Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Реферат

Космомикрофизика модели

Выполнил студент:

Смирнов Н. Д.

Группа: Т9-40

Преподаватель:

Хлопов М.Ю.

Москва

2013 г.

Введение

Последние 50 лет наука стремится объединить две теории: квантовую теорию и теорию гравитации. Одним из главных кандидатов на подобное объединение является теория струн. Во-первых, она объединяет все частицы и, следовательно, взаимодействия, поскольку все они являются различными модами колебаний струн. Во-вторых, в отличие от попыток квантования теории Эйнштейна, теория струн является менее расходящейся или полностью конечной и в ней почти отсутствуют непредсказуемые результаты.

Основная идея феноменологии суперструн заключается в сведении конечной теории струн к единой теории поля, воспроизводящей стандартную модель электрослабого и сильного взаимодействий в пределе низких энергий.

Не сингулярные теории бозонных струн могут быть построены только в 26 измерениях. Не сингулярные теории фермионных струн – в 10 измерениях. С дальнейшим использованием суперсимметрии возможно объединить оба подхода и построить модель суперструн, в которой каждая бозонная степень свободы будет отвечать фермионной степени свободы и наоборот. В гетеротической модели суперструн начальная калибровочная группа берётся в десятимерном пространстве как , где отвечает за мир обычных частиц, а - за их зеркальные партнёры. После нарушения начальной группы до симметрии , изначальная симметрия между обычным и зеркальным секторами нарушается и ненарушенная описывает «теневой» мир. Этот «теневой» мир может действовать на обычные частицы за счёт гравитационных эффектов и кинетического смешивания зеркальных бозонов с обычными. Группа содержит в себе группы Стандартной Модели. Нарушение группы происходит в результате компактификации изначального 10-мерного пространства-времени до , где – пространство Минковского, а – компактифицированное 6-мерное пространство. Как показано Грином, Шварцем, Виттеном [3] существует возможность связать число поколений фермионов с Эйлеровой характеристикой компактифицированного многообразия. Эта связь описывается выражением . Эйлерова характеристика показывает число кручений в пространстве *K*.

Нетривиальные эффекты, предсказываемые феноменологией суперструн на размерах компактификации, не могут быть проверены никакими прямыми экспериментами. Поэтому наблюдение всех возможных непрямых космологических, астрофизических и физических эффектов важно для изучения теорий Всего.

Теневой мир представляет собой один из подобных эффектов. Его существование может быть исследовано напрямую только астрономически. Косвенный способ определения его возможных свойств – использовать изначальную зеркальную симметрию и проследить картину её нарушения [я не очень понимаю, что именно здесь надо было исправить].

С другой стороны, набор механизмов компактификации с нарушением симметрии использует нетривиальную топологию компактных многообразий (орбифолдов), что ведет к предсказанию гомотопически стабильного объекта с массой , где это радиус компактификации и упругость струны. Эти объекты стерильны относительно калибровочных взаимодействий и могут воздействовать на обычную материю только гравитационно. Это приводит к невозможности проверить существование таких объектов на данный момент.

Петли Вильсона и новый калибровочный заряд

Опишем механизм нарушения симметрии с использованием, так называемых, петель Вильсона при условии, что подгруппа симметрии SU(3) Стандартной Модели остаётся не нарушенной.

После компактификации в пространстве-времени существует множество топологических классов нестягиваемых петель γ.

Для каждой γ можно определить

, (1)

Где – локальное калибровочное поле в , являющееся чистой калибровкой и отвечающее силе в локально равной нулю. Такие подчинены некому общему ограничению. Пусть и — две различные нестягиваемые петли в *K*, начинающиеся и оканчивающиеся в одной и той же точке x. Групповая структура фундаментальной группы определяется так, что произведение это петля, которая проходит сначала по , а затем по. Используя это определение мы видим:

Откуда получается:

Уравнение (3) описывает отображение как гомоморфизм фундаментальной группы в . Как только такой гомоморфизм выбран, группа нарушается до подгруппы, коммутирующей со всеми калибровочно-ковариантными составными поля .

Рассмотрим ситуацию, когда фундаментальная группа многообразия *K* представляет собой абелеву группу. Если абелева группа, то различные коммутируют друг с другом. В таком случае все могут быть моментально сведены к:

 (4)

Но если группа не абелева, то возникает новая возможность. Если двумерно неприводимое представление группы , то можно положить.

