Владимир Касимов

Парадокс близнецов

СТО, ОТО, КМ

Новосибирск
2014

Владимир Касимов

Парадокс близнецов

Новосибирск
2014

ББК 22.313
УДК 530.12
К 28

© Касимов В.А., 2014.

Парадокс близнецов ISBN 978-3-659-63150-4

Показано, что "Парадокс близнецов" является следствием концептуальной симметрии теории относительности. Парадокс близнецов не разрешается в рамках непрерывного координатного времени ни в СТО, ни в ОТО в силу симметрии систем отсчёта братьев-близнецов. Разрешение парадокса видится автором в различении динамического и эволюционного времён. Парадокс близнецов успешно разрешается в рамках дискретного собственного времени. Этого самого можно достигнуть при смене *метрической* шкалы измерения, используемой для непрерывного координатного времени, на *порядковую*, как и для дискретного собственного времени; то есть парадокс исчезает и при рассмотрении непрерывного координатного времени в аффинной шкале представления, иначе говоря, при отказе от его метрической измеримости. Развитие понятия времени в этом направлении значительно усиливает лейбницевый аспект относительности по сравнению с ньютоновским - субстанциональности.

© Kasimov B.A., 2014.

The twin paradox ISBN 978-3-659-63150-4

It is shown that the "Twin paradox" is a consequence of the conceptual symmetry of relativity. The twin paradox is not successfully resolved in a continuous coordinate time, nor a CTR, nor in GTR due to the symmetry of twin-brothers reference frames. Resolution of the paradox is seen by the author in the distinction between dynamic and evolutionary times. The twin paradox is successfully resolved in the framework of discrete own time. This can be achieved by changing the *metric* scale of measurement used for continuous coordinate time, in *sequence*, as for discrete own time; that is the paradox disappears when we consider continuous coordinate time in the affine scale representation, in other words, refusal metric measurability. The development of the concept of time in this direction greatly enhances the Leibniz aspect of relativity versus Newtonian – substantionally.

Оглавление

ТМК-топология[1)]

Остановимся на некоторых моментах математического понятия непрерывности в применении его к физическому описанию.

При математическом описании физических явлений используется в основном точечно-метрическая классическая топология (*ТМК-топология*), воплощённая в методах математического анализа. Мы отметим важные особенности возникновения и применения *ТМК-топологии* к решению задач пространственно-временных отношений, что даст нам недвусмысленный намёк на ограниченность её применимости. Чтобы понять, в чём причина этой ограниченности, необходимо вернуться к истокам возникновения и применения концепции непрерывности точечно-метрической классической топологии.

Носителями концептуальных пространственных отношений в *ТМК-топологии* являются безразмерные точки. Соответственно этому, необходимо подтвердить возможность существования физических объектов, не имеющих размеров и представимых точками. В физике носителями пространственно-временных отношений являются точечные *события*. Разберём предметно несколько теорем математического анализа и выясним как соотносятся точки концептуального пространства с точечными событиями пространственно-временных отношений в физике.

Важным свойством концептуального пространства является его *полнота*: *пространство R называется полным, если там сходится любая фундаментальна последовательность Коши*. Понятие полноты пространства – базовое для математического анализа и гарантирует применимость мощного аппарата математического анализа. Свойство полноты пространства позволяет ввести понятия близости точечных элементов, *генетической тождественности точек* при движении, четко определять предельные свойства множеств, сходимости, предела и других логически сопутствующих

[1)] Чтобы избежать понятийной путаницы здесь под термином *пространство* подразумевается концептуальное пространство, с которым работает математика. В физическом же контексте мы будем говорить о пространственно-временных отношениях. Необходимость различения этих понятий очевидна.

моментов и элементов дифференциального и интегрального исчислений. Сама же сходимость последовательностей, предельные переходы, то есть топологические свойств пространства формализуются введением метрики пространства для регламентации близости элементов.

В качестве базовых критериев полноты метрического пространства можно привести следующие теоремы математического анализа:

1. *Для того чтобы метрическое пространство R было полным, необходимо и достаточно, чтобы в нём всякая последовательность вложенных друг в друга замкнутых шаров, радиусы которых стремятся к нулю, имела непустое пересечение.* Теорема о вложенных шарах.

   Другими словами можно сказать так: используя свойство метричности пространства, уменьшая размеры шара можно бесконечно близко подойти к центру шара (топология близости). Точка центра шара существует в силу полноты пространства. С физической точки зрения при этом весьма понятными представляются понятия расстояний, их измерений и близости точечных элементов пространства.
2. *Каждое метрическое пространство R имеет пополнение, и это пополнение единственно с точностью до изометрии, оставляющей неподвижными точки из R.* Теорема о возможности пополнения метрического пространства.

   Возможность концептуального пополнения пространства сопровождается неизбежностью возникновения посторонних (фиктивных) событий, обусловленной самим пополнением пространства. Это же обстоятельство обуславливает и факт "рождения" ньютоновой концепции непрерывных пространственно-временных отношений.
3. *Полное метрическое пространство R не может быть представлено в виде объединения счетного числа нигде неплотных множеств.* Теорема Бэра.

   Эта теорема соотносит наши концептуальные рассуждения с возможностью сопоставления их с опытом и утверждает невозможность с помощью ограниченного числа измерений, и даже их бесконечно-счётного числа, представить плотное пространство.

Таким образом, основными моментами применения *ТМК-топологии* к решению пространственно-временных задач являются следующие:

- ☞ эмпирически измеряемое время, как и пространственные координаты, дискретны;
- ☞ возникновение фиктивных событий в силу 2) и невозможность опытным путём подтвердить полноту пространственно-временных отношений физических событий в силу 3);
- ☞ кроме того, в микромире отсутствуют объекты, которым можно сопоставить точки концептуального пространства;
- ☞ при рассмотрении задач, в которых размеры физических объектов много меньше характерных размеров рассматриваемых систем, *ТМК-топология* является приемлемым приближением. Однако и здесь возникают проблемы, связанные с "рождением" фиктивных событий при пополнении пространства (например, в СТО).

Особенности "измерения времени"

Здесь мы опишем некоторые базовые моменты упорядочивания событий в процессах их становления, уточним – что же мы будем понимать под временем в контексте его измерения, поскольку, например, временная координата какого-либо движущегося объекта будет являться его важнейшей характеристикой, определяемой в системах отсчёта.

Существуют объекты – простые и сложные. Они представляются материальными точками, физическими телами, системами, подсистемами и т. д. Объекты наделены разными свойствами, каждый объект – своими. Эти свойства могут изменяться. Изменения мы замечаем и описываем в процессе наблюдения или с помощью определённых процедур измерения. Пространственно-временные же изменения должны быть описаны в терминах изменений координат в заданных системах отсчёта. Всё это необходимо последовательно определить и представить в понятийной форме.

Пространственная определённость сосуществования физических объектов фиксируется как их взаиморасположение; временная определённость существования фиксируется нами как изменения, происходящие вокруг нас.

Меняются характеристики тел, систем, подсистем; меняется их взаимное расположение. Даже, если ничего не меняется в ближайшем окружении, можно с уверенностью сказать, что где-то далеко или близко что-то меняется и эволюционирует. Хотя поведение некоторых подсистем может и не меняться, однако всегда найдётся такое окружение которое меняется. Застывшего Мира не существует.

Согласно Лейбницу, *время – порядок последовательности (различимых) состояний*. Но каждый объект имеет собственные индивидуальные характеристики, которые при изменении состояния объекта принимают свои значения. То есть и состояния, и порядок сменяющих друг друга состояний в последовательности их становления для каждого объекта свои. Это значит, что у каждого объекта своё время, как некоторая характеристика, упорядочивающая его изменения в становлении или эволюции. Таким образом, время – характеристика локальная и для каждого объекта своя: каждый объект обладает своим собственным локальным временем, которое мы будем называть в общем случае *эволюционным* временем. Как формально описать это? Перечислением уже наступивших состояний в их естественном порядке становления. В результате мы получим упорядоченное множество уже реализованных состояний объекта. А время выступает в таком случае как упорядочивающий фактор в становлении событий в едином эволюционном процессе.

Временной фактор, связанный с упорядочением положения точечного объекта в движении будем называть *динамическим* временем.

Основной же задачей физики, как впрочем, и других наук является нахождение законов изменения состояний систем и, что немаловажно, в координации с другими событиями. А физику мы традиционно понимаем как науку о процессах, протекающих во времени. Роль же физики, как науки, сводится к предсказанию будущего на основе настоящего и прошедшего.

Пусть A – представляет множество параметров, описывающих состояние некоторой системы (или один заданный параметр системы), а ряд

$A(1), A(2), A(3), \dots A(k)$ – последовательные значения, наблюдаемые в процессе эволюции этой системы. Разумеется, любое состояние должно отличаться как от предыдущего, так и последующего. В противном случае его следует "склеить" с тождественным соседним: нас интересует последовательность различимых и отделимых друг от друга состояний. Для наглядности нам удобнее будет записать это ряд в таком виде:

$$A = \{A(1), A(2), A(3), \dots A(k)\}. \quad (1)$$

Если какой-либо параметр системы удаётся представлять в виде непрерывного множества и соответственно измерять с любой степенью точности, то обычно зависимость его от времени обозначают так:

$$a = a(t). \quad (2)$$

Сопоставляя (1) и (2), мы видим, что индекс k в (1) играет ту же роль, что и переменная t в (2), только в первом случае индекс k дискретен, во втором – переменная t или индекс непрерывен. В первом случае мы непосредственно задали все возможные состояния A, а во втором – значения параметра a определили функционально. Но и в том, и в другом случаях по значениям аргументов k и t (индексов), мы можем восстановить соответствующее значение параметра. Эти индексы – дискретный в первом случае и непрерывный во втором, мы и будем называть параметром *времени*; A и a – динамическими переменными, а $\{A(1), A(2), A(3), \dots A(k) \dots\}$ и $a(t)$ – временной зависимостью, динамикой или эволюцией.

Определим понятие *интервала времени*. В случае (1) интервалом времени между j и i состояниями будем называть величину

$$\tau = (j - i + 1), \quad (3)$$

а в случае (2) интервалом между моментами времени t_2 и t_1 величину

$$\tau = t_2 - t_1, \quad (4)$$

что является, вообще говоря, всего лишь *жордановой мерой* упорядоченного множества – отрезка $[t_1, t_2]$.

Первое, что можно увидеть – это то, что эмпирическое время (1) всегда дискретно и дискретность эта обязана, прежде всего, практической реализации процедур наблюдения и измерения. Представление же (2) является распространённой аппроксимацией упорядочивающего параметра с помощью непрерывного множества.

Для описания динамики параметров или эволюции системы традиционно используют непрерывное время. Можем ли мы перейти от дискретной формы описания к непрерывной? Да, можем.

Для начала рассмотрим как “измерить” изменения одной системы, фиксируя изменения другой. Здесь у нас в первый раз возникнет необходимость выполнения такой важной процедуры, как *процедуры синхронизации*, которая, как мы увидим, и обуславливает появление парадоксов, связанных с рассмотрением так называемых эффектов изменения хода часов.

