Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное

Образовательное учреждение

Высшего профессионального образования

Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”

(НИЯУ МИФИ)

Факультет экспериментальной и теоретической физики

Кафедра физики элементарных частиц № 40

Реферат по Космомикрофизике

Теневой мир с четырьмя поколениями фермионов

Выполнил:

Студент группы Т9-40

Марков Денис

Москва 2014

Оглавление

[1. Введение 2](#_Toc377165658)

[2. Исследуемая модель 3](#_Toc377165659)

[3. Бариосинтез и инфляция 3](#_Toc377165660)

[4. Теневой мир с четырьмя поколениями 3](#_Toc377165661)

[5. Форма скрытой массы 3](#_Toc377165662)

[6. Заключение 3](#_Toc377165663)

[7. Список литературы 3](#_Toc377165664)

1. Введение

В работе Ли и Янга «Вопрос сохранения симметрии в электрослабом взаимодействии» [2] была впервые рассмотрена возможность существования зеркальной материи. Зеркальный мир, состоящий из этой материи, компенсировал предполагаемое нарушение P-чётности в нашем мире так, что во Вселенной, состоящей из наблюдаемого и зеркального мира, P-чётность сохранялась.

В 1966 г. было обнаружено СР – нарушение Кристенсоном, Крониным, Фитчем и Тёрлеем [3], тогда же для его компенсации вновь потребовалось рассмотрение необнаруженных пока зеркальных частиц. Эта идея была развита сформулирована Кобзаревым, Померанчуком и Окунем в 1966г [4]. Они показали, что обычный и зеркальный мир могут взаимодействовать посредством гравитационного взаимодействия и общего слабого (которое было исключено с открытием Z - бозона), остальные же взаимодействия зеркальный мир имеет свои.

Изначально предполагалось, что эта материя – копия обычной, т. е. С тем же набором частиц – зеркальных аналогов наблюдаемых, и взаимодействиями, аналогичными обычным, но имеющими обратный знак CP-чётности. В этой работе предполагается, что строение и состав этого мира всё же может отличаться от обычного, т. е. Быть «незеркальной», в этом случае такой мир обычно называется теневым.

1. Исследуемая модель

В данной работе рассматривается теневой мир с четырьмя поколениями частиц (в отличие от наблюдаемого, описываемого Стандартной Моделью (SM), с тремя поколениями). Будем полагать, что три поколения элементарных частиц из четырех этого мира аналогичны (зеркальны) трем поколениям частиц SM, т.е. почти все параметры (массы, заряды, сечения взаимодействий, вероятности распада и др.) у соответствующих частиц равны, лишь их спиральности имеют противоположный знак. Предполагаем, что четвертое поколение может иметь как противоположный знак спиральности так и такой же как у нашего мира (исходя из бариосинтеза, который рассмотрим ниже **[ ???]**) фермионы имеют массу больше половины массы Z-бозона. В силу сохранения заряда четвертого поколения (физическая природа не рассматривается) масса четвертого нейтрино должна быть дираковской. Строгое сохранение этого заряда должно обеспечить стабильность четвертого нейтрино. **[Pryamo skazhite: v tenevom mire 3 pokoleniya strogo simmetrichny obychnym, a 4 tenevoe pokolenie ne smeshivaetsya s 3-mya legkimi]**

1. Бариосинтез и инфляция

Взаимодействия между этими зеркальными частицами осуществляются посредством зеркальных калибровочных бозонов. Таким образом, в рассматриваемой Вселенной, кроме обычных частиц, имеем зеркальные калибровочные бозоны, в частности, зеркальный фотон γmir.

Следует отметить, что нарушения CP-симметрии вводится в Стандартную Модель посредством комплексной фазы в матрице смешивания кварков (CKM-матрице). Необходимым условием для появления такой фазы и, соответственно, нарушения CP-симметрии является существование по меньшей мере трёх поколений кварков.

Таким образом в рамках схемы Стандартной Модели в рассматриваемом теневом мире с четырьмя поколениями фермионов происходит нарушение CP-симметрии, что делает его способным компенсировать наблюдающееся CP-нарушение в обычном веществе. Наличие CP-нарушения способствует механизму бариосинтеза в теневом мире – генерации избытка теневых барионов над антибарионами.

