

Скрытое пространство-время в физике

А.В. Каминский

(получена 13 ноября 2004; изменена 9 января 2005; опубликована 15 января 2005)

Рассматривается гипотеза, согласно которой в основе квантовой, релятивистской и статистической теорий лежит субъективная неполнота физической реальности.

Введение

Наличие в физике скрытых величин не является неожиданным. Фундаментальное ограничение на скорость распространения взаимодействий, налагаемое специальной теорией относительности (СТО), приводит к тому, что для наблюдателя в некоторой системе отсчета доступны только те точки пространства - времени, которые лежат во внутренней части светового конуса. Области вне светового конуса скрыты от него. В квантовой механике (КМ) наличие скрытых состояний следует из принципа неопределенности.

Менее очевидно существование в мире скрытых состояний, обусловленное нашей принципиальной неспособностью производить бесконечно точные измерения и вычисления. Этот важный момент, игнорируемый современной физикой, онтологизируется тезисом о физической неполноте мира [1]. Субъект – наблюдатель всегда часть природы. Поэтому, располагая, по определению, только частью ресурсов, доступных природе, мы всегда будем ограничены в любых сферах своей активности по отношению к внешнему миру. С другой стороны, природа, обладая превосходящими наблюдателя ресурсами, манипулирует трансфинитным с его точки зрения объемом информации. Говоря образно, мы не можем проверить Бога, насколько верно он проводит «вычисления». "Кухня" этих вычислений скрыта от нас барьером неполноты. Не пользуется ли Он своим "служебным положением", чтобы упростить себе работу?

Эйнштейн, как известно, считал, что Бог честно проводит вычисления. Но теперь многие убеждены, что Он просто "бросает кости" подобно нам, когда мы вместо того чтобы интегрировать уравнения, пользуемся методом Монтекарло!. К этому вопросу мы еще вернемся позже, а пока заострим внимание на самой причине существования в природе скрытых состояний.

Дальше других в понимании этого вопроса продвинулась КМ. Описание физического состояния при помощи матрицы плотности сознательно введено в теорию для отражения ситуации неполноты. Этот подход принес свои плоды. Большим достижением последнего времени явилась теория декогеренции, которая показала, что для наблюдателя, являющегося частью открытой системы, квантово-механическая картина мира неизбежно редуцирует в классическую [2]. Однако, теория декогеренции построена на базе формализма обычной КМ, которая в своей основе остается не понята. Поэтому целый ряд концептуальных вопросов по-прежнему остаются без ответа. Среди них объяснение природы квантовой нелокальности, проблема квантового индетерминизма, связь необратимости квантовых измерений с проблемой времени и ряд других трудных вопросов. Нередко можно встретить мнение, что эти вопросы, уходящие корнями в глубины философии, не так уж и важны для физики. Это заблуждение. Только обоснование КМ, которое приведет к *пониманию* природы квантового

поведения материи, создаст новую перспективу для дальнейших исследований. Мы, конечно, отдаем себе отчет в том, что требованием понимания, мы ступаем на очень зыбкую почву. Но именно понимание, как опора на глубинные априорные понятия, а не понимание в смысле знания формального аппарата, дает импульс мысли. Поэтому, мы не разделяем позитивистский призыв ограничиться достигнутым успехом в формальном описании КМ и считаем, что проблема обоснования КМ реально существует и, более того, весьма актуальна. Решение этой проблемы, возможно, перевернет все наши представления о реальности, и тогда откроются новые перспективы.

Давайте на время забудем о существовании КМ и попробуем в наших рассуждениях исходить из первых принципов. Итак мы предполагаем, что в основе многих закономерностей и наблюдаемых в природе явлений лежит неполнота физического мира, прямым следствием которой и является наличие скрытых состояний. Этой гипотезе можно придать ясный физический смысл.

Будем исходить из того, что мир в целом конечен, а наблюдатель (субъект) – его часть. Конечность мира здесь понимается не как ограниченность или изолированность в пространстве, но как принципиальная счетная конечность множества состояний мировой целостности, в дальнейшем *Мира*.

Пространство, построенное над множеством фундаментальных состояний назовем фундаментальным пространством-временем объективного наблюдателя. Соответственно, состояния мира, дифференцируемые им, назовем фундаментальными мировыми состояниями.

Один из возможных способов построения метрического фундаментального пространства рассмотрен в работе [3]. Экзистенциальный статус объективного наблюдателя мы здесь не рассматриваем, считая его введение математическим приемом. Если учесть, что общее число фундаментальных состояний мира равно:

$$N_{\text{мира}} = N_{\text{субъекта}} * N_{\text{объекта}} \quad (1)$$

Где $N_{\text{мира}}$ - число состояний мира, $N_{\text{субъекта}}$ - число состояний субъекта, $N_{\text{объекта}}$ – число состояний объекта (мира без субъекта), тогда очевидно, что наблюдателю доступна только часть из общего числа состояний мира. Такое положение вещей мы называем - ***физической неполнотой***. Так возникают два слоя реальности – слой гипотетического внешнего (его еще можно назвать – объективным) наблюдателя для которого доступно каждое состояние мира и - слой физической реальности, в котором каждое физическое состояние оказывается вырождено по некоторым принципиально ненаблюдаемым (скрытым) состояниям. Подмножества фундаментальных состояний неотличимых с точки зрения субъекта образуют одно физическое состояние (гранулу) . В соответствии с принципом физической неполноты, состояния внутри гранулы неотличимы друг от друга никакими физическими методами. ***Пространство, построенное над множеством физических состояний (гранул) назовем физическим пространством-временем [3] или пространством-временем субъективного наблюдателя.*** Рассматривая процессы в объективном пространстве фундаментальных состояний, мы не имеем права говорить о движении в нем частиц, полей или даже материальных точек. Эти понятия и объекты - физические и скоординированы они исключительно в физическом (субъективном) пространстве. Поэтому, говоря о процессах в объективном пространстве, мы будем избегать каких – либо физических аналогий.

Методологически физика - это способ описания природы ее субъектом. Поэтому, строго говоря, процессы, протекающие в объективном пространстве не являются физическими. Мы не исключаем, что в дальнейшем статус скрытой объективной реальности изменится, но на данном этапе исследований введение объективного пространства достаточно считать физико-математической абстракцией.

Какие преимущества дает этот подход? Прежде всего мы сразу же получаем простую возможность объяснить нелокальные взаимосвязи между частями физической системы. То есть предложить почти очевидное решение проблемы, которая с момента основания КМ вызывает ожесточенные споры. Из СТО следует, что частицы могут взаимодействовать только причинно, то есть посредством сигналов, распространяющихся внутри светового конуса. Однако, опыт говорит нам, что в некоторых условиях можно наблюдать корреляционное взаимодействие частиц, разнесенных на пространственно-подобное расстояние [4]. Квантовая механика формально описывает эти явления посредством многочастичных волновых функций (перепутанные состояния). Мы предполагаем, что за этим кроется очень простая физика. Действительно, если у частиц, скоординированных в обычном 4-х мерном пространстве-времени, есть еще в распоряжении скрытое время (смотрите ниже), то по идее, за это время частицы могут успеть "договориться" о синхронном поведении. Причем, для нас эти "сепаратные" переговоры будут в принципе не наблюдаемы, ибо "происходят" за промежуток физического времени $\Delta t < \Delta x/c$, где Δx – расстояние между частицами. Учитывая косвенным образом наличие скрытых состояний, релятивистская теория имеет все предпосылки для правильного описания нелокальных взаимодействий. Можно ожидать, что на основе этого понимания будет разрешено противоречие между квантовой и релятивистской теориями, имеющее место на этапе описания измерения [5].

Рассмотрим этот вопрос подробнее. Что есть скрытое время? Аристотель писал: "Время не существует без изменения. Ибо когда у нас самих мысли не изменяются или мы не замечаем изменения, нам не будет казаться, что протекло время, так же как тем баснословным людям, которые спят в Сардинии рядом с героями, когда они пробудятся они ведь соединят прежнее "теперь" с последующим и сделают его единым, устраняя вследствие бесчувствия промежуточное время".

Онтологизация ситуации, описанной Аристотелем, приводит к концепции скрытого времени. Далее мы покажем, что на основе этой идеи, восходящей к Аристотелю, может быть построена содержательная физическая теория, углубляющая наше понимание физического мира. Рассмотрим в качестве примера процесс испускания и поглощения света. Будем рассматривать этот процесс в двух системах:

1. В системе субъективного наблюдателя **SUBJ**, состоящей только из источника света **S**, детектора **D** и самого фотона **P**.
2. В системе объективного наблюдателя **OBJ**, включающей в себя кроме перечисленных элементов наблюдателя с часами.

Пусть источник света **S** испускает одиночный фотон, который затем поглощается детектором **D**. Наблюдатель в системе **SUBJ**, не имеющий средств для измерения времени, находящийся в этой системе, смог бы только констатировать факт излучения и факт поглощения фотона. Промежуток времени между этими двумя событиями для него не имел бы никакого смысла.