В качестве системы, с помощью которой мы будем “измерять” изменения исходной системы мы можем использовать какой-либо периодический процесс – осциллятор. Для наглядности будем использовать математический маятник. Но почему именно периодический процесс, а не изменения какой-либо другой эволюционирующей системы? Да, потому что свойство периодического процесса таково, что этот процесс каждый раз сам себя восстанавливает в изначальной ипостаси. Отвлекаясь от промежуточных положений математического маятника, можно сказать, что у маятника есть всего лишь одно чётко различаемое состояние, например – крайнее левое положение, которое каждый раз автоматически восстанавливается, а продолжаться это может бесконечно долго. Пересчитывая же эти последовательные состояния, мы получаем эволюционный ряд для стандартной системы, представленной периодическим процессом. Здесь появляется искушение сказать, что мы измеряем ньютоново время. Нет, мы пересчитываем события автоматического становления одного и того же состояния выбранной нами эталонной системы. Способность же периодических систем к самовосстановлению – эмпирический факт, не вызывающий ни сомнений, ни неясностей.

Может возникнуть такой вопрос. У нашего осциллятора всего-навсего одно состояние; выписывая же члены последовательности (1) мы договорились “склеивать” смежные тождественные состояния. Тогда во всей последовательности (1) должен будет остаться всего лишь один член. Но дело в том, что мы абстрагировались от промежуточных состояний, именно тех состояний, которые и позволяют отделить друг от друга периодически возобновляющиеся состояния крайнего левого положения и не допустить необходимости “склеивать” на самом деле не вполне тождественные состояния. То есть мы просто “огрубили” механизм нашей эталонной системы, не нарушив идеи измерения.

Кроме того (важно для систем с одним, но отделимым состоянием), мы всё же рассматриваем не изолированный осциллятор, а осциллятор в среде, то есть в некотором окружении. В этом случае мы будем пересчитывать уже не состояния осциллятора, а состояния всего окружения, которое нельзя назвать застывшим. Это окружение и позволяет различать и пересчитывать периодически восстанавливающиеся состояния осциллятора. Даже просто пересчитывая эти очередные состояния, отвлекаясь от дальнего окружения, мы вовлекаем себя как элемент уже ближнего окружения вместе с биоритмами и “движениями” нашего организма, и, что самое интересное – вовлекая себя уже как “сознание” или “отражение”.

И самое главное: возможность различения “тождественных” состояний осциллятора, возможность отделить их друг от друга и пересчитать – это эмпирический факт и мы воспользовались этим для “изобретения” измеряющего прибора.

При реализации описанной процедуры “измерения”, а по сути дела, при *синхронизации* двух процессов с помощью сопоставления рассматриваемой системы с эталонной (осциллятором) могут возникнуть такие ситуации:

А)

{A(1),	A(1),	A(1),	A(2),	A(3),	A(3)...	A(i)...	A(j)...}
1	2	3	4	5	6...	k...	m

В)

{A(1),	A(3),	A(5),	A(7),	A(8),	A(10)...	A(i)...	A(j)...}
1	2	3	4	5	6...	k...	m

В первом случае число зафиксированных осцилляций превысило число различимых состояния системы, что привело к необходимости добавить во временной ряд дополнительные члены, во втором – наоборот, число зафиксированных осцилляций оказалось меньше числа состояний исходной системы, что привело к потере некоторых членов ряда для исходной системы.

В первом случае “измеренное время” исходной системы стало больше его собственного, во втором – меньше! Не эти ли эффекты мы пытаемся объяснить в рамках “парадоксальности” СТО? В дальнейшем, при разборе конкретных парадоксов, связанных с “изменением хода часов”, мы вынуждены будем вернуться к этим замечаниям.

Далее. Выбирая в качестве эталонного процесса системы с всё большей “частостью” возникающих осцилляций по сравнению с “частостью” изменений в сравниваемой системе (случай **А**), мы увеличиваем плотность точек-состояний эталонной системы. В конце концов, при достижении ситуации, когда число осцилляций эталонной системы становится значительно больше числа изменений исходной системы, в качестве *макроприближения* мы можем рассматривать эталонную систему как систему, воспроизводящую непрерывную последовательность. С этого момента мы и можем начать использовать модель с непрерывным временем. Следует отметить, что именно эта аппроксимация и обуславливает появление парадоксов, связанных с интерпретацией измерений пространственно-временных соотношений. Согласно теореме о пополнении метрических пространств[2)] эта аппроксимация и обуславливает рождение фиктивных событий, участвующих в возникновении деформаций пространственно-временных отношений в теории относительности.

При описании пространственно-временных отношений, как непрерывных, вводится понятие точечного события. Точечное событие это положение материальной точки в заданный момент времени относительно какой-либо системы отсчёта и представляет собой некоторую систему,

---

[2)] См. стр. 5

размерами которой можно пренебречь, а характерные времена заведомо больше единицы измерения времени. В этом случае можно представить пространство заполненным “маленькими” системами. Тогда эволюционное время, как характеристика изменения каждой системы, становится *пространственно локальным* и зависит, вообще говоря, от пространственных координат. Это означает отказ от единого пространственного времени.

При осуществлении процедуры арифметизации пространственно-временного многообразия [2] нам потребуются в большом количестве приборы, которые мы называем часами. В дальнейшем мы будем называть часами те приборы, которые реализуют возможности поддержки достаточной точности измерения на основе единого стандартного процесса. *Одинаковость* этого процесса (описание его одними и теми же уравнениями физики) в различных точках пространства принимается по определению согласно принципу однородности пустого пространства СТО. Конечно, под нашими часами можно подразумевать и обыкновенные хронометры, часы, маятники, “будильники”, “ходики”и даже ритмику сердечных сокращений человека или других биоритмов для определения его собственного времени как системы, однако обладающие достаточной точностью в контексте решаемой задачи и возможностью их синхронизации с выбранным стандартным процессом.

В пределах точности измерений и возможности исключения влияния присутствия других тел можно считать эмпирическим фактом сохранение синхронизации любой пары тождественных разноместных идеальных часов, отсчитывающих каждые своё эволюционное время в "пустом пространстве" СТО .

Именно это обстоятельство позволяет установить соответствие локальных эволюционных времен разноместных часов с динамическим временем движущихся и говорить о едином времени в СТО, обладающим свойством *однородности*. Установление соответствия эволюционного и динамического времен составляет суть синхронизации всех часов. Результатом завершения этой процедуры будет введение динамического *координатного* времени для рассматриваемой инерциальной системы отсчёта.

Возникновение концепции единого времени является приближением, которое нашло своё воплощение в ньютоновой концепции времени.

В определённых рамках, не связанных с переходами в другие инерциальные системами отсчёта, мы сможем работать и в ньютоновой концепции времени. Но самое существенное здесь то, что при возникновении парадоксов, мы можем возвратиться к истокам лейбницевой концепции. Ни замедления, ни убыстрения времени как субстанции становится невозможным вовсе. Эта субстанция просто-напросто исчезла в релятивистской концепции. Конечно, мы можем заметить различия в показаниях часов, скажем, которые встретились. Но всё это объясняется вполне рационально и без всяких парадоксов. Сами же парадоксы обуславливаются просто неадекватностью интерпретаций процедур измерения.

Время выступает как *упорядочивающий фактор*. Каждый объект характеризуется своим временем, как некоторым параметром, упорядочивающим изменения именно этого объекта в становлении или эволюции. Время, определяемое таким образом, называется *эволюционным* временем объекта.

Сопоставление изменений измеряемой системы с изменениями эталонной называется *измерением* времени. Эмпирически измеряемое время всегда *дискретно*.

Увеличивая плотность точек-состояний эталонной системы, при достижении ситуации, когда сопоставляемое число осцилляций эталонной системы становится значительно больше числа изменений исходной системы, в качестве *приближения* становится возможным рассматривать эталонную систему как систему, воспроизводящую непрерывную последовательность. При этом становится возможным рассматривать время как *непрерывное*.

Движение тела, то есть изменение его положения по отношению к другим телам, представляет собой особый тип процесса эволюции, сводящийся к описанию движения материальной точки. Фактор, упорядочивающий положение материальной точки на траектории движения, называется *динамическим* временем.

Поскольку процессы эволюции сложных систем и процесс движения материальной точки в пространстве имеют разную природу, необходимо "развести" в разные стороны *эволюционное* и *динамическое* времена. "Дистанция" между ними сокращается при рассмотрении точечных систем в *ТМК-топологии*, для которых эволюционное время принимает образ *собственного* точечного времени. Согласование собственного и динамического точечных времён достигается в процедурах синхронизации локальных точечных времён с помощью процесса движения точечных часов и фиксируется вводом единого *координатного* времени в инерциальной системе отсчёта.

При описании пространственно-временных отношений, как непрерывных, вводится понятие точечного события. Точечное событие это положение материальной точки в заданный момент *координатного времени* относительно какой-либо системы отсчёта и представляет собой некоторую систему, размерами которой можно пренебречь, а характерные времена заведомо больше единицы измерения времени. В этом случае можно представить пространство заполненным “маленькими” системами. Тогда время, как характеристика упорядочения, становится *пространственно локальным*. Это означает, что и координатное время, связанное с упорядочением положения точечной частицы при движении в общем случае становится зависимым от пространственных координат, что характерно для определения времени в ОТО.

Свойства однородности пространственно-временных отношений в отсутствии материи, феномен сохранения синхронизации часов позволяют ввести, как приближение, ньютонову концепцию этих отношений, где время рассматривается как глобальный и универсальный упорядочивающий фактор. Однако для СТО это остаётся в силе уже только в пределах одной инерциальной системы отсчёта; универсальность этих отношений нарушается при переходах между инерциальными системами отсчёта, а в ОТО, и вообще, теряет свой изначально глобальный смысл даже в пределах одной системы отсчёта.

При переходе к макроприближению в непрерывном представлении собственного времени возможно возникновение "фиктивных" состояний в силу проявления теоремы о пополнении концептуального пространства до всюду плотного множества (стр. 5) и эффектов их возникновения при измерении (стр. 10). И этот шаг необходимо рассматривать как макроаппроксимацию, которая обуславливает появление парадоксов, связанных с сопоставлением мер дискретного, непрерывных метрического и аффинного множеств состояний.

Парадокс близнецов

Космический корабль (система S’) отправляется в длительное путешествие к планете *A* и обратно. Земля находится в начале координат системы S. За ходом этого путешествия наблюдают два брата-близнеца – один из системы S, другой из системы S’. Возраст братьев в начале путешествия одинаков. *Останутся ли они "одногодками" после завершения путешествия?* Отметим, что мы ставим вопрос конкретно о возможности возникновения расхождений в оценке их *возрастов* в результате предпринятого путешествия.

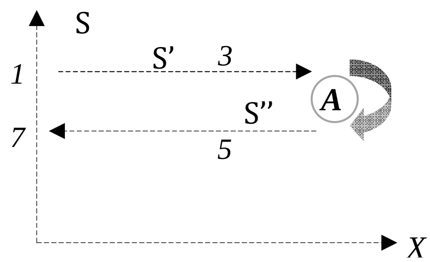


Рис. 1

Необходимо сразу отметить, что средствами СТО эту задачу напрямую не разрешить, поскольку в движущейся системе отсчёта три раза нарушается свойство инерциальности, а применение преобразований Лоренца становится неправомерным. Поэтому полное решение задачи оказывается за пределами дисциплины СТО. Но в этом случае можно говорить лишь о неполноте возможного решения, а говорить о противоречиях теории в связи с решениями этой задачи, по крайней мере, некорректно. Мы рассмотрим модель, которая сможет прояснить ситуацию в рамках СТО, но не разрешить её “до числа”. Многие авторы связывают возможность решения задачи в рамках ОТО или, вообще говоря, обобщённой метрической теории при описании неинерциального движения второго путешественника от начала и до конца.

