

"Сакраментальные" пространственно-временные моменты современной физики

В.А. Касимов. *quadrica-m@mail.ru*

Рассмотрены вопросы:

Теория струн как новая физическая парадигма объединения взаимодействий и выхода физики в многомерие

Дуализм как принцип физического описания

"Онтологизация" пространственно-временных отношений как воплощение принципа дуализма

Антропный принцип

*Внепространственно-временной аспект существования Вселенной
Размеры и возраст Вселенной*

Многомерие как способ объединения взаимодействий

Важными выводами ОТО являются: невозможность в общем случае корректного определения интегральных длин и расстояний, а также осуществления тотальной синхронизации часов на "все времена". Это объясняется нестационарностью в общем случае метрики пространственно-временных отношений (здесь, кстати, "неуместно" возникает и сам вопрос о том, что такое стационарность и нестационарность; эти понятия подразумевают существования эталона, которого никто ещё не представил!).

Поскольку ОТО не позволяет в общем случае говорить об интегральных расстояниях и масштабах времени, а при существовании сингулярных точек в метрике невозможны также и полная синхронизация координатного времени, и метризация расстояний, говорить о *возрасте* Вселенной, о её сегодняшних *размерах* можно лишь с большим риском для истины. Именно ограниченная применимость макропространственно-временных отношений в мега- и микромасштабах обуславливает появление гипотез, обязательной составляющей которых являются пространственно-временные парадоксы.

Кроме того, для Вселенной, как объекта, рассматриваемого на уровнях *онтологизации* от нулевого и максимум до второго [4] нет возможности понятийно описать пространственно-временные отношения. Просто-напросто для него самого описание отделимости и различимости входящих объектов как в существовании, так и в сосуществовании появляется только на пред'арифметизируемом втором уровне онтологизации. **Поэтому описание Вселенной как объекта, возможно только во внепространственно-временном аспекте!**

Можно ли говорить о рождении Вселенной? В рамках рациональной логики причинно-следственных связей эти разговоры - чистая спекуляция, лишённая макрорационального смысла!

Пространство и время обречены! [3]



На сегодняшний день многие из нас (физиков) убеждены, что пространство и время (x, y, z, t) — не первичные, а, скорее, производные понятия. У нас есть много примеров, указывающих на то, что часть или даже всё пространство — не фундаментально, но является лишь удобной крупномасштабной концепцией.

Дуальности в теории струн

Самая большая проблема в теории струн заключается в том, что мы по-прежнему не знаем, что такое сама теория струн. У нас есть множество различных способов построения пертурбативных решений на различных участках этой теории. Мы открыли всевозможные удивительные дуальности, расширяющие наш контроль над теорией, но и дающие нам ясно понять, что мы не имеем ни малейшей идеи относительно полной структуры этой теории.

Теория струн, на первый взгляд, представляет собой весьма умеренную модификацию физики; мы просто заменяем частицы струнами. А затем начались всевозможные удивительные открытия. Например, гравитация всплыла наряду с калибровочными взаимодействиями. И все эти особые типы симметрий и сил не были привнесены в теорию — они просто следовали из нее. Другим сюрпризом стало открытие суперсимметрии, когда физики попытались построить спиновые струны — струны, описывающие, в том числе, фермионы со спином $1/2$. Также было открыто, что струны могут жить только в пространстве-времени с числом измерений значительно больше традиционного — 10 или 11. Десять лет назад выяснилось, что струны — не единственное представление в теории струн, и что при взгляде с других точек зрения фундаментальную роль в ней играют принципиально новые протяженные многомерные объекты — так называемые D-браны. Наконец, в теории струн были открыты далеко идущие и очень сильные дуальности.

В свое время мы думали, что имеем пять отдельных струнных теорий — две теории замкнутых струн, две теории гетеротических струн и теорию открытых струн. Теперь мы понимаем, что всё это одно и то же, и умеем преобразовывать наблюдаемые физические величины из одной теории в другую. Например, возьмем какую-нибудь теорию — описывающую, скажем, движение суперструн в десяти измерениях. Мы знаем, как рассчитать разложение этой теории для случая слабой связи. Однако по мере усиления связи разложение разваливается, но у нас есть и другой, более удачный способ теоретического описания. При низких энергиях его можно замечательно описать в рамках одиннадцатимерной модели супергравитации. Более того, теория с 11 измерениями имеет и иное представление, в терминах обычной квантовой механики, — простое (суперсимметричное) квантово-механическое представление в матричной форме, где пространственные измерения вообще устраняются, и остается одно время. И такое представление дуально с представлением в рамках 11-мерной модели супергравитации при низких энергиях. Имеется и много других дуальных теоретических представлений, включая дуальность между теорией струн в анти-де-ситтеровском пространстве и четырехмерной калибровочной теорией, о которой я уже упоминал. Здесь мы имеем дело с дуальностью представлений в обычной четырехмерной калибровочной теории без гравитации и десятимерной теорией струн.

