Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Кафедра №40 «Физика элементарных частиц»

Реферат по теме:

«Теневой мир с одним поколением фермионов»

Выполнил: студент

группы Т01-40М

Моисеев В.В.

Проверил: Хлопов М.Ю.

Москва – 2016

Содержание

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc440917984)

[Теневой мир с одним поколением фермионов 3](#_Toc440917985)

[Модель 3](#_Toc440917986)

[Инфляция и бариосинтез 3](#_Toc440917987)

[Нуклеосинтез 4](#_Toc440917988)

[Скрытая масса 6](#_Toc440917989)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 7](#_Toc440917990)

[Список использованной литературы 8](#_Toc440917991)

# ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является рассмотрение модели теневого мира с одним поколением фермионов, оценка космологических эффектов, позволяющих оценить уровень достоверности модели.

Гипотеза о наличии тёмной материи во Вселенной была выдвинута Фрицем Цвикки [1] ещё в 1933 г. В работе [1] Цвикки предположил, что в скоплении галактик Кома много невидимого вещества. Зеркальное вещество является одним из допустимых частичных кандидатов в темную материю.

Термин «зеркальные частицы» ввели Ли и Янг [2] в 1956 г. В работе [2] Ли и Янг ввели понятие правых частиц, но их R-вещество не относилось к скрытому сектору. Позже в статье 1966 г. Кобзарева, Окуня и Померанчука [3] была фактически предложена первая модель темной материи. В статье [3] было показано, что если существуют "зеркальные" частицы, восстанавливающие СР-симметрию, то они могут взаимодействовать с обычными частицами только очень слабо: по гравитационному или слабому взаимодействию. Но после открытия W и Z бозонов слабое взаимодействие между мирами было исключено.

Предполагается, что каждой обычной частице существует аналогичная зеркальная частица с точно такой же массой, как и у обычной частицы.

# Теневой мир с одним поколением фермионов

## Модель

Предположим, что существует теневой мир с одним лишь поколением фермионов. Пусть значения масс фермионов и их соотношения для теневого мира совпадают с аналогичными значениями для обычного мира.

Предположим, что в теневом мире также присутствуют калибровочные бозоны: W, Z, фотоны, глюоны и нейтрино.

Материя в обычном мире состоит из частиц первого поколения, что верно и для материи теневого мира.

## Инфляция и бариосинтез

В рамках модели хаотической инфляции начальные амплитуды обычных и зеркальных инфлатонов могут быть различными. Предполагается, что в областях, где амплитуда обычных инфлатонов выше, после инфляции должны доминировать обычные частицы, а примесь зеркальных частиц должна быть экспоненциально мала. И наоборот, доминантность зеркальных инфлатонов приводит к незначительной плотности обычных частиц после инфляции. Если инфлатон не имеет определенной зеркальности и после инфляции рождается равное количество обычных и зеркальных частиц, то доменная структура может сформироваться из-за случайной локальной асимметрии амплитуд обычного и зеркального скалярных полей в различные периоды после общей инфляции, например, в фазовых переходах [4].

В нашей модели предполагается, что амплитуда обычных и зеркальных инфлатонов совпадает и развитие миров идет параллельно.

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, либо существует механизм СР-нарушения, отличающийся от данного механизма в Стандартной Модели.

Известно, что в нашем мире барионное число *B*>0. В нашей модели для теневого мира предполагается, что *Bs*>0.

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 два сектора были рождены с двумя разными температурами, *Ts*<*T*0;
2. взаимодействие между секторами слабое, термодинамическое равновесие не устанавливается;
3. оба сектора расширяются адиабатически.

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

## Нуклеосинтез

Рассмотрим стадию первичного нуклеосинтеза. 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, *T* – температура Вселенной. Отношение концентрация определялось температурой закалки:

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

где – количество спиновых состояний, температура фотонной компоненты, . Так как на стадии нуклеосинтеза МэВ, то бозоны не будут давать вклад.

Для теневого мира с одним поколением фермионов. В этом случае:

Значения в обычном мире для 3-х поколений фермионов , . Тогда:

Большинство нейтронов переходят в 4He. Образования более тяжелых ядер не происходит, потому что стабильных ядер с атомными массами 5 и 8 не существует. Оценим долю первичного теневого гелия:

Чтобы оценить влияние теневого мира на обычный необходимо учитывать общий фактор:

в котором отношение температур для теневого мира считаем равным 0,9.

Отношение температур закалки в обычном мире и мире, предполагаемом в нашей модели:

Тогда:

Доля первичного гелия:

Экспериментально полученное значение доли гелия =24.9±1.8 %.

Полученный результат для нашей модели не входит в данный предел, но взятое отношение температур теневого и обычного мира не будет вступать в противоречие с экспериментальными данными и не исключает однородную смесь обычного и зеркального вещества.

## Скрытая масса

В предложенной модели плотность барионов и их масса предполагаются равными плотности барионов и их массам для обычного мира.

Данная модель теневого мира способна объяснить существование скрытой массы Вселенной при условии того, что температура теневого мира меньше температуры обычного [7].

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]

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

При выборе определенным образом температуры теневого мира не исключается однородная смесь обычного и зеркального вещества.

При , сохранении симметрии между массами частиц и плотностью барионной материи данная модель может объяснить скрытую массу Вселенной.

# Список использованной литературы

[1] Zwicky F Helv. Phys. Acta 6 110 (1933);

[2] Lee T D, Yang C N Phys. Rev. 104 254 (1956);

[3] Кобзарев И Ю, Окунь Л Б, Померанчук И Я ЯФ 3 1154 (1966);

[4] Dubrovich V.K., Khlopov M. Yu., On the domain structure of shadow matter. Astron. Zh. (1989), V. 66, PP. 232-240. English translation: Sov. Astron. (1989), V.33, no.2, P.116;

[5] Хлопов М.Ю., «Основы космомикрофизики», М.: Едиториал УРСС, 2004;

[6] Блинников С И "Зеркальное вещество и другие модели для тёмной материи" УФН 184 194–199 (2014);

[7] Berezhiani Z., THROUGH THE LOOKING-GLASS: ALICE’S ADVENTURES IN MIRROR WORLD, arXiv:hep-ph/0508233v1;

[8] Foot R., Mirror dark matter explanation of the DAMA, CoGeNT and CRESST-II data, arXiv:1211.1500v1.