Однако, как мы увидим, и эти рамки не снимают в полной мере возникающей неопределённости и не дают полного ответа на вопрос, поставленный в задаче. Для снятия же неопределённости нам потребуются дополнительные соображения о свойствах преобразований Лоренца и параметра, называемого *собственным временем* системы, подсистемы, физического тела - точечного представителя более общего *эволюционного времени*.

Обозначим ключевые моменты путешествия - периоды и события. Всё путешествие представляется следующими периодами: начало путешествия (1), разгон (2), длительное движение с постоянной скоростью (3), поворот (4), длительное движение в обратном направлении (5), торможение (6), конец путешествия (7).

В самом начале путешествия фиксируются положения и моменты времени обеих систем. Затем идёт период ускорения, начинающийся с момента запуска ракетных двигателей. В конце этого периода скорость корабля достигает требуемой величины V. Равномерное движение с этой скоростью V продолжается во время третьего, более длительного этапа. На четвёртом этапе вблизи далёкой планеты $\boldsymbol{A}$ вновь включаются ракетные двигатели с тем, чтобы изменить направление движения корабля на обратное к Земле. За этим следует очередной этап длительного равномерного движения со скоростью V, теперь по направлению к Земле. На шестом этапе ракетные двигатели включаются вновь, что бы затормозить и остановить ракету для возвращения на Землю. Последний этап завершается фиксацией и сравнением показаний часов обоих путешественников.

В нашей модели неинерциальные участки движения - разгон (2) и торможение (6), мы заменим одномоментными и одноместными событиями - синхронизацией часов неподвижного и движущегося наблюдателей (конец периода 2) и снятием показаний с часов движущегося наблюдателя (начало периода 6). Ведением третьей инерциальной системы S'', движущейся по направлению к системе S (Земле), дополнительной синхронизацией и “сшивкой” разорванного процесса движения с помощью этой вновь введённой системы мы заменим этап поворота системы S’.

Будем считать, что система S' в начале путешествия приближается к системе S вдоль оси X с постоянной скоростью, то есть удовлетворяет свойству инерциальности. Оси X и X' совпадают. В момент, когда начала координат систем совпадут, наблюдатели обеих систем одномоментно устанавливают нулевые значения показаний часов, то есть производят синхронизацию своих часов. Такая замена позволит нам не рассматривать этап начального ускорения движения системы S′.

При сближении с планетой ***A*** не возникнет необходимости в торможении системы S′, поскольку к этой же планете навстречу S′ движется новая инерциальная система S″. Начальные условия для системы S″ выбраны таким образом, чтобы встреча систем S′ и S″ произошла в точке нахождения планеты ***A***. В момент встречи S′ и S″ производится синхронизация часов, расположенных в началах систем координат: наблюдатель системы S′ “сбрасывает” показания своих часов наблюдателю системы S″. Эта операция позволит “сшить” прошлую историю движения системы S′ с предстоящей историей системы S″.

После очередной синхронизации часов система S″ продолжает своё инерциальное движение по направлению к системе S, сохраняя факт первой и изначальной синхронизации S и S′.

При достижении системой S″ системы S (Земли) теперь уже наблюдатель S″ “сбрасывает” показания своих часов наблюдателю системы S. Эта операция не требует торможения и остановки системы S″, то есть инерциальность системы S″ не нарушается.

На этом "эксперимент" заканчивается. Его результаты представлены в табл. 1.

Первая строка таблицы фиксирует факт синхронизации показаний часов в системах S и S′ на этапе 1.

Вторая строка фиксирует событие достижения системой S′ планеты ***A***. Исходными данными являются координаты этого события в системе S. По формулам преобразования Лоренца определяются координаты этого же события и в системе S′.

Таблица 1

<table>
<tr><th rowspan="2">№
п/п</th><th rowspan="2">Событие</th><th colspan="3">Координаты</th></tr>
<tr><th>Система S</th><th colspan="2">Система S′</th></tr>
<tr><td>*1*</td><td>*1(начало)*</td><td>$x_1 = 0;\ t_1 = 0$</td><td colspan="2">$x_1' = 0;\ t_1' = 0$</td></tr>
<tr><td>*2*</td><td>*3(конец)*</td><td>$x_3 = l;\ t_3 = T$</td><td colspan="2">$x_3' = 0;\ t_3' = T\sqrt{1-V^2}\ ;\ T = {}^{l}/_{V}$</td></tr>
<tr><td>*3*</td><td>*“сшивка”*</td><td>$x_5 = l;\ t_5 = T$</td><td>**Система S′′**</td><td>$x_5'' = 0;\ t_5'' = T\sqrt{1-V^2}$</td></tr>
<tr><td>*4*</td><td></td><td>**Система S**</td><td colspan="2">**Система S′′**</td></tr>
<tr><td>*5*</td><td>*5(начало)*</td><td>$x_5 = l;\ t_5 = T$</td><td colspan="2">$x_5'' = 0;\ t_5'' = T\sqrt{1-V^2}$</td></tr>
<tr><td>*6*</td><td>*7*</td><td>$x_7 = 0;\ t_7 = 2T$</td><td colspan="2">$x_7'' = 0;\ t_7'' = 2T\sqrt{1-V^2}$</td></tr>
</table>

Третья строка представляет результаты “сшивки” историй S′ и S′′. Задача, которую необходимо решить здесь – связать координаты системы S и новой системы S''. Возникающая здесь особенность заключается в том, что стандартные преобразования Лоренца получены при условии синхронизации неподвижной и движущейся систем в тот момент, когда они находились в одной точке пространства. Однако в этот же момент времени система S'' находилась совершенно в другом месте и, кроме того, двигалась в обратном направлении. Разрешение этого момента возможно при определении начальных координатных данных для системы S'' в нулевой момент времени по часам S и S′. Для этого представим преобразования Лоренца в виде:

$$x'' = \frac{x + V\,t}{\sqrt{1-V^2}} + A; \qquad t'' = \frac{t + V\,x}{\sqrt{1-V^2}} + B. \tag{5}$$

Здесь изменены знаки перед скоростью движения системы V, поскольку направление движения системы S'' происходит в противоположном направлении; A и B представляют координаты начала процесса эксперимента в системе S′′. Выражения для A и B получаются как результат подстановки значений строки 3 табл. 1 в формулы (5) и решения полученных уравнений. В результате несложных вычислений получаем:

$$A = -\frac{2VT}{\sqrt{1-V^2}}\ ; \quad B = -\frac{2TV^2}{\sqrt{1-V^2}}. \tag{6}$$

Строка 5 фиксирует начальные данные для системы S'', продолжающей своё инерциальное движение по направлению к системе S (Земле). Связь координат системы S и S'' описывается преобразованием (5) совместно с (6).

Строка 6 фиксирует прибытие системы S'' в точку начала путешествия. Подставляя значения координат этого события в системе S, с помощью (5) и (6) получаем временную координату этого события в системе S'':

$$t_7'' = 2T\sqrt{1 - V^2}. \tag{7}$$

Выражение (7) оценивает время, затраченное на полный “облёт” планеты ***A*** из исходной общей точки систем S и S' по часам путешественника. При выполнении описанной технологии "эксперимента" это время должны показать часы наблюдателя системы S'' при встрече.

Таково одно из стандартных решений задачи о близнецах, которое считается одним из самых корректных в рамках СТО. Однако утверждение о корректности вызывает вполне обоснованные сомнения.

Из преобразований Лоренца несложно получить такой результат: *отставать всегда будут те часы, которые сравниваются с парой других - разноместных,* но находящихся в одной системе отсчёта. Дело в том, что сопоставление с разноместными часами требует движения тех часов, которые существуют в одном экземпляре и находятся в одном месте своей системы отсчёта. Нетрудно заметить, что с помощью замены участков ускорения дополнительными синхронизациями и вводом возвращающейся на Землю системы отсчёта S'' в нашем "эксперименте" мы смоделировали именно такую ситуацию. Однако время (t) системы S и время (t') движущейся системы S' согласно преобразованиям Лоренца существенно отличаются. В первом случае мы будем говорить о *динамическом* времени, во втором об *эволюционном*. Динамическое время для своего определения требует синхронизации всех разноместных точечных часов, а для определения эволюционного времени этой процедуры не требуется. Так возникает необходимость различать динамическое и эволюционное времена.

Часы, находящиеся в одной точке системы отсчёта, показывают на самом деле точечное эволюционное время (t'), которое мы будем называть *собственным* временем. Часы же наблюдателя, фиксирующие траекторию движения в заданной системе отсчёта выступают как фактор (t), упорядочивающий положение движущейся точки в пространстве. Оно должно быть единым (синхронизированным) для всей системы отсчёта S. Это время будет называться *координатным*.

Считая часы точечными, мы приходим к описанию эволюционного и динамического времён в единой геометрической интерпретации, в так называемой точечной метрической классической топологии (*ТМК-топологии*). При этом собственное время выступает как точечное представление эволюционного времени.

Рассматривая ситуацию в системах отсчёта, связанных с космонавтом и с землянином, можно заметить их симметричное отношение к процессу движения и наблюдения[3)]. Каждый из них будет утверждать, что при сравнении именно его часы будут отставать. Здесь мы должны отметить очевидный факт проявления *концептуальной симметрии СТО*.

Решение вопроса о том, чьи часы реально будут отставать (кто окажется моложе) часто связывают с проявлением несимметрии и необходимостью привлечения методов расчёта ОТО: дескать, система отсчёта, связанная с космонавтом испытывает реальные ускорения, поэтому космонавт и зафиксирует фактическое отставание своих часов. Но здесь, по существу, предпринимается попытка включить в разрешение парадокса постороннюю для СТО несимметрию, которую мы должны назвать *проблемной* или технической, поскольку её решение возможно только расширением рамок СТО. Для данного случая эти рамки могут быть расширены до ОТО. Однако, как мы увидим далее, рассмотрение задачи в рамках ОТО возвращают концептуальную симметрию в теорию относительности. Поэтому становится очевидным, что

---

[3]) Имеется ввиду симметрия близнецов относительно возможности "помолодеть". В дальнейшем для краткости будем говорить просто как о *симметрии*.

проблемная несимметрия должна быть преодолена в рамках дальнейшего обобщения понятия времени для метрических теорий.

Тем не менее, зачастую в разрешении парадокса близнецов вводят проблемную несимметрию как дополнительный аргумент к решению задачи и фиксируют (7) как окончательный результат решения. Это вызывает серьёзные возражения, поскольку по сути проблемная несимметрия в противовес концептуальной симметрии выставляется против самой теории СТО, что приводит к извращённой трактовке выводов самой теории.

Таким образом, представив одно из самых корректных решений, мы должны засвидетельствовать факт: *средствами СТО парадокс близнецов, напрямую не разрешается*. Включение же проблемной несимметрии необходимо разрешать расширением рамок теории и продолжением анализа задачи, но никак не аргумент получения конечного решения.

