

# Национальный Исследовательский Ядерный Институт «МИФИ»

---

Кафедра №40

Реферат на тему:

«Зеркальная материя с одним поколением фермионов»

Выполнил: студент гр Т10-40  
Кумпан А.В.

Проверил: Хлопов М.Ю.

Москва 2010 г.

# Введение.

Терминами «зеркальная материя», «зеркальные частицы» и «зеркальный мир» в настоящее время обозначают гипотетический сектор частиц и взаимодействий, которые компенсируют зеркальную асимметрию слабых взаимодействий обычных частиц. Зеркальная материя рассматривается как возможная составляющая темной материи.

Первыми гипотезу о существовании зеркальных партнеров обычным (стандартным) частицам выдвинули Ли и Янг в своей работе «Вопрос о сохранении равенства в слабых взаимодействиях» в 1956г.

В 1957г экспериментально (опыт Ву) обнаружено нарушение Р-симметрии в  $\beta$  - распаде  $Co^{60}$  [2].

Чтобы сохранить инвариантность СР, Кобзарев, Померанчук и Окунь в своей работе «О возможности экспериментального обнаружения зеркальных частиц» в 1966г. постулируют существование зеркального мира. В статье показано, что зеркальные частицы не могут участвовать в обычных сильных и электромагнитных взаимодействиях; скрытый зеркальный сектор должен иметь свои сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия.

Космологические аспекты зеркального мира исследовали в начале 80-х годов XX века Блинников С.И. и Хлопов М.Ю. в своих работах [3], [4],[5]. Параллельно с этим развивались и вопросы, связанные с нарушением симметрий: х и у частицы, парафотоны и т.д.

Несмотря на большое количество научных работ, вышедших с начала 90-х годов, зеркальный мир все еще недостаточно изучен, и мы можем выдвигать различные гипотезы.

Целью данной работы является рассмотрение гипотезы теневого мира с одним поколением лептонов.

## Существование единственного поколения фермионов в нашем мире.

Стоит сразу отметить, что существование единственного поколения фермионов в нашем мире запрещено экспериментально. В данном разделе рассмотрим космологический аспект.

Известно, что соотношение концентраций  $n$  и  $p$  установилось в первую секунду нуклеосинтеза (из 3 минут), а значит, с этого момента была предопределена концентрация гелия. Поэтому, целесообразно посмотреть было бы посмотреть то, как изменится концентрация  $He$  в случае одного поколения нейтрино.

Отношение концентраций нейтронов и протонов дается формулой:

$$\frac{n}{p} = e^{-\Delta \frac{m}{T}} \quad (1)$$

$$\text{где} \quad \Delta m = M_n - M_p = 1,29 \text{ MeV}$$

Исходя из того, что отношение концентраций было предопределено закалкой – смотрим именно момент закали. Температура закали:

$$T = \frac{K^{1/6} G^{1/6}}{G_f^{2/3}} = 1 \text{ MeV} \quad (2)$$

$G$  – гравитационная const;

$G_f$  – const Ферми;

$K$  - статистический фактор, характеризующий плотность Вселенной.

В выражении (2) известны все константы, кроме  $K$ :

$$K = 1 + \frac{7}{8} \sum_{i=\text{фермионы}} \frac{g_i}{2} \left( \frac{T_i}{T} \right)^4 \quad (3)$$

Заметим, что в этом выражении не учтены бозоны, т к температура  $T=1 \text{ MeV}$  слишком мала для их появления. Глюоны мы также не учитываем, потому что в момент закали существовали только те глюоны, которые находились внутри нейтронов и протонов; остальные исчезли во время резкого фазового перехода из кварк-глюонной плазмы.

Подставим значения в (3):

$$K = 1 + \frac{7}{8} \cdot \left( 2 \cdot \frac{2}{2} (e) + 1 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} (\nu) \right) = 3,625 \quad (4)$$

В (4) учтено, что существует только одно поколение фермионов.

На данном этапе мы можем предположить, что температура закали в этом случае была

бы ниже и достигалась быстрее, чем в стандартном случае 3-х поколений фермионов. Но на темп расширения это не может повлиять, т.к. он обусловлен наличием критической энергии, а она неизменна.