Все эти открытия стали полным сюрпризом. А что дальше? Кто знает?

В качестве первого примера двойственного описания единой сущности можно считать концепцию корпускулярно-волнового дуализма квантовой механики, возникшую в начале прошлого века. Здесь для описания квантово-механического объекта используется два способа, не сводимые друг к другу. Не являясь ни волной, ни частицей квантовый объект допускает оба описания. В теории струн дуализм описания, по мнению Гросса и Виттена, выступает уже в роли методологического принципа.

Пространство и время обречены!

Я думаю, что состояние теории струн на сегодняшний день похоже на состояние квантовой теории непосредственно после появления модели атома Бора — до формулировки принципов квантовой механики. На том этапе у людей была лишь старая квантовая теория — набор правил для расчета спектральных линий. Старая квантовая теория хорошо работает в отношении атома водорода, а в отношении даже атомов гелия — уже не столь хорошо. И сами правила квантования выглядели на том этапе слишком парадоксально. А затем, после двенадцатилетней неразберихи, произошло концептуальное изменение — была разработана квантовая механика. По-моему, теория струн сейчас как раз и находится в подобной ситуации. У нас есть всевозможные способы описания теории струн с использованием различных моделей, различного числа измерений, с учетом гравитации и без нее, с различными степенями свободы; а что у нас отсутствует, так это понимание фундаментальных принципов динамики и симметрии, лежащих в основе теории.

И причина здесь кроется, по-моему, в самой концепции пространства-времени. Многие теоретики струн внутренне согласны с Эдвардом Виттеном, сказавшим, что пространство-время, должно быть, обречено.

Понятие пространства-времени — это нечто такое, от чего, возможно, придется отказаться. Почему мы считаем, что пространство-время обречено? По многим причинам. Во-первых, в теории струн мы свободны варьировать число пространственных измерений путем изменения константы связи, силы взаимодействия. Одна и та же теория при слабом взаимодействии выглядит так, что струны движутся в десяти измерениях, а при сильном взаимодействии — в одиннадцати. Так что в теории струн число измерений пространства-времени — величина отнюдь не фундаментальная.

В теории струн мы также можем непрерывным образом изменять топологию пространства-времени. В обычной общей теории относительности этого сделать нельзя, не породив сингулярностей. Теория струн допускает выбор решения, классическим образом описывающего струну и движущегося в многообразии, где часть пространственных измерений компактно свернута. Непрерывно изменяя параметры такого решения, мы достигаем точки, в которой струна переходит в пространство иной топологии. У нас есть описания, позволяющие нам исследовать гладкое изменение топологий, что, опять же, наводит на мысль о том, что в теории струн гладкие многообразия фундаментальной роли не играют.

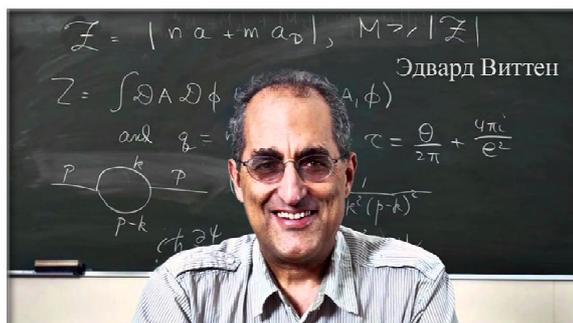
Также, с операционной точки зрения, в теории струн не может идти реальной речи о произвольно малых расстояниях. Просто бессмысленно говорить о гладком многообразии пространства-времени с бесконечно малыми расстояниями. Гейзенберг вывел свой принцип неопределенности, рассматривая проблему измерения линейных размеров объектов при помощи микроскопа. Давайте рассмотрим вопрос об использовании микроскопа для определения малых расстояний в теории струн. Согласно теории струн, световые лучи, используемые в микроскопе, сами по себе состоят из струн. Выясняется, что помимо квантово-механической неопределенности при измерении расстояний — эффекта, заставляющего нас использовать световые лучи (или ускорители частиц) всё более и более высоких энергий для более точного определения местоположения частицы, — тут имеет место и струнная неопределенность. С повышением их энергии E струны растягиваются. И рано или поздно они становятся больше объектов, которые мы пытаемся зондировать. Квантово-механическая неопределенность при измерении линейных размеров объекта пропорциональна $1/E$, а струнная неопределенность растет прямо пропорционально E . Как следствие, минимальное расстояние, которое мы можем зондировать, составляет порядка планковской длины. Поэтому нет никакого смысла говорить о линейных размерах короче планковских.

