

1.22. Теория струн [16]

Для завершения обзора современных представлений о структурной организации вещества мы не нашли ничего лучшего, как привести мнение одного из крупнейших профессионалов в этой области. В данном пункте приводится отрывок из статьи одного из крупнейших специалистов в области объединения всех физических взаимодействий в рамках единой теории, лауреата Нобелевской премии Стивена Вайнберга, где он в популярной форме излагает фундаментальные проблемы современной физики высоких энергий. Примечания приводятся курсивом.

Большинство физиков-теоретиков сейчас пришли к выводу, что варианты квантовой теории поля для сильного, электромагнитного и слабого взаимодействий – это всего лишь низкоэнергетическое приближение для более глубокой и совершенной теории. Имеются два указания на то, что простота законов природы сможет обнаружиться лишь при неизмеримо больших энергиях в диапазоне $10^{15} - 10^{19}$ ГэВ. Одно из них состоит в следующем. Если посмотреть, что происходит с константами взаимодействия электрослабого и сильного взаимодействий при значительно более высоких энергиях, чем те, при которых их сегодня измеряют, то мы обнаружим, что их значения сближаются и становятся равными друг другу при энергиях, примерно на пятнадцать порядков превосходящих массу протона (10^{15} ГэВ). Кроме того, величина гравитационной постоянной, которая ответственна за возникновение расходимостей в теории гравитации, в физических единицах составляет $(10^{19}$ ГэВ) $^{-2}$. Все это говорит о том, что если бы мы были в состоянии ставить эксперименты при очень высоких энергиях, то мы смогли бы обнаружить по-настоящему простую картину мира, в которой все теории сливаются воедино и которая, возможно, даже вызовет у нас чувство фатальной неизбежности, обрести которое мы так стремимся.

Объединение гравитации с другими взаимодействиями до сих пор сопряжено с рядом трудностей [81]. Причина заключается в том, что любая квантовая теория, оперирующая точечными объектами, содержит расходимости на энергиях выше масштаба Планка. Масштаб или масса Планка представляет собой энергию, на которой возникает необходимость в квантовой теории гравитации. Это происходит, когда радиус Шварцшильда [81]:

$$R = 2Gm/c^2, \quad (1.12a)$$

где m – масса тела;

G – гравитационная постоянная, и комптоновская длина волны

$$\lambda = \hbar/(mc) \quad (1.12б)$$

становятся величинами одного порядка. То есть когда очень высокая плотность массы сконцентрирована в очень маленьком объеме. Разумное описание на таких масштабах можно получить, применяя как общую теорию относительности, так и квантовую теорию. Приравнивая λ к R из (1.12a) и (1.12б), получим [81]

$$m_{Pl} = (\hbar c / G)^{1/2} \approx 1,2 \cdot 10^{19} \text{ Гэв},$$

что соответствует длине и времени Планка:

$$l_{Pl} = (\hbar G / c^3)^{1/2} \approx 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ см}; \quad t_{Pl} \approx 5,4 \cdot 10^{-44} \text{ с}.$$

Забегая вперед, отметим, что Алгебра сигнатур строится на несколько других исходных принципах и не разделяет беспокойств современных квантовых теорий. С точки зрения Алгебры сигнатур дифференциальная геометрия, лежащая в основании ОТО, применима не только для космических объектов и для процессов, протекаемых в планковских масштабах длины, но и ко многим другим уровням организации Естества с учетом различных модификаций абсолютных дифференциальных геометрий, адаптированных под характерные особенности описываемого масштаба протяженности. В отличие от главенствующей ныне доктрины проквантовать ОТО и подравнять ее под отработанные квантово-полевые схемы, Алсигна придерживается взглядов тех редких ныне ученых, которые не оставляют попыток уместить квантовую физику в рамки модифицированных ОТО. В данном пункте мы заняты лишь тем, что приводим мнение ведущего специалиста по современному положению дел на передовых рубежах официальной физики.