Общий вид (2) говорит нам о том, что при изменении температуры изменится только параметр плотности  $K$ , а значит, можно оценить отношение концентраций  $n$  и  $p$  в случае одного сорта нейтрино:

$$\left(\frac{n}{p}\right)' = e^{-\frac{\Delta m}{T} \left(\frac{K}{K'}\right)^{1/6}} = \left(\frac{n}{p}\right)^{(K/K')^{1/6}} \quad (5)$$

$K'$  – концентрация гелия при одном поколении;

$K$  – текущая концентрация гелия (данные взяты из учебника Хлопов М. Ю. “Основы космомикрoфизики”).

Напомним, что стандартное  $n/p = \frac{1}{7}$ , а  $K = \frac{43}{8} = 5,375$ .

Подставляем  $K$ ,  $K'$  и  $n/p$  в (5) и получаем:

$$\left(\frac{n}{p}\right)' = 0,127$$

Отсюда получаем долю  $He$ :

$$\frac{He}{Barion} = \frac{2 \cdot (n/p)}{1 + n/p} = 0,225 \quad (6)$$

Этот результат не согласуется с 0,25, не попадая даже в пределы погрешности (на данный момент нет технической возможности вставить рис 5.1 стр 165 “Лекции по основам электрослабой модели и космофизике”, Емельянов Е. М., Белоцкий К. М.).

Т.о. показано, что в нашем мире существование только одного поколения фермионов невозможно.

## Построение модели.

В рамках теории хаотической инфляции, амплитуды обычных и зеркальных инфлатонов могут быть различны, что приводит к доменной структуре в распределении обычного и зеркального вещества. Если амплитуда обычных инфлатонов будет равна амплитуде зеркальных, то получим зеркальный и обычный миры, развивающиеся параллельно и одинаково.

## Одинаковое развитие зеркального мира с одним поколением лептонов и обычного мира с тремя.

Теперь предположим, что в нашем мире 3 поколения фермионов, а в зеркальном (теновом) мире только одно. Также полагаем, что стандартный мир и зеркальный развиваются параллельно и абсолютно одинаково, оказывая воздействие друг на друга.

В этом случае поколение фермионов теневого мира оказывает влияние на концентрацию  $He\ 4$  :

$$K = 1 + \frac{7}{8} \cdot (4(e) + 4 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2}(\nu)) = \frac{56}{8} = 8$$

Пройдя цепочку, аналогичную (4)-(6), получим:

$$\frac{He}{Barion} = \frac{2 \cdot (n/p)}{1 + n/p} = 0,279 \quad (7)$$

Полученная концентрация также не попадает в рамки ограничений.

## Различное развитие обычного и зеркального миров

Для того, чтобы после инфляции доминировали обычные частицы, амплитуда обычных инфлатонов должна быть выше, чем амплитуда зеркальных (при условии разделения инфлатонов на зеркальные и обычные). В этом случае зеркально асимметричная инфляция за счет обыкновенных инфлатонов соответствует экспоненциально малой плотности зеркального вещества под современным космологическим горизонтом.

Из-за малой плотности, зеркальный мир практически не оказывает влияния на концентрацию  $He\ 4$  обычного мира, т.е. полученное значение концентрации гелия не будет превышать 0,25 в пределах погрешности.

При развитии такого сценария, зеркальный мир будет иметь меньшую температуру закали, а значит, будет холоднее. Вклад релятивистских составляющих подавлен, что увеличивает долю зеркальных барионов по сравнению с обычными. Предположим, что эти зеркальные барионы и есть скрытая материя.

Если каждой частице обычного мира соответствует зеркальный партнер, то существует симметрия при переходе от левых частиц к правым. Но в рассматриваемом теновом мире всего одно поколение, а следовательно, при таком переходе симметрия нарушается. Значит, гравитационного взаимодействия между объектами миров недостаточно, и необходимо еще одно взаимодействие, компенсирующее это нарушение симметрии.