Развитие релятивистской (лейбницевой) концепции времени

Ньютонова концепция пространственно-временных отношений предполагает существование абсолютного и единого времени для всех систем отсчёта. После однократной и тотальной синхронизации часов во всех системах отсчёта нарушение синхронизации может быть вызвано только искусственным вмешательством в механизмы часов. Однако такие факторы мы не рассматриваем. В этом случае для любой пары систем отсчёта всегда будут выполняться условия: $t = t'; \quad dt = dt'$. Первое из этих соотношений означает “одинаковый ход часов” во всех системах отсчёта, второе – инвариантность промежутков времени между двумя событиями по отношению ко всем системам отсчёта.

Очевидно, что при таких условиях парадокса близнецов и ему подобных возникнуть не может. А часы вернувшегося из путешествия космонавта будут показывать ту же дату и время, которые покажут и часы его земного брата-близнеца.

После проведения синхронизации во всех системах отсчёта любые движущиеся часы при встрече с любыми неподвижными или другими движущимися часами при сравнении всегда будут показывать одинаковое время. *В ньютоновой концепции время играет роль всеобщего упорядочивающего фактора*, что позволяет сравнивать временные отношения единым образом везде и всегда.

При рассмотрении временных отношений, описываемых *специальной теорией относительности*, последнее утверждение теряет силу. Встаёт вопрос: что в этом случае называть “настоящим временем”?

Будем, как и прежде, обозначать через S лабораторную инерциальную систему отсчёта (неподвижную), а через S′ – движущуюся относительно S инерциальную систему. Синхронизация часов в обеих системах отсчёта происходит в два этапа. Первый этап общий: установка начала отсчёта времени для обеих систем отсчёта в момент совпадения их начал координат: $x = y = z = t = x' = y' = z' = t' = 0$. Второй этап выполняется в каждой системе отсчёта отдельно и независимо друг от друга: установка всех часов каждой из систем в соответствии с заданными начальными нулевыми моментами.

После выполнения процедур синхронизации всех часов в лабораторной и движущейся системах отсчёта в каждой из них будет существовать своя независимая пространственно-временная “метрологическая служба”, задающая каждому событию координату времени. Связь между этими “службами”, заданная начальной синхронизацией, осуществляется с помощью преобразований Лоренца. Другими словами, наблюдатель одной системы отсчёта всегда может непосредственно определить координаты любого события в своей системе отсчёта, а координаты этого же события в другой системе вычислить используя формулы 4-преобразования координат, в данном случае - преобразования Лоренца. При этом никаких установлений связи и согласований между наблюдателями не требуется. Тогда связь между “метрологическими службами” систем отсчёта можно описать следующим образом: пусть в лабораторной системе отсчёта S заданы координаты какого-либо события: t, x, y, z. Тогда координаты *этого же события* в движущейся системе отсчёта S′ должны определяться согласно преобразованиям Лоренца.

В то время, как в каждой системе отсчёта часы будут показывать единое время, именно преобразования Лоренца и не сохраняют инвариантности интервалов времени, синхронности событий при переходе из одной инерциальной системы отсчёта в другую. Именно преобразования Лоренца лишают время статуса всеобщего и универсального упорядочивающего фактора, с помощью которого можно было упорядочивать последовательности событий в их становлении безотносительно систем отсчёта.

Таким образом, в специальной теории относительности *статус универсального упорядочивающего фактора за временем сохраняется только в пределах каждой отдельной инерциальной системы отсчёта*.

Возможных же “служб времени” будет ровно столько, сколько и всех инерциальных систем отсчёта, а их — бесконечно много. При переходе из одной системы отсчёта в другую меняется, вообще говоря, и упорядоченность событий, которая преобразуется согласно формулам преобразований Лоренца.

Рассмотрим подробнее фрагмент путешествия космонавта от Земли до планеты $\boldsymbol{A}$. Мы хотим узнать – какое время займёт это путешествие? Будем рассматривать путешествие в произвольной инерциальной системе отсчёта Σ′, двигающейся вдоль оси X со скоростью U.

Зафиксируем координаты двух событий в системе отсчёта S: старт с Земли и достижение планеты $\boldsymbol{A}$. Обозначим координаты первого события через (t_1, x_1), а координаты второго события через $(t_2 = t_1 + T, x_2 = x_1 + L)$. Здесь T – время, затраченное путешественником для достижения планеты; L – расстояние до планеты. Обе величины T и L относятся к системе отсчёта S; очевидно, что $L/T = V$, где V – скорость космического корабля, измеренная опять-таки в системе отсчёта S. Координаты этих же событий в системе Σ′ обозначим через (t_1', x_1') и (t_2', x_2'), соответственно.

Для установления связи между координатами событий, относящихся к неподвижной и движущейся системам отсчёта, воспользуемся обратными преобразованиями Лоренца. Для событий старта и достижения планеты космическим кораблём относительно системы отсчёта Σ′ в результате получим:

$$x_1' = \frac{x_1 - Ut_1}{\sqrt{1-U^2}}\,, \qquad t_1' = \frac{t_1 - Ux_1}{\sqrt{1-U^2}}\,,$$
$$x_2' = x_1' + \frac{V'}{1+UV'}T\sqrt{1-U^2}\,, \qquad t_2' = t_1' + T\frac{1-UV}{\sqrt{1-U^2}}\,. \tag{8}$$

Выразив скорость корабля V относительно неподвижной системе отсчёта S через скорость корабля V' относительно системы Σ' с помощью формулы релятивистского сложения скоростей, окончательно получаем координаты второго события (достижения планеты):

$$x_2' = x_1' + V'T\frac{\sqrt{1-U^2}}{1+UV'}\,, \qquad t_2' = t_1' + T\frac{\sqrt{1-U^2}}{1+UV'}\,. \tag{9}$$

Тогда для времени полёта космонавта $T' = t_2' - t_1'$ по часам системы Σ' получаем:

$$T' = T\frac{\sqrt{1-U^2}}{1+V'U}\,. \tag{10}$$

Рассмотрим два случая:

a) в качестве инерциальной система Σ' выберем неподвижную лабораторную систему, связанную с Землёй. В этом случае имеем: $U = 0, V' = V,$ а $T' = T$, что и было ожидаемо по условию;
b) в качестве инерциальной система Σ' выберем систему отсчёта, связанную с космическим кораблём. Тогда, очевидно: $U = V, V' = 0,$ а $T' = T\sqrt{1-V^2}$.

В произвольно движущейся же инерциальной системе отсчёта Σ' время движения корабля даётся выражением (10). На вопрос: *сколько времени займёт путешествие от Земли до планеты* $\boldsymbol{A}$ — мы получим бесконечное множество ответов в зависимости от того, из какой системы отсчёта из их бесконечного числа нам ответят. Так что же такое время полёта? Ведь все возможные времена этого полёта, получаемые из разных систем отсчёта, можно связать с разными изменениями возраста космонавта, а его брат землянин тогда мог бы получить возможность через посредников в разных системах отсчёта беседовать со своим братом в его разных ипостасях - от пионера до пенсионера. Конечно, строгое рассмотрение этого аспекта задачи лишит его надежд на возможность осуществления подобных бесед, но это отдельный вопрос и хорошее упражнение на тему преобразований Лоренца.

Введём важное понятие *собственной системы отсчёта*. Собственной системой отсчета для точечного тела будем называть систему отсчёта, в которой это тело находится в состоянии покоя, а введённое ранее собственное время – это время (τ), измеряемое по точечным часам этой системы отсчёта. При разделении упорядочивающих временных факторов на динамические и эволюционные здесь, очевидно, мы будем иметь дело с эволюционным временем, поскольку в собственной системе отсчёта точечное тело не движется и отсутствует необходимость динамического упорядочивания его положения.

Таким образом, *точечное эволюционное время здесь конкретизируется в понятии собственного времени или, другими словами, собственное время получает статус эволюционного.*

Пусть S – лабораторная система отсчёта, а S′ – собственная инерциальная система отсчёта для тела, движущегося с постоянной скоростью V вдоль оси X. Тогда из инвариантности интервала s и определения собственного времени τ получаем:

$$ds^2 = dt^2 - dx^2 = dt'^2 - dx'^2 = dt'^2 = d\tau^2.$$

Здесь для движущихся часов $dx' = 0$. Из этого же соотношения следует, что квадрат дифференциала величины собственного времени $d\tau^2$ равен элементу длины мировой линии ds^2. Имеем:

$$d\tau^2 = ds^2 = dt^2 - dx^2 \text{ или } d\tau = ds = \sqrt{1 - V^2}dt \tag{11}$$

Тогда интервалу координатного времени $\Delta t = t_2 - t_1$ будет соответствовать собственное время τ вычисляемое по формуле:

$$\tau = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 - V^2}\, dt = \int\limits_{\substack{\text{по}\\ \text{мировой}\\ \text{линии}}} \sqrt{1 - V^2}\, dt = \sqrt{1 - V^2}\, \Delta t; \tag{12}$$

здесь интеграл берётся по интервалу времени движения в лабораторной системе отсчёта Δt или, что то же самое для данной задачи, по отрезку мировой линии, описывающей движение между двумя точками – началом и концом движения.

В соответствии со сказанным выше, соотношение (12) определяет по сути связь координатного временем t лабораторной системы отсчёта с эволюционным временем τ движущейся точечной системы. Поскольку скорость системы S′ постоянна ($V = \mathrm{const}$), из этого же соотношения следует, что для движущейся инерциальной системы отсчёта можно ввести своё единое координатное время (t'), не зависящее от координат точки в системе S′, синхронизированное с собственным временем τ, то есть с помощью собственного времени можно синхронизировать все часы системы S′.

Для продолжения решения задачи о близнецах предположим, что система отсчёта S′, связанная с космическим кораблём, движется с произвольной скоростью $V(t)$ вдоль оси X.

Рассмотрим неинерциальную систему отсчёта, полученную преобразованием 4-координат с помощью преобразований Лоренца, в которых скорость движения системы, как параметр, представлена переменной $V(t)$. Очевидно, что космонавт в этой системе неподвижен и пусть он находится в начале пространственной системы координат. Применение подобных и, более того, произвольных преобразований 4-координат – дело вполне обычное для ОТО.

С помощью преобразований Лоренца

$$\mathrm{S} \Rightarrow \mathrm{S}', \tag{13}$$

где скорость движущейся системы $V(t)$ необходимо рассматривать уже как функцию времени t. Произведя несложные преобразования, в результате вместо (12) получим:

$$\tau = \int\limits_{\substack{\text{по}\\ \text{мировой}\\ \text{линии}}} \sqrt{1 - V(t)^2}\, dt \tag{14}$$

В формулу (14) не вошло ускорение. По этому поводу необходимо сказать следующее. Ещё первые экспериментальные исследования, связанные с эффектом Мёссбауэра (температурное красное смещение), показали, что релятивистское “замедление времени” зависит только от скорости и не зависит от ускорения движущихся часов при сравнении их показаний с показаниями неподвижных часов, мимо которых они в данный момент пролетают. Именно с такой ситуацией мы и встретились в (14). В связи с этим приведём следующую цитату из книги Г. Вертхейма, посвящённой эффекту Мёссбауэра: *Ускорения, испытываемые атомами в твёрдом теле, очень велики и превосходят в 10^{14} раз гравитационное ускорение у поверхности Земли, однако это никоим образом не влияет на релятивистское "замедление времени"*. К аналогичному выводу на основе опытов Паунда и Регби пришёл и К. Шервин. Это обстоятельство служит хотя и косвенным, но всё же экспериментальным подтверждением справедливости формулы (14).

