НИЯУ МИФИ

Кафедра Физики Элементарных частиц

Теневой мир с одним поколением фермионов

|  |
| --- |
| Выполнила: Леонова Т.И.  группа Т9-40  Проверил: Хлопов М.Ю.  2014 год |

1. Введение

Впервые термин “зеркальная частица” был предложен Ли и Янгом в 1956г в работе “Вопрос сохранения четности в слабых взаимодействиях” [1]. Они предположили, что при слабых взаимодействиях пространственная четность может не сохраняться и, чтобы компенсировать нарушение Р-четности, должны существовать зеркальные частицы. Десять лет спустя, после открытия СР-нарушения, Кобзарев, Померанчук и Окунь обсудили различные феноменологические аспекты идеи, предложенной Ли и Янгом, и, в работе «О возможности экспериментального обнаружения зеркальных частиц» [2], опубликованной в журнале «Ядерная физика» в 1966 году, они показали, что зеркальный мир может взаимодействовать с нашим только по гравитационному или слабому взаимодействию. После открытия W и Z бозонов слабое взаимодействие между мирами было исключено. В настоящее время предполагается, что между обычными и зеркальными частицами может быть не только гравитационное взаимодействие, но и дополнительное взаимодействие за счет кинетического смешивания зеркальных и обычных фотонов [3].

Предполагается, что в зеркальном мире частицы имеют массу как у обычных частиц, но другой знак СР-четности. В случае если состав и строение зеркального мира отличаются от обычного, то мир называется теневым.

Изучение теории о теневом мире представляет интерес для возможного объяснения существования темной материи.

Цель данной работы заключается в рассмотрении модели теневого мира с одним поколением фермионов.

2. Модель

В рассматриваемой модели считается, что, помимо трех поколений фермионов в нашем мире, существует одно (первое) поколение в теневом мире. Предполагается, что значения масс фермионов и их соотношения в теневом мире совпадает с аналогичными значениями в обычном мире. Также предполагается, что в теневом мире есть свои собственные электромагнитное, слабое и сильные взаимодействия, и, следовательно, есть переносчики взаимодействий: зеркальные фотоны, глюоны, W± и Z бозоны (их массы также положим равными массам соответствующих переносчиков взаимодействий в обычном мире).

3. Инфляция и бариосинтез

В Стандартной Модели нарушение СР-симметрии вводится с помощью комплексной фазы в матрице смешивания кварков. Необходимым условием для этого является существование трех поколений кварков. В нашей модели теневого мира одно поколение, поэтому, либо СР-симметрия не нарушается (в этом случае избыток теневой барионной материи не образуется, так как не выполняются все условия Сахарова), либо существует механизм СР-нарушения, отличающийся от данного механизма в Стандартной Модели.

Известно, что в нашем мире барионное число B>0. Для теневого мира возможно два случая [4]:

1. Bs<0. Тогда:

* Р-четность нарушена, частицы правые;
* СР-четность нарушена, распад KL мезона приводит к превышению е+ над е-.

2. Bs>0. Тогда:

* Р-четность нарушена, частицы левые;
* СР-четность нарушена, распад KL мезона приводит к превышению е- над е+.

Первая ситуация возможна, если барионная асимметрия в двух мирах возникает раздельно. Вторая, если барионная асимметрия возникает при помощи уникального механизма, связанного с тем, что между мирами существует взаимодействие за счет неких частиц переносчиков.

Предполагается, что обычный и теневой мир имеют разную космологическую эволюцию. В частности, что они никогда не были в равновесии друг с другом. Концентрация барионов в теневом мире не совпадает с концентрацией барионов в нашем мире. Чтобы наличие теневого мира не повлияло на первичный нуклеосинтез в обычном мире, оба сектора должны иметь различные начальные условия формирования:

1. после Большого Взрыва: где *Ts* – температура теневого мира, *To* –температура обычного мира;
2. взаимодействие между секторами слабое, термодинамическое равновесие не устанавливается;
3. оба сектора расширяются адиабатически.

Так как то число фотонов в теневом мире меньше числа фотонов в обычном мире [5]. Эпоха первичного нуклеосинтеза будет предсказывать различное обилие первичных элементов.

4. Нуклеосинтез

Рассмотрим стадию первичного нуклеосинтеза (1с-5мин). Так как в нашей модели помимо трех поколений фермионов в обычном мире существует одно поколение в теневом мире, то, в тот момент, когда происходила закалка отношения числа нейтронов и протонов в обычном веществе, в полную плотность должны давать вклад зеркальные частицы, что должно приводить к увеличению концентрации 4Не.