Природа инфляции и бариосинтеза может быть описана механизмами, выходящими за рамки данной работы. Затронем только некоторые вопросы касающиеся бариосинтеза.

Рассмотрим бариосинтез в теневом мире с четырьмя поколениями в котором как и в обычном мире, барионы преобладают над антибарионами и их концентрация, в теневом мире, не совпадает с концентрацией в нашем мире. Для выполнения этого параметра требуются следующие условия:

1. После Большого взрыва два сектора были рождены с двумя разными температурами *T0* *> Ts*, где *T0* и *Ts* - температура нашего и теневого мира соответственно.
2. Два сектора взаимодействуют очень слабо, так что между ними не устанавливается тепловое равновесие после нагрева. Это условие выполняется автоматически, если два мира взаимодействуют только гравитационное. Другие эффективные связи между обычным и теневым мирами подавляться.
3. Оба сектора расширяются адиабатически, без заметного вклада энтропии.

В случае если все условия выполняются, наличие теневого мира не повлияет на первичный нуклеосинтез в обычном мире.

Барионной асимметрии возникает из первоначально зарядово – симметричного состояния горячей Вселенной для которой необходимо выполнение трех условий:

1. Несохранение барионного числа;
2. Нарушение С – и СР – инвариантности;
3. Отклонение от теплового равновесия.

Рассматриваем в таком случае несколько вариантов когда B’ < 0 и B’ > 0, предполагая что отклонение от теплового равновесия присутствует во всех случаях.

При рассмотрении теневого мира возможен вариант, когда B’ < 0:

1. P-четность нарушена. Частицы – правые.
2. CP-четность нарушена. Распад KL мезона – превышение e+ над e-

Такой сценарий реализуется, если барионная асимметрия в двух мирах происходит раздельно, одним и тем же механизмом, относящемуся к фазе нарушение CP-четности.

Однако, возможен еще один случай, когда B’ > 0:

1. P-четность нарушена. Частицы – левые.
2. CP-четность нарушена. Распад KL мезона – превышение e- надe+

Такая ситуация возможна, если барионная асимметрия в обоих мирах возникла по определенному механизму заключающемуся в обмене частицами - переносчиками.

Можно предположить, что так как факторы нарушения CP-симметрии для обоих миров одинаковы, то и механизмы барионной симметрии тоже будут одинаковыми. Однако из-за того, что теневой мир холоднее обычного, эти механизмы должны происходить по-разному. Также ожидается, что плотность вещества в двух мирах должна быть одинаковой.**[ ? barionnaya ili obschaya plotnost energii. Chto predpolagaetsya dlya 4 pokoleniya]**

1. Теневой мир с четырьмя поколениями

Важное ограничение на зеркальный или теневой мир дают данные о первичном содержании гелия Yprim , т. е. об отношении количества 4He к количеству всех ядер, образовавшихся к концу первичного (дозвёздного) нуклеосинтеза (см. Рис. 1). Эти данные ограничивают количество любой релятивистской материи (в т. ч. теневой) на момент n/p-закалки (t~1 с, T~1 МэВ). Так, например, современные оценки [5], основанные на космологическом нуклеосинтезе и реликтовом излучении, составляют, с учётом систематических ошибок: 23,1% <Yprim <26,7%, и дают ограничение на число лёгких нейтрино 2,0 <N <4,5 [6].

Рис. 1. Относительные содержания первичных химических элементов в зависимости от количества барионов. Толщины линий отражают точность предсказаний. Прямоугольниками показаны области значений в пределах статистических (внутренний) и систематических (внешний) ошибок, полученные из наблюдений. Вертикальные полосы показывают области значений ηb, допустимых из анализа первичного нуклеосинтеза (BBN) и реликтового излучения (CMB). Индекс «p» означает первичный (primordial) [5].

Число типов нейтрино вносит существенный вклад в плотность энергии и скорости остывания Вселенной после Большого взрыва. Определенное число поколений нейтрино определяет соотношение между количеством нейтронов и протонов, образующихся в момент дозвездного нуклеосинтеза, что влияет на концентрацию первичного гелия [7].