К сожалению, это тот случай, когда из важного полученного результата делается вывод в контексте отрицания концептуальной симметрии в СТО. А это означает, что последующие слова: *космический путешественник вернётся более молодым, чем его близнец* нельзя считать правильными.

То, что было нельзя сделать в СТО в рамках инерциальных систем отсчёта, в случае более общей метрической теории с произвольной метрикой вполне допустимо. И здесь самый важный вывод при интерпретации (14) состоит в утверждении, что в каждый момент времени систему отсчёта, движущуюся с переменной скоростью при "исчисления" парадокса близнецов, можно считать мгновенно инерциальной. Вот суть этой формулы как результата.

Распространим понятие собственного времени для общего случая псевдориманова пространства-времени.

Пусть по-прежнему S – лабораторная система отсчёта (для определённости – Земля) с метрикой g_{ik}, а S′ – произвольно движущаяся система отсчёта (космический корабль) относительно лабораторной с метрикой g'_{ik}, в которой и находятся часы, собственное время которых мы намерены определить. Для обозначения координат перейдём к индексной нотации: $(t, x, y, z) \rightarrow (x^0, x^1, x^2, x^3)$; x^0 и x'^0 будут представлять собой координатные времена лабораторной и движущейся систем отсчёта.

Согласно определению собственного времени ($d\tau = ds$, $c = 1$), как длины отрезка мировой линии между двумя событиями, и в силу инвариантности интервала можно записать:

$$d\tau^2 = ds^2 = g_{ik}dx^i dx^k = g'_{ik}dx'^i dx'^k = g'_{00}dt'^2 \qquad (15)$$

В последней части равенства учтено, что два события, между которыми измеряется собственный интервал времени, происходят в одном месте системы S’ (в корабле космонавта). Имеем:

$$d\tau^2 = ds^2 = g'_{00}dt'^2 \quad \text{или} \quad d\tau = ds = \sqrt{g'_{00}}dt' \qquad (16)$$

Из выражения (16) следует, что *собственное время τ в системе отсчёта* S′ *уже может и не являться общим упорядочивающим фактором для всей системы отсчёта* и может уже зависеть от координат расположения часов, поскольку g'_{00} является, вообще говоря, функцией всех координат (x'^0, x'^1, x'^2, x'^3).

Ясно, что в этом случае *координатный t' (динамический) и собственный τ временн**ы**е факторы могут различаться, а возможность их синхронизации может оказаться проблемной*, в отличие от предыдущего случая (12).

Уже в специальной теории относительности “течение истинного времени” различно для движущихся друг относительно друга часов. В обобщённой же метрической теории “истинное время течёт” различным образом и в разных точках пространства в одной и той же системе отсчёта. Это значит, что интервал собственного времени между двумя событиями, происходящими в одной точке пространства, и интервал времени между одновременными с ними событиями в другой точке пространства, вообще говоря, могут различаться.

Применительно к разрешению парадокса близнецов имеем: землянин с помощью формулы (14) может вычислить собственное время космонавта, движущегося с произвольной скоростью $V(t)$ относительно него как инерциальной системы отсчёта с псевдоевклидовой метрикой; космонавт же при вычислении собственного времени землянина должен будет учесть, что землянин находится в гравитационном поле и его движение не является постоянным, а компонента метрического тензора g'_{00} метрики в его системе отсчёта определяется потенциалом φ[4]:

$$g'_{00} = 1 + 2\varphi(x'). \qquad (17)$$

Если в первом случае траектория движения задаётся ракетными двигателями, то во втором случае "работает" эквивалентное гравитационное поле. Соотношения же (16) и (17) позволяют вычислить эквивалентный потенциал φ через ускорения, задаваемые режимом движения космонавта $V(t)$[5], и вычислить собственное время движения землянина по координатам системы, связанной с космонавтом.

Выше было отмечено, что при развитии концепции времени, время, как сущность, теряет сначала атрибут *всеобщего упорядочивающего фактора*, сохраняя его в пределах отдельной инерциальной системы. Однако этот атрибут универсальности исчезает уже и для отдельной системы отсчёта в произвольной псевдоримановой метрике. Собственное время становится исключительно характеристикой точки псевдориманового пространства-времени и получает статус новой сущности – эволюционного времени.

Как уже отмечалось, различимыми объектами в геометрии пространственно-временных отношений являются точки четырёхмерного многообразия – события. Именно они являются геометрической идеализацией эволюционирующих (изменяющихся) систем, находящихся во взаиморасположении друг относительно друга. Это своего рода бесструктурные системы с бесконечно малыми размерами. Поэтому, согласно сказанному выше, упорядочивающий временной фактор в псевдоримановой геометрии необходимо рассматривать как свой локальный и “индивидуальный” уже для каждого точечного физического объекта, тела. Кроме этого, лейбницево обобщение концепции времени приводит *к необходимости различать*

---

[4] ЛД Ландау, ЕМ Лифшиц, Теория поля, §87, ф. (87.12)
[5] См. Приложение

координатное время и собственное время какого-либо точечного объекта, то есть динамический и эволюционный упорядочивающие факторы.

Суть парадокса близнецов

Рассматриваем двух братьев-близнецов. Один из них отправился в космическое путешествие, другой остался на Земле. По возвращении космонавта братья сравнивают времена путешествия, каждый по своим часам. Вопрос возникает в связи с использованием преобразований Лоренца для оценки времени путешествия тем и другим. Согласно этим преобразованиям, если считать неподвижным брата-землянина, то время путешествия по его часам будет больше по сравнению со временем по показаниям часов брата-космонавта. Этот факт интерпретируется как то, что брат-космонавт прилетит более молодым, чем его близнец-землянин. Однако, если считать неподвижным брата-космонавта в системе отсчёта, связанной с космическим кораблём, то ситуация будет обратной: брат-землянин окажется моложе. Средствами специальной теории относительности ответить на вопрос – кто же в действительности окажется моложе, оказывается невозможно в силу симметрии систем отсчёта братьев-близнецов. Таким образом, источником *парадокса близнецов является симметрия систем отсчёта братьев-близнецов*, а его предметная классическая формулировка в СТО фиксирует невозможность ответить на вопрос – кто же останется в результате моложе?

Чтобы лучше понять, о какой симметрии идёт речь, разберём ещё один наглядный пример.

Пусть космонавт решил вскипятить чайник. Затраченное на кипячение время оказалось равным собственному времени $\widetilde{\tau}'$. Согласно прямым преобразованиям Лоренца этому интервалу соответствует интервал координатного времени по часам землянина

$$\Delta t = \widetilde{\tau}'/\sqrt{1 - V^2}. \qquad \text{(i)}$$

Пусть теперь землянин кипятит чайник. Соотношение между собственным временем, затраченным на кипячение $\tilde{\tau}$, и соответствующим интервалом координатного времени по часам космонавта устанавливается с помощью обратных преобразований Лоренца:

$$\Delta t' = \tilde{\tau}/\sqrt{1 - V^2}. \qquad \text{(ii)}$$

Из общих соображений, а именно из тех, из которых выведены сами преобразования Лоренца (однородность и изотропность пространственно-временных отношений, их непрерывность), мы должны сказать, что сами процессы кипячения, как термодинамические процессы, у космонавта и землянина, согласно принципу относительности и равноправности инерциальных систем отсчёта, должны протекать совершенно идентично при идентичных условиях. Из этого следует, что должно выполняться соотношение $\tilde{\tau} = \widetilde{\tau'}$. Это даёт возможность измерять интервалы собственного времени с помощью "термодинамических часов". Это же подкрепляется следствиями из СТО и ОТО: собственное время является инвариантом 4-координатных преобразований. Из (i) и (ii) в свою очередь, следует, что $\Delta t = \Delta t'$.

Таким образом, собственные времена $\tilde{\tau}$ и $\widetilde{\tau'}$ совпадают, координатные времена Δt и $\Delta t'$, полученные с помощью прямых и обратных преобразований Лоренца, также совпадают, а соотношения между ними симметричны для обеих систем отсчёта.

Усилим этот вывод следующим замечанием. Если, скажем, космонавт в течение интервала собственного времени $\tilde{\tau}'$, измеренного "термодинамическим часами" кипятит чайник n раз, то при тех же условиях и землянин за время τ так же вскипятит чайник n раз. При преобразованиях Лоренца, так же как и при общих непрерывных преобразованиях, дискретное число произошедших событий, лежащих в интервалах времени τ и τ', так же является инвариантом. Произошедшие события − абсолютные инварианты: если они произошли в одной системе отсчёта, их должны обязательно зафиксировать наблюдатели и других систем, связанных с исходной системой не слишком экстравагантными преобразованиям 4-координат. Это позволяет нам измерять интервалы собственного времени не только с помощью "термодинамических часов", измеряющих непрерывное время, но и в дискретных "чашках выпитого чая", что означает возможность изменения топологии шкалы измерения времени.

Возникает ситуация, когда, например, землянин "постарев" на $\tilde{\tau}$ (на несколько чашек чая), будет уверен согласно преобразованиям Лоренца, что его *Vis-a-Vis* постарел на интервал координатного времени $\Delta t'$, причём $\Delta t = \Delta t' \neq \tau = \tau'$, а ситуация совершенно симметричная по поводу наблюдения и измерения каждым из близнецов.

Это напрямую противоречит "принципу определённости", поскольку вызывает затруднения при ответе на вопрос: *Сколько же времени на самом деле потребуется на кипячение, или это* $\Delta t = \Delta t'$, *или это* $\tilde{\tau} = \widetilde{\tau'}$? Таким образом, симметрия связи собственного времени на кипячение одним из братьев и времени зафиксированного его *Vis-a-Vis* очевидна (соотношения (i) и (ii)) и наглядно продемонстрирована. Именно это мы и называем симметрией, которая приводит к парадоксу в СТО: мы не можем сказать однозначно − по каким часам закипит чайник или какой из близнецов окажется моложе? Существование "противоречия" или недоговорённости не подлежит сомнениям. Дело же теперь касается его разрешения.

Расхожим решением парадокса является следующее: фиксируется факт несимметрии систем отсчёта землянина и космонавта, поскольку именно космонавт включает ракетные двигатели и на этом основании предпочтение "помолодеть" отдаётся космонавту, однако без всяких кинематических и динамических оснований на это.

При традиционном разрешении парадокса близнецов прежде всего необходимо ответить на следующие вопросы:

1. *Почему включение ускорений братом-космонавтом нельзя рассматривать как причину нарушения симметрии систем отсчёта космонавта и землянина?*

Мы будем различать *координатное* t и *собственное* τ времена и прежде всего опишем соотношения между осями рассматриваемых времён.

Пусть моменты координатных времён, связанных с системами землянина (S) и космонавта (S') синхронизированы на $t = t' = 0$, а начала пространственных координат в этот единый момент времени совпадают: $x = x' = y = y' = z = z' = 0$. Ось координатного времени имеет такой же статус как и пространственные координатные оси. Связь между координатными временами братьев-близнецов описывается преобразованиями 4-координат.

