МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Институт ядерной физики и технологий (ИЯФиТ)

КАФЕДРА № 40

«Физика элементарных частиц»

Реферат по космомикрофизике на тему:

Модель E8x E8'

Выполнила: студентка группы М18-115

Зубова Наталья

Преподаватель:Хлопов М.Ю

Москва, 2018

**Введение**

Стандартная модель в физике элементарных частиц описывает все известные фундаментальные взаимодействия, кроме гравитации. Для объединения всех взаимодействий, необходима теория, объединяющая общую теорию относительности и квантовую теорию поля. Одной из моделей, на основе которой возможно будет построена теория квантовой гравитации, является теория струн.

В теории струн частицы рассматриваются как возбуждения струн размером порядка 10-33 (планковский масштаб). Струны бывают открытыми и замкнутыми. Двигаясь в пространстве-времени, они покрывают поверхность, называемую мировым листом.

Эти струны имеют определенные колебательные моды, которые определяют присущие частице квантовые числа, такие, как масса, спин, и т.д.. Основная идея состоит в том, что каждая мода **[stil]** несет в себе набор квантовых чисел, отвечающих определенному типу частиц.

**Теории суперструн**

Реалистичные теории струн должны содержат кроме бозонных также и фермионные струны, что привело к появлению моделей суперструн (модели струн, включающие суперсимметрию).

Можно выделить пять различных согласованных **[in which sense?]** суперструнных теорий, известных как модель I-струн с калибровочной группой SO(32), IIA, IIB, О-гетеротическая и E-гетеротическая модели.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **IIB** | **IIA** | **E8 x E8 Гетеротическая** | **SO(32) Гетеротическая** | **Type I SO(32)** |
| Тип струн | Замкнутые | Замкнутые | Замкнутые | Замкнутые | Открытые  (& замкнутые) |
| 10d Суперсимметрия | N=2  (киральная) | N=2  (некиральная) | N=1 | N=1 | N=1 |
| 10d Калибровочные группы | нет | нет | E8 x E8 | SO(32) | SO(32) |
| D-браны | -1,1,3,5,7 | 0,2,4,6,8 | нет | нет | 1,5,9 |

* Струны типа I: Эта теория содержит открытые суперструны. В ней есть только одна (N=1) суперсимметрия в десятимерии. Открытые струны могут переносить на своих концах калибровочные степени свободы, **[stil]** а для того, чтобы избежать аномалий, [калибровочная группа](http://www.astronet.ru/db/msg/1185844/glossary.html%22%20%5Cl%20%22gauge_theory) должна быть [SO(32)](http://www.astronet.ru/db/msg/1185844/glossary.html#SO(N)). Кроме того, в ней содержатся D-браны с 1,5 и 9 пространственными измерениями.
* Струны типа IIA: Это теория замкнутых суперструн с двумя (N=2) суперсимметриями в десятимерии. Два гравитино (суперпартнеры гравитона) движутся в противоположных направлениях по мировому листу замкнутой струны и имеют противоположные киральности по отношению к 10-мерной группе Лоренца, так что это некиральная теория. Также у нее нет калибровочной группы, зато есть D-браны с 0,2,4,6 и 8 пространственными измерениями.
* Струны типа IIB: Это тоже теория замкнутых суперструн с N=2 суперсимметрией. Однако, в этом случае гравитино имеют одинаковую киральность по отношению к 10-мерной группе Лоренца, так что это киральная теория. Снова нет калибровочной группы, но есть D-браны с -1, 1, 3, 5, и 7 пространственными измерениями.

В дополнение к теориям типа II имеются также две теории гетеротических суперструн. В то время как замкнутая суперструна типа II возникает в результате комбинирования левой и правой копий открытых суперструн, в гетеротической струне мы комбинируем левую открытую бозонную струну с правой открытой суперструной(поэтому они и называются гетеротическими). Из 26 левых бозонных координат бозонного множителя только десять согласуются с правыми бозонными координатами суперструнного множителя. **[stil]** В результате мы получаем теорию в 10-мерном пространстве. Гетеротические струны в зависимости от групп симметрии могут быть О-гетеротическими и Е-гетеротическими.

* О-гетеротические струны: струнная теория с суперсимметричными полями на мировом листе, двигающимися в одном направлении, и несуперсимметричными, двигающимися в противоположном. В результате получаем N=1 суперсимметрию в десятимерии. Несуперсимметричные поля дают вклад в спектр как безмассовые бозоны, а сам спектр не аномален только из-за SO(32) калибровочной симметрии. **[stil]**
* Е-гетеротические струны: совершенно идентична **[who?]** SO(32) за тем исключением, что в ней вместо группы SO(32) используется группа E8xE8, что тоже устраняет аномалии в спектре.

**[You should explain, why 10 and 26 dimensions are distinguished. You should say something like – here we concentrate on E8xE8’ ]**

**Компактификация и нарушение симметрии**

Изначально предполагается точная симметрия между обычным миром *(E8)* и зеркальным миром *(E8’).* Чтобы установить контакт **[stil]** между 10-мерными суперструнами и 4-мерной физикой 10 мерные струны сводятся к 10-мерной гравитации с E8xE8 калибровочной группой, путем компактификации 16 внутренних измерений на торе. **[You first compactify 26 to 10 dimensions to get superstrings and then compactify 10 dimensions down to 4]** Тогда задача сводится к нахождению вакуумных конфигураций полевой теории, которые обеспечивают N=1 суперсимметрию и исчезающую космологическую постоянную в d=4.

