

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ "МИФИ"

Кафедра №40
"Физика элементарных частиц"

Реферат
на тему:

$$E_8 \otimes E'_8$$

Выполнил студент: Богданова А.В.

группа: Т9-40

Преподаватель: Хлопов М.Ю.

Москва
2012

Содержание

1	Введение	2
2	Основные положения модели $E_8 \otimes E_8$	3
3	Заключение	4

1 Введение

Объединение двух фундаментальных теорий современной физики, квантовой теории поля(КТП) и общей теории относительности(ОТО), в рамках единого теоретического подхода является одной из важнейших нерешенных проблем.

$$\text{КТП} \cup \text{ОТО} = \text{Единая теория поля}$$

Однако, в минувшие десятилетия, попытки объединения этих двух теорий не были успешны, из-за появления расходимостей, или же нарушались некоторые непреложные физические принципы, вроде принципа причинности. Мощные методы теории перенормировок, разработанные в КТП за последние десятилетия, не смогли устранить расходимости квантовой теории гравитации.

Все же последние два десятилетия теоретических исследований сделали все более ясным-вводится калибровочная симметрия. Тем не менее, даже мощных симметрий калибровочной теории Янга-Миллса и общей ковариантности уравнений Эйнштейна оказалось недостаточно для получения свободной от расходимостей квантовой теории гравитации.

В настоящее время наибольшие надежды на единое и свободное от расходимостей описание этих двух теорий возлагаются на теорию суперструн (суперсимметричное обобщение теории струн). Суперструны обладают большим набором калибровочных симметрий, возможно даже достаточным для устранения расходимостей квантовой теории гравитации. Симметрии теории суперструн содержат симметрии ОТО и теории Янга-Миллса, супергравитации (в качестве подмножеств) и теории Великого объединения(ТВО).

По теории струн элементарные компоненты Вселенной не являются точечными, а представляют собой одномерные вибрирующие волокна-струны. В отличие от привычных нам струн, эти не состоят из атомов и молекул, суперструны-абсолютно элементарные объекты, из которых уже состоят частицы. В среднем, размер струн сопоставим с $l_{Pl} \approx 1.6 \cdot 10^{-33}$ см. Так что, даже для сверхмощного современного оборудования они выглядят точечными.

Теория суперструн является суперсимметричной (в ней имеется симметрия бозонных и фермионных струн), калибровочной — со струнами связывается очень высокая симметрия калибровочных преобразований; обеспечивается и геометрическая симметрия левого и правого — в теории имеется симметрия калибровочных преобразований :левых и правых состояний. В 4-мерном пространстве-времени в низкоэнергетическом (по отношению к спектру возбуждения струн) пределе теория сводится к эффективной суперсимметричной теории поля и общей теории относительности как к классической теории гравитации. Тем самым теория су-

перструн вбирает в себя все основные теоретические идеи и часто называется Theory of everything — Теорией всего сущего.

Теория струн, хоть и является кандидатом на звание Теории всего сущего, сама не является единой. Сколько же имеется теорий струн? Имеются два основных вида теорий: открытые и замкнутые струны. Второе деление на подразделы заключается в рассмотрении теорий бозонных струн и теорий суперструн. Бозонные струны находятся в 26 измерениях и все их колебания представляются бозонами. Эти теории нереалистичны, поскольку в них нет фермионов. Суперструны живут в 10-мерном пространстве-времени и спектр их состояний включает в себя как бозоны, так и фермионы, связанные преобразованием суперсимметрии. Все реалистичные модели струн построены из суперструн, а переносчик гравитационного взаимодействия возникает как колебательная мода замкнутой струны.

Одних только теорий суперструн существует пять различных вариантов : теория типа I, типа IIA, типа IIB, а также теории гетеротических струн на основе групп $SO(32)$ (О-гетеротические струны) и $E_8 \otimes E_8$ (Е-гетеротические струны). За последние годы было обнаружено много внутренних связей между этими теориями. Кроме того, путем перехода к определенному пределу сильной связи в рамках одной из теорий суперструн была обнаружена новая теория. Она 11-мерна, ее назвали М-теорией. Похоже, 5 теорий суперструн и м-теория являются просто сторонами или различными пределами *одной единственной теории*.

2 Основные положения модели $E_8 \otimes E_8$

Модель гетеротической струны $E_8 \otimes E_8$ Гросса, Харви, Мартинека и Рома - в настоящее время представляется лучшим кандидатом на роль теории, объединяющей гравитацию с "физически-разумными" моделями взаимодействий частиц.