Собственным временем τ называется время, измеряемое неподвижными точечными часами. В общем случае масштабы отрезков оси собственного времени τ не совпадают с масштабами отрезков оси координатного времен t, связь между ними описывается формулой $d\tau = \sqrt{g_{00}}dt$ [6)], так что $d\tau \neq dt$.

Однако, поскольку для псевдоевклидовой метрики СТО $g_{00} = 1$, масштабы отрезков оси собственного времени землянина τ, совпадают с масштабами отрезков оси его координатного времен t, поэтому $d\tau = dt$ [7)].

Но это не так для координатного t' и собственного τ' времён космонавта, поскольку метрика космонавта отлична от псевдоевклидовой, а масштабы отрезков времён τ' и t', как уже упоминалось, $d\tau' \neq dt'$ и описываются соотношением согласно $d\tau = \sqrt{g_{00}}dt$ [6)] с использованием выражения для временной компоненты метрического тензора: $g'_{00} \approx 1 + 2\varphi(x')$ [8)].

Поскольку братья-близнецы "живут" в собственном времени, естественно и возраст каждого из них измерять в собственном времени, а нарушение симметрии искать в численном отличии величин интервалов этих времён. Интервалы же координатных времён при произвольных преобразованиях 4-координат, естественно, будут различаться.

Путь в некоторый момент времени космонавт включает двигатели ракеты и начинается его ускоренное движение.

В общем случае собственные времена отрезка пути между включением и выключением двигателей ракеты космонавта вычисленные по координатам землянина и по координатам космонавта и проживаемые ими обоими во время ускорения корабля, совпадают с одним и тем же отрезком интервала мировой линии (в релятивистской системе единиц измерения $c = 1$), который инвариантен при преобразованиях 4-координат. И если прожитое время путешествия братьев-близнецов измерять их собственными временами, то на этом обсуждение парадокса можно было бы закончить, включая и

---

6) см. п1.19

7) Именно это и предопределяет возможность синхронизации пространственно разнесённых часов в инерциальных системах отсчёта.

8) см. п1.14

псевдориманову метрику, поскольку *симметрия превращается в тождество и инвариантность собственных времён братьев-близнецов.* Решение это чисто "кинематическое", использующее только "степени свободы" *точечных преобразований Лоренца*, и ничего другого, кроме относительной скорости. Оно не предполагает даже участия каких-либо физических тел или процессов, с помощью которых и должно измеряться время.

Здесь следует отметить. Общие понятия скорости, длины, времени в квантовой механике является весьма неоднозначным с точки зрения топологии, поэтому при микроуровневом описании физических процессов возникают свои вопросы. А результаты экспериментов с реальными π-мезонами (см. ниже) и их интерпретация опять возвращают нас к проблеме несимметрии.

Здесь же (СТО, ОТО) не решен вопрос общей физической соизмеримости координатного и собственного времён. Поэтому мы должны продолжить обсуждение парадокса.

Разберём частный пример, иллюстрирующий роль ускорения и возникающего эквивалентного гравитационного поля на "течение" собственного времени обоих братьев.

Будем рассматривать отрезок мировой линии между событием начала ускорения корабля и событием конца ускорения, а когда будет говориться о собственных временах, то будут подразумеваться интервалы времени именно между двумя этими событиями:

τ - собственное время космонавта, вычисленное по данным землянина;

τ'- собственное время землянина, вычисленное по данным космонавта.

Собственное время космонавта τ по координатному времени t землянина выражается формулой (п1.17)

$$\tau = \int\limits_{\substack{\text{по}\\ \text{мировой}\\ \text{линии}}} \sqrt{1 - V(t)^2}dt \tag{19}$$

Однако собственное времени землянина согласно (п1.20) выражается аналогичным образом:

$$\tau' = \int\limits_{\substack{\text{по}\\ \text{мировой}\\ \text{линии}}} \sqrt{1 - V'(t')^2}dt'. \tag{20}$$

Сравнение выражений (19) и (20), инвариантность собственного времени $\tau = \tau'$ полностью отвечают на первый вопрос.

2. *При чём здесь симметрия ОТО, если эта формула выведена исходя из инвариантности интервала и псевдоевклидовости пространства-времени, то есть фактически для случая СТО?*

Действительно, формулы преобразования времени путешествия (19) и (20) выведены, исходя из псевдоевклидовости пространственно-временных отношений. Но и парадокс близнецов возник в СТО. Рассмотрение же симметрии в ОТО требует дополнительных пояснений. Здесь работает другая логика.

Обобщением инерциальных систем отсчёта в ОТО являются так называемые геодезические системы, то есть системы, на которые не действуют силы негравитационного происхождения – неучтённые в метрике пространства-времени.

Известно, что общие преобразования псевдориманова пространства не меняют свойств геодезичности систем отсчёта (так же как и свойство инерциальности заданной системы отсчёта не меняется при переходе наблюдателя из своей инерциальной системы в другую инерциальную). Кроме того, в ОТО, в "чистом случае", нет необходимости даже в обеспечении возвращения космонавта как при рассмотрении проблемы в СТО: возможно задание замкнутых траекторий как, например, движение Луны вокруг Земли. В силу этого системы отсчёта, связанные с космонавтом и землянином оказываются совершенно симметричны и равноправны относительно свойства геодезичности. И среди них нельзя будет найти выделенного кандидата, что бы он "помолодел".

Включение же двигателей ракеты опять выводит систему отсчёта космонавта из систем, двигающихся свободно и геодезично. Опять появляется несимметрия и возможность выделить одного их близнецов.

Да, и несимметрия появляется, и возможность различить системы отсчёта. Но исчезает возможность рассчитать собственное время доступными средствами: мы выходим за пределы учёта средствами ОТО характеристик свободного движения. Для учёта этого фактора и последующих корректных выводов необходимо ввести в уравнения движения космонавта ковариантное выражение возникающей новой силы и продолжать анализ дальше для получения результата "до числа".

Мы вернулись, по существу, к первоначальной формулировке парадокса, только вместо инерциальных систем у нас появились геодезические. Симметрия систем отсчёта сохранилась, хотя, возможно, и при разных координатных интервалах времени, но решение парадокса достигается как и в предыдущем случае рассмотрением собственного времени в качестве истинного времени жизни близнецов во время путешествия брата-космонавта и ожидания его братом-землянином. Кроме того, следует ожидать, что при корректном определении и введении внешней силы в уравнения движения симметричность сохранится относительно преобразований 4-координат в форме ковариантности уравнений движения.

Таким образом, ни СТО, ни ОТО не лишает условие задачи свойства симметричности ситуации с братьями-близнецами. В СТО эта симметрия относительно преобразований Лоренца, в ОТО - симметрия относительно общих преобразований. Сама же ОТО была "изобретена" для обобщения лоренцевской относительности до принципа общей относительности, что и предопределило невозможность решения парадокса близнецов и в рамках ОТО. Решение же задачи "Парадокса близнецов" средствами ОТО для псевдоевклидовой метрики позволяет освободиться от ухищрений, связанных с рассмотрением дополнительных инерциальных систем отсчёта для обеспечения возврата космонавта на Землю.

В связи с интерпретацией результатов анализа парадокса близнецов в СТО и ОТО, так или иначе, но возникают вопросы: *что же мы всё-таки мы должны измерять в разных системах отсчёта перед тем как сравнивать полученные значения? Каким временем измерять возраст космонавта? Необходимость различения собственного (эволюционного) и координатного (динамического) времён стала очевидной и настоятельной.*

При анализе парадокса близнецов мы "развели в разные стороны" динамический и эволюционный временные упорядочивающие факторы. В *ТМК-топологии* оба они представляются безразмерными (нулевой длительности) точками, а оба множества точек представлялись непрерывными (континуальными) множествами.

Согласно лейбницевой концепции времени, для каждого объекта, для каждой системы, для каждого физического тела существует своя уникальная последовательность его состояний, последовательное становления которых и связывается с понятием его локального времени. При рассмотрении измерений времени термодинамическими часами мы выяснили, что существует возможность введения дискретного собственного времени. На этом основании перейдём теперь к анализу времени не как к абстракции, а как к мере измерения возраста человека или точнее, как мере измерения эволюционного времени для конкретной биологической системы – человека. Важным здесь является то, что возраст человека традиционно измеряется в дискретных единицах – годах. Разумеется, можно измерять и в более мелких единицах – месяцах, днях, часах и т. д. Однако существует и предел дробления единицы измерения – частота сердцебиений или, наконец, число биоритмов. Важным здесь является то, что они все дискретны.

В силу этого, как было отмечено ранее и как показано здесь, возникает необходимость различать *координатное* непрерывное время, связанное с упорядочением движения в непрерывном пространстве-времени, и *собственное дискретное*, связанное с упорядочением состояний системы. Формулы преобразования непрерывного координатного времени входят непосредственно в преобразования Лоренца, а собственное дискретное время и формулы его преобразования при смене систем отсчёта должны определяться в контексте решаемой задачи. Здесь следует отметить, что дискретное время обладает более “сильными” свойствами инвариантности, в частности – оно *инвариантностью и при аффинных преобразованиях*.

Таким образом, и координатное непрерывное, и собственное дискретное время “имеют место быть” и они обязаны сосуществовать.

При поверхностном анализе парадокса близнецов мы неявно отображали дискретное собственное время на непрерывную координатную ось. Особенности такого отображения и его последствия были описаны в первой главе – в разделе, посвящённом времени (рис. **А)** и **В))** [9)]. Причины же возникновения этого эффекта более фундаментальны и связаны с возникновением фиктивных событий при описании топологии временной оси непрерывным множеством[10)]. В результате, когда мы пытались измерить время, в течение которого путешественник находился в пути, мы на самом деле оперировали не собственными дискретными моментами, а всем плотно и непрерывно заполненным отрезком оси. Координаты событий – начала и конца путешествия в составе этих непрерывных отрезков мы подвергали непрерывным преобразованиям, а их разность представляли как величину времени в пути. Но, как мы уже убедились, эти действия некорректны.

Другой причиной некорректности этих действий является тот факт, что координатное время в СТО перестало быть метрическим и при переходе из одной системы координат в другую оно теряет свою количественную характеристику. В СТО координатное время теперь должно измеряться в порядковой шкале, что лишает его статуса однозначной количественной характеристики продолжительности процессов при переходах между системами отсчета. Однако, находясь в согласии с лейбницевой концепцией пространственно-временных отношений, координатное время сохраняет своё

[9)] см. стр. 10

[10)] см. стр. 4

основное свойство — возможность упорядочивать события, и обеспечить описание причинной обусловленности событий. Здесь речь идёт о том, что причинная обусловленность событий является инвариантом преобразований Лоренца, то есть времениподобная пара событий остаётся таковой и при любых преобразованиях Лоренца.

Таким образом, отношение порядка событий является инвариантом координатных преобразований Лоренца. Кроме того, число дискретных событий в непрерывном интервале координатного времени и их причинная обусловленность также остаётся инвариантом этих преобразований. Непосредственно этим утверждением мы и должны пользоваться при разрешении парадокса близнецов.