К тому же заключению можно прийти и другим путем — рассмотрев струны, когда одно из измерений компактно закольцовано. Выясняется, что теория струн, компактифицированная на круге радиуса R (в единицах Планка), может быть эквивалентно описана и в терминах теории струн, компактифицированной на круге радиуса $1/R$ (в единицах Планка). Занижая R , мы тем самым увеличиваем $1/R$, а более точное описание дает модель с большим радиусом компактификации. И опять же, минимальное значение R определяется длиной Планка.

На сегодняшний день многие из нас убеждены, что пространство и время (x, y, z, t) — не первичные, а, скорее, производные понятия. У нас есть много примеров, указывающих на то, что часть или даже всё пространство — не фундаментально, но является лишь удобной крупномасштабной концепцией. Мы имеем дуальные представления теории струн на некоем фоне, из которых пространство, включая гравитацию, истекает — частично или полностью. Учитывая урок теории относительности, мы обязаны считать, что раз пространство является концепцией производной, значит, и концепция пространства-времени должна являться таковой. Однако у нас нет ни малейшей идеи, как формулировать физику, если время не фундаментально. В конце концов, физику мы традиционно понимаем как науку о процессах, протекающих во времени, — сама роль физики сводилась к предсказанию будущего на основе настоящего. В квантовой механике динамика определяется через гамильтониан в качестве генератора унитарной временной эволюции. Если же время — понятие производное и не являющееся независимым, трудно представить, как нам дальше формулировать физику. **По моему мнению, чтобы завершить построение теории струн, нам нужно понять, каким образом, подобно пространству, зарождается время.** Мы не знаем как, и это, на мой взгляд, — крупный камень преткновения на пути к разгадке тайн теории струн.

Пространство и время не исчезнут, поскольку мы живём в них, суедемся на скоростях и, в конце концов, умираем! Но рождаются другие ... В этом, по-видимому, и состоит начало антропного принципа в человеческом познании Мира. Просто пространственно-временные отношения потеряют свой статус понятийной первичности... станут чем-то наподобие — температуры, цвета, запаха - то есть проявлением присутствия каких-то более фундаментальных сущностей ...

В последнее время физики более, чем когда-либо, говорят о дуализме. Вы изучаете это десятилетиями. Почему эта тема вас интересует?



Учёные продолжают находить новые грани дуализма. Дуализм интересен тем, что он способен отвечать на вопросы, ответы на которые в противном случае недоступны. Например, можно потратить годы на размышления над квантовой теорией, пока понимаете, что происходит, когда квантовые эффекты малы. Однако учебники ничего не скажут вам, если вы захотите узнать, что делать, когда квантовые эффекты велики, поскольку, как правило, возникнут очевидные проблемы. На подобные вопросы часто и отвечает дуализм. Он даёт вам еще одно описание, на котором и вы можете получить ответ.

Каковы новые грани дуализма?

Им не имеет конца, потому что существует так много разных видов дуализма. Существует дуализм между калибровочной теорией [теорией, такой как квантовая теория поля, которая согласуется с определенными симметриями] и другой калибровочной теорией, или между теорией струн для слабой связи [описывающей струны, которые движутся почти независимо друг от друга] и теорией струн для сильной связи. Существует AdS/CFT—дуализм между калибровочной теорией и гравитационным описанием. Этот дуализм был обнаружен 20 лет назад, и удивительно, насколько он все еще плодотворен. Во многом это потому, что около 10 лет назад были введены новые идеи, которые омолодили его. Появилось новое понимание энтропии в квантовой теории поля — целая история о том, что “всё из кубита”.

