

Not Even Wrong

Peter Woit

Jonathan Cape, London, 2006

Глава 17. Ландшафт теории струн

За последние несколько лет в рядах теоретиков суперструн произошел драматический раскол из-за так называемого антропного принципа. Антропный принцип встречается в различных версиях, но они все используют идею, что законы физики должны допускать развитие интеллектуальных существ подобных нам. Многие ученые полагают, что это не что иное, как тавтология, которая, хотя и верна, никогда не может использоваться для создания проверяемых предсказаний, и таким образом, не может быть частью научного рассуждения. Противоречие возникло, когда существенная группа теоретиков суперструн стала утверждать, что неспособность теории суперструн делать предсказания является не проблемой этой теории, а отражением истинной природы Вселенной. С их точки зрения, урок теории суперструн состоит в том, что предсказание многих, если не всех, параметров, определяющих Стандартную Модель, принципиально невозможно, у нас имеется только антропный принцип, чтобы объяснить многие аспекты того, почему Вселенная такова, какова она есть.

Напомним, что теория суперструн страдает от следующей проблемы вырождения вакуума. Так как никому не известно, какова основная фундаментальная М-теория, теоретики суперструны берут первые члены в пертурбативном разложении теории струн по числу отверстий в мировом листе струны. Они предполагают, что это вычисление даст нечто, действительно близкое к тому, что можно было бы получить из вычислений в истинной М-теории. Чтобы выполнить это приближенное вычисление, требуется выбрать фоновое 10- или 11-мерное пространство-время, и возможно, также сделать некий выбор бран, т.е. определенных подпространств полного пространства-времени, к которым присоединены концы струн. Такой выбор называется выбором вакуумного состояния, так как надеются, что это соответствует выбору состояния с низшей энергией в этой неведомой М-теории. Есть многие, возможно, бесконечно многие, классы фоновых пространств, которые, кажется, представляют возможный и самосогласованный выбор, и каждый этих классов имеет большое число параметров, определяющих размер и форму фонового пространства-времени. Эти параметры известны как модули, так как исторически модульная функция — как раз та, значения которой могут использоваться для параметризации размера или формы пространства.

Надежда состояла в том, что значения этих модулей так или иначе определяются неизвестной динамикой М-теории. Чтобы это было так, должен быть найден некоторый механизм, дающий различные значения энергии вакуумным состояниям, соответствующим различным значениям модулей. Если энергия вакуумных состояний не зависит от модулей, из общих принципов ожидается, что модули дадут начало квантовым полям, соответствующим безмассовым частицам, а такие частицы не наблюдались. Представление об энергетической функции, зависящей от многих параметров модулей, стало известно как “ландшафт” теории суперструн. Эта терминология происходит из рассмотрения

высоты ландшафта как аналога энергии, широта и долгота точки ландшафта будут аналогами двух параметров модулей.

В 2003 г. физиками Какру, Каллош, Линде и Триведи [1] был найден механизм, который потенциально может дать различные энергии для различных значений модулей, чтобы, таким образом, позволить фиксировать их значения, находя минимумы энергии как функции модулей. На картине ландшафта эти минимумы являются основаниями различных долин. Этот механизм ККЛТ весьма сложен, настолько сложен, что коллега Шамита Какру по Стэнфорду Леонард Сасскинд назвал его “машиной Рьюба Голдберга”, а Какру — “архитектором мастера Рьюба Голдберга”.² Стартовав с пространства Калаби-Яо, чтобы компактифицировать шесть из десяти фоновых измерений теории суперструн, ККЛТ добавляют несколько дополнительных слоев структуры, включая браны и потоки. Эти потоки — обобщения магнитных полей на более высокие измерения, с полями, пойманными в ловушку топологией пространства Калаби-Яо.

Механизм ККЛТ выбирает не единственные значения для модулей, а очень большой набор значений, любое из которых должно быть столь же хорошо, как и любое другое. Оценки числа этих возможных значений являются абсурдно большими (например 10^{100} , 10^{500} или даже 10^{1000}), далеко превышая число частиц во Вселенной или что-либо еще, что можно себе вообразить сосчитанным. В то время как теория струн должна быть Теорией Всего, Какру называет эту разработку “Теорией Больше Чем Всего”. Самосогласованность механизма ККЛТ все еще обсуждается теоретиками суперструн, эти дебаты могут никогда не разрешиться, так как никто не знает, чем является фундаментальная М-теория, управляющая этой ситуацией.