 (5)

Здесь , а и представляют собой одномерные представления группы , причём является кубическим корнем из единицы при всех . Эта структура оставляет ненарушенной группу ранга 5, которая в отсутствии других ограничений на матричные элементы в выражении (5) имеет вид . Две подгруппы отвечают и . На самом деле это самая малая группа, до которой можно нарушить с помощью одних только петель Вильсона, сохраняя ненарушенной стандартную модель, поскольку каждая -матрица, коммутирующая с группой стандартной модели, коммутирует как с , так и с .

Таким образом, если симметрия нарушена только петлями Вильсона, то должно существовать, по крайней мере, ещё одно дополнительное калибровочное взаимодействие, и можно определить свойства этого взаимодействия. Мы приписываем новое взаимодействие к 4 поколению фермионов, предсказываемому в рамках феноменологии суперструн, и найдём, что новое поколение фермионов обладает как минимум ещё одной сохраняющейся величиной.

Следует указать, что мы полностью исключаем смешивание между четвертым поколением фермионов и тремя известными. Формально это может быть достигнуто использованием следующей длинной производной:

где, Y – оператор нового сохраняющегося калибровочного заряда, новый заряд равен нулю для трёх известных семейств фермионов и не нулевой для 4 поколения.

В общем, нарушение симметрии может привести к большому числу низкоэнергетичных теорий. Однако, условие наличия симметрии Стандартной Модели при низкоэнергетичном пределе, резко ограничивает число возможных решений. Следуя Виттену, можно использовать последние данные по измерению углов Вайнберга и определить два наиболее реалистичных случая симметрий в низкоэнергетичных теориях: и

В рамках теории реальный мир описывается симметрией нарушенной до подгруппы, содержащей симметрию Стандартной Модели. симметрия имеет 78 калибровочных бозонов, в которые входят известные нам 12 бозонов Стандартной Модели. Таким образом, существует ещё 66 неизвестных нам бозонов, которые описывают новые взаимодействия. Все известные частицы или не участвуют в этих взаимодействиях, или участвуют сверхслабо. Более того, должны существовать частицы, участвующие в этих взаимодействиях и не принимающие участие, по меньшей мере, в электромагнитном, слабом и сильном взаимодействиях.

**Инфляция**

Поскольку нарушается до суперсимметричной модели ВО и модели теневого мира, то можно сделать вывод, что инфляцию в этом случае можно описывать суперсимметричными моделям. Например, моделью зеркального мира. В рамках модели хаотической инфляции начальные амплитуды обычных и зеркальных инфлатонов могут быть различными, что приводит к образованию доменной структуры в распределении обычного и зеркального вещества. [2]

Бариосинтез

Аналогичным образом суперсимметричные сценарии бариосинтеза так же могут описывать эту модель. К примеру, механизм Аффлека-Дайна создания барионной асимметрии во Вселенной, которая использует суперсимметричные «плоские направления» [11]. Согласно этому сценарию, конденсат формируется в инфляционную эпоху вдоль полей «плоских направлений». Ненулевое вакуумное ожидаемое значение (VEV) спонтанно нарушает C и CP-симметрии. В результате, во время пост-инфляционного развития операторы нарушения барионного числа приводят к вращению VEV. Если поля «плоских направлений» имели ненулевое барионное число, то повёрнутый конденсат несёт в себе барионную асимметрию. Эта асимметрия передаётся обычным частицам, когда конденсат распадается на фермионы [12].

Поколения фермионов

Изначально, на эксперименте EGRET, было показано, что аннигиляция нейтрино 4 поколения в гало может дать объяснение фону галактических лучей свыше 1 ГэВ [7,9]. Сахаровское усиление, за счёт нового дальнодействующего взаимодействия четвёртого нейтрино, подтверждает это утверждение, поэтому все наблюдаемые потоки могут происходить от этого механизма при определённых значениях . Новое взаимодействие так же может усиливать сигнатуру аннигиляции чётвертых нейтрино в спектрах космических позитронов. К тому же, как показано в [13], существует механизм y-рекомбинации нейтрино нового поколения, который приводит к их аннигиляции, что даёт вклад в гамма-излучение в диапазонах энергий, измеренных на EGRET.

Однако в новых исследованиях изотропного фонового гамма-излучения на эксперименте Fermi-LAT отсутствуют особенности в спектре излучения, которые могли бы подтвердить результаты EGRET [14]. Так же данные эксперимента Xenon100 ограничивают массу стабильного Майорановского нейтрино в пределах от 175 ГэВ. При этом не отрицается возможность существования нейтрино, масса которого находится в пределах от 55 ГэВ до 175 ГэВ, которое соответствует не более чем 1% общей реликтовой плотности.