Пока у нас нет возможности подняться до таких энергий. Несмотря на это в течение нескольких последних лет физики-теоретики были крайне воодушевлены идеей, что фундаментальными составляющими природы при энергиях $10^{15} - 10^{19}$ ГэВ являются не поля или частицы, а струны. Чтобы упростить рассмотрение этого

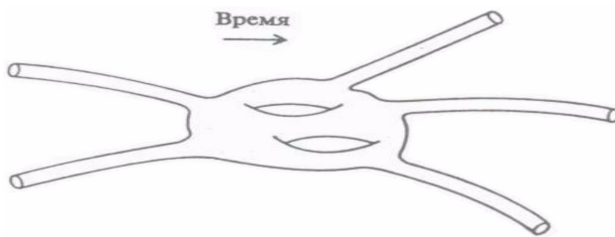


Рис. 1.17. Диаграмма, описывающая один из вкладов в процесс превращения двух частиц в три частицы

вопроса, упомянем здесь только об одном типе струн. Струна такого типа представляет собой маленькую петлю, нарушающую непрерывность пространства-времени, маленький дефект пространства-времени, свернутый в колечко. Струна обладает натяжением и может колебаться, как обычная струна. Колебания струны образуют бесконечную последовательность нормальных мод, каждой из которых отвечает определенный тип частиц. Низшей моде струны отвечает наилегчайшая частица, следующей моде отвечает более тяжелая частица и т. д. Взаимодействие между частицами выглядит так, как будто эти колечки сливаются, а затем опять расходятся. Этот процесс можно описать с помощью поверхности, поскольку при движении в пространстве-времени струна замечает двумерную мировую поверхность (трубку). Взаимодействие между частицами представляется в виде двумерной мировой поверхности, которая может расщепляться и вновь воссоединяться, поглощая «колечки», имевшиеся в начальном состоянии, и испуская «колечки», отвечающие конечному состоянию. Например, процесс рассеяния, при котором в начальном состоянии было две частицы, а в конечном – три, будет описываться поверхностью, в которую входят две длинные трубки (описывающие частицы в начальном состоянии) и из которой выходят три длинные трубки (описывающие частицы в конечном состоянии). Сама эта поверхность может иметь довольно сложную топологию (рис. 1.17).

Поверхность можно описать, задав на ней координатную сетку. Поскольку поверхность двумерна, то положение произвольной точки на ней задается двумя координатами, которые можно обозначить как σ^1 и σ^2 . Теперь нужно каким-то образом указать, где находится произвольно выбранная точка струны в любой заданный момент времени. Для этого необходимо задать правило, которое ставит в соответствие каждой точке $\sigma = (\sigma^1, \sigma^2)$ на поверхности точку x^μ в пространстве-времени. Математически это правило записывается в виде $x^\mu = x^\mu(\sigma^1, \sigma^2)$. Геометрия поверхности определяется заданной на ней метрикой. Как и в случае общей теории относительности, метрика задается с помощью метрического тензора $q_{\alpha\beta}(\sigma)$, элементы которого зависят от координат; поскольку мы имеем дело с двумерной поверхностью, то индексы α и β могут принимать значения, равные единице или двойке. Метрика определяет, как вычисляется расстояние между двумя бесконечно близко расположенными точками σ и $\sigma+d\sigma$ на поверхности:

$$ds = [q_{\alpha\beta}(\sigma) d\sigma^\alpha d\sigma^\beta]^{1/2}. \quad (1.13)$$