Ещё раз проиллюстрировать суть произошедших изменений в понятии времени можно с помощью следующего наглядного примера. Рассматриваем случай линейных преобразований координат.

На рисунке 2 представлено преобразование, с помощью которого при совмещении углов картинки *a)* по образцу *b)* получается новый образ картинки *c)*. Рисунок демонстрирует пример так называемого аффинного преобразования.

При очевидном искажении образов, изображённых на исходной картинке *a)*, можно заметить, что это преобразование примечательно тем, что оно сохраняет порядок взаиморасположения точек. Точки, которые располагались на прямой в исходном изображении, будут находиться опять на прямой, но другой; точки, которые были “левее” каких либо соседних, сохранят своё “левое” положение; три точки, которые образовывали треугольник, в новом образе будут составлять новый, но опять-таки треугольник. Число дискретных объектов при данном преобразовании сохраняется! Всё это говорит о том, что упорядочение точек картинки сохраняется при преобразовании *a)* → *c)* при явном несохранении метрических соотношений и, в частности, длин отрезков.

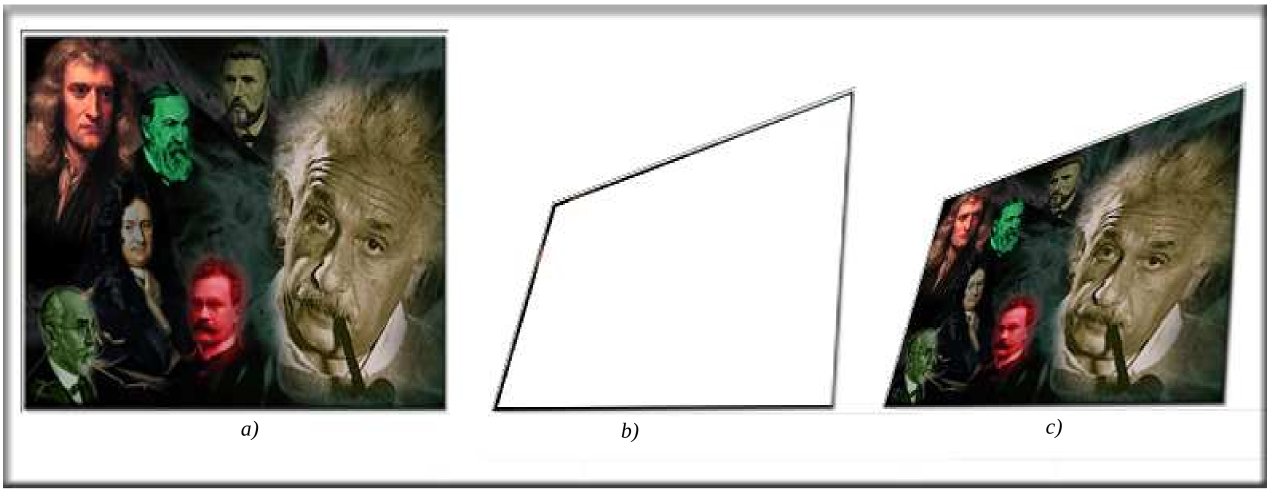


Рис. 2

Существуют разные шкалы измерений. Основные из них: номинальные, порядковые и “метрические”. Номинальные шкалы позволяют различать объекты только по наименованиям или именам. Порядковые шкалы позволяют установить отношение порядка, предшествования “*до - после*”, “*левее - правее*”, “*раньше – позже*” и т.д. Метрические же шкалы позволяют измерять и сравнивать количественно, используя эталоны измерения. Но поскольку в данном случае именно с точки зрения “метрической” шкалы картинки изменились, а с точки зрения порядковой не изменились – сравнения и анализ данных здесь необходимо производить в порядковой шкале измерения. Здесь метрическая измеримость сменилась на аффинную упорядоченность. В конце концов, можно сказать, что и парадокс близнецов исчез по той же причине, по которой число участников-создателей СТО на картинках *a)* и *c)* не изменилось: у времени, как сущности, исчезло свойство физической измеримости при лоренцевых преобразованиях, а остался лишь атрибут аффинной инвариантности.

3. Не являются ли результаты экспериментов с π-мезонами подтверждением эффекта замедления времени?

О проявлении эффекта кажущегося "замедления времени" говорит следующий факт. Известно, что у π-мезона, прилетающего из космоса с релятивистской скоростью, "время жизни" значительно больше, чем у его лабораторного собрата-близнеца. Объяснение этого факта возможно, исходя из концепции точечного эволюционного, то есть собственного времени.

Формулами (19) и (20) показано, что "течение времени" не определяется ускорением. Оно определяется скоростью движения. Однако параметр скорости движения является топологической связкой между непрерывным пространством и непрерывным временем. В этом случае и парадокс близнецов необходимо рассматривать как топологический парадокс, связанный с представлением пространственно-временных отношений как непрерывных.

Простое разрешение парадокса достигается при квантовании или переходе к аффинному эволюционному времени для исчисления возраста братьев-близнецов. Этот подход позволяет объяснить и феномен, связанный с сравнением времён жизни покоящегося в лабораторной системе отсчёта и прилетающего из космоса π-мезонов и ответить на следующий вопрос:

Собственное время π-мезона, как и любой элементарной частицы, дискретно и состоит из двух событий: рождение и распад. Между этими событиями элементарная частица находится в состоянии тождества с самой собой. Согласно процедуре измерения времени, описанной ранее [11)], все эти промежуточные состояния между рождением и распадом должны быть "склеены" с состоянием рождения частицы. Дискретная же пара событий - рождения и распада, как абсолютные, будет однозначно фиксироваться в любой системе отсчёта, как по числу (пара), так и по результатам (рождение и распад).

Макроскопическое координатное время, измеряемое в эксперименте, представляется непрерывным множеством мощности континуум. Преобразования Лоренца, как и любые более общие точечные, преобразуют интервал координатного времени, включающий всего два события собственной жизни частицы, в один из новых элементов класса эквивалентных по мощности непрерывных множеств, опять-таки включающих в себя пару состояний

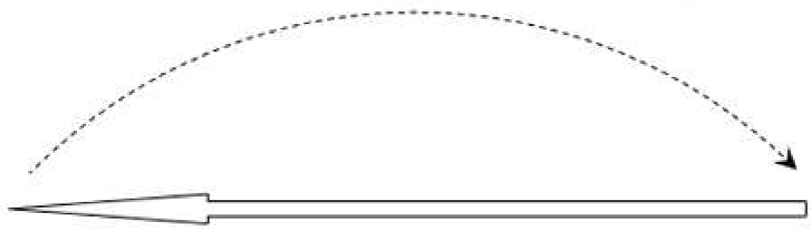
[11)] см. стр.6

рождения и распада. Это обстоятельство позволяет вскрыть причины отсутствия общей физической измеримости координатного и собственного (точечного эволюционного) времён.

Различие топологий множества состояний частицы (дискретность собственного времени) и отображения состояний на непрерывную координатную ось времени (континуальность представления координатного времени) приводит к неадекватной трактовке ситуации, связанной интерпретацией собственного времени жизни элементарной частицы.

Однако феномен с мезонными близнецами, как нетрудно видеть, просто разрешается квантованием собственного времени и переходом к аффинному эволюционному времени на координатной оси.

Собственное время, как инвариант непрерывных 4-преобразований координат, и его связь с координатным временем играют ключевую роль в разрешении парадокса близнецов. Поэтому весьма полезным является рассмотрение свойств этой связи в трёх ипостасях организации материи. Известную картинку Бора [5] дополним левым столбцом (см. рис.3).



Теория относительности (*мега-*)	**Классическая теория** (*макро-*)	**Квантовая теория** (*микро-*)		
1	2	3		
Метрика g_{ik} в *ТМК-топологии*	Описание явлений в пространстве и времени Причинность	Либо Описание явлений в пространстве и времени Соотношения неопределённостей	Эти альтернативные описания связаны статистически	Либо Математическая схема, не соответствующая ни 3-мерному пространству, ни времени Причинность

Рис.3

Сложности описания пространственно-временных отношений на микроуровне (правый столбец) в *ТМК-топологии* объясняются тем, что для первичных элементов геометрии или топологии в квантовой механике
отсутствуют прообразы точек. Однако в примере с π-мезонами предоставляется возможность рассматривать пару событий рождения и распада частицы как дискретные. Не вдаваясь в структуры процессов рождения и распада как неких внутренних процессов, можно рассматривать их как элементарные и законченные события на оси собственного времени, то есть как точечные для геометрии. Это позволяет отображать собственное время частицы на континуальной оси, но в дискретной шкале. Очевидно, что пара событий, входящая в ограниченное непрерывное множество (отрезок оси), как число равное двум, будет оставаться инвариантом относительно любых непрерывных в классической топологии преобразований оси, несмотря на то что эти же самые преобразования будут менять шкалы и масштабы самой оси. Ограниченное множество, рассматриваемое уже как интервал непрерывной оси времени макроуровня, содержащий пару событий рождения и распада, и после преобразования так же будет содержать эту пару событий, однако в изменённых масштабах. Таким образом дискретное собственное время будет оставаться инвариантом и при непрерывных преобразованиях, в частности, при преобразованиях макроскопического координатного времени.

Возвращаясь к рис.3, отметим промежуточное положение классической теории между мега- и микроуровневыми описаниями. В отличие от микроуровневого случая на макроуровне появляется возможность концептуального построения физики на основе понятия точечных физических тел и безразмерных интервалов времени. Этим точечным объектам и интервалам (событиям) можно сопоставить базовые элементы геометрии в *ТМК-топологии* при выполнении определённых условий. Условия же реализуются при аппроксимации размеров и времён "кирпичиков", составляющих реальные физические тела и события, заведомо большими, чем характерные параметры в микромире, то есть при представлении этих "кирпичиков" как не имеющих размеров по сравнению с рассматриваемыми макротелами. В этом случае становится возможным описание пространственно-временных отношений между материальными точками как непрерывных отношений в *ТМК-топологии*.

По поводу преобразований координат, описывающих взаимо-расположение 4-точек пространства Минковского необходимо сказать следующее. Важным моментом здесь является вопрос о выборе инвариантов преобразований, которые должны стать эталонами при арифметизации пространственно-временных отношений. На сегодняшний день это либо два независимых эталона длины и времени (классика, средний столбец), либо единый эталон скорости распространения стандартного сигнала, в качестве которого принимается скорость света в вакууме (СТО, левый столбец). Соответственно этому возникают два типа преобразований 4-координат: Галилея и Лоренца. Для обоих типов преобразований собственное время является инвариантом. Однако координатные времена преобразуются по-разному. Если для преобразований Галилея сохраняется тождественность собственного и координатного времён, то преобразования Лоренца нарушают эту тождественность; тоже самое можно сказать и об общих преобразованиях 4-координат псевдориманова пространства-времени в ОТО: они не сохраняют равенства собственного и координатного времён. Таким образом в общем случае между классическими и релятивистскими координатными непрерывными временами возникают "ножницы". Именно эти "ножницы" и породили парадокс близнецов в СТО при сопоставлении координатных времён разных систем отсчёта.

Классические эталоны длин и времени имеют общую область применимости с единым релятивистским эталоном скорости при малых скоростях и слабых гравитационных полях. Тождественность собственного и координатного времён по результатам классического метода арифметизации пространственно-временных отношений предопределяет непротиворечивое использование универсального понятия временив физике как непрерывного в классической физике (на макроуровне).

