

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Кафедра №40 «Физика элементарных частиц»

Реферат по теме:
«Теневой мир с двумя поколениями фермионов»

Группа: Т09-40

Выполнила: Бородихина Л.А.

Москва 2014

Содержание

1. Введение.....	
2. Описание модели.....	
3. Построение модели.....	
4. Анализ результатов.....	
5. Заключение.....	
6. Список литературы.....	

Введение

“Зеркальный” или “теневой” мир – представляет собой скрытый сектор Вселенной. Понятие о зеркальных частицах и зеркальной материи было впервые введено Ли и Янгом для объяснения нарушения Р-четности в процессах слабого взаимодействия.

Нарушение пространственной четности приводит к неэквивалентности левых и правых координат. В результате чего становятся возможны переходы от левой координатной системы к правой, что отвечает зеркальному отображению процесса. Таким образом, несохранение Р-четности приводит к процессам, которые не существуют в природе. Также нарушение пространственной четности указывает на то, что у пространства-времени имеется некая предпочтительная ориентация.

Для восстановления эквивалентности левого и правого Ли и Янгом было предположено существование зеркальных партнеров для всех известных частиц. Так, на основе идеи о СР-инвариантности, античастицы были отождествлены как зеркальные партнеры обычных частиц. Однако открытие СР-нарушения выявило ошибочность этого выбора.

В 1956 Кобзарев, Окунь И Померанчук показали, что зеркальные частицы не могут принимать участия в тех же взаимодействиях, что и привычные частицы. Таким образом частицы определенной зеркальности являются стерильными по отношению к взаимодействиям другой зеркальности.

В настоящее время предполагается, что зеркальные и обычные частицы могут взаимодействовать друг с другом за счет кинетического смешивания фотонов. Также предполагается, что зеркальный и обычный мир идентичны не полностью, и строение зеркального мира может быть отличным от строения привычного мира. В этом случае зеркальный мир называется “теневым” миром.

Цель работы

Рассматривается модель теневого мира с двумя поколениями фермионов, существующего помимо обычного мира. Дается оценка космологических эффектов, позволяющих проверить достоверность модели.

1. Модель теневого мира

Предполагается, что во Вселенной присутствуют как обычные частицы, так и теневое вещество. Причем, все виды взаимодействий и свойства частиц обоих типов одинаковы.

Предположим, что существует теневой мир с двумя поколениями фермионов. Пусть значения масс фермионов и их соотношения для теневого мира совпадают:

- $m_e \simeq m_e = 0.5 \text{ MeV};$
- $m_\mu \simeq m_\mu = 105,6 \text{ MeV};$
- $m_u \simeq m_u = 2.3 \text{ MeV};$
- $m_d \simeq m_d = 4.8 \text{ GeV};$
- $m_c \simeq m_c = 1.25 \text{ GeV};$
- $m_s \simeq m_s = 95 \text{ MeV};$

Также считаем, что в теневом мире существуют безмассовые теневые фотоны, глюоны, а также бозоны слабого взаимодействия с массами:

- $\mathcal{W}^\pm \simeq W^\pm = 80.4 \text{ MeV};$
- $\mathcal{Z}^0 \simeq Z^0 = 91.2 \text{ MeV};$

Считаем, что в теневом мире возможны переходы между фермионами первого и второго поколений, зависящие лишь от угла смешивания Θ_c - аналогичного углу Кабибо в СМ. Таким образом, из-за отсутствия в модели третьего поколения фермионов, обеспечивающего СР-нарушение, в

зеркальном мире избыток теневой барионной материи не образуется, так как не выполняются все условия Сахарова.

Одним из возможных механизмов генерации барионной асимметрии является механизм, предложенный Аффлеком и Дайном[1]. Для того, чтобы барионное вещество могло генерироваться в теневом мире по средствам этого механизма, необходимо введение супер-симметричных партнеров теневых частиц.

Предположим, что в теневом мире супер-симметрия нарушена так же, как и в обычном мире, тогда массы частиц супер-партнеров примем[1]:

- $m_{\chi_i^0}^* = 46 \text{ GeV};$
- $m_{\chi_i^\pm}^* = 94 \text{ GeV};$
- $m_e^* = 73 \text{ GeV};$
- $m_\mu^* = 94 \text{ GeV};$
- $m_q^* = 379 \text{ GeV};$

2. Инфляция

В рамках модели хаотической инфляции, предложенной Линде, начальные амплитуды инфлатонов могут быть разными, что приводит к образованию доменной структуры в распределении зеркального и обычного вещества.