Возможное существование, скажем, 10^{500} самосогласованных различных вакуумных состояний для теории суперструн, вероятно, разрушает надежду на использование теории для предсказаний чего-либо. Если Вы выбираете среди этого большого набора только те состояния, свойства которых согласуются с имеющимися экспериментальными наблюдениями, вполне вероятно, что их все еще будет так много, что можно будет получить произвольное желаемое значение для результатов любого нового наблюдения. Если дело обстоит так, теория никогда не сможет ничего предсказывать и никогда не может быть опровергнута (фальсифицирована). Это иногда называют проблемой “Ресторана Алисы”, из припева в песне Арло Гатри: “Вы можете получить все, что Вы хотите, в Ресторане Алисы”. Быть в состоянии получить все, что Вам хочется, может быть и желательно в ресторане, но совсем не в физической теории.

В последние годы, Сасскинд, один из со-открывателей теории струн, начал утверждать, что эту способность теории быть совместимой почти со всем, нужно фактически понимать как ее достоинство. Он утверждает, что космологическая постоянная в различных состояниях принимает дискретный, но почти непрерывный набор значений (некоторые называют эти возможные значения космологической постоянной “дискретуум” (discretuum)). Напомним, что объединение суперсимметрии и гравитации предсказывает, что масштаб энергии для космологической постоянной по крайней мере в 10^{56} раз больше, чем ее наблюдаемое значение. Можно утверждать, что существование дискретуума подразумевает, что по крайней мере некоторые возможные вакуумные состояния теории суперструн будут иметь необычно малые космологические постоянные, настолько малые, что они окажутся в согласии с экспериментом. Сасскинд принимает точку зрения, что существование огромных чисел возможных вакуумных состояний в теории суперструн — фактически, ее достоинство, потому что это допускает возможность, что космологическая постоянная будет достаточно малой, по крайней мере в некоторых из них.

В 1987 Стивен Вайнберг напечатал статью, утверждая, что, для того, чтобы могли сформироваться галактики и могла развиваться та жизнь, какую мы знаем, необходимо, чтобы космологическая постоянная не была слишком большой.³ Если бы

она больше чем в 10^{100} раз превышала ту величину, которая, по-видимому, является ее значением, то Вселенная расширялась бы слишком быстро для рождения галактик. Вайнберг предположил, что возможным объяснением проблемы малости космологической постоянной является антропный принцип. Идея состоит в том, что имеется огромное число самосогласованных возможных вселенных, и что наша Вселенная (universe) является частью некоторого большего мультиверса или мегаверса (multiverse or megaverse). Весьма естественно, мы оказываемся в той части этого мультиверса, в которой могут быть произведены галактики, и таким образом, может развиваться интеллектуальная жизнь. Если дело обстоит так, то нет никакой надежды когда-либо предсказать значение космологической постоянной, так как все, что можно сделать — это сделать тавтологичное замечание, что она имеет значение, совместимое с нашим существованием.

Сасскинд недавно провел энергичную кампанию среди сообщества теории частиц в пользу своей точки зрения, заявляя (Ch.1, п.2):

Эд Виттен активно не любит эту идею, но говорят, он очень нервничает, что она может оказаться правильной. Его это совсем не радует, но я думаю, он знает, что все идет к этому. Джо Польчинский, который является одним из действительно крупных физиков мира, был одним из людей, которые породили эту идею. В контексте теории струн он был одним из первых, кто понял, что все это разнообразие имеет место, и он остается полностью на нашей стороне. В Стэнфорде все дрейфуют в этом направлении.

В пресс-релизе Стэнфордского Университета за февраль 2005 г., Сасскинд описывает различные возможные вакуумные состояния теории струн как 'карманные вселенные' и настаивает, что аргументы в пользу их огромного числа правильны, говоря: "*Эд Виттен очень упорно работал, чтобы показать, что имеется лишь очень малое число — и он потерпел неудачу — полную неудачу*".⁴ Сасскинд продолжает: "*Все больше и больше противников идеи признают, по мере того, как идет время, что они просто находятся в состоянии депрессии и отчаяния*". В конце 2005 г. появилась его популярная книга *Космический Ландшафт: Теория струн и Иллюзия Интеллектуального Проекта* (Ch.1, п.3), пропагандирующая его точку зрения на теорию струн среди широкой аудитории.