Судить о времени пролета фотона мы можем только благодаря существованию в нашем распоряжении *часов*. То есть некоторого дополнительного периодического процесса, который мы можем использовать в качестве меры времени. Физическое время не существует вне физических процессов. Время - это не арена на которой разыгрываются процессы, а мера самих процессов. Поэтому, когда частица P "летит" от источника S к детектору D, то время в системе **SUBJ** стоит. Эта система сама является часами, но сверить правильность их хода ей не с чем, разве что с самими собой. В системе же **OBJ**, включающей наблюдателя с часами, время пролета, может быть легко измерено сравнением временных масштабов двух разных процессов. Время, измеренное по часам системы **OBJ** с точки зрения наблюдателя в подсистеме **SUBJ**, назовем скрытым. Проще говоря, между "тиками" часов **SUBJ** происходит n "тиков" часов в системе **OBJ**. Время, которое измеряет наблюдатель в системе **OBJ** назовем физическим. Связь между скрытым и физическим временем с точки зрения внешнего объективного наблюдателя в **OBJ** выражается простым масштабным соотношением: $t_{obj} = nt_{subj}$. Для субъективного же наблюдателя в системе **SUBJ** каждый нулевой интервал времени содержит n - скрытых для него "тиков" физического времени. Близкий подход к проблеме обоснования КМ, использующий представление о скрытом времени использован в работе [6].

Основываясь на этих рассуждениях, можно предположить, что, если мы сами вместе со всей нашей вселенной являемся подсистемой некоей более обширной системы, то каждый нулевой интервал нашего физического времени в действительности имеет отличную от нуля длительность. Аналогично можно ввести и скрытые пространственные координаты.

Ниже мы покажем, что концепция скрытого пространства – времени может быть успешно использована для обоснования КМ, СТО и термодинамики и для решения ряда парадоксов, возникающих при попытках связать эти теории в единую схему.

Движение в субъективном пространстве–времени. Физический смысл волновой функции

Согласно квантовой механике, частица с определенным импульсом описывается плоской волной, заполняющей все пространство. Природа этого волнового процесса до сих пор вызывает споры. Известно также, что, если частица оказывается поймана детектором и "капкан" (детектор) защелкнулся, то волновой процесс, ранее заполнявший пространство, внезапно прекращается. Над пониманием того, что за этим стоит "ломали" голову уже несколько поколений физиков, но так и не пришли к единому мнению. Это старая проблема корпускулярно – волнового дуализма и редукции вектора состояния. Многие физики теперь считают, что проблемы вовсе нет, и, что мы просто должны принять эту новую квантовую парадигму, несмотря на ее необычность для нашего восприятия. Этот подход, конечно, имеет право на жизнь. Но все же трудно поверить, что создав КМ мы достигли предельной глубины понимания физического мира. Что – то подсказывает нам, что нужно искать объяснение.

Согласно общей теории относительности переход от одной системы отсчета к другой, в общем случае, описывается группой всевозможных непрерывных дифференцируемых преобразований пространства - времени. Эта группа сохраняет только топологические свойства геометрических фигур. В отличие от этого, переход к субъективной "системе отсчета" эквивалентен сложной топологической перестройке пространства-времени с появлением скрытых измерений.

Интересно и важно то, что скрытые измерения, хотя и не доступны непосредственному наблюдению, косвенно проявляют себя в физических процессах. Более того, почти все известные нам физические явления и закономерности связаны с этой скрытой структурой пространства - времени. Каким же образом тайное становится явным?. Некоторое представление об этом можно получить, рассмотрев эффект муара, когда при наложении тонких кусочков шелка возникают причудливые узоры. Неразличимая сама по себе "микроскопическая" структура ткани проявляется в виде макроскопически видимого эффекта только при их наложении. Подобно этому, скрытая структура физического пространства проявляется в интерференции электронов, в электромагнитных явлениях и т.д.

Скрытую структуру времени можно иллюстрировать на примере стробоскопического эффекта. При освещении велосипедного колеса вспышками света с частотой кратной скорости его вращения, нам оно кажется неподвижным. Но, в действительности, за промежутки времени, скрытые между вспышками, оно совершает движение.

Рассмотрим изолированную физическую систему. Под изолированностью мы понимаем отсутствие взаимодействия этой системы с окружением. Требование изолированности, конечно же не допускает наблюдение за этой системой. Таковыми являются квантовые системы в промежутке между измерениями. Пространство состояний такой системы конечно и замкнуто. Геометрия возникающего с точки зрения субъекта пространственно-временного многообразия во многом определяется конкретной физической ситуацией. Поэтому дальнейшее рассмотрение мы продолжим на конкретном примере свободного движения частицы. Этот простейший пример позволит продемонстрировать все основные идеи нашей гипотезы.

Рассмотрим замкнутое евклидово многообразие. Для простоты будем рассматривать замкнутое одномерное пространство - окружность длиной L . Теперь перейдем к субъективному наблюдателю. Пусть различимый им размер физической ячейки (гранулы) будет $dx^h dt^h$. **Процесс перехода к субъективному наблюдателю можно представить, как гранулирование объективного пространства.** Движение точки в таком пространстве можно понимать как накручивание траектории этой точки на микроскопическую окружность длиной dx^h . Напомним, что поставить в соответствие вещественному числу ξ комплексное число Φ означает не что иное, как аналитически выполнить процесс накатывания числовой прямой на окружность длины 1. (Математики называют это отображение нетривиальным счетнолистным накрытием). Поэтому, движение с точки зрения субъективного наблюдателя будет описываться периодической функцией :

$$\Phi = R \cdot \exp(ix) \quad (2)$$

Пусть $x = w_{obj} t_{obj} - k_{obj} x_{obj}$ фазовый угол. $w_{obj} = \frac{2p}{dt^h}$ и $k_{obj} = \frac{2p}{dx^h}$;

Индексом h (hide) мы обозначили скрытые величины. dt^h и dx^h - размеры гранулы физического состояния. Будем различать объективные, субъективные (или физические) и скрытые переменные. Запишем выражения, связывающие субъективные (физические) и объективные координаты:

$$\begin{aligned} t_{obj} &= at + t^h \\ x_{obj} &= bx + x^h \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь t и x привычные нам (физические) время и координата. $a = \frac{\Delta t^{obj}}{\Delta t}$ число объективных секунд в одной субъективной секунде (смотрите объяснение выше). $b = \frac{\Delta x^{obj}}{\Delta x}$ – число объективных метров в одном субъективном. x^h и t^h – скрытые внутри физического состояния координаты.

Подставляя (3) в (2), и учитывая, что $bw^{obj} = w$ и $ak^{obj} = k$, где w и k – физические частота и волновое число, получим функцию, описывающую поле в объективном пространстве - времени :

$$\Phi = \Phi_0 \exp[i(w_{obj}t_{obj} - k_{obj}x_{obj})] = \Phi_0 \exp(iwt) \exp(iw_{obj}t^h) \exp(-ikx) \exp(-ik_{obj}x^h) \quad (4)$$

Выделим физическую часть Φ , получим то, что называют ВФ и ее скрытую часть:

$$y = \Phi_0 \exp(iwt) \exp(-ikx)$$

$$y^h = \exp(iw_{obj}t^h) \exp(-ik_{obj}x^h)$$

Обозначая скрытый эйконал через s , запишем формулу (4) в виде:

$$\Phi = y(x, t) \exp(ik_s s) \quad (5)$$

Движение, согласно (5), формально может быть интерпретировано, как движение по поверхности тора. При переходе к субъективному наблюдателю часть состояний этого мира для него должна стать недоступна. Это можно представить как "свертывание" объективного мира в тор так, что часть степеней свободы компактифицируется. Возможность такого представления подкрепляется известным фактом, что замкнутое евклидово многообразие всегда может быть однозначно и конформно отображено на тор [7]. Движение точки на таком торе происходит по его локсодромам.

Геометрия определяется условиями задачи. Если мы рассматриваем резонатор Фабри – Перо, то длина большой окружности равна удвоенному расстоянию между зеркалами L . Если мы рассматриваем движение свободной частицы, то длина окружности равна характерному размеру самого мира (Мир можно представить как большой резонатор). Обратим внимание на то что (в случае континуума), если между длиной большой и малой окружностей L и dx^h нет никакого целочисленного соотношения $n_1 L + n_2 dx^h = n_3$, где n_1, n_2, n_3 – целые, то движение по поверхности тора будет эргодическим [8]. В случае дискретного пространства аналог эргодического движения будет иметь место, если L и dx^h взаимно простые числа. В противном случае спектр возможных траекторий образует легко характеризующее множество, определяемое отношением L/dx^h .

Если x - физический путь вдоль большого круга на поверхности тора $\{x, x^h\}$, то реальное объективное движение является по сути дела винтовой намоткой ее траектории на периметр скрытого измерения равный dx^h .

Важно то, что за скрытое время dt^h точка может не только двигаться в пределах гранулы dx^h , но и проходить макроскопический путь вдоль большой окружности тора,

однако перемещение всегда должно быть в пределах dx^h . Действительно, по логике наших рассуждений за скрытое время допускается любое движение точки, за исключением того, что может быть замечено наблюдателем. (За время между вспышками стробоскопа колесо может сделать полный оборот, но это останется незамеченным!). Для нас интересна именно эта вторая возможность, так как она важна для понимания имеющих место нелокальных явлений. У Лейбница есть одно замечательное рассуждение, которое имеет непосредственное отношение к настоящему рассмотрению. Он отождествляет нулевую скорость движения по окружности с бесконечной скоростью, когда "каждая точка окружности должна всегда находиться в одном и том же месте" [9].