Отношение концентрации нейтронов и протонов:

 (1)

 (2)

где Mn и Mp - массы нейтрона и протона, T - температура закалки, k - статистический фактор характеризующий плотность вселенной.

 (4)

где , тогда для 4-х поколений получаем:

=6.25 (5)

Температура закалки для нашего мира с четырьмя поколениями фермионов выражается следующей формулой:

 (6)

где k и k′ - текущая и при четырех поколениях фермионов соответственно и , k = 5,375. В итоге получаем:

 (7)

Следовательно:

 (8)

Обилие гелия для трех сортов нейтрино в нашем мире Yp=0.25 сравнивая его с полученным результатом обилия гелия для четырех поколений приходим к выводу что в нашем мире не может существовать четырех поколений фермионов. Следующие поколения элементарных фермионов возможны только в случае, если их члены имеют массу больше половины массы Z-бозона и/или не взаимодействуют с ним. Аналогичную же картину можно получить рассматривая другое количество сортов нейтрино превышающую четыре поколения (см. Рис. 2.).

Рис. 2. Приближенная зависимость предсказываемого обилия первичного 4He от числа cортов нейтрино. Нормировано на Yp(Nν= 3) = 0,25 [8].

1. Форма скрытой массы

Рассмотрим источники теневой материи в мире с четырьмя поколениями. Фермионы четвертого поколения имеют наибольшую массу чем все другие поколения, из чего можно сделать предположение что именно четвертое поколение дает наибольший вклад в скрытую массу от теневой мира. Современные оценки с включением теневого мира не способны объяснить существование всей темной материи во Вселенной. Примерные оценки вклада теневого мира:

 (12)

где ΩDM – вклад темной материи в плотность энергии Вселенной , ΩOM – обычная барионная материя, ΩS – теневая барионная материя.

Экспериментальные поиски кандидатов (WIMP) в зеркальной тёмной материи проводилисьна экспериментах DAMA, CoGeNT, LUX и CRESST-II в рамках модели которая предполагает возможность существования галактического гало темной материи, состоящего из частиц теневого мира. Эти частицы образуют многокомпонентную плазму, состоящую из , H, He, O, Fe, т.д.. **[Kakie tipy ob’ektov skrytoi massy predskazyvayutsya v vashem scenarii ?]**

1. Заключение

Наш мир состоит из трёх поколений фермионов. Это доказано на основе экспериментальных данных полученных с ускорителей. Существование четвертого поколения в нашем мире возможно лишь в том случае если элементы имеют массу больше половины массы Z-бозона и/или не взаимодействуют с ним. Исходя же из оценок налагаемых на количество поколений (2,0 <N <4,5) можно предположить о возможном существовании четвертого поколения в теневом мире. **[pri asimmetrii nachalnykh uslovii]**

Полученные выше результат весьма важен, так как иллюстрирует методику ограничения любых видов частиц, которая основывается на связи вклада частиц в плотность Вселенной в период t ~ 1 c. с наблюдаемым обилием гелия.

1. Список литературы
2. [http://nuclphys.sinp.msu.ru/neutrino/newtrino\_s/R&C.html](http://nuclphys.sinp.msu.ru/neutrino/newtrino_s/R%26C.html)
3. Lee T. D, Yang C. N, Phys. Rev. 104 254 (1956)
4. Christenson J., Cronin J. W., Fitch V. I. and Turlay R., Phys. Rev. Letters 13, 138 (1964).
5. И. Ю. Кобзарев, Л. Б. Окунь, И. Я. Померанчук, "О возможности экспериментального обнаружения зеркальных частиц.”, (“ЯФ”, 3 1154, 1966).
6. . B. Fields and S. Sarkar, “Big-Bang nucleosynthesis (2006 Particle Data Group mini-review),” astro-ph/0601514.
7. . Емельянов В. М., Белоцкий К. М., “Лекции по основам электрослабой модели и новой физике”, (2013)
8. Хлопов М. Ю., “Основы космомикрофизики”, (М.: УРСС, 2004).
9. Steigman G., Schramm D. N., Gunn J. E. (1977). Phys. Lett. B66, 202.