Предполагаем, что инфлатон не имеет определенной зеркальности. Тогда после инфляции рождается равное количество обычных и теневых частиц.

Бариогенезис осуществляется по средствам механизма Аффлека-Дайна.

3. Нуклеосинтез

Оба сектора должны были иметь различные начальные условия формирования, чтобы избежать конфликта с общепринятой моделью первичного нуклеосинтеза (BBN). BBN ограничивает эффективное число сортов легких нейтрино, а также дает отношение температур S- (теневого) и O-секторов (обычное наблюдаемое вещество Вселенной):

$$x = \frac{T'}{T} \leq 0.64$$

Для получения таких результатов должны выполняться следующие условия:

1. После Большого Взрыва обе системы рождаются с различными температурами, причем:

$$T_s < T_o$$

2. Обе системы взаимодействуют очень слабо и не находятся в состоянии термодинамического равновесия друг с другом;
3. Оба сектора расширяются адиабатически;

Оценим эффекты зеркальных частиц на параметры первичного космологического нуклеосинтеза.

Эпоха первичного нуклеосинтеза начинается с температур $\sim 1 \text{ MeV}$ и продолжается до температур $\sim 10 \text{ keV}$. В это время нейтроны, входившие в состав космической плазмы, объединяются с протонами в легкие ядра.

Время свободного пробега:

$$\tau \sim [G_f^2 T^5]$$

С другой стороны:

$$\tau \sim H(t)^{-1},$$

Где: $H(t) = 0.5t \sim G^{1/2} \mathcal{N}^{1/2} T^2$

Тогда получим: $T \sim G_f^{-2/3} G^{1/6} \mathcal{N}^{1/6} \propto \mathcal{N}^{1/6}$.

\mathcal{N} - число степеней свободы,

$$\mathcal{N} = \mathcal{N}_o + \mathcal{N}_m;$$

$$\mathcal{N}_o = 2 + \frac{7}{8}(2 \cdot 2 + 2 \cdot 3) = 43/4;$$

$$\mathcal{N}_m = 2 + \frac{7}{8}(2 \cdot 2 + 2 \cdot 2) = 36/4;$$

$$\mathcal{N} = 79/4;$$

И теперь можем записать выражение для n/p-отношения при условии существования двух миров:

$$(n/p) = e^{-\Delta m/T};$$

$$(n/p) = e^{-\Delta m(\mathcal{N}_0/(\mathcal{N}_m+\mathcal{N}_0))^{1/6}} = e^{-0.544\Delta m};$$

$$(n/p) = 0.57;$$

Оценим содержание первичного гелия при наличии теневого мира:

$$(Y_p)_s = \frac{2*(n/p)}{1+(n/p)} = 0.72;$$

В настоящее время оценки распространенности первичного гелия дают: $Y < 0.25$.

Полученное значение доли первичного гелия в предлагаемой модели не согласуется с наблюдаемыми данными, таким образом исключается однородная смесь из теневого и обычного вещества.

Список литературы

1. Хлопов М.Ю., «Основы космомикрoфизики», М.:УРСС, 2010;
2. С. Вайнберг, «Космология», М.:УРСС, 2013;
3. L.B. Okun ,Mirror particles and mirror matter: 50 years of speculation and search, Phys.Usp.50:380-389,2007;
4. Z.G. Berezhiani, A.D. Dolgov, R.N. Mohaparta, Asymmetric Inflationary Reheating and the Nature of Mirror Universe, Phys.Lett.B375:26-36,1996;
5. Z.G. Berezhiani, The Early Mirror Universe: Inflation, Baryogenesis, Nucleosynthesis and Dark Matter, Phys.Lett.B503:362-375,2001;
6. Eric D. Carlson and S. L. Glashow,Nucleosynthesis versus the mirror Universe, Phys. Lett. B193 (1987) 168-170;
7. Z.G. Berezhiani, Mirror World and its Cosmological Consequences, Int. J. Mod. Phys. A19:3775-3806, 2004;
8. Cosmology with mirror dark matter II: Cosmic Microwave Background and Large Scale Structure, arXiv:astro-ph/0409633;
9. Hitoshi Murayama, SUPERSYMMETRY PHENOMENOLOGY, arhXiv:hep-ph/000222;
10. Csaba Bal´azs, Anupam Mazumdar, Ernestas Pukartase, Graham White, Baryogenesis, dark matter and inflation in the Next-to-Minimal Supersymmetric Standard Model, arXiv:1309.5091;