В статье *New York Times* были процитированы слова Виттена, что он "*продолжает надеяться, что мы что-то недопонимаем или неправильно понимаем, и в конечном счете существует более однозначный ответ*".⁵ В своем докладе в КИТР (Киотский Институт Теоретической Физики) в октябре 2004 г. 'Будущее Теории Струны',⁶ он сказал: "*Я буду счастлив, если это окажется неправильным, но есть серьезные аргументы в пользу этого, и у меня нет никаких серьезных аргументов против этого*." Как мы видели в первой главе этой книги, намного громогласнее выразил свое неодобрение Дэвид Гросс, опираясь на кредо Эйнштейна и претенциозный призыв Черчилля "никогда, никогда, никогда, никогда, никогда не сдаваться." И Виттен и Гросс продолжают надеяться, что, так или иначе, существования огромного числа непротиворечивых фоновых геометрий в теории суперструн можно будет избежать. Гросс полагает, что утверждение, что теория суперструн не может объяснить фундаментальные особенности нашей Вселенной, преждевременно, заявляя:

Мы, в глубинном смысле, все еще не знаем, что такое теория струн. У нас нет фундаментальной, не зависящей от фона, формулировки теории. Мы можем иметь 10^{1000} последовательных метастабильных вакуумов, но ни одной последовательной космологии. Возможно, что существует только одна космология.

Многие струнные теоретики подозревают, что для окончательной формулировки теории струн потребуются глубокие концептуальные изменения наших понятий пространства и времени. Если это так, то критерий для определения состояния природы (вакуума) может быть совсем другим. Нет никаких причин на этой предварительной стадии нашего понимания отказываться от надежды, что этот путь приведет нас к теории Вселенной, действительно обладающей предсказательной силой.⁷

Возможно, та неизвестная М-теория, основанная на новых понятиях пространства и времени, на которую Гросс надеется, действительно существует и имеет единственный вакуум, который объясняет свойства Вселенной, но все больше струнных теоретиков теперь верят, что эта точка зрения — всего лишь принятие желаемого за действительное. Коллега Гросса Польчинский написал о настроениях Гросса и Виттена следующее:

На самом деле, в теории струн имеется культ “моновакуизма” (monovacuism), пророк которого проживает в Нью-Джерси (или, возможно, в офисе подо мной), в том смысле, что некоторый волшебный принцип выберет единственный вакуум, а именно, наш. Я хотел бы, чтобы это было верным, но ученые должны быть свободны от веры во что-то только на основании того, что это делает их счастливыми.⁸

Струнный теоретик из ЦЕРН, Вольфганг Лерхе, зашел настолько далеко, что стал утверждать, что существование такого обширного числа возможных вакуумных состояний теории струн было очевидно задолго до работы ККЛТ 2003 г.:

Вот что я нахожу раздражающим — эти идеи носятся в воздухе с середины 80-х; в одной статье о 4-мерных струнных конструкциях была сделана грубая оценка минимального числа струнных вакуумов, порядка 10^{1500} ; эта работа игнорировалась (потому что она не вписывалась в философию того времени) теми же самыми людьми, кто теперь пере-’открывает’ ландшафт, появляется в журналах в этом контексте, и даже, кажется, пишет книги об этом ..., вся дискуссия могла (и фактически, должна была) иметь место в 1986/87. Главное, что изменилось с тех пор — мнение определенных людей, и то, что Вы теперь видите — это Стэнфордская машина пропаганды, работающая на полную мощность.⁹

По мере того как все больше теоретиков суперструн приходит к выводу, что теория суперструн действительно имеет все эти вакуумные состояния, и ее врожденным свойством является невозможность предсказать космологическую постоянную и, вероятно, другие неопределенные параметры Стандартной Модели, нам часто напоминают следующую аналогию. В 1596 г. Кеплер предложил математически изящное гипотетическое объяснение расстояний между орбитами шести известных планет, объяснение, которое использовало тот факт, что существует только пять платоновских тел. Конечно, позже стало ясно, что расстояния между планетами были продуктом истории развития Солнечной системы, а не следовали из фундаментальных физических законов. Аргумент здесь в том, что, возможно, многие, если не все, аспекты Стандартной Модели, которые мы никак не можем объяснить, являются, на самом деле, всего лишь экологическими, зависящими от специфического состояния Вселенной, в котором мы оказались, а не какими-то основными физическими законами. Если дело обстоит так, то единственными возможными предсказаниями для этих вещей были бы те, которые следуют из антропного ограничения, делающего возможным наше собственное существование.