Для того, чтобы наше описание соответствовало КМ и опытным наблюдениям, необходимо также, чтобы было $R \sim \sqrt{n}$, где n – число скрытых состояний в точке x, t . Однако, обсуждение этого вопроса мы отложим до следующей главы..

Функция (5) описывает движение точки по большому кругу с учетом набега фазы за счет составляющей скорости вдоль скрытого компактифицированного измерения малого круга.

Формально, функция (5) является решением волнового уравнения:

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial s^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right] \Phi = 0, \quad (6)$$

Его характеристическое уравнение:

$$k_x^2 = \frac{w^2}{c^2} - k_s^2 \quad (7)$$

Для установления соответствия с физикой константа c , конечно, должна быть отождествлена со скоростью света, а $k_s = \frac{m_0 c}{\mathbf{h}}$.

При $k_s = 0$ получим отсутствие дисперсии $k_x = \frac{w}{c}$ как для фотонов.

При $k_s \neq 0$ мы имеем дисперсию в вакууме, как для массивных частиц. Наличие дисперсии для тяжелых частиц обусловлено движением в скрытом пространстве (по малому кругу).

Получив из (7) групповую скорость $v = \frac{dw}{dk_x} = c^2 \frac{k_x}{w}$ и подставив обратно в (7),

получим:

$$\mathbf{h}w = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (8)$$

У нас есть все основания предположить, что:

картина квантовой релятивистской реальности, рисуемая современной физикой, является ни чем иным, как классической* картиной с точки зрения субъективного наблюдателя.

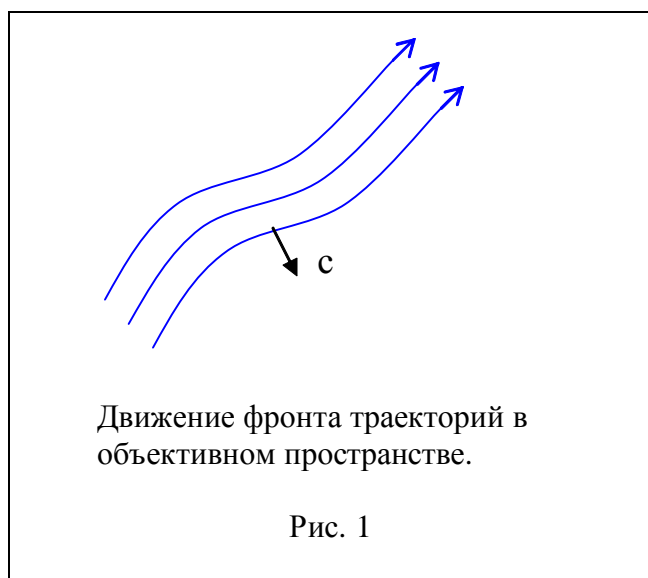
Действительно, мы видели, как квантово-волновые свойства вещества в полном соответствии с релятивистскими требованиями совершенно естественно возникают при переходе к замкнутому пространству с особой топологией, обязанной субъективному характеру наблюдения. Более того, само понятие поля в нашей интерпретации претерпевает коренное изменение. На смену классическому представлению о поле, как упругой среде или решетке связанных осцилляторов, передающей возбуждение, приходит представление о движении в скрытом времени. Кроме того, в нашей интерпретации, вопреки существующему пониманию, поле само по себе уже не является осциллятором и не может существовать в свободном виде без резонатора.

Наша модель дает тривиальное объяснение процессу редукции ВФ. Как таковой редукции в нашей модели вообще нет, поскольку нет и традиционного понятия поля. После попадания частицы в детектор, прекращается сам волновой процесс, так как источник поля - движущаяся в скрытом времени частица просто выбывает из "игры". В результате "поле" траекторий исчезает из всего пространства за нулевой промежуток времени (по часам субъективного наблюдателя).

Рассмотрим электромагнитное поле в простейшем интерферометре, образованном двумя зеркалами (интерферометр Фабри – Перо). Для того чтобы произвести измерение, нужно внести детектор в полость резонатора. Детектор представляет собой классическую систему с огромным числом степеней свободы. Степени свободы детектора, соединившись со степенями свободы резонатора, образуют одну систему. Теперь основное время точка будет проводить в значительно более "просторном" фазовом пространстве детектора. Вероятность обнаружить ее в свободной части резонатора будет приближаться к нулю. Это и есть коллапс ВФ. В настоящее время измерение понимают как перепутывание квантовых состояний прибора и объекта измерения. Менский пишет: "Взаимодействие двух систем называется измерением в том случае, когда оно ведет к специфической корреляции этих систем, так что нужная информация о состоянии одной из них записывается в состоянии другой" [22]. В нашей интерпретации перепутывание принимает весьма наглядный смысл. Корреляционная связь систем возникает в результате их "зашнуровки" траекторией частицы.

Поскольку все объективные моменты времени внутри dt^h для субъекта одновременны, субъективный наблюдатель не имеет права говорить о движении частицы по траекториям. Он можем говорить только о движении самих этих траекторий. То есть мы можем рассматривать движение траекторий, как цельных протяженных объектов по нормали к ним (рисунок 1). На рисунке синим цветом показаны траектории частицы, а черной стрелкой движение фронта этих траекторий. Так в нашей модели возникает представление о поле траекторий, заменяющее классическое представление о поле.

* Для подчеркивания смысла мы несколько упрощаем ситуацию. Речь идет не о картине мира, рисуемой классической физикой, а о некоторой искусственной схеме, имеющей ряд черт классической механики.



Вспомним в связи с этим, что, разлагая функцию в ряд Фурье, мы оперируем волнами – гармониками целиком от $-\infty$ до $+\infty$, как актуально существующими протяженными объектами, даже не задумываясь о правомочности такого действия. Волновой пакет, например, состоит из суммы таких протяженных объектов - волн.

Физические величины не должны зависеть от скрытых координат $\{x^h, t^h\}$. Иначе последние были бы обнаружимы. Это так называемое условие цилиндричности [10], которое в ранних многомерных полевых теориях вводилось искусственно.

Наложение на уравнение (6) условия цикличности¹ полей по скрытой координате

$$\Phi = \Psi(x, y, z, t) \exp(ikx^h) \quad (9)$$

приводит к уравнению Клейна-Гордона для скалярных мезонов. Этот факт был обнаружен О.Клейном и В.А.Фоком [11] как развитие пятимерной теории Т.Калуцы. Отметим, что в отличие от ранних работ по многомерию, где это делалось формально, мы теперь понимаем смысл компактификации метрики. В нашем случае

условие цилиндричности возникает совершенно естественным образом и является аналитическим выражением физической неполноты мира.

Все исследователи многомерия от Калуцы до Владимирова [12] помещали в компактифицированные пространства обычные квантовые u -поля. Мы предполагаем, что u -поле является проявлением движения субквантовых (нефизических в обычном понимании) объектов в скрытом пространстве - времени. Поэтому, мы рассматриваем не распространение физических полей в компактифицированном пространстве, как это делалось до сих пор, а движение частиц в абстрактном нефизическом пространстве, связанном с обычным физическим пространством – временем посредством операции перехода к субъективному наблюдателю. Если соблюдать строгость изложения, то правильнее было бы говорить не о частицах, а о неких субквантовых объектах – прообразе

¹ Геометрическим выражением условия цилиндричности может быть компактификация измерений. При этом для полей, распространяющихся вдоль компактифицированного измерения записывается условие цикличности.

физических частиц. Однако, вводить дополнительную терминологию едва ли оправдано в нашем случае. Оговорив этот момент, мы будем считать, что не отступаем от желаемой строгости продолжая использовать термин "частица".

Субъективная физика, построенная на этих идеях будет теорией принципиально нового типа. Все известные на сегодняшний день теории можно классифицировать по отношению их к трем физическим категориям – полей, частиц и пространств [13]. В некоторых теориях, как например в теории Фокера – Фейнмана первичны частицы. В квантовой теории поля – первичны поля. В геометродинамике Уиллера первично пространство. Известно множество примеров сочетания этих парадигм. В развиваемой здесь теории субъективной физики все три физические категории – вторичны. Первичен некий детерминированный объективный процесс или алгоритм, описывающий движение частиц в объективном пространстве-времени, которое нельзя относить к физической реальности по определению.

Почему квадрат модуля ВФ определяет вероятность?