Скрытая масса

В рамках модели может существовать тяжёлое нейтрино 4 поколения, которое может быть стабильным и давать вклад в реликтовую плотность скрытой массы во Вселенной. За счёт их сильной взаимосвязи с частицами Стандартной Модели, они могут быть проверены как прямыми, так и косвенными экспериментами по поиску скрытой массы, даже если они являются субдоминантной компонентой скрытой массы.

Так же стоит учитывать многокомпонентность скрытой массы за счёт существования теневого сектора, в котором имеется 248 материальных полей и 248 взаимодействий, дающие возможный вклад в скрытую массу.

Заключение

Рассматриваемая в реферате модель , как и любая модель в теории струн, не имеет возможности её прямого подтверждения. Однако в рамках феноменологии гетеротических струн имеется доступ к методам космомикрофизики для проверки некоторых её следствий, таких как гомотопически стабильные объекты и теневой мир. С другой стороны, условие воспроизведения Стандартной Модели с тремя поколениями фермионов строго ограничивает возможные расширения Стандартной Модели. Это ставит существование 4 поколения фермионов и новое калибровочное взаимодействие в один ряд с предсказанием суперсимметричных частиц. Таким образом, возникает вопрос о возможной взаимосвязи между предсказываемыми свойствами фермионов 4 поколения и SUSY частиц и, в частности, между двумя кандидатами на роль скрытой массы, нейтралино и стабильное тяжелое 4ое нейтрино.

Изначальные данные с подземного эксперимента DAMA и измерения галактического гамма фона на EGRET согласовались гипотезой о существовании стабильного Дираковского нейтрино нового поколения с массой порядка 50 ГэВ. Позже, коллаборацией Fermi-LAT, была исключена возможность существования подобного нейтрино, и на эксперименте Xenon100 было предсказано существование тяжёлого стабильного Майорановского нейтрино с минимальной массой в 175 ГэВ. Так же гипотеза о стабильном тяжелом нейтрино 4 поколения естественно включается в рамки феноменологии суперструн со свободной от аномалий калибровочной симметрией.

Таким образом, поиск астрофизических и физических эффектов тяжёлого стабильного нейтрино нового поколения является шагом к Теории Всего и открытия новой физики. А так же это может стать экспериментальной проверкой результатов, полученных теорией суперструн.

Список литературы

1. M. Yu. Khlopov, K. I. Shibaev “New physics from superstring phenomenology”, Grav. Cosmol. Suppl., 8N1, 45-52, 2001
2. М. Ю. Хлопов «Основы космомикрофизики», М.:Едиториал УРСС,2004.— 368с.
3. М. Грин, Дж. Шварц, Э. Виттен «Теория суперструн», М.: Мир, 1990 - с. 442
4. М. Каку «Введение в теорию суперструн», М.:Мир,1999.-624с.
5. Б. Цвибах «Начальный курс теории струн», М.:УРСС, 2011- 784с.
6. Belotsky K.M. and Khlopov M. Yu. And Shibaev K.I. , “Composite Dark Matter and its Charged Constituents”, Grav.Cosmol., 12, 93-99, 2006
7. D. Fargion, M.Yu.Khlopov, R.V.Konoplich and R.Mignani, astro-ph/9903096
8. D. Fargion, M.Yu.Khlopov, R.V.Konoplich and R.Mignani, astro-ph/9810048
9. D. Fargion, R.Konoplich M.Grossi, M.Khlopov, astro-ph/9809260
10. D. Fargion, M.Yu.Khlopov, R.V.Konoplich and R.Mignani, “Bounds on very heavy relic neutrinos by their annihilation in Galactic halo”
11. I. Affleck and M. Dine, “A new mechanism for baryogenesis”, Nucl. Phys. B, 1985 doi:10.1016/0550-3213(85)90021-5
12. Rouzbeh Allahverdi and Anupam Mazumdar 2012 New J. Phys. **14** 125013 doi:10.1088/1367-2630/14/12/125013
13. K.M. Belotsky, M.Yu. Khlopov, S.V. Legonkov and K.I. Shibaev, astro-ph/0504621
14. The Fermi-LAT Collaboration “The Spectrum of the Isotropic Diffuse Gamma-Ray Emission Derived From First-Year Fermi Large Area Telescope Data”, 2010, arXiv:1002.3603v1
15. Yu-Feng Zhou “Probing the fourth generation Majorana neutrino dark matter”, arXiv:1110.2930v2