Согласно принципам квантовой механики в фейнмановской интерпретации для вычисления амплитуды вероятности (это та самая величина, которую надо возвести в квадрат, чтобы получить вероятность процесса) нужно просуммировать амплитуды для всех возможных путей перехода из начального состояния в конечное. В теории струн нужно просуммировать по всем двумерным поверхностям, описывающим данный процесс. Каждая поверхность задается двумя функциями $x^\mu = x^\mu(\sigma)$ и $q_{\alpha\beta}(\sigma)$, которые были определены выше. Все, что осталось сделать для вычисления вероятности, – это найти для каждой поверхности значение величины $I[x, q]$, а затем просуммировать $e^{-I[x, q]}$ по всем поверхностям. Функционал $I[x, q]$ называется действием, оно функционально зависит от $x^\mu = x^\mu(\sigma)$ и $q_{\alpha\beta}(\sigma)$ и определяется выражением:

$$I[x, q] = \frac{1}{2} \int [q(\sigma) g_{\alpha\beta}(\sigma)]^{1/2} \cdot \frac{\partial x^\mu(\sigma)}{\partial \sigma^\alpha} \cdot \frac{\partial x^\nu(\sigma)}{\partial \sigma^\beta} \cdot d^2\sigma. \quad (1.14)$$

На самом деле здесь должен присутствовать еще один член, который нужен для того, чтобы задать относительную шкалу различных порядков теории возмущений.

Оживленный интерес к струнам обусловлен тем, что они впервые позволили построить теорию гравитации без расходимостей, которые возникали в более ранних теориях. Основы этой теории были заложены на рубеже 60-х и 70-х годов, а ее появление связано с попытками объяснить природу сильного взаимодействия в ядре.

Вскоре выяснилось, что поверхности с длинными тонкими трубками (рис.1.18) отвечают безмассовой частице со спином 2, испускаемой в виде кванта излучения в промежутке, разделяющем начальные и конечные состояния частиц. (Безмассовые частицы – это просто частицы, движущиеся со скоростью света, а их спин измеряется в тех же единицах, в которых спин электрона равен одной второй.) Появление этой частицы вызвало тогда ужасное замешательство. К тому времени уже было известно, что такими же свойствами дол-

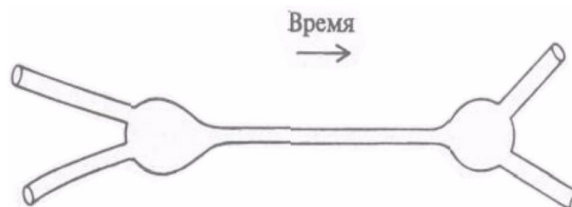


Рисунок 1.18. Пересечение струн с испусканием и поглощением безмассовой частицы со спином 2.

жен обладать квант гравитационного поля – гравитон. Но, несмотря на это, в конце 60-х и 70-х годов основные усилия были направлены на исследования сильных взаимодействий, а вовсе не на гравитацию. Эти обстоятельства обусловили утрату интереса к теории струн в начале 70-х годов.

В 1974 г. Шерк и Шварц выдвинули гипотезу о том, что струнную теорию следует рассматривать в качестве теории гравитации, однако тогда никто не воспринял это всерьез. Лишь благодаря работам Грина, Гросса, Полякова, Шварца, Виттена и их коллег физики начали постепенно соглашаться с тем, что теория струн подходит на роль окончательной единой физической теории с энергетической шкалой порядка $10^{15} - 10^{19}$ ГэВ.

Теория струн имеет вполне рациональное объяснение в терминах используемых в ней симметрий. С действием (1.14) связано несколько симметрий. Так же как и в случае общей теории относительности, задание метрики порождает симметрию по отношению к преобразованиям координат. Имеется также и другая, менее очевидная симметрия, справедливая только в двухмерном случае. Эта симметрия связана с локальным изменением масштаба расстояний – так называемым преобразованием Вейля, при котором метрический тензор умножается на произвольную функцию координат $q_{\alpha\beta}(\sigma) \rightarrow f(\sigma)q_{\alpha\beta}(\sigma)$. И, наконец, имеется еще одна довольно очевидная симметрия по отношению к преобразованиям Лоренца:

$$x^\mu \rightarrow \Lambda^\mu_\nu x^\nu + a^\mu.$$

Эти две симметрии кажутся совершенно необходимыми. Без этих симметрий попытки вычислить сумму по всем поверхностям приводили бы к бессмысленным результатам. Без этих двух симметрий получаются либо отрицательные вероятности, либо полная вероятность не будет равна единице. На самом деле есть очень тонкие квантово-механические эффекты, способные нарушить эти симметрии. Квантовые аномалии будут «портить» эти симметрии до тех пор, пока не начинают использовать подходящую комбинацию обычных и спиновых координат.