Проблема с этим аргументом состоит в том, что в случае Солнечной системы, соответствующая физическая теория (ньютонова механика) дает четкое понимание,

что определяется в соответствии с основной теорией, а что является экологической случайностью истории. Теория суперструн не дает такого различия. Никто не знает, как отличить то, что теория способна предсказать, от того, что не может быть предсказано, так как является экологическим. Кажется, теоретики суперструн не уверены, существует ли хоть один аспект Стандартной Модели, который, в принципе, может быть предсказан теорией.

Группа теоретиков, включая Майкла Дугласа из Рутгерс, утверждала, что можно надеяться получить предсказания теории суперструн, анализируя статистику возможных вакуумных состояний, совместимых с нашим существованием. Если подавляющее большинство этих состояний имеет некоторое свойство, то они ожидают, что мы увидим это свойство в нашей специфической Вселенной. Самое простое из таких свойств, которое они пробовали анализировать, — энергетический масштаб нарушения суперсимметрии. Являются ли состояния с нарушением суперсимметрии на очень высоком масштабе энергии, скажем на планковском масштабе, более обычными, чем состояния, где это случается на низком масштабе энергии, таком, какой был бы доступен для наблюдения на ЛНС?

Совсем неясно, можно ли ответить на этот вопрос рационально. Прежде всего, вычисление того, что происходит в каждом из 10^{500} , или более, предполагаемых состояний, кажется невозможной задачей. Даже если оно могло бы быть выполнено, непонятно, какую вероятность следует приписать каждому из этих состояний, так как вероятность их возникновения зависит от деталей динамики Большого Взрыва, которые вообще не поняты. Можно только предположить равную вероятность для каждого состояния, но даже это не в состоянии привести нас куда-нибудь, если число состояний бесконечно, а весьма вероятно, что это так и есть. С этой проблемой можно иметь дело, вводя своего рода обрезание, чтобы сделать число состояний конечным, но тогда результат будет зависеть от выбора обрезания.

Дуглас и другие все же надеялись сделать своего рода предсказание и написали несколько статей на эту тему. История этих статей замечательно конфузная. Одна из статей Дугласа по данной теме¹⁰ оказалась представленной в четырех различных версиях, с существенными изменениями выводов при смене версий. Основываясь на одной из более ранних версий статьи Дугласа, Сасскинд представил статью¹¹, в которой утверждалось, что некоторые из его более ранних аргументов по теме были ошибочны. Когда Дуглас изменил свои выводы, Сасскинд отозвал свою статью, по-видимому, потому что ее заявления, что его собственная более ранняя статья была неправильной, оказались теперь сами неправильными, поскольку были основаны на неправильной статье Дугласа. И эта изъятая статья и более ранняя, на которую была дана ссылка, необычно коротки и не содержат ничего похожего на строгие математические аргументы.

Странный эпизод с участием Сасскинда имел место в конце июля 2004 г., начавшись с появления статьи физика Ли Смолина, подробно объясняющей, почему антропный принцип никогда не может дать фальсифицируемых предсказаний, и таким образом, не имеет права считаться научным принципом. Сасскинд на следующий день попытался поместить в архиве электронных препринтов статью на три страницы, половина которой состояла из воспроизведения письма Смолина с выделением его аргументов, а другая половина была нападением на Смолина, где он признавал, что не прочитал статьи Смолина тщательно. Эта статья была отклонена администраторами архива, что вообще чрезвычайно необычно. Архив предназначен быть складом нерцензируемых работ, и я не знаю никакого другого примера, когда бы администраторы отклонили статью известного физика, работающего в доминирующем направлении.

Примерно в то же самое время российский физик и струнный теоретик Александр Поляков (сейчас в Принстоне) представил статью с обзором своей карьеры и своих

усилий понять отношения дуальности между калибровочной теорией и теорией струн. В этой статье он заявляет:

По моему мнению, теория струн вообще, возможно, слишком честолюбива. Мы знаем слишком мало о струнной динамике, чтобы решать фундаментальные вопросы “правильного” вакуума, иерархий, выбора между антропным и мизантропным принципами и т.д. Нехватка контроля со стороны эксперимента делает шанс сбиться с пути почти неизбежным. Я надеюсь, что калибровочно-струнная дуальность несколько улучшает ситуацию... Возможно она поможет восстановить умственное здоровье теории струн.¹²