Рассмотрим игру в орлянку. В результате бросания монеты возможны только 2 исхода: $|орел\rangle$ и $|решка\rangle$. Хотя мы и воспользовались здесь обозначениями Дирака, но о КМ пока речи нет. Мы обсуждаем абстрактную модель. Возьмем эти состояния за базисные и построим двоичное пространство состояний. Такое пространство состояний не является линейным, так как в нем запрещены суперпозиции типа $y = x|орел\rangle + y|решка\rangle$. И, действительно, такая суперпозиция лишена всякого смысла – монета не может упасть на орел и решку одновременно!. Однако, такой суперпозиции все же можно придать определенный смысл, если посчитать, что она выражает собой наше незнание истинного состояния системы. Если $x=1$ и $y=1$, то состояние y формально описывает некое неопределенное состояние системы, которое может иметь место, если результат не известен или скрыт по какой-либо причине. Наличие в физике скрытых состояний делает рассмотрение таких суперпозиций просто необходимым. Тогда пространство становится линейным и мы имеем 3 состояния:

$$\begin{aligned} y(орел) &= 1|орел\rangle + 0|решка\rangle \\ y(решка) &= 0|орел\rangle + 1|решка\rangle \\ y(орел ИЛИ решка) &= 1|орел\rangle + 1|решка\rangle \end{aligned}$$

При соответствующей нормировке, учитывая очевидную ортогональность базовых состояний, получим вероятности как квадраты норм этих векторов.

$$\begin{aligned} P(орел) &= \frac{1}{\sqrt{2}}y(орел)\frac{1}{\sqrt{2}}y^*(орел) = \frac{1}{2}\langle орел|орел\rangle = \frac{1}{2} \\ P(решка) &= \frac{1}{\sqrt{2}}y(решка)\frac{1}{\sqrt{2}}y^*(решка) = \frac{1}{2}\langle решка|решка\rangle = \frac{1}{2} \\ P(орел ИЛИ решка) &= \frac{1}{\sqrt{2}}y(орел ИЛИ решка)\frac{1}{\sqrt{2}}y^*(орел ИЛИ решка) = \\ &= \frac{1}{2}[\langle орел|орел\rangle + \langle решка|решка\rangle + \langle орел|решка\rangle + \langle решка|орел\rangle] = 1 \end{aligned}$$

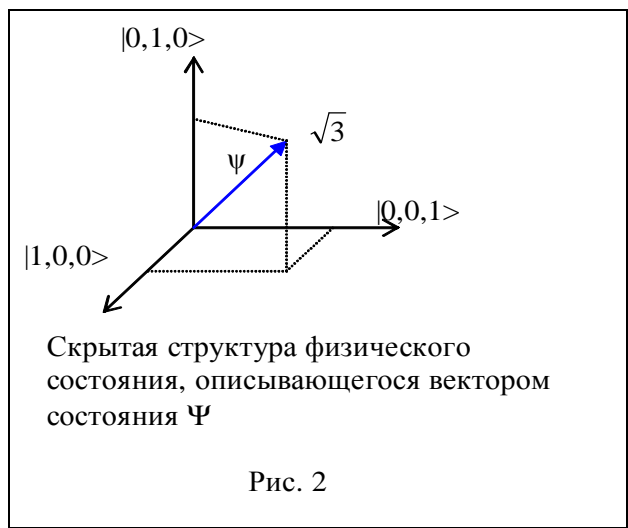
В этой схеме вероятность обнаружить систему в базовом состоянии всегда равна $\frac{1}{2}$. В физическом мире это не так. Вероятность обнаружить, скажем, электрон со спином вверх $|\uparrow\rangle$ может быть какой угодно в интервале $\{0,1\}$, хотя пространство его состояний также двумерно. Этот важный момент означает то, что спины частиц или любые другие квантовые состояния не являются столь простыми, как $|\text{орел}\rangle$ и $|\text{решка}\rangle$. Это рассуждение позволяет заключить, что **физические** состояния вырождены по набору неких более простых состояний. Состояние $u(\text{орел ИЛИ решка}) = 1|\text{орел}\rangle + 1|\text{решка}\rangle$ в нашем примере уже можно считать физическим. Оно вырождено по простым состояниям $|\text{орел}\rangle$ и $|\text{решка}\rangle$. Любое реальное физическое состояние вырождено по N субъективно неразличимым скрытым состояниям (содержимое гранулы). Физики работают с n-мерными или ∞ -мерными гильбертовыми пространствами. Но эти пространства непрерывны. Они определены над комплексными числами. Мы предполагаем, что физические состояния конструктивны и каждое чистое физическое состояние, то есть состояние, описывающееся вектором u , может быть разложено в базисе некоего скрытого подпространства R_{Hide} , определенного над полем $\{0,1\}$ на $N \sim u \cdot u^*$ скрытых (фундаментальных) состояний. Иными словами, мы предполагаем существование фундаментального пространства R_{Obj} объективных состояний, являющегося прямым произведением скрытого и физического пространств состояний.

$$R_{\text{Obj}} = R_{\text{Subj}} \otimes R_{\text{Hide}}$$

Пространство субъекта (физическое пространство) это аналог гильбертова пространства КМ. В этой схеме легко понять почему вероятность физического состояния u определяется длиной вектора в гильбертовом пространстве. Дело в том, что эта длина пропорциональна числу N скрытых состояний, составляющих гранулу физического состояния. Квадрат нормы вектора в двоичном пространстве скрытых состояний будет:

$$P \sim N = \left[\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2 + \dots + 1^2} \right]^2 \quad (10)$$

На рисунке, в качестве примера, показано разложение чистого состояния u в трехмерном двоичном базисе. Во избежание неверного понимания, предупредим читателя, что на рис. 2 изображено вовсе не гильбертово пространство КМ, а совершенно новый элемент теории, который возможно позволит углубить наше понимание КМ.



Если движение точки в $R_{\text{Об}}^h$ эргодично [14], то вероятность пересечения гранулы физического состояния $dx^h dt^h$ траекторией точки будет пропорциональна числу фундаментальных состояний, заключенных в этой грануле $P \sim n$. Соответственно, вероятность обнаружения этого состояния при измерении определится как квадрат нормы. Где n – размерность пространства гранулы (рис.2).

Релятивизм в субъективной физике. Смысл гиперболической геометрии в СТО

Теория относительности, как и любая другая физическая теория, приспособлена для субъективного наблюдателя. Понимание этого факта может пролить свет на некоторые вопросы, оставленные за пределами формализма СТО и ждущие своего обоснования. Среди таких вопросов – псевдоевклидовость пространства – времени. Возможно, вы скажете, что здесь нет предмета для поиска, поскольку природа так устроена и все тут! Мы не станем спорить с позитивистским тезисом о том, что природа такова, но позволим себе не согласиться с тем, что у этого факта не может быть тех или иных причин, а так же с тем, что более глубокое понимание невозможно.

Далее для простоты будем писать вместо $dx^2 + dy^2 + dz^2$ только dx^2 . Так как пространство евклидово, в отсутствие полей можем записать:

$$dx^2 + ds^2 = c^2 dt^2 \quad (11)$$

Она выражает длину пути в пространстве $\{x,s\}$. Координата "s" явно в физических явлениях не проявляется, так как она скрыта. Формулу (11) часто можно увидеть в учебниках по специальной теории относительности, записанную в виде:

$$c^2 dt^2 - dx^2 = ds^2 \quad (12)$$

где "s" расстояние в 4-х мерном псевдоевклидовом пространстве $\{x,t\}$, равное действию с точностью до постоянного множителя (интервал).

Сравнение формул (11) и (12) позволяет предположить, что формула (12) является специальной интерпретацией формулы (11), имеющей понятный объективный смысл. Но для субъекта формула (12) - единственно возможная интерпретация. Дело в том, что для субъекта наблюдаемыми величинами являются только координаты (x,t) .

Рассмотрим еще раз винтовое движение в пространстве $\{x,s\}$. С точки зрения объективного наблюдателя оно будет выглядеть, как на рисунке ниже. Здесь изображен фрагмент развертки тора:

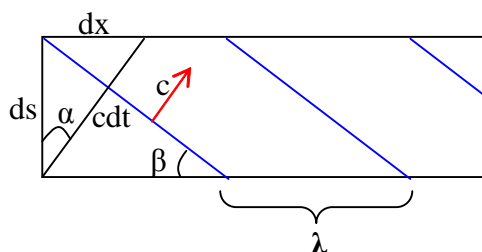


рис. 3

Синим цветом на рисунке показана траектория частицы. Согласно уравнению (6) фронт "волны", образуемый траекториями, всегда движется с постоянной скоростью c .

Проекция этой скорости на физическую координату x дает физическую скорость v . Если $\Delta s = h/m_0c$, то длина проекции одного витка алгоритмической траектории на физическую координату x равна длине волны де-Бройля. Легко убедиться, что имеют место соотношения:

$$l = \frac{\Delta s}{\text{tg} b} = \frac{h}{mv}, \quad \sin a = \frac{v}{c}, \quad ds = cdt \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \quad (13)$$

В нашей модели релятивистская динамика может быть построена без привлечения псевдоевклидова пространства. Почему же считается, что в основе релятивистской теории лежит псевдоевклидова геометрия? Ответ очень прост. Обратимся к проективной геометрии. Запишем уравнение:

$$x^2 - c^2 t^2 + s^2 = 0 \quad (14)$$

В координатах $\{x, t, s\}$ это уравнение описывает поверхность 2-го порядка. Сечение этой поверхности плоскостью $s = s_0$ дает гиперболу. Эти гиперболы пересекаются с прямой схода $s = 0$ (в конфигурационном пространстве фотонов интервал $s = 0$) в бесконечно-удаленных точках $x = \pm ct$ или в асимптотах светового конуса.