Это об идее о том, что пространство-время и все в нем возникает как "голограммный" выход из информации хранящихся в запутанных состояниях квантовых частиц?

Да... Теперь, в математике существуют двойственности, которые физически могут быть интерпретированы как следствие дуализма между двумя квантовыми теориями поля. Есть так много возможностей, которыми сущности настолько взаимосвязаны, что любое простое утверждение, которое я попытаюсь сделать на лету, не охватит всю реальность - и я это понимаю. Мы должны представить себе "паутину" различных отношений, где одна и та же физика имеет разные описания, раскрывая разные свойства. Однако в простейшем случае, есть два важных описания, и этого может быть достаточно. Если вы спросите меня о более сложных примерах — их может быть много и разных.

Учитывая эту "паутину" отношений и факт того, как трудно охарактеризовать целостность двойственности, как вы думаете — отражает ли это отсутствие понимания структуры, или это то, что мы поймём, в конце концов, структуру, только это очень сложно?

Я не уверен, что мы должны надеяться на это. Традиционно квантовая теория поля строилась, начиная с классической картины [гладкого поля], а затем квантованием ее. Теперь мы узнали, что есть много вещей, которые происходят, что такое описание не отражает должного, что одна и та же квантовая теория может исходить из разных классических теорий. Например, Нати Зайберг [физик-теоретик, который работает дальше по коридору], возможно, скажет вам, что он верит в то, что есть лучшая формулировка

квантовой теории поля, о которой мы не знаем, и которая лучше. Я не уверен в том, насколько мы должны ожидать, что это будет реально. Это был бы сон, но надеяться на это — слишком много; я действительно не знаю.

Есть еще один любопытный факт, достойный внимания, а именно то, что квантовая теория поля очень важна для физики. На самом деле она также очень важна и для математики. Но математикам чрезвычайно трудно общаться с физиками; то, как физики формулируют своё, математикам очень трудно вслед за ними строить строгую теорию. Это чрезвычайно странно, что мир так сильно основан на математической структуре, которая так сложна.

В чем вы видите связь между математикой и физикой?

Я предпочту дать вам не всеобъемлющий ответ, а прокомментировать — где мы сейчас находимся. Физика в квантовой теории поля и теории струн почему-то имеет много математических секретов, и мы не знаем как их систематизировать. Физики придумывают такие вещи, которые удивляют математиков, потому что трудно математически описать в известных формулировках то, что формулируется в квантовой теории поля. И это то, что необходимо узнавать именно из физики.

Мне трудно поверить, что есть единые универсальные формулировки. Я думаю, это слишком много, чтобы надеяться. Я мог бы указать на теории, где стандартный подход действительно кажется неадекватным, поэтому, по крайней мере, для этих классов квантовых теорий поля, можно надеяться на новые формулировки. Но я действительно не могу представить, что будет.

Вы вообще не можете себе это представить?

Нет, не могу. Традиционно считалось, что взаимодействующая квантовая теория поля не может существовать в пространствах размерности выше четырех, и интересный был факт, что это измерения, в котором мы живем. Но одним из ответвлений двойственности струн 1990-х было то, что было обнаружено, что квантовые теории поля на самом деле существуют в пяти и шести измерениях. И удивительно, как много известно об их свойствах.

Я слышала о таинственной (2,0) теории — квантовой теории поля, описывающей частицы в шести измерениях, которая двойственна M-теории, описывающей струны и гравитацию в семимерном пространстве AdS. Играет ли эта (2,0) теория важную роль в "паутине" двойственностей?

Да, это вершина. С точки зрения обычной квантовой теории поля без гравитации нет ничего похожего на нее выше шести измерений.

Из существования (2,0) теории и основных свойств вы можете вывести невероятное количество следствий о том, что происходит при более низких измерениях. Из этой шестимерной теории и ее свойств вытекает огромное количество важных двойственностей для пространств четырех — и меньших измерений. Однако, в то время как то, что мы знаем о квантовой теории поля, обычно является квантованием классической теории поля, нет разумной классической отправной точки для (2,0)-теории. Теория (2,0) имеет свойства [такие как комбинации симметрий], которые кажутся невозможными, когда вы впервые слышите о них. Так что вы можете спросить, почему существуют двойственности, но вы также можете спросить, почему существует теория 6-D с такими-то свойствами? Мне кажется, что существование двойственности — это более фундаментальное утверждение.