Соотношение концентрации нейтронов и протонов, которое установилось на этой стадии:

где , – масса нейтрона, – масса протона, *Т* – температура Вселенной. Отношение концентрация определялось температурой закалки:

где – константа Ферми, – гравитационная постоянная, – статистический фактор, характеризующий плотность Вселенной:

где – количество спиновых состояний. Так как на стадии нуклеосинтеза МэВ, то бозоны не будут давать вклад. Предполагая, что существует 3 поколения фермионов в обычном мире и одно в теневом, получаем:

.

В современном мире *k=*5,375. Тогда отношение температур в обычном мире и теневом мире с одним поколением фермионов:

Тогда:

Оценим долю первичного гелия:

Верхний предел на обилие первичного гелия Y<0,25 [6]. Полученный результат для нашей модели не входит в данный предел, однородная смесь обычного и зеркального вещества исключается.

5.Темная материя

Так как в рассматриваемой модели предполагается, что значения масс фермионов и плотности вещества в теневом и обычном мире совпадают, то с помощью данной модели нельзя объяснить существование всей темной материи во Вселенной.

Для решения данной проблемы можно либо увеличить массу, либо плотность барионов теневого мира.

Так как предполагается, что взаимодействия обычного и теневого мира аналогичны, то в теневом мире могут существовать компактные объекты, подобные нашим планетам и звездам. Обнаружить существование зеркальных звезд можно по эффекту гравитационного микролинзарования, который состоит во временном увеличении яркости известных видимых звезд в тот период времени, когда невидимый массивный объект пересекает линию между наблюдателем и звездой, отклоняя своим гравитационным полем идущий от звезды свет. Таким методом коллаборация MACHO изучала природу темной материи в гало, в результате были получены данные о наличии темной материи в форме невидимых объектов с размером типичных звезд [7]. Но, так как в процессе эволюции звезды в большом количестве должны присутствовать зеркальный газ и зеркальная пыль, то предполагается, что не вся скрытая масса в гало объясняется зеркальными звездами.

На основе данных, полученных в экспериментах DAMA, CoGeNT и CRESST-II построена теория о том, что может существовать галактическое гало темной материи, состоящее из частиц зеркального мира, которые образуют многокомпонентную плазму из e±, H, He, O, Fe и т.д. [8].

6. Заключение

В данной работе показано влияние теневого мира с одним поколением фермионов на долю первичного гелия.

Температура теневого мира должна быть меньше температуры обычного мира; взаимодействие между мирами может быть гравитационным.

Для объяснения темной материи требуется увеличение массы или плотности барионов теневого мира.

5. Список литературы

1. T. D. Lee and C. N. Yang, Phys. Rev. 104 (1956) 254.
2. Kobzarev, L. Okun and I. Pomeranchuk, Sov. J. Nucl. Phys. 3 (1966) 837.
3. Foot R., Mirror dark matter: Cosmology, galaxy structure and direct detection, arXiv:1401.3965v2 [astro-ph.CO] (<http://arxiv.org/pdf/1401.3965v2.pdf>).
4. Berezhiani Z., THROUGH THE LOOKING-GLASS: ALICE’S ADVENTURES IN MIRROR WORLD, arXiv:hep-ph/0508233v1 (<http://arxiv.org/pdf/hep-ph/0508233v1.pdf>).
5. Das C. R. et al., Mirror or Superstring-Inspired Hidden Sector of the Universe, Dark Matter and Dark Energy, arXiv:1101.4558v2 [hep-ph] (http://arxiv.org/pdf/1101.4558v2.pdf).
6. Хлопов М.Ю., «Основы космомикрофизики», М.:УРСС, 2004.
7. Holopainen J. et al., MACHOs in dark matter haloes, arXiv:astro-ph/0602394v1 (http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0602394v1.pdf)
8. Foot R., Mirror dark matter explanation of the DAMA, CoGeNT and CRESST-II data, arXiv:1211.1500v1 [astro-ph.CO] (http://arxiv.org/pdf/1211.1500.pdf)
9. CIARCELLUTI P., COSMOLOGY WITH MIRROR DARK MATTER, arXiv:1102.5530v1 [astro-ph.CO] (http://arxiv.org/pdf/1102.5530v1.pdf)
10. Вайнберг С., «Космология», М.:УРСС, 2013