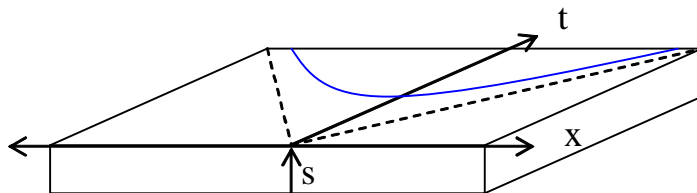


рис. 4

Световой конус $x=\pm ct$ для фотонов и гипербола для тяжелых частиц на плоскости $\{x,t\}$ являются физическими образами истинных процессов, протекающих в гиперпространстве $\{s,x,t\}$. Однако, для нас с вами – жителей $\{x,t\}$ только проективные образы на плоскости $\{x,t\}$ обладают статусом реальности и их преобразования определяют геометрию пространства $\{x,t\}$. Величина $c^2t^2 - x^2$ очевидно является инвариантом относительно преобразований физического пространства $\{x,t\}$, поскольку скрытый параметр "s" не зависит от преобразований в физическом слое $\{x,t\}$. Поэтому, с точки зрения субъективного наблюдателя ("Плоскатики" - жителя $\{x,t\}$) вполне естественным кажется использовать величину $c^2t^2 - x^2$ в качестве мероопределения расстояния в пространстве $\{x,t\}$, которое таким образом, становится гиперболическим. Именно так – как теория субъективного наблюдателя, и возникает специальная теория относительности. Для придания завершенности нашему анализу покажем, как перейти к преобразованиям Лоренца.

Заметим, что выражение для интервала (12) можно "излечить" от псевдоевклидовости при помощи мнимого преобразования:

$$\begin{cases} t' = it \\ x' = x \end{cases} \quad (15)$$

В результате получим $c^2 dt'^2 + dx'^2 = ds^2$.

В СТО постулируется инвариантность интервала при переходе в различные инерциальные системы отсчета. У нас же постоянство этой величины обусловлено ее независимостью от физических наблюдаемых. Полученное пифагорово выражение в новых координатах, очевидно, инвариантно относительно группы обычных ортогональных преобразований:

$$\begin{cases} x' = x \cos j - it \sin j \\ it' = x \sin j + it \cos j \end{cases} \quad (16)$$

Умножим второе уравнение на мнимую единицу и сложим его с первым. В результате, получим: $x'-t' = xe^{ij} - te^{ij}$. После простых преобразований, получим $j = i \ln \frac{x-t}{x'-t'}$. Таким образом, за "излечение" интервала от псевдоевклидовости, мы расплатились тем, что получили ортогональные преобразования с мнимым углом поворота. Пользуясь формулами: $\sin(ix) = i \operatorname{sh} x$ и $\cos(ix) = \operatorname{ch} x$ получим преобразования Лоренца:

$$\begin{cases} x' = x \operatorname{ch} j + t \operatorname{sh} j \\ t' = x \operatorname{sh} j + t \operatorname{ch} j \end{cases} \quad (17)$$

Заметим специально, что пользоваться евклидовой интерпретацией СТО не следует без особой необходимости. В большинстве случаев много удобнее использовать обычную точку зрения субъективного наблюдателя. И это совершенно естественно, так как физические теории "конструировались" специально для отражения субъективной реальности, в которой мы живем, но никак не объективной реальности. Так, если бы мы смотрели на мир через кривое зеркало, то форма этого зеркала нашла бы отражение в открываемых нами законах. Более того, законы переформулированные для случая объективного мира (без кривого зеркала), показались бы нам неестественно сложными и неприспособленными для расчетов.. Так, например, формула для сложения скоростей в гиперболической геометрии получается сразу же, как гиперболический тангенс суммы двух

углов. $a_1 = \operatorname{arctg} \frac{v_1}{c}$ и $a_2 = \operatorname{arctg} \frac{v_2}{c}$; В нашей же интерпретации получить решение было бы много сложнее. Тем не менее, рассмотренная интерпретация имеет большое эвристическое значение и будет оценена тем, кто не удовлетворяется формальным подходом и пытается проникнуть в суть вещей.

Субъективность принципа наименьшего действия. (Связь скрытых координат с действием)

Прежде всего, напомним читателю об одной замечательной давно известной аналогии [15]. При $I \rightarrow 0$ из волнового уравнения легко получить уравнение для эйконала, которое в точности совпадает с уравнением Гамильтона – Якоби для действия. Таким образом, в классическом пределе эйконал играет роль действия. Покажем, что эта аналогия на самом деле является изоморфизмом. Необходимость в такой интерпретации величины s связана еще и с тем, что принцип наименьшего действия, как известно, является прямым следствием волновых свойств материи [16].

Для того, чтобы наша модель согласовывалась с КМ и в классическом пределе переходила в обычную механику, k_s в формуле (5) определим как $m_0 c / \hbar$. Следуя этому, формулу (5) можно записать как:

$$y = y_0 e^{i \frac{s}{\hbar}} \quad (18)$$

Из курса геометрической оптики известен принцип наименьшего времени. Он состоит в том, что в неоднородной оптической среде свет движется таким образом, что время его прохода между двумя заданными точками минимально. Этот принцип не ограничивается частным применением в оптике и в нашей модели приобретает особое значение.

Покажем, что принцип наименьшего времени для объективного наблюдателя заменяет принцип наименьшего действия, который является принципом субъективного наблюдателя.

Релятивистская теория движения зарядов в электрогравитационном поле может быть полностью получена из этого принципа, примененного к выражению: $g_{ik} dx^i dx^k = dt^2$, где g_{ik} положительно определенная метрика. Здесь i и k принимают значения 1,2,3 - для координат x,y,z и 4 - для скрытой координаты s . Напомним, что время в объективной интерпретации играет роль меры длины в пространстве $\{x,y,z,s\}$. Для наглядности мы рассмотрим простейший случай изотропной метрики, не зависящей от времени $g_{ik} = \text{const} = g$. Варьируя, как обычно, путь в пространстве $\{x,y,z,s\}$, легко получить:

$$\sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial t}{\partial x^i} \right)^2 = \frac{g^2}{c^2} \quad (19)$$

Воспользуемся обычным в теории дифференциальных уравнений приемом [17].

Будем искать зависящее от одного параметра $z(x, y, z, s, t) = z_0$ решение (19) в неявном виде. Для этого заменим:

$$\frac{\partial t}{\partial x^i} = \frac{\frac{\partial z}{\partial x^i}}{\frac{\partial z}{\partial t}} \quad (20)$$

Такая замена есть не что иное, как переход к ковариантным однородным координатам. То есть эта замена в геометрической интерпретации представляет собой переход в пространство высшей размерности. В результате получим:

$$\sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial z}{\partial x^i} \right)^2 - \frac{g^2}{c^2} \left(\frac{\partial z}{\partial t} \right)^2 = 0 \quad (21)$$

Уравнение, очевидно, релятивистски ковариантно.

Ю.Б.Румер, отмечая этот факт, писал: "...наш способ изложения может служить (конечно далеко не физическим и достаточно искусственным) самостоятельным методом введения представлений релятивистской симметрии пространства – времени."

То, что введение времени в качестве четвертой координаты приводит к релятивистской симметрии в контексте субъективной физики не является неожиданным. Более того, оно физично и естественно описывает переход к объективному наблюдателю. В случае произвольной метрики с неисчезающим якобианом уравнение (21) имеет вид:

$$G^{ik} \frac{\partial z}{\partial x^i} \frac{\partial z}{\partial x^k} = 0 \quad (22)$$

В обычной физике точно такое же уравнение можно получить варьированием действия.

Это уравнение, аналогичное уравнению Гамильтона-Якоби для пятимерного случая, называют уравнением 5-эйконала. В нашей интерпретации оно описывает распространение фронта траекторий (см. рис. 3) в пространстве координат, времени и действия ($S = mcs$). Как показали О. Клейн, В.А.Фок задача, определяемая уравнением (22), при наложении условия цилиндричности эквивалентна задаче о движении частицы с заданным отношением e/m в электро-гравитационном поле G^{ik} .

Этим мы ограничимся, поскольку более глубокая разработка модели субъективной физики в рамках этой статьи невозможна. Подведем итоги:

1. Своим происхождением метрика Минковского обязана субъективному характеру СТО. Объективно метрика галлилеева. И только с точки зрения физического (субъективного) наблюдателя физическое пространство оказывается неизбежно гиперболическим со всеми вытекающими отсюда последствиями.

2. Физическая неполнота приводит к вырождению физических состояний по скрытым состояниям и порождает представление о компактифицированной топологии пространства – времени. Следствием этого является волновая механика.

3. Интерпретация ВФ как поля фаз движения точки в пространстве-времени со свойствами, определенными предыдущими двумя пунктами, позволяет объяснить природу редукции и нелокальных эффектов в КМ.

Румер, исследуя распространение безмассовых полей на пятимерном цилиндре приходит к решениям, свойственным волновой механике. Он достаточно близко подошел к разгадке "тайны Старика", однако, следуя стереотипам, Румер не смог отказаться от метрики Минковского. Он, как и все его последователи, искусственно привносит ее в свою теорию, что, как нам теперь ясно, является ошибкой. В нашей модели метрика Минковского сама совершенно естественно возникает в теории.

