член или лямбда-член уравнения Эйнштейна.

Итак, по определению темная материя - это материя, которая не взаимодействует с электромагнитным излучением, то есть не испускает его и не поглощает. В связи с разговором о темной материи, важно отметить роль понятия космологической плотности. Космологическая плотность Ω = ρ/ρc, определенная на основе динамики галактических кластеров и суперкластеров, равна 0.1 < Ω < 0.3 , где ρc - критическая плотность, дающаяся выражением ρc = 2∙10-29 h2 г∙см-3 При ρ > ρc Вселенная замкнута, т.е. гравитационное взаимодействие достаточно сильно для того, чтобы расширение Вселенной сменилось сжатием. Из наблюдения характера удаления крупномасштабных областей Вселенной с помощью инфракрасного астрономического спутника IRAS получено, что 0.25 < Ω < 2. С другой стороны, оценка барионной плотности Ωb по светимости галактик дает значительно меньшую величину: Ωb< 0.02. Это рассогласование обычно рассматривается как указание на существование невидимой материи.

**МОДЕЛЬ ЗЕРКАЛЬНОГО МИРА**

Значения масс нейтрона, протона и электрона в реальном мире равны 939,565 МэВ, 938,272 МэВ и 0,511 МэВ, соответственно. Поэтому мы получаем соотношения между их массами в виде: и

Предположим, что существует зеркальный мир, со следующими массами:  Данная модель вносит некоторые корректировки на стабильность элементов:

1. невозможен распад ;
2. - недостаточна для распада *p* ;

Отношение концентраций нейтронов и протонов на момент закалки (которому соответствует температура ) в общем случае определяется уравнением Саха:

= (exp-) ,где температура закалки ~ 1МеВ

Данной температуре соответствует время

Из соотношений масс протона, нейтрона и электрона в модели нашего зеркального мира, можно записать: 1- < <1

Отсюда следует возможность пренебрежения множителем при оценке закаленного отношения.

Окончательно получаем:

 – отношение концентраций нейтронов и протонов на момент закалки

Отсюда видно существование «излишка» нейтронов в рассматриваемой модели.

В модели нашего реального мира после этапа закалки следует распад малой части нейтронов за промежуток времени <t< , где ~100 c – время, при котором начинается образование легчайшего ядра – дейтерия в реакции



 Учитывая, в нашем случае, стабильность нейтрона, а также стабильность протона, получаем, что закаленное отношение в течение указанного промежутка времени не меняется.

Дальнейшая цепочка реакций переводит все нейтроны в гелий-4:

****

****

По завершении, отношение количества гелия-4 к количеству всех барионов:



Т.к. нейтрон в рассматриваемой модели зеркального мира стабилен, то, переходя к пределу → , получаем:

X( - в данном конкретном случае эта величина имеет смысл отношения количества протонов к количеству барионов при температуре закалки.

Следовательно, для гелия-4 имеем:

Величина = 0,25 соответствует присутствию только гелия-4.

Исходя из приближенного равенства масс протона и нейтрона в данной модели, получаем для массовой доли гелия-4:

=

Для массовой доли «излишка» свободных нейтронов:

 =

=

Или: = (\*)

 =

Расчет массовой доли гелия-4, исходя из стандартных результатов на ее определение, естественно, ошибочен.



Или, учитывая стабильность нейтрона для нашей системы, получаем:

Здесь имеет смысл отношения количества нейтронов к количеству барионов.

Таким образом, получаем следующую оценку массовой доли гелия-4:

= =>

Данный результат, как и предполагалось, является ошибочным, т.к. мы получили для массовой доли гелия величину, превышающую массовую долю барионов, из которых и был «построен» гелий-4.

Рассмотрим один из механизмов сдвижки равновесной скорости β-процессов в зеркальном мире. Речь идет о вырождении нейтрино в период нуклеосинтеза. Данное вырождение описывается химическим потенциалом .

При чем количество электронного антинейтрино. С учетом вырождения, закаленное отношение дается выражением:

= (exp(-)) = – безразмерный параметр

Данный эффект, как уже говорилось, приводит либо к увеличению, либо к уменьшению гелия-4, в зависимости от знака .
В нашем (реальном) мире при >0 преобладает нейтрино, приводя к уменьшению закаленного отношения и, следовательно, обилия гелия-4. При <0 избыток антинейтрино приводит к увеличению этого отношения, и, как следствие, увеличению массовой доли гелия-4. Современные ограничения на величину : -0,01 < < 0,07 Ограничения, полученные из комбинированной асимметрии теории BBN и учета CMBR:

-0,01 < < 0,22



В случае рассматриваемого зеркального мира, учитывая оценку , следует зависимость (между знаком и величиной закаленного отношения), обратная рассмотренной. Из (\*) (стр.6) получаем, что увеличение закаленного отношения приводит к уменьшению доли гелия-4, а уменьшение – к увеличению доли гелия-4 в нашей модели зеркального мира. Таким образом, даже изменение знака разности масс нейтрона и протона, которое наблюдается в данной модели, не повлияет на корректировку зависимости между знаком безразмерного параметра и обилием гелия-4. По-прежнему положительная величина безразмерного параметра будет означать уменьшение гелия-4, относительно его доли при отсутствии лептонной асимметрии. При отрицательной величине безразмерного параметра, как и в случае реального мира, будет наблюдаться увеличение гелия-4, относительно доли, вычисленной в предположении отсутствия лептонной асимметрии.

**ВЫВОД**

В данной модели зеркальный мир будет состоять преимущественно из гелия-4, массовая доля которого лежит в диапазоне 75-100%, а также из свободных стабильных нейтронов, массовой долей 0-25%. В связи с изменением масс протона и нейтрона, логично предположить возможность изменения энергии связи дейтерия в рассматриваемой модели зеркального мира. Ввиду стабильности нейтрона и протона, и как следствие, неизменности закаленного отношения на соответствующем промежутке времени, увеличение значения энергии связи не окажет влияния на увеличение доли гелия-4, как это было бы в реальном мире. В свою очередь, уменьшение энергии связи также не повлияет на затруднение процесса синтеза элементов, как это было бы в случае реального мира, опять же, в силу названных причин. При рассмотрении зеркального мира как кандидата на роль темной материи, мы, таким образом, получаем темную материю, состоящую из гелия-4 и свободных нейтронов с указанными выше массовыми долями.

ЛИТЕРАТУРА

1) М. Ю. Хлопов «Основы космомикрофизики» М.: УРСС, 2004.

# 2) Radoje Belusević «Relativity, astrophysics and cosmology. Volume 1»

#  Wiley-VCH, Berlin, 2008

3) Емельянов В. М., Белоцкий К. М. «Лекции по основам электрослабой модели и новой физике»: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.

 4) Л. Б. Окунь «Зеркальные частицы и зеркальная материя: 50 лет гипотез и поисков»

 М. «Успехи физических наук» Том 177, №4, 2007.

5) D.V. Semikoz « Active neutrino oscillations in the early Universe» , 2007.

6) A. Yahil, G. Beaudet «Big Bang nucleosynthesis with non-zero lepton numbers», The Astrophysical journal, 1976.

# 7) Dan Maoz «Astrophysics in a nutshell», Princeton University Press, 2007.