В своей недавней книге Сасскинд признает, что у него нет никакой правдоподобной идеи о том, как можно было бы получить хоть какие-то предсказания из теории струн. Удивительным является то, что как он, так и другие видные теоретики не считают это основанием разочароваться в теории, а вместо этого хотят верить, что теория должна быть истинной, даже при том, что она не может ничего предсказать. Сасскинд относится к возражениям, что теория струн не фальсифицируема как к *понтификации* "*Попперации о том, что является и что не является наукой*, — и продолжает — “я склонен думать, что никакая идея не может иметь большой ценности, если она не вызывает подобной критики.”¹³

Можно было бы ожидать, что, как только теоретики больше не смогут видеть путь вперед, к использованию теории для получения предсказаний, они оставят ее и будут работать над чем-то более многообещающим. Этого, кажется, не происходит. Одним из вопросов вокруг теории суперструн всегда был вопрос о том, что требуется, чтобы убедить ее сторонников, что она является неосуществимой идеей. Так как никакой четкой теории нет, то нельзя и доказать, что теория является неправильной, в том смысле, что она приводит к противоречиям или к предсказаниям, которые не согласуются с экспериментом. Можно думать, что единственной надеждой показать, что теория потерпела неудачу, будет продемонстрировать, что она является пустой и никогда не может ничего предсказать, но кажется, даже этого недостаточно, чтобы переубедить людей.

Космолог из Принстона, Пол Стейнхардт, полагает, что в состоянии отчаяния находятся не противники сценария ландшафта, а скорее те струнные теоретики, которые, как Сасскинд, обратились к антропному принципу. Он говорит:

Теоретики струны повернулись к антропному принципу для спасения. Откровенно, я рассматриваю это как акт отчаяния. Я не слишком терпим к антропному принципу. Я думаю, в глубине души, что это понятие ненаучно. Истинно научная теория основывается на тестируемых предположениях и оценивается по ее прогнозирующей мощи. Антропный принцип делает огромное число предположений о существовании множественных вселенных, о случайном процессе творения, о распределениях вероятности, которые определяют вероятность различных особенностей и т.д., ни одно из этих предположений не является проверяемым, потому что они приводят за собой гипотетические области пространства-времени, навсегда скрытые от досягаемости наблюдений. Что касается предсказаний, их очень немного, если они вообще есть. В случае теории струн, антропный принцип призван только объяснить известные наблюдения, а не предсказать новые. (В других версиях антропного принципа, там где делаются предсказания, они оказываются неправильными. Некоторые физики ссылаются на недавние свидетельства о величине космологической постоянной, как на ожидаемые из антропных аргументов; однако, наблюдаемое значение не согласуется с предсказанным из антропных соображений.)¹⁴

Он продолжает, называя “современное антропное помешательство” “безумием миллениума”.

Антропный аргумент, в котором находят убежище Саскинд и другие, — на самом деле, — отвлекающий маневр. Гросс так описывает ситуацию:

Мы видим, что такое случается вновь и вновь как реакция на трудные проблемы... Придумайте великий принцип, который объясняет, почему Вы неспособны решить задачу. (Ch.17, п.5)

Даже если Вы полагаете, что космологическая постоянная никогда не может быть фиксирована теорией и может быть определена только антропным путем, это имеет мало общего с проблемами, перед которыми стоит теория суперструн. Если бы теория сделала некоторые точные предсказания, но оставила космологическую постоянную неопределенной, то можно было бы отнестись к антропному аргументу серьезно. Вместо этого, мы видим, что теория не только не предсказывает величину космологической постоянной, она вообще ничего не предсказывает. Окажется ли, действительно, когда-либо необходимым в физике антропное рассуждение или нет, но в данном случае оно является не чем иным, как оправданием при неудаче. Спекулятивные научные идеи терпят неудачу не только тогда, когда они ведут к неправильным предсказаниям, но также и тогда, когда они оказываются пустыми и неспособными предсказать хоть что-нибудь.

После бесед с несколькими струнными теоретиками о современной ситуации, репортер журнала *Science* написал:

... большинство исследователей полагает, что огромное число различных версий теории может совпасть с тем, что мы знаем и можем измерить. Если так, физикам, вероятно, придется заново продумать, что же означает для теории объяснение экспериментальных данных. (Ch.13, п.11).

Это абсолютная ерунда. Нет никакой потребности заново продумывать, что же означает для теории объяснить экспериментальные результаты. Случилось то, что, пытаясь избежать признаний в неудаче, некоторые физики постарались обернуть комментарий Фейнмана: “Теоретики струны получают оправдания, а не предсказания”, из критического замечания в новый способ заниматься теоретической наукой.