Двойственность затрудняет понимание того, что реально в мире, поскольку существуют радикально разные способы описания одной системы. Как бы вы описали, что реально или более фундаментально?

Какой аспект реальности вас интересует: что означает: мы существуем (?) или как мы вписываемся в наши математические описания?

Последнее.

Ну, одна вещь, которую я скажу вам, это то, что в целом, когда у вас есть двойственности, вещи, которые легко можно увидеть в одном описании, могут быть трудно увиденными в другом описании. Так что, например, мне довольно просто описать для вас что-то при обычном подходе к физике, разработанном Ньютоном и его преемниками. Но, есть радикально другое двойственное описание реального мира и некоторых вещей, о которых беспокоятся физики и что было бы яснее для них, то двойственное представление может быть таким, что описать его повседневным языком было бы довольно трудно.

Что бы вы сказали о перспективе оптимистичной идеи о том, что возможно одно единственное квантовое гравитационное описание, которое действительно поможет вам в каждом случае в реальном мире?

Ну, к сожалению, даже если это правильно, я не могу гарантировать, что это поможет. Часть того, что затрудняет помощь, заключается в том, что описание, которое мы имеем сейчас, хотя оно и не полное, объясняет очень много. И поэтому трудно сказать, что даже если бы у вас было бы действительно лучшее описание или более полное описание, поможет ли это на практике.

Вы говорите об М-теории?

М-теория является кандидатом на лучшее описание.

Вы предложили М-теорию 22 года назад. Каковы её перспективы? [1]

Лично я думал, что это было предельно ясно 22 года назад, но сегодня уровень доверия должен быть намного выше, потому что AdS/CFT дал нам точные определения, по крайней мере, в геометрии пространства-времени AdS. Я думаю, что наше понимание того, что это такое, все еще очень туманно. AdS/CFT и все, что из него исходит — это главная новая перспектива по сравнению с 22 годами назад, но я думаю, что вполне возможно, что AdS/CFT — это только одна сторона многогранной истории. Могут быть и другие не менее важные аспекты.

Какой еще пример можно привести?

Например, объемное описание квантовых свойств самого пространства-времени, а не голографического описания границ. Здесь не было существенного прогресса в течение длительного времени в получении лучшего объемного описания. И я думаю, что это может быть потому, что ответ другого рода, чем что-либо, к чему мы привыкли. Это было бы моим предположением.

Готовы ли вы поразмыслить о том, как это было бы по-другому?

Сомневаюсь, что смогу сказать что-нибудь полезное. Я подозреваю, что есть дополнительный уровень абстрактности по сравнению с тем, к чему мы привыкли. Я склонен думать, что нет точного квантового описания пространства-времени — за исключением ситуаций, когда мы знаем, что есть, например, в AdS-пространстве. Я склонен думать, что в противном случае все немного мрачнее, чем точное квантовое описание. Здесь я не могу сказать ничего полезного.

Вчера вечером я читал старое эссе Принстонского физика 20-го века Джона Уилера. Конечно, он был провидцем. Однако, если понимать его слова буквально, то они безнадежно расплывчатые. И поэтому, если бы я прочитал это эссе, когда оно вышло 30 лет назад, я бы отверг статью как настолько с расплывчатым смыслом, что не смог бы работать с ней, даже если бы статья предлагала правильный путь.

Вы имеете в виду "Информацию, Физику, Квант" — эссе Уиллера 1989 года, где излагается идея о том, что физическая Вселенная возникает из информации, которую он обозначил как "она из бита". Зачем Вы перечитывали эту статью?

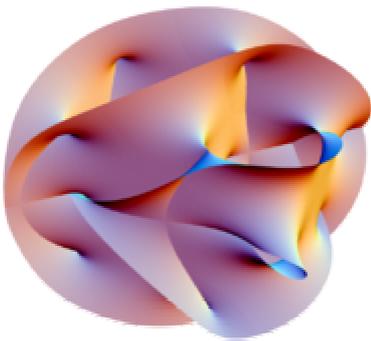
Я пытаюсь прояснить — что пытаются сказать фразой “Это от кубита.” Уилер говорил об этом — “из бита”, но вы должны помнить, что это эссе было написано до того, как был придуман термин “кубит”, и, конечно, до того, как он стал широко популярным. Читая его, я действительно думаю, что он говорил о кубитах, а не битах, поэтому “ Это от кубита ” на самом деле просто современный перевод.