Румер на основе этих представлений построил достаточно богатую теорию, которая могла бы претендовать на звание – "единой". Однако, как таковая, квантовая механика со всеми ее загадками и парадоксами Румером не объяснялась и не обосновывалась. Постулаты ТО и квантовой механики Румер привнес в свою теорию извне.

Природа необратимости в субъективной физике

Статистическая физика и термодинамика странным образом противоречат наблюдаемым фактам. Наиболее известным парадоксом является противоречие между действительно наблюдаемым стремлением всех систем к равновесию и временной симметрией всех уравнений физики. Не понятно и то, что согласно закону возрастания энтропии, наш мир должен был бы находиться в равновесии, тогда как в действительности, мы наблюдаем прямо противоположную картину. Создается ощущение, что область применимости термодинамики ограничена узкой сферой тепловых машин, для чего она и была создана. В микро и макромире она дает сбой. Тем не менее, термодинамика была первой теорией, выделившей направление времени в соответствии с интуитивно воспринимаемым однонаправленным потоком. Поэтому, при исследовании времени обойти проблематику термодинамики просто невозможно.

Главным результатом термодинамики было осознание того факта, что ряд процессов в природе принципиально необратимы. Насколько фундаментален этот факт?

В этой статье мы попытаемся построить цельную картину, которая призвана соединить современные представления релятивистской, квантовой и статистической теории в единую схему.

Обратимся к статье Галактионова [18], в которой он высказал идею, которая в значительной степени перекликается с нашим пониманием этой проблемы и с идеей И.Пригожина об энтропийном барьере [19]. Однако, как я сейчас покажу, идея, высказанная Галактионовым, не объясняет, а только констатирует сам факт необратимости, природа которой остается не выясненной.

На рисунках 5 и 6, позаимствованных из упомянутой работы Галактионова, показан световой конус. Частица, переместившись из точки А в точку В, уже никогда не сможет попасть в области, заштрихованные темно-серым. Эти области возможного будущего для частицы будут навсегда утрачены. Галактионов утверждает, что эта особенность релятивистской механики может быть использована для решения проблемы необратимости.

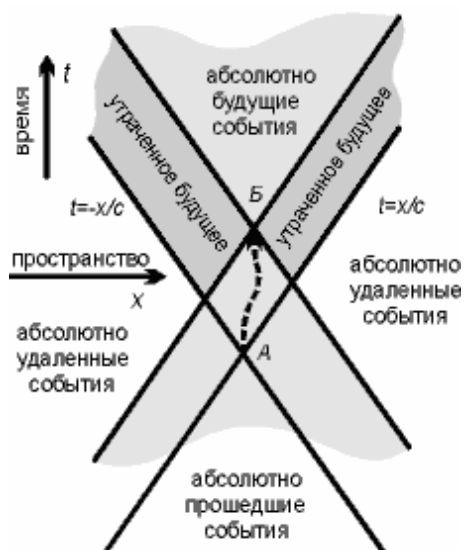


рис. 5

Рассуждения очень просты. Пусть частица движется по некоторой траектории. Тогда она теряет возможность двигаться по любой альтернативной траектории. Только квантовая частица может себе позволить не выбирать. Фотон в интерферометре "летит" по обеим плечам сразу. Нам же приходится выбирать. И выбор не всегда легко сделать, ведь мы знаем, что отвергнутые возможности утрачиваются навсегда!. СТО правильно описывает эту ситуацию. Именно на это и обратил внимание Галактионов. Он показал, как формально этот факт отражается в СТО. Однако, СТО не объясняет этот факт, а только свидетельствует о его наличии. Действительно, достаточно представить себе возможность движения против течения времени. Тогда траектория АБ перейдет в БА и утраченное прошлое будет вновь обретоно. Почему это невозможно, СТО не объясняет. Не объясняет и Галактионов. Более того, именно так и происходит во всех обратимых процессах, описывающихся унитарной квантовой динамикой. Важно понимать, что и КМ не объясняет возникновение необратимости, - ее уравнения обратимы во времени. И только процесс редукции квантового состояния, имеющий место при измерении, приводит к необратимой потере этого будущего и к невозможности рассматривать траекторию, обращенную во времени. Однако процедура редукции лежит уже вне компетенции КМ.

Метод субъективной физики [20] позволяет обнаружить связь квантовой теории и теории относительности с необратимостью. Согласно нашему представлению, необратимость, действительно, возникает в результате потери кажущегося возможным будущего. Причина этому – субъективная физическая неполнота, вследствие которой мы не только не можем знать, какая из альтернатив осуществится в будущем, но более того, в принципе не могли бы установить причины, по которым другие альтернативы были бы не возможны. То есть разгадка необратимости в ее субъективности:

Объективный мир обратим во времени. Субъективная физическая реальность – необратима. Можно повторить вслед за Эйнштейном, - Бог не играет в кости, - добавив,- но мы вынуждены это делать!

В статье [21] я показал, что траекторию АБ можно рассматривать как траекторию роста нашего знания. Наблюдая движение частицы, мы одновременно отбрасываем неосуществленные возможности и тем самым приобретаем знание о реальной траектории. Мы покажем, что рост нашего знания равносителен росту энтропии мира. То есть рост

энтропии, который и задает стрелу времени, напрямую связан с наблюдением. В отсутствие наблюдения любой процесс, как микро так и макроскопический – обратим. Объект, свободный от нашего наблюдения, свободен перемещаться во времени как ему заблагорассудится. **Энтропийный барьер природа выстроила только для нас – способных к рефлексии, наблюдателей.** Причина этого понятна, – энтропия мира определяется нашим знанием. Поэтому, чтобы вернуться в прошлое нам нужно **забыть**. То есть вернуться к тому более простому субъекту, который еще не приобрел это знание. Именно это могло бы быть рецептом создания гипотетической машины времени. Но, как легко понять, такая машина была бы совершенно бесполезна. На первый взгляд попасть в прошлое этим способом очень легко. Для этого нужно было бы просто ликвидировать все "улики" и возможные свидетельства нашего пребывания в настоящем. По сути дела, это было бы равносильно снижению энтропии мира на величину, пропорциональную упомянутому знанию. То есть преодолению того самого энтропийного барьера. Однако, уничтожение **всех** свидетельств эксперимента, даже если это возможно, привело бы к тому, что заметить этот скачок в прошлое было бы просто невозможно. На стадии проведения этого эксперимента мы просто забыли бы о нашей первоначальной цели. Таким образом, мы каждый раз оказывались бы внутри каузальной структуры в своем субъективном настоящем.

Субъективная интерпретация энтропии требует, чтобы мы могли отвечать на следующие вопросы - почему, например, процесс остывания чая необратим, тогда как поведение квантовой частицы между измерениями обратимо? Казалось бы абсурдом думать, что забытая чашка остывает именно в тот момент, когда мы вдруг вспомним о том, что собирались пить чай. Ответ состоит в том, что макроскопический процесс очень трудно сделать не наблюдаемым вследствие декогеренции. Однако, если бы нам все же удалось убрать все косвенные свидетельства диссипации энергии, то мы в макромасштабе получили бы ситуацию, достаточно типичную для микромира, – чашка, действительно, остывала бы скачком, без промежуточных состояний именно в тот момент, когда, мы на нее посмотрим, а в промежутке между наблюдениями, подобно Шредингеровскому коту, находилась бы в состоянии суперпозиции с окружением. И сделать это трудно только по техническим причинам. Поэтому скачкообразный необратимый процесс редукции квантового состояния всегда наблюдается с фотонами и электронами и никогда не наблюдался с чайниками и котами!. Поэтому, мировая траектория чашки - гладкая линия без разрывов, а как таковой траектории в физическом пространстве-времени для свободной частицы вообще не существует. (Существует траектория в скрытом пространстве-времени о чем мы говорили выше.) Равномерно движущаяся частица заполняет все пространство внутри и снаружи светового конуса и только в момент измерения она превращается в точку. Последовательность таких точек составляет мировую траекторию частицы. Таким образом, когда мы рисуем световой конус, указывая на нем траекторию частицы, то мы неявно подразумеваем, что имеем дело с необратимым ходом времени. Мировая линия, изображаемая внутри этого конуса изображает частицу, находящуюся под постоянным "присмотром" наблюдателя [22]. Итак, очевидно, что **СТО описывает положение вещей, которое складывается при взаимодействии наблюдателя с объектом исследования.** Это еще раз подчеркивает субъективный характер СТО и тех физических законов, с которыми мы имеем дело. Только поняв важность этого факта, мы сможем продвинуться дальше в понимании физики.

Релятивистская квантовая теория возникла как комбинаторная дисциплина, объединившая и согласовавшая основные идеи квантовой и релятивистской теорий. Однако, теория, претендующая на фундаментальность, должна быть содержательно более глубокой. Поэтому, не смотря на то, что квантовая теория поля и оказалась мощнейшим инструментом непревзойденным в точности моделирования физического мира, она оказалась неспособной

хоть сколько-нибудь продвинуть наше *понимание* даже тех явлений, которые она формально описывает. Не говоря уже о том, что "вечные" проблемы необратимости, квантового дальнего действия и т.д. так и остались в стороне от магистрального направления науки и их, так же как летающие тарелки и вечные двигатели, не принято обсуждать в уважаемом обществе.