Теорию, описывающую свойства двумерных поверхностей, инвариантных по отношению к координатным преобразованиям и преобразованию Вейля, создал Бернхард Риман в начале XIX столетия. Большинство ее результатов оказались совершенно необходимыми для понимания физики струн. Например, все, что требуется для описания топологии произвольной двумерной поверхности (точнее, произвольно ориентированной замкнутой поверхности), – это указать количество ее «ручек». Если число «ручек» задано, то для описания геометрии достаточно задать конечное число параметров. Проводя суммирование по поверхностям, по этим параметрам нужно будет проинтегрировать. Число этих параметров равно нулю, если «ручек» нет, двум – если есть одна «ручка», и $6h - 6$, если число ручек $h > 2$.

Именно эти старые теоремы позволяют провести суммирование по всем поверхностям. Если бы не было симметрии, невозможно было бы проделать необходимые вычисления, а если бы что-нибудь и получилось, то результат, скорее всего, оказался бы бессмысленным. Вот почему симметрии представляются совершенно необходимыми. Мы вплотную подошли к самому главному: структура функционала действия (1.14) и, следовательно, сама динамика струн однозначно определяются этими симметриями.

Существует несколько различных теорий струн, которые совместимы со всеми указанными выше симметриями и различаются числом пространственно-временных координат x^ и спиновых переменных. К сожалению, во всех этих теориях число пространственно-временных измерений больше четырех. Один из способов преодолеть эту трудность основан на предположении, что лишние пространственные измерения «компактифицируются», т. е. «свертываются» на очень малых расстояниях. Однако такой подход не исчерпывает всех возможностей. Более последовательные теории основаны на предположении, что число дополнительных пространственных и спиновых переменных может быть любым, а Лоренц – инвариантность относится только к*

четырем обычным пространственно-временным измерениям. Действие и число переменных затем определяются из требования, чтобы остальные симметрии (при преобразовании координат и преобразовании Вейля) сохранялись, несмотря на квантовые флуктуации. Исследования в этом направлении только что начались.

Теория струн использовалась еще в 60-х годах 20-го столетия для объяснения адронной физики, но в связи с успехами стандартной модели они в основном были забыты. Возрождение интереса к струнам произошло, когда Грин и Шварц показали, что калибровочная и свободная от гравитационных аномалий суперструнная теория может быть описана в десяти измерениях с помощью группы внутренней симметрии $SO(32)$ или $E_8 \otimes E_8$. Из прежних теорий было известно, что достижение унитарности и лоренц-инвариантности для суперструнных теорий возможно только в пространствах высших размерностей.

Не существует никаких дополнительных членов, которые были бы совместимы с данными симметриями. С динамической теорией такое случилось впервые, когда задание симметрии полностью определяет характер динамики, т. е. полностью определяет изменение вектора состояния со временем. Это одна из причин воодушевления испытываемого современными физиками. Эта теория выглядит фатально неизбежной. В неё нельзя внести никаких изменений, не испортив ее, не говоря уже о способности теории струн описывать гравитационные явления.