Не ждите того, что я смогу рассказать вам что-нибудь полезное о том, был ли он прав. Когда я был начинающим аспирантом, у них была серия лекций профессорско-преподавательского состава для новых студентов о теоретических исследованиях, и одним из тех, которые читали такие лекции, был Уилер. Он нарисовал на доске картину Вселенной, визуализированную как глаз, смотрящий на себя. Я понятия не имела, о чем он говорил. Оглядываясь назад, я понимаю, что он объяснял, что значит говорить о квантовой механике, когда наблюдатель является частью квантовой системы. Я думаю, есть что-то, чего мы не понимаем в этом.

Наблюдение за квантовой системой необратимо изменяет ее, создавая различие между прошлым и будущим. Таким образом, проблема наблюдателя, возможно, связана с проблемой времени, которую мы также не понимаем. Благодаря двойственности AdS/CFT мы узнали, что новые пространственные измерения могут появляться как голограмма из квантовой информации на границе. Считаете ли вы, что время также возникает — что оно возникает из вневременного полного описания?

Я склонен предполагать, что пространство-время и все что в нем в определённом смысле возникают. Кстати, вы наверняка найдёте, что именно на это и намекал Уилер в своем эссе. Как вы можете заметить, он думал, что введение континуума как в физике, так и в математике было неправомерным. Он считал, что микроскопическое описание пространства-времени не должно использовать континуум любого рода — ни континуум пространства, ни континуум времени, ни даже континуум действительных чисел. Для пространства и времени я разделяю его взгляд. Но в отношении действительных чисел я должен сослаться на его невежество или агностицизм. Это то, о чем я думаю. Я пытался представить, что может последовать, если не использовать континуум действительных чисел. Ни один из логиков, с которыми я пытался обсудить это, не помог мне в этом.

Дополнительные пространственные измерения [2]



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

Интригующим предсказанием теории струн является многомерность Вселенной. Ни теория Максвелла, ни теория Эйнштейна не дают такого предсказания, поскольку предполагают число измерений заданным (в теории относительности их четыре). Первым, кто добавил пятое измерение к эйнштейновским четырём, оказался немецкий математик Теодор Калуца (1919 год). Обоснование ненаблюдаемости пятого измерения (его компактности) было предложено шведским физиком Оскаром Клейном в 1926 году.

Требование согласованности теории струн с релятивистской инвариантностью (лоренц-инвариантностью) налагает жёсткие требования на

размерность пространства-времени, в котором она формулируется. Теория бозонных струн может быть построена только в 26-мерном пространстве-времени, а суперструнные теории — в 10-мерном.

Поскольку мы, согласно специальной теории относительности, существуем в четырёхмерном пространстве-времени, необходимо объяснить, почему остальные дополнительные измерения оказываются ненаблюдаемыми. В распоряжении теории струн имеется два таких механизма.

Компактификация

Первый из них заключается в компактификации дополнительных 6 или 7 измерений, то есть замыкание их на себя на таких малых расстояниях, что они не могут быть обнаружены в экспериментах. Шестимерное разложение моделей достигается с помощью пространств Калаби — Яу.

Классическая аналогия, используемая при рассмотрении многомерного пространства, — садовый шланг. Если наблюдать шланг с достаточно далёкого расстояния, будет казаться, что он имеет только одно измерение — длину. Но если приблизиться к нему, обнаруживается его второе измерение — окружность. Истинное движение муравья, ползающего по поверхности шланга, двумерно, однако издали оно нам будет казаться одномерным. Дополнительное измерение доступно наблюдению только с относительно близкого расстояния, поэтому и дополнительные измерения пространства Калаби — Яу доступны наблюдению только с чрезвычайно близкого расстояния, то есть практически не обнаруживаемы.

Локализация

Другой вариант — локализация — состоит в том, что дополнительные измерения не столь малы, однако в силу ряда причин все частицы нашего мира локализованы на четырёхмерном листе в многомерной вселенной (мультивселенной) и не могут его покинуть. Этот четырёхмерный лист (брана) и есть наблюдаемая часть мультивселенной. Поскольку мы, как и вся наша техника, состоим из обычных частиц, то мы в принципе неспособны взглянуть вовне.