Галактионов обратил наше внимание на тот факт, что в нерелятивистском пределе $c \rightarrow \infty$ потеря будущего не имеет места и, следовательно, все процессы обратимы, как и подобает в классической механике см. рисунок:

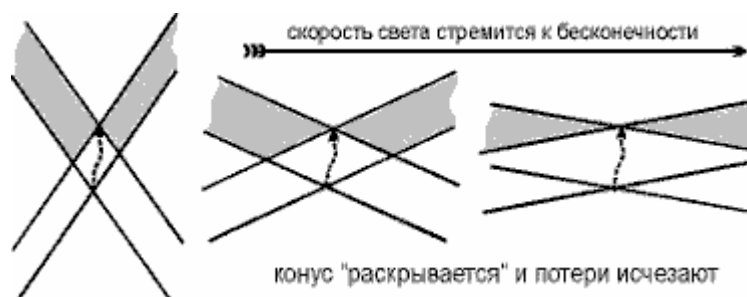


Рис. 6

Этим могло бы осуществляться предельное соответствие теории, описывающей необратимость и обратимой динамики Ньютона. Однако, беда в том, что СТО тоже обратима. Таким образом, если бы ТО была необратима, то *формальным выражением ее необратимости являлась бы конечность скорости света.*

Решение проблемы необратимости в субъективной физике

В предыдущих главах нам удалось, если не доказать, то во всяком случае, достаточно убедительно, как мне хочется думать, продемонстрировать тот факт, что в основе квантовой и релятивистской теории лежит принцип субъективной физической неполноты мира. Существование скрытых степеней свободы на наш взгляд не подлежит сомнению. Это стало ясно уже в 20-х годах прошлого столетия, когда были обнаружены чрезвычайно красивые результаты, которых мы косвенно коснулись выше и которые теперь именуют "чудом Калуцы". Оказалось, что если записать 5-мерный аналог уравнения Эйнштейна, то оно распадается на 10 обычных 4-х мерных уравнений Эйнштейна, 4 уравнения Максвелла и остается еще одно уравнение для некоего скалярного поля. Естественным образом возникает тензор энергии импульса для электромагнитного поля, который раньше вводился искусственно, а также калибровочное преобразование, которое возникает, как следствие допустимых преобразований пятой координаты (так называемое условие цилиндричности). Сам Калуца по этому поводу писал: "Полностью учитывая все физические и теоретико-познавательные трудности, громоздящиеся на нашем пути при изложенном подходе, все же нелегко примириться с мыслью, что все эти соотношения, которые вряд ли можно превзойти по достигнутой в них степени формального единства, - всего лишь капризная игра обманчивой случайности"

Хочется повторить эти слова вслед за Калуцей в отношении развиваемой нами субъективной физики. Действительно, не слишком ли много и здесь стыковок, чтобы объяснить их случайными совпадениями? Долгое время теория Калуцы воспринималась как

научная экзотика. Введение дополнительного измерения казалось весьма искусственным приемом, так как смысл дополнительных измерений оставался не ясным. Теперь мы видим, что **дополнительные измерения отражают субъективную неполноту мира**. В терминологии термодинамики дополнительные степени свободы образуют скрытый (ненаблюдаемый) тепловой резервуар, который приводит к тому, что физический мир (мир данный субъекту) обязательно описывается смешанным состоянием с энтропией отличной от нуля. С этой позиции (Назовем ее теорией субъективной физики) легко объяснить и смысл закона возрастания энтропии.

На рисунке ниже показаны 4 гранулы физических состояний f1, f2, f3, f4. Здесь f1 – соответствует прошлому, f2 – настоящему, а f3 и f4 двум альтернативам в будущем. Субъект, находящийся в состоянии f2, в принципе не может знать свое будущее. Он просто не владеет этой информацией, которая, согласно нашему пониманию, имеется в скрытом виде, но не может быть выявлена вследствие физической неполноты.

Следует отметить любопытную формальную аналогию с закономерностью Бекенштейна [23], относящейся к термодинамике черных дыр, свидетельствующей о том, что энтропия области пространства, из которой, в принципе, нельзя получить никакую информацию, пропорциональна ограничивающей ее поверхности. В нашем случае физическая гранула $dx^h dt^h$ является именно такой областью. Только информация скрыта в ней не под горизонтом событий, а под "барьером" неполноты. Имеем связку $S = \log_2 V$. Здесь S – поверхность гранулы, равная n . V – объем $V = 2^n$ равный числу возможных физических состояний. По величине S – есть информация, скрытая под этой поверхностью.

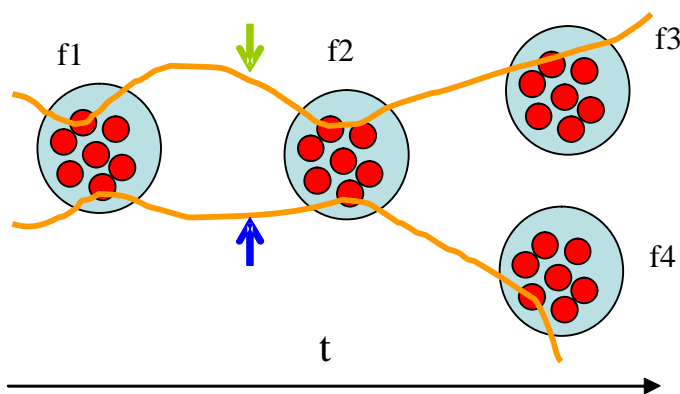
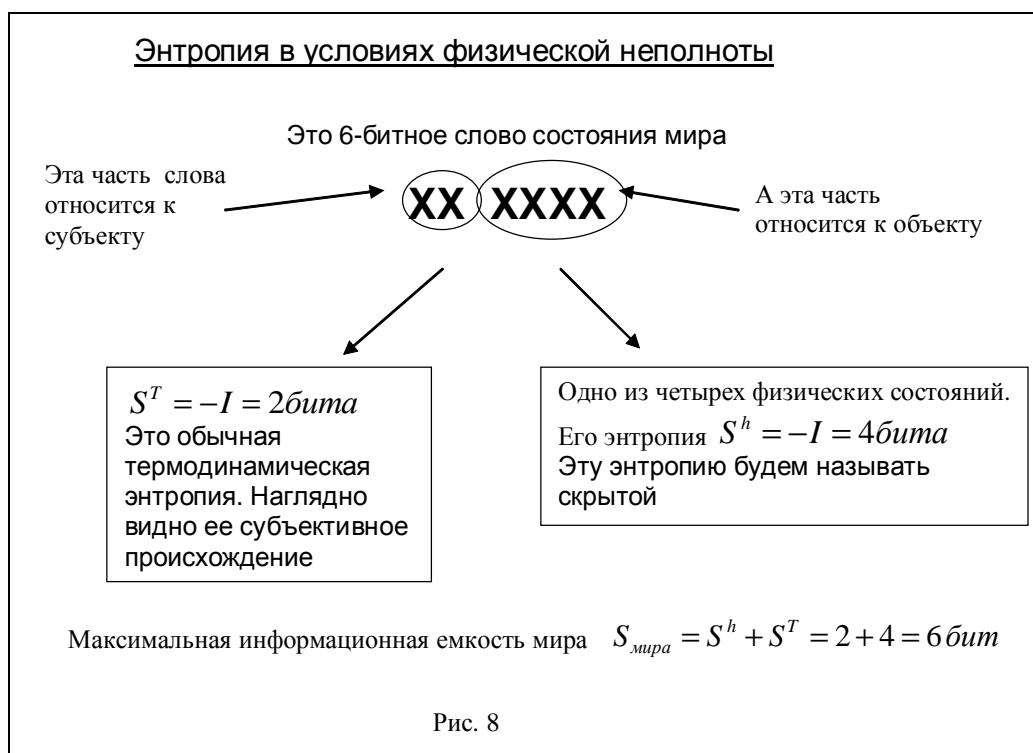


Рис. 7

Красные кружки – это скрытые состояния, по которым вырождены соответствующие физические состояния – гранулы (большие кружки). Будущее субъекта определяется скрытой траекторией. Так, если движение происходит по траектории, указанной синей стрелкой, то в будущем он перейдет в физическое состояние f4. Если же зеленой, то в состояние f3. Дело в том, что скрытые фазовые траектории однозначно связывают все скрытые состояния. Ясно, что оказавшись в будущем в одном из физических состояний, которое выявляется только путем процедуры измерения, субъект получает некую дополнительную информацию, которой он не владеет в настоящем. Покажем, что получение этой информации эквивалентно росту субъективной энтропии мира. Энтропия мира в целом, вне отношения к субъекту не имеет смысла и в этом случае лучше говорить об информационной емкости.

Рассмотрим модель замкнутого конечного мира, имеющего, например, $N = 2^6$ состояний. Его информационная емкость $I_{\text{мира}} = 6$.