Рассмотрим  $U(1) \times U(1)'$  электродинамику, содержащую электрон  $\psi = el + er$  с фотоном  $A$  и зеркальный электрон  $\psi'$  с фотоном  $A'$ . Член лагранжиана, отвечающий за кинетическое смешивание обычных и зеркальных фотонов, имеет вид:

$$L = -\epsilon F_{\mu\nu} F'^{\mu\nu} \quad (8)$$

Из-за смешивания переходим от физического фотона к линейной комбинации  $A$  и  $A'$ .  
Взаимодействие между обычным  $e$  и  $A'$  описывается диаграммой:



Аналогично описывается взаимодействие поля  $A$  с зеркальным электроном:



Т.о. Эффект кинетического смешивания — обычное взаимодействие между обычным и зеркальным нейтрино с эффективным зарядом  $2\epsilon e$ .

Возможны и другие эффекты: т к поле  $A'$  взаимодействует очень слабо с обычной материей, то можно ожидать, что оно переносит энергию изнутри звезды. Это ускоряет эволюцию звезды и устанавливает строгий верхний предел на  $\text{const}$  взаимодействия (например, на параметр смешивания  $\epsilon$ ).

Однако, следует учесть наложение между излучением обычных и зеркальных фотонов  $A$  и  $A'$ . Удобно ввести новое поле:

$$A1 = \frac{A + 2\epsilon A'}{\sqrt{1 + 4\epsilon^2}} \quad (9)$$

$$A2 = \frac{A' - 2\epsilon A}{\sqrt{1 + 4\epsilon^2}} \quad (10)$$

(9) — поле физического фотона, взаимодействующего с обычной материей;

(10) - поле стерильного фотона.

Тогда можно предположить, что внутренняя часть обычных звезд поглощает и испускает только фотонное поле  $A1$ . Т к смешивание не учитывается, то аргументы, основанные на потерях энергии звезд не могут дать значение параметра смешивания.

Аналогично, для зеркального мира:

$$A1' = \frac{A' - 2\epsilon A}{\sqrt{1 + 4\epsilon^2}} \quad (11)$$

$$A2' = \frac{A - 2\epsilon A'}{\sqrt{1 + 4\epsilon^2}} \quad (12)$$

(11) - физический фотон зеркального мира;

(12) - стерильный фотон зеркального мира.

Используя этот механизм смешивания, можно обнаружить излучение звезд зеркального вещества:

$$A1' = \frac{1 - 4\epsilon^2}{1 + 4\epsilon^2} A2 + 4 \frac{\epsilon}{1 + 4\epsilon^2} A1 \quad (13)$$

Если это соотношение сохраняется, то константа взаимодействия зеркального фотона с обычной материей:

$$g = 4 \frac{\epsilon}{1 + 4 \epsilon^2} e \quad (14)$$

### Выводы.

При рассмотрении предполагаемого мира возникают противоречия:

1. Одно поколение в нашем лептонов запрещено экспериментальными и ускорительными данными;
2. Обычный и Зеркальный миры не могут развиваться параллельно и одинаково.

Различие количеств поколений лептонов в обычном и зеркальном мирах приводит к нарушению симметрии перехода от левых частиц к правым. Для компенсации нарушения введен механизм смешивания зеркальных и обычных фотонов, который также позволяет теоретически обнаружить излучение зеркальных звезд.



## Список литературы.

- [1] Ли, Янг «Вопрос сохранения симметрий в электрослабом взаимодействии», 1955г.
- [2] Wu C S, Ambler E, Hayward R W, Hoppes D D, Hudson R P  
«Experimental test of parity conservation in beta decay» , 1957.
- [3] Блинников С И, Хлопов М Ю  
«О возможных проявлениях зеркальных частиц», 1982г.
- [4] Blinnikov S I, Khlopov M Y  
«Excitations of the solar oscillations by objects consisting of y-matter»,  
1983г.
- [5] Блинников С И, Хлопов М Ю  
«О возможных астрономических проявлениях нейтральных частиц»,  
1983г.
- [6] Емельянов В М, Белоцкий К М  
«Лекции по основам электрослабой модели и новой физике», Москва 2007г.
- [7] Хлопов М Ю «Основы космомикрoфизики», изд Идиториал УРСС, 2004
- [8] R Foot, A Y Ignatiev, R R Volkas «Physics of mirror photons», 2000г.
- [9] Zurab Berezhiani, Luis Bento «Bariogenesis: The Lepton Leaking Mechanism», 2001г.