Вакуумное состояние должно иметь вид *M4×K6*, где *M4* - 4 мерное-пространство-время **[Minkovsky]**, а *K6*– 6-мерное многообразие.

Калибровочная симметрия нарушается в результате компактификации на многообразия Калаби-Яу или орбифолды. **[give definitions of these objects]**

После компактификации E8 нарушается до E6, чтобы скомпенсировать эффекты кривизны скомпактифицированных измерений, а далее – до группы Стандартной модели. E8’ остается не нарушенной. Таким образом нарушается симметрия между обычным и зеркальным миром, и возникает теневая материя, которая взаимодействует с обычными частицами только посредством гравитации. И даже в случае простейшей реализации моделей суперструн мы сталкиваемся с проблемой проверки Е8’ модели теневого мира, в которой возникает 248 фундаментальных фермионов и 248 калибровочных бозонов.

Если компактное пространство *K*6 имеет структуру *K/G*, где *G* – свободно действующая на *К* дискретная группа изометрий, и если G – абелева, ненарушенная подгруппа E6 будет иметь ранг 6. Существует несколько возможных групп, которые содержат группу стандартной модели(SU(3) x SU(2) x U(1)):

1. *SUC(3) x SUL(2) x U(1) x U(1) x U(1);*
2. *SUC(3) x SUL(2) x SUR(2) x U(1) x U(1);*
3. *SU(4) x SUL(2) x U(1) x U(1);*
4. *SU(4) x SUL(2) x SUR(2) x U(1);*

Если G – неабелева, ранг может понизиться. Однако чтобы G содержала стандартную группу СМ, ранг не может быть меньше пяти. Среди различных вариантов можно выделить два:

1. *SUC(3) x SUL(2) x U(1) x U(1);*
2. *SU(4) x SUL(2) x U(1).*

**Поколения фермионов**

В феноменологии гетеротической струны симметрия большого объединения Е6 имеет ранг г = 6, превышающий ранг г = 4 группы симметрии стандартной модели. С другой стороны, эйлерова характеристика топологии компактифицированных 6 измерений определяет в этом подходе число поколений кварков и лептонов, которое может быть как 3, так и 4. Различие в рангах групп симметрии большого объединения и стандартной модели означает существование по крайней мер одного сохраняющегося заряда, который может быть связан с кварками и лептонами четвертого поколения. Это может объяснить дираковскую природу массы нейтрино 4-го поколения и стабильность этого массивного нейтрино. Если новый сохраняющийся заряд является калибровочным, а нейтрино — самым легким фермионом 4-го поколения, то 4-е нейтрино, обладая новым зарядом, подобным электрическому, должно быть абсолютно стабильным, подобно тому, как полагается абсолютно стабильной самая легкая электрически заряженная частица — электрон. При массе 4-го нейтрино ~50 ГэВ. **[continue sentence]**

**Барионная асимметрия**

В моделях Великого Объединения возникают процессы с несохранением барионного и лептонного чисел. Такие процессы могут объяснить механизм генерации барионной асимметрии во Вселенной.

В суперсимметричных моделях рассматривается механизм Аффлека–Дайна**[-Linde]** Барионное число помимо кварков, несут новые гипотетические скалярные поля. Возможны также скалярные поля несущие лептонные числа. В экспериментах скалярные частицы с ненулевым барионным или лептонными числами не наблюдались, что говорит о том, что они имеют достаточно большие массы(>100GeV). Для некоторых линейных комбинаций этих полей потенциал не зависит от амплитуды и фазы(или зависит лишь пертурбативно). Аффлек и Дайн предполагают, **[The mechanism assumes]** что именно эти комбинации полей имеют особо большие флуктуации по амплитуде и фазе, после чего в потенциале появляются слагаемые нарушающие CP- и B- инвариантость. Распад этих полей после инфляции приводит к образованию барионной и лептонной асимметрии. Механизм Аффлека–Дайна является примером нетеплового бариогенезиса.

**Формы темной материи**

При нарушении симметрии между обычным и зеркальным миром появляется теневой мир, который содержит 248 полей материи и 248 полей взаимодействий, которые взаимодействуют с обычными частицами только посредством гравитации, и могут быть кандидатами на роль скрытой массы.

В рамках данной модели вклад в скрытую массу также будут вносить новое тяжелое нейтрино и нейтралино, которое появляется из Суперсимметрии.[**stil]**

**[Please add discussion of homotopically stable objects and discussion of mechanism of inflation]**

**Заключение**

**Список литературы**

1. «Основы космомикрофизики» - Хлопов М.Ю. М.:Едиториал УРСС,2004.— 368с.
2. Цвибах Бартон, «Начальный курс теории струн»: Пер с англ. / Под ред. и с предисл. И.Я.Арефьевой, В.И.Санюка; Предисл. Д.Гросса.-М.:Едиториал УРСС, 2011.-784с.
3. Каку М., «Введение в теорию суперструн»: Пер. с англ.-М.: Мир, 1999. —624 с
4. М. Грин, Дж. Шварц, Э. Виттен «Теория суперструн», М.: Мир, 1990 — с. 442
5. Кетов С. Введение в квантовую теорию струн и суперструн.- Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1990. – 368с.
6. Сахаров А. Д. Научные труды. Сборник. – М.: АОЗТ «Издательство ЦентрКом», 1995. – 528с.