Рассмотрим модели $SO(32)$ и $E_8 \otimes E_8$. Первый случай соответствует группе вращений в 32-мерном пространстве. Второй, который привлекает наибольшее внимание, отвечает прямому произведению двух групп симметрии E_8 . Одна из них, E_8 , описывает калибровочные взаимодействия обычных частиц, другая, E'_8 , относится к их зеркальным двойникам. Предполагается, что в 4-мерном пространстве-времени эта группа симметрии E_8 оказывается нарушенной до симметрии E_6 , а E_8 симметрия остается ненарушенной. Тем самым нарушается изначальная симметрия обычных и зеркальных частиц, и зеркальный мир в этой теории обретает черты теневого мира, свойства частиц и взаимодействий которого не имеют ничего общего со свойствами мира обычных частиц. Таким образом, теория $E_8 \otimes E_8$ содержит целый мир 248 различных взаимодействий теневых частиц, не обладающих никакими взаимодействиями

с обычными частицами, кроме гравитации, описываемых группой симметрии E_8 . Взаимодействия обычных частиц включаются в супергравитацию с калибровочной симметрией e_6 . В “низкоэнергетическом секторе”, к которому относится вся современная физика высоких энергий, теория предсказывает существование суперсимметричных частиц и еще одного нового взаимодействия — нейтральных токов.

В теории суперструн для нарушения калибровочной симметрии привлекается не механизм Хиггса, а топологически нетривиальные компактные многообразия. Их называют многообразиями Калаби—Яу или (если у них имеются особые точки) орбифолдами (см рис.1). В теории струн расходимости сокращаются только при фиксированной размерности пространства-времени D . В теории бозонной струны это происходит при $D = 26$, а в теории фермионной струны — при $D = 10$. Поэтому реально в простейшем варианте теории суперструн сначала происходит компактификация 16 дополнительных измерений бозонных струн до 10-мерного пространства-времени, в котором сосуществуют бозонные и фермионные струны. Лишь затем происходит их компактификация к эффективной теории Поля в 4-мерном пространстве-времени. Но возможен и прямой переход от 26-мерных бозонных струн к 10-мерным фермионным струнам к 4-мерному пространству-времени. В этом случае не только характер нарушения симметрии Большого объединения, но и сама эта симметрия оказываются нефиксированными.

3 Заключение

Возможна ли экспериментальная проверка достоверности струнной теории? До сих пор нет экспериментального подтверждения этой теории.

Теория струн пока не является законченной, пока что не получается делать какие либо предсказания для получения экспериментальных подтверждений. Если теория струн верна, должны существовать дополнительные пространственные измерения. Но их характерный масштаб на много порядков меньше того наименьшего расстояния, которое может быть исследовано с помощью ускорителей: 10^{-16} см. Однако оказалось, что теория струн допускает существование дополнительных измерений с размерами порядка 0.1 мм, чтобы это выполнялось длина струны должна быть порядка 10—18 см. Дополнительные измерения, размер которых больше l_P могут быть обнаружены в экспериментах на ускорителях частиц.

Также, поразительное подтверждение теории струн может возникнуть в результате открытия космической струны. Оставшаяся от процессов, происходивших в ранней Вселенной, космическая струна может растягиваться между краев наблюдаемой Вселенной, и может быть обнаружена благодаря гравитационному линзированию или же путем обнару-

жения гравитационных волн. До сего дня не обнаружено никаких космических струн, однако поиски не исчерпались и продолжаются.

Другая возможность проверки теории связана с суперсимметрией *SUSY*. Если мы будем исходить из 10-мерной теории суперструн и компактифицируем 6 дополнительных измерений, полученная 4-мерная теория будет, в большинстве случаев, суперсимметричной. Никаких однозначных предсказаний относительно конкретных деталей 4-мерной теории не возникает, но само наличие суперсимметрии является довольно характерным свойством. Экспериментальное обнаружение *SUSY* на будущих ускорителях станет очень сильным свидетельством того, что теория струн на верном пути.

Список литературы

- [1] Грин Брайан, Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории: Пер. с англ. / Общ. ред. В.О.Малышенко. - М.: Едиториал УРСС, 2004. - 288с.
- [2] Каку М., Введение в теорию суперструн: Пер. с англ.-М.: Мир, 1999.- 624 с., ил.
- [3] 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.
- [4] Хлопов М. Ю., Космомикрофизика. — М.: Знание, 1989.— 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике Сер. “Физика”; № 3). 15 к.

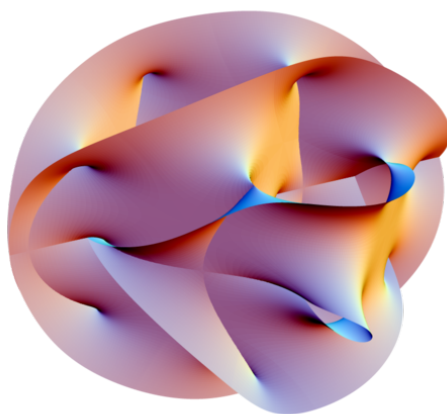


Рис. 1: Проекция 6-мерного пространства Калаби — Яу, полученная с помощью Mathematica.