Пусть 2 бита из мировых ресурсов принадлежат субъекту. Тогда он может различать только $2^2 = 4$ физических состояния. Энтропия мира с его точки зрения равна $S_{\text{мира}} = 2$. Следующий рисунок иллюстрирует описанную ситуацию.



Здесь индексами h – обозначили скрытую, а T – термодинамическую энтропию.

В следующий момент времени в результате измерения (а без этого следующий момент времени просто не наступает), субъект получает дополнительную информацию. Минимальный прирост информации равен 1 биту. Это означает, что теперь субъект может различать уже $2^3 = 8$ физических состояний и энтропия мира поэтому становится равной $S_{\text{мира}} = 3$. То есть рост знания субъекта сопровождается ростом энтропии мира.

Таким образом, мы различаем детерминированную динамику, которая имеет место в скрытом слое реальности, от необратимой динамики физического мира. **Субъективная интерпретация энтропии легко и естественно объясняет второй закон термодинамики и стрелу времени.** Для субъекта – наблюдателя, в принципе не владеющего исчерпывающей информацией о динамике системы, однозначно только прошлое. Будущее для него неопределенно. Это создает асимметрию времени.

До настоящего времени считалось, что теория декогеренции правильно описывает процесс измерения только для открытых систем. Попытки построить самосогласованную картину измерения в замкнутой системе приводили к серьезным концептуальным трудностям. Покажем, как субъективная физика решает эту проблему.

Пусть прибор Φ измеряет систему с вектором :

$$|Y_{\text{системы}}\rangle = c'|a'\rangle + c''|a''\rangle \quad (23)$$

В результате получаем перепутанное состояние:

$$|Y_{\text{перепутанное}}\rangle = c'|a'\rangle|\Phi'\rangle + c''|a''\rangle|\Phi''\rangle \quad (24)$$

Это перепутанное состояние означает, что если прибор покажет Φ' , то система в результате измерения окажется в состоянии a' . А так же, если прибор покажет Φ'' , то это означает, что система в результате измерения окажется в состоянии a'' .

Считается, что формальным выражением измерения является нахождение редуцированной матрицы плотности [24,25]

$$\rho = \text{tr}_{\Phi}|\psi\rangle\langle\psi| \quad (25)$$

Вопрос заключается в том по какому праву мы производим усреднение по степеням свободы окружения (В нашем примере окружением является прибор). Это действие незаконно, если мы хотим говорить о нашем мире как о замкнутой системе. Но если мир замкнут, то в таком мире все коты были бы шредингеровскими!. Разрешить парадокс помогает субъективная физика. Как мы уже говорили, для субъекта замкнутой системы обязательно должен существовать скрытый (ненаблюдаемый) тепловой резервуар, который и осуществляет истинную декогеренцию измеряемой системы. В результате физический мир (мир данный субъекту) обязательно описывается смешанным состоянием с энтропией отличной от нуля. Мы показали, что термодинамическая энтропия как и другие физические величины - субъективна. В процессе измерения энтропия физического мира растет. Объективная или квантовая энтропия всего мира равна нулю.

На этом мы остановимся, поскольку дальнейшее развитие теории на качественном уровне выглядело бы спекулятивно и необоснованно. Мы далеки от мысли, что нам удалось хоть сколько-нибудь значительно продвинуться на пути создания законченной непротиворечивой теории. Однако, хочется думать, что оригинальная идея обоснования квантовой и релятивистской теорий, основанная на представлениях о физической неполноте мира, сформулирована в статье достаточно ясно. Надеемся также, что нам удалось найти достаточно веские аргументы, которые заставили бы читателя отнестись к идее с полной серьезностью и побудили его к размышлениям.

Добавление

В момент, когда статья уже была готова к публикации, автору стало известно о существовании работы Xiaodong Chen [26] из университета штата Юта. В этой работе исследуется возможность обоснования КМ путем введения двух дополнительных скрытых времениподобных координат (t_1, t_2) , подобно тому, как это сделано у нас. В связи с этим обстоятельством мы считаем необходимым провести небольшой сравнительный анализ и прокомментировать эту работу.

Статья начинается с рассмотрения классического двухщелевого эксперимента по интерференции электронов. Автор воспроизводит обычную последовательность рассуждений, которыми обычно сопровождают описание этого эксперимента. В результате он совершенно справедливо заключает что: "частица может обнаруживаться в двух разных местах в одно и тоже время ... в том и только в том случае, если имеется некоторая скрытая временная переменная, которая для нас не доступна". То есть "электрон проходит через две щели одновременно в "измеряемом" времени, но в разное скрытое время". Затем автор показывает, что введение двух дополнительных скрытых временных переменных позволяет получить спин, как топологическое свойство рассматриваемого 3- временного + 3- пространственного многообразия. Выводятся спинорные поля в полном соответствии с решениями уравнения Дирака.

Следует обратить внимание на замечательную параллель между нашим исследованием с которым вы только что ознакомились и исследованием Xiaodong Chen . Напомним, что мы пришли к догадке (смотрите выше), что топология пространства-времени с точки зрения субъекта изоморфна тору. А движение частиц происходит по его локсодромам. Согласно Xiaodong Chen движение частицы в скрытом времени является обратной проекцией Хопфа с временной сферы S^2 в пространстве (t, t_1, t_2) на сферу S^3 в четырехмерном пространстве-времени (x, y, z, t) . Однако, те кто знаком с теорией расслоения Хопфа знают, что всюду плотное множество больших окружностей на S^3 (являющихся слоями над S^2), образуют окружности Вилларсо на торе. Эта параллель требует более детального исследования, которое мы предполагаем предпринять в ближайшем будущем.

В упомянутой работе Xiaodong Chen скрытое время вводится чисто формально и его физический смысл не ясен. Наш подход отличается большей глубиной, так как скрытое время у нас возникает как естественное логическое следствие физической неполноты мира. Кроме того, релятивистские свойства пространства-времени так же выводятся из этого фундаментального принципа, взятого за основу. Это позволяет нам вплотную подойти не только к частной проблеме обоснования КМ, но и подвести общую платформу для синтеза в единую схему релятивистской, квантовой и статистической теорий.

Литература

1. Каминский А.В. Алгоритмическая модель мира.
<http://piramyd.express.ru/disput/kaminski/kaminski.htm>
2. Zeh H.D. Found.Phys.1, 69 (1970), 3, 109 (1973).
3. А.В. Каминский, Моделирование физики в условиях неполноты, Квант. Маг. 1, 3126 (2004).
4. Aspect A., Dalibard J., and Roger G., Phys. Rev. Lett. 49, 1804 (1982).
5. Пенроуз Р.. Новый Ум Короля : Пер с англ.- М.: Едиториал УРСС, 2003 стр 232-233.
6. П.В. Куракин, Г.Г. Малинецкий. Концепция скрытого времени и квантовая электродинамика. Квантовая Магия, том 1, вып. 2, стр. 2101-2109, 2004
7. Вейль Г.Избранные труды. Математика и теоретическая физика. М.: Наука, 1984, стр 65.
8. Там же стр 63.
9. Лейбниц Г.В. . Сочинения в четырех томах. Т. 3, с. 290.
10. Бергман П.Г."Введение в теорию относительности", изд.ИЛ. Москва 1947г.стр.359.
11. Klein O. Quantentheorie und funfdimensionale Relativitatstheorie // Zeits. f. Physic, 1926.

12. Владимиров Ю.С. Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий.- М.: Изд-во МГУ, 1987г.
13. Владимиров Ю.С. Фундаментальная физика, философия и религия. Кострома, 1996г.
14. Этот вопрос обсуждается в статьях автора "Алгоритмическая модель мира" (Глава 1) и "Макрофлуктуации в модели алгоритмического мира" в главе "Мир как генератор псевдослучайной последовательности" Статьи можно найти по адресу: <http://piramyd.express.ru/disput/kaminski/kaminski.htm>
15. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц Теория поля. Серия теоретическая физика. Том 2. Стр 172-173.
16. Фейнман Р, .Лейтон Р, Сэндс М.. Фейнмановские лекции по физике. Электродинамика т.6, стр 112.
17. Смирнов В.И. . Курс высшей математики. т2. стр. 79, изд 10, 1950г.
18. Галактионов А. Природа необратимости. <http://galaktionov.maillist.ru/nairrev0.html>
19. Пригожин И., Стенгерс И.. Порядок из хаоса. пер. с англ. Эдиториал УРСС, Москва 2001 стр.245, 260.
20. Каминский А.В. Субъективная механика. <http://piramyd.express.ru/disput/kaminski/kaminski.htm>
21. Каминский А.В. Космология познания. <http://piramyd.express.ru/disput/kaminski/kaminski.htm>
22. Менский М.Б., УФН, том 168, 9, 1998, Явление декогеренции и теория непрерывных квантовых измерений.
23. Bekenstein, J.D. Phys. Rev. 1981, D23, 287.
24. Joos E., Zeh H.D. Z. Phys. B 59 223 (1985)
25. Менский М.Б.. Успехи физических наук. «Обзоры актуальных проблем. Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов», Июнь 2000 г., Том 170. №6
- 26 Xiaodong Chen "A New Interpretation of Quantum Theory. Time as Hidden Variable". Department of Physics, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112 (March 29, 2000)