В 20-х годах XX столетия Калуца и Клейн использовали идею трактовки сил как проявления искривления пространств высших размерностей для описания электромагнетизма и гравитации на чисто геометрической единой основе (теории Калуца-Клейна) [82]. Новые теории, включающие суперсимметрию, носят название суперструнных теорий. В рамках данных теорий некоторые квантово-механические возбуждения струн (обычные моды) интерпретируются как экспериментально наблюдаемые элементарные частицы. Возбуждения представляют собой вращения, вибрации или возбуждения внутренних степеней свободы. Таким образом, весь спектр элементарных частиц получается на основе единственной, фундаментальной струны. Число состояний с массами, меньшими массы Планка, соответствует числу наблюдаемых частиц. Имеется также бесконечное число возбуждений с массами выше массы Планка. Обычно эти моды не стабильны и распадаются на более легкие. Однако в рамках суперструнных теорий существуют стабильные решения с экзотическими характеристиками, такими, как магнитный заряд, экзотические значения электрического заряда. Примечательно, что во всем спектре частиц, соответствующих классическим решениям суперструнных теорий, появляется в точности один безмассовый гравитон со спином 2.

Струны возникают в двух различных топологиях: в форме открытых струн со свободными концами и в форме замкнутых петель (о которых идет речь в цитируемой здесь статье). Помимо этого они могут обладать внутренней ориентацией. Квантовые числа открытых струн расположены на их концах, тогда как в замкнутых петлях квантовые числа размазаны по струне [82].

Теория струн претендует на роль окончательной теории, объединяющей всю совокупность наших представлений о материальном мире. Именно по этим причинам многие современные физики испытывают воодушевление. Лучшие физические и математические умы планеты штурмуют ныне этот, казалось бы, последний бастион научного осознания материальной природы.

На данном этапе основная задача заключается в том, чтобы выяснить, смогут ли теории струн привести к стандартной модели, описывающей слабое, электромагнитное и сильное взаимодействия. Если да, то возникает второй вопрос: что теория струн сможет сказать о семнадцати параметрах, содержащихся в стандартной модели? Сможем ли мы с ее помощью непосредственно вычислить массу электрона, кварков и т. д.? Если да, то проблема будет решена.

Как считают многие из ученых, теория струн настолько изящна, что обязательно войдет в число окончательных, фундаментальных законов физики, и это самое важное, что у нас есть на данный момент.

Оптимистическая нота, на которой заканчивается выдержка из статьи С. Вайнберга, вовсе не разделяется Алсигной. Господствующая ныне научная парадигма сковала возможности развития наших представлений об окружающей действительности. Принципы, лежащие в основе квантовой механики, по-прежнему не допускают возможности исследования структуры элементарных и фундаментальных частиц. Все, на что способна современная квантовая физика, – это вычислять вероятности исходов тех или иных процессов и получать усредненные динамические характеристики квантовых объектов. Неискушенный человек, интересующийся основами мироздания, взяв в руки любую серьезную книгу по квантовой теории поля или теории струн, может подумать, что в ней на марсианском языке записан кладёзь человеческой мудрости в отношении к природе материальности. На самом деле передовые рубежи Науки отошли далеко от истинного пути познания. Вместо того чтобы просветлять материю знанием, Наука запуталась в паутине собственных математизированных хитросплетений, от которых темнота становится еще темнее. Квантовые теории погружают сознание во мрак математического тумана, за которым не видно не только Основополагающего ТВОРЦА, но и самой материи. Сознание слепо блуждает в замкнутом пространстве бездуховной парадигмы, пытаясь зацепиться за островки целесообразности в виде законов сохранения, вариационных принци-

пов и совпадения результатов расчетов с экспериментальными данными. Если ясные представления о сущности распространения Света (одного из Б-ЖЕСТВЕННЫХ Начал) позволили человечеству развить индустрию информационных технологий, то замутненные представления об атомных и ядерных явлениях не дали человечеству ничего, кроме оружия, несущего страшную смерть, и злоедей атомной энергетики. В этом и заключается кризис современной квантовой науки – она больше ничего не в состоянии дать миру, кроме разрушения и смерти. Утешает лишь то, что Наука молода, и только в начале пути.

Любое знание, уводящее от Сущности Б-ГА, ТВОРЦА Вселенной, – не есть истинное знание. То, что противоречит ТОРЕ, – ложь. За ложью – смерть.