**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 предполагаемого 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 выбор.

В 1966 Кобзарев, Померанчук и Окунь 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 и гравитационного взаимодействия. 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:

* 𝓂e $≃$me = 0.5 MeV;
* 𝓂𝝁 $≃$m𝝁 = 105,6 MeV;
* 𝓂u $≃$mu = 2.3 MeV;
* 𝓂d $≃$md = 4.8 GeV;
* 𝓂c $≃$mc= 1.25 GeV;
* 𝓂s $≃$ms = 95 MeV;

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

* 𝒲$\pm $$≃$ W$\pm $= 80.4 MeV;
* 𝓩0$≃$Z0= 91.2 MeV;

Считаем, что в теневом мире возможны переходы между фермионами первого и второго поколений, зависящие лишь от угла смешивания 𝞡с - 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[]. Для того, чтобы барионное вещество могло генерироваться в теневом мире по средством 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[]:

* m✦ϰ0i = 46 GeV;
* m✦ϰ$\pm $i= 94 GeV;
* m✦e = 73 GeV;
* m✦𝞵 = 94 GeV;
* m✦q = 379 GeV;

Так же предполагаем, что в теневом мире присутствуют теневые нейтрино, обладающие следующими свойствами:

* 𝝂es : m = 35 eV, 𝛕 = 108 лет;
* 𝝂𝜇s : m = 90 eV, 𝛕 = 109 лет;

  **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 средством 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 О-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:

 ТS$<$То

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

Оценим эффекты зеркальных частиц на параметры первичного космологического нуклеосинтеза.

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

Время свободного пробега:

 𝜏$∼$[Gf2T5]

С другой стороны:

 𝜏$∼$H(t)-1,

Где: $$H(t)=0.5t$∼$G1/2𝒩 1/2T2

Тогда получим: Т $∼$Gf-2/3G1/6𝒩 1/6∝𝒩 ⅙.

𝒩 = 𝒩 о+ 𝒩 m, где:

* 𝒩 о = 2 + ⅞(2\*2 + 2\*3) = 43/4 - число релятивистских степеней свободы для обычного вещества;
* 𝒩 s = 2 + ⅞(2\*2 + 2\*2) = 36/4 - число релятивистских степеней свободы для теневого вещества;

В итоге получаем:

𝒩 = 79/4;

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

(n/p) = e-∆m/T;

(n/p) = e-∆m(𝒩 о /(𝒩 s+𝒩 о))⅙ = e-0.544∆m;

(n/p) = 0.57;

Оценим содержание первичного гелия при наличии теневого мира:

(Yp)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.

Вычислим температуру закалки нейтрон-протонного соотношения для теневого мира:

Т =(1.2×MPl✳×GF2)$\frac{1}{3}$;

MPl✳ = $\frac{Mₚₗ}{1.66×\sqrt{}𝒩Nₛ}$

Для теневого мира : 𝒩 s = 2 + ⅞(2\*2 + 2\*2) = 36/4, тогда температура закалки Ts = 0.79 MeV.

Тогда:

 (n/p)S = 0.27;

И оценка содержания первично гелия в теневом мире дает:

(YHe)s = 0.43;

**Список литературы**

1. Хлопов М.Ю., «Основы космомикрофизики», 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;

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
|  |

#