Единственная возможность обнаружить присутствие дополнительных измерений — гравитация. Гравитация, будучи результатом искривления пространства-времени, не локализована на бране, и потому гравитоны и микроскопические чёрные дыры могут выходить вовне. В наблюдаемом мире такой процесс будет выглядеть как внезапное исчезновение энергии и импульса, уносимых этими объектами.

Возможность критического эксперимента

Теория струн нуждается в экспериментальной проверке, однако ни один из вариантов теории не даёт однозначных предсказаний, которые можно было бы проверить в критическом эксперименте. Таким образом, теория струн находится пока в «зачаточной стадии»: она обладает множеством привлекательных математических особенностей и может стать чрезвычайно важной в понимании устройства Вселенной, но требуется дальнейшая разработка для того, чтобы принять её или отвергнуть. Поскольку теорию струн, скорее всего, нельзя будет проверить в обозримом будущем в силу технологических ограничений, некоторые учёные сомневаются, заслуживает ли данная теория статуса научной, поскольку, по их мнению, она не является фальсифицируемой в попперовском смысле.

Можно сказать и более категорично: выход на попперовские смыслы — вынужденный, в связи с отсутствием "предмета". Здесь явным образом мы наблюдаем выход на "поля" философии (методологии физики) или религии (веры), поскольку, как известно, физика является экспериментальной наукой.

Разумеется, это само по себе не является основанием считать теорию струн неверной. Часто новые теоретические конструкции проходят стадию неопределённости, прежде чем, на основании сопоставления с результатами экспериментов, признаются или отвергаются (см., например, уравнения Максвелла[58]). Поэтому и в случае теории струн требуется либо развитие самой теории, то есть методов расчёта и получения выводов, либо развитие экспериментальной науки для исследования ранее недоступных величин.

Желание интерпретировать многомерие пространственно-временных отношений на манер классических в терминах (макро-) "Что, где, когда и почему" на ниш взгляд бесперспективно в методологическом отношении. Ситуация напоминает историю с термодинамической "теорией флогистона", когда "флогистон" пытались наделить реальными физическими свойствами. Закончилась эта история возникновением статистической физики и объяснении на её основе всех термодинамических процессов. Аналогично и здесь, корректнее была бы постановка вопроса о возникновении макропространственных отношений, а не о их наследовании с макроуровневого описания без всяких на то оснований.



Известная философская формула: "Пространство и время - всеобщие формы существования материи", заставляет нас ввести несколько уровней представления наших знаний о пространственно-временных отношениях, которые мы будем условно называть "уровнями онтологизации" нашего понимания этих отношений. Эти уровни можно рассматривать как онтологические срезы в процессе познания сущности пространственно-временных отношений и становления их понятийной определённости [4].

Понятийная факторизация пространственно-временных отношений по уровням онтологизации находится в полном соответствии с принципом дуальности, выдвинутом Д. Гроссом и Э. Виттенем.

Литература

1. Э. Виттен, Н. Волховер. Физик размышляет о природе реальности.

Перевод с английского языка интервью от 28 Ноября 2017: *Edward Witten, Natalie Wolchover*. A Physicist's Physicist Ponders the Nature of Reality

<https://www.dropbox.com/s/6kg3dmt5fp63ufy/A%20Physicist%20Russian.pdf?dl=0>

<https://cloud.mail.ru/public/975M/M4b1XC4Ln>

<https://www.academia.edu/38505970/>

<http://vixra.org/pdf/1903.0103v1.pdf>

2. Теория струн. Материал из Википедии — свободной энциклопедии (сборка на 10.03.2019)

<https://www.dropbox.com/s/1e4r8st4i9uaguq/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F%20%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BD-RR.pdf?dl=0>

<https://cloud.mail.ru/public/9sfr/taTjZzkyy>

<https://www.academia.edu/38518529/>

<http://vixra.org/pdf/1903.0137v1.pdf>

3. Д. Гросс. Теория струн

<https://www.dropbox.com/s/ylqk4mebsceldor/GrossStringTheory.pdf?dl=0>

<https://cloud.mail.ru/public/9bgJ/BXsF1DCMH>

<https://www.academia.edu/38534403/>

<http://vixra.org/pdf/1903.0203v1.pdf>

4. В. Касимов. Возникновение пространственно-временной определенности (1+2+3)

<https://www.dropbox.com/s/7...>

<https://cloud.mail.ru/publi...>

<https://www.academia.edu/36...>

<http://vixra.org/pdf/1804.0...>

Продолжение следует ...