Инвариантность же собственного времени при произвольных точечных преобразованиях 4-координат разрешает парадокс и позволяет сохранить метрическую измеримость собственного времени, оставляя за координатным временем при его непрерывности лишь свойство аффинной упорядоченности (левый столбец).

Таким образом, общий анализ данных рис.3 позволяет сказать: при переходе от макро- к микро- теряется непрерывность собственного времени при сохранении непрерывности координатного (макро-) времени; при переходе от макро- к мега- теряется физическая измеримость координатного времени по известным эталонам при сохранении измеримости собственного по единому эталону скорости. Кроме того, при дискретном представлении собственного времени "ножницы" между координатным и собственным временами также исчезают при измерении времени в безразмерных и дискретных единицах числа различимых событий.

При анализе свойств летящего и покоящегося π-мезононов их собственные времена приобретают свойства дискретности, что обуславливает изменение топологических свойств пространственно-временных отношений на микроуровне. В частности возникают затруднения при определении скоростей, как производных по такому времени. Подобное усугубляется при интерпретации результатов экспериментов А. Аспека [3].

Что можно сказать о парадоксе, возникновение которого продемонстрировали два Чеширских кота с помощью результатов экспериментов Аспека. Напомним, что необходимость выполнения принципа генетического тождества предполагает сохранение целостности системы при её изменениях.

В отношении фотонной версии проблемы возможны два варианта её решения:

1. Рассматривать двухфотонную систему как состоящую из двух целостных подсистем (фотонов).
2. Рассматривать её как единую целостную, нелокализованную точечно систему, описываемую единой функцией состояния. Линейность волнового уравнения позволяет работать с агрегатной волновой функцией, получаемой как суперпозиции решений для первого и второго фотонов.

Если первое ведёт к противоречию с СТО, то второе - к противоречию с классической топологией.

Таким образом, обобщая всё вышесказанное, можно заключить, что пространственно-временные парадоксы на микроуровне имеют топологическую природу, а на мегауровне возникают по причине отсутствия нового эталона измерений пространственно-временных отношений.

> Парадокс близнецов является следствием концептуальной симметрии теории относительности.
>
> Парадокс близнецов не разрешается в рамках непрерывного координатного времени ни в СТО, ни в ОТО в силу симметрии систем отсчёта братьев-близнецов.
>
> Однако этот парадокс успешно разрешается в рамках дискретного собственного времени. Этого самого можно достигнуть и при смене метрической шкалы измерения, используемой для непрерывного координатного времени, на порядковую, как и для дискретного собственного времени. То есть парадокс исчезает и при рассмотрении непрерывного координатного времени в аффинной шкале представления, иначе говоря, при отказе от его метрической измеримости.
>
> Таким образом, "развод" эволюционного и динамического упорядочивающих временных факторов решают парадокс близнецов.
>
> Развитие понятия времени в этом направлении значительно усиливает лейбницевый аспект относительности по сравнению с ньютоновским - субстанциональности.

Эволюционное время [12)]

Исходя из преобразований Галилея и Лоренца для "пустого пространства" [13)], можно говорить об упорядочивающих временных факторах двух типов – галилеевом и лоренцевом. При 4-преобразованиях координат метрические свойства этих упорядочивающих факторов ведут себя по-разному, в зависимости от принятых эталонов измерения времени и длины (классические часы и линейки) и единого эталона скорости для релятивистских измерений (релятивистская система единиц измерения). Преобразования Галилея оставляют инвариантными время и 3-длину, а преобразования Лоренца оставляют инвариантным "4-длину" в псевдоевклидовом пространстве – 4-интервал. Третий тип упорядочивающего фактора даёт концепция времени в общей теории относительности. Она является обобщением галилеевой и лоренцевой концепций для произвольной 4-метрики пространства-времени и произвольных пространственно-временных эталонов измерения. *Общее между всеми тремя концепциями является то, что они представляют координатный, то есть сугубо геометрический аспект.* При этом галилеева концепция использует для измерения пространственно-временных отношений независимые и инвариантные относительно галилеевых преобразований стандарты длины и времени, а релятивистская (СТО и ОТО) – единую и инвариантную относительно лоренцевых преобразований меру скорости распространения стандартного сигнала (света).

Здесь мы пытаемся ввести ещё одну концепцию времени – концепцию *эволюционного времени*, лишённую излишних геометрических ассоциаций. Рассмотрим это подробнее.

[12)] Здесь рассматриваются свойства точечного эволюционного времени, совпадающего с собственным временем точечной системы в СТО и ОТО.

[13)] Фраза "пустое пространство" используется не более как "фигура речи". Лейбницева концепции пространственно-временных отношений "работает" не с субстанциональной сущностью, а именно с отношениями. В процедуре же арифметизации "пустого пространства-времени" каждая арифметизированная точка получает своего точечного наблюдателя, а сами пространственно-временные отношения получают конкретику отношений между реальными объектами.

Следуя [2], введём три инерциальные системы отсчёта[14)] – $\Sigma, \Sigma', \Sigma''$. Эти системы отсчёта возникают как результат арифметизации "пустого" пространства с использованием трёх декартовых 3-систем координат – неподвижной и двух движущихся со скоростью V вдоль общей оси X относительно Σ:

- лабораторная система отсчёта Σ представляется пространственной неподвижной декартовой системой координат (x, y, z) и часами в каждой точке, задающими четвёртую временн***у***ю координату t. Временн***о***й параметр t играет роль динамического упорядочивающего фактора, синхронизированного с временн***ы***м параметром эталонной системы, то есть играет роль координатного времени лабораторной системы отсчёта Σ;
- галилеева система отсчёта Σ' представляется движущейся со скоростью V относительно Σ вдоль общей координатной оси X декартовой системой координат. Координаты (t, x, y, z) и (t', x', y', z') в системах отсчёта Σ и Σ' связаны преобразованиями Галилея. Координатное время системы отсчёта Σ' представляется параметром t';
- лоренцева система отсчёта Σ'', как и Σ', представляется движущейся декартовой системой координат со скоростью V относительно Σ вдоль общей координатной оси X. Однако координаты (t, x, y, z) и (t'', x'', y', z'') в системах отсчёта Σ и Σ'' связаны уже преобразованиями Лоренца. Координатное время системы отсчёта Σ'' представляется параметром t''.

Координатные времена $t\,, t', t''$ систем $\Sigma, \Sigma', \Sigma''$ синхронизированы между собой на моменты $t = t' = t'' = 0$.

Уже такая простая ситуация показывает нам, что выбор систем отсчёта, в том числе и инерциальных, для решения конкретных задач допускает значительный произвол для реализации предпочтений. Такая свобода в выборе пришла в физику из ОТО в связи с тем, что при решении уравнений Эйнштейна допускается неоднозначность в выборе системы 4-координат для представления решений.

[14)] Под инерциальными системами отсчёта здесь подразумеваются системы, движущиеся с постоянной скоростью. Ковариантность уравнений физики относительно преобразований Галилея (принцип относительности Галилея) или преобразований Лоренца (принцип относительности Эйнштейна) позволят различать эти системы отсчёта.

Релятивистские преобразования Лоренца, как и классические преобразования Галилея, являются преобразованиями, которые связывают координаты простейшего точечного бесструктурного объекта лабораторной системы Σ и двух других инерциальных систем отсчёта Σ' и Σ''. Эти преобразования получаются из общих свойств симметрии и непрерывности пространственно-временных отношений с учётом декларируемой инвариантности эталонов измерения пространственно-временных отношений. То есть различие форм преобразований связано с применением разных стандартов измерений пространственно-временных отношений при выводе формул: при получении формул лоренцевых преобразований в качестве единого стандарта используется *скорость*, а при получении формул галилеевых преобразований используются два независимых стандарта *длины* и *времени*.

Однако стандарты скорости и длины трудно ассоциировать со сложными структурированными системами, параметры которых не привязаны к пространственной, фактически к механической динамике. Слишком искусственно их использование в этих случаях. Например, параметры, характеризующие термодинамические системы трудно “заподозрить” в пространственном сосуществовании, хотя временн***а***я зависимость остаётся необходимым свойством для описания эволюции таких систем. Но к внутренним структурным свойствам таких систем динамический упорядочивающий временной фактор вряд ли можно отнести априори.

В этом случае связь временн***о***го описания (эволюционного) с пространственным (координатным), очевидно, должна быть обусловлена какими-то причинами. Именно такими сложными и структурированными являются термодинамические системы так же как, впрочем, и любые, например, биологические системы. Тем не менее, и здесь нам необходим временн***о***й параметр, упорядочивающий состояния сложных систем в эволюции. *Этот параметр должен адекватно описывать эволюцию процессов в инерциальных системах отсчёта* $-\Sigma, \Sigma', \Sigma''$.

Пусть в лабораторной системе отсчёта Σ изменение некоторого параметра сложной системы описывается функциональной зависимостью $F(t)$, представляющей точечный эволюционный процесс в простейшем случае. Упорядоченный ряд событий, сменяющих друг друга состояний в связи с изменением параметра F, может быть определён вполне однозначно с помощью непрерывного времени t. Для большей определённости параметром F можно считать какой-либо термодинамический потенциал гипотетической n-фазовой системы, а сам процесс – процессом нагревания. Предположим, что в процессе нагревания рассматриваемая система испытывает дискретные фазовые переходы из одной фазы состояния в другую.

При выборе упорядочивающего эволюционного фактора в движущейся системе отсчёта для “перечисления” состояний нагревающегося точечного тела у нас имеются две возможности: время t' системы Σ' и время t'' системы Σ''. И в том, и в другом случае исходным упорядочивающим параметром является координатное время t лабораторной системы отсчёта Σ, а t'и t'' получаются из преобразований $t \to t'$ и $t \to t''$, соответствующих формулам преобразований Галилея и Лоренца. В первом случае мы выбираем координатное время t' галилеевой системы отсчёта Σ' , во втором – координатное время t'' лоренцевой системы Σ'' .

Одним из основных свойств, благодаря которому получены преобразования Галилея и Лоренца, являются непрерывность движения и других характеристик пространственно-временных отношений. По существу, это свойство наследуется от классической физики как макроприближение. Необходимость наделения времени свойством непрерывности так же следует из этого приближения, в результате чего и возникает концепция непрерывного координатного времени. Измерение же какого-либо эволюционного процесса, то есть сопоставление наблюдаемых изменений с эталонными часами позволяет “сосчитать” число и порядок сменяющихся состояний системы. Для непрерывного параметра F и непрерывного упорядочивающего фактора, в роли которого выступает в данном случае координатное время, результаты измерений в системе Σ приводит к взаимно-однозначному соответствию $F \leftrightarrow t$ между элементами множества состояний наблюдаемого процесса в лабораторной системе отсчёта и точками интервала оси координатного времени или к установлению функциональной зависимости $F(t)$. С помощью преобразований Галилея и Лоренца функциональное соответствие устанавливается и в системах Σ' и Σ''. Таким образом, на базе множеств мощности континуум в данном случае *возникает концепция эволюционного непрерывного времени для конкретной сложной системы, детали которой требуют уточнения.* Суть их в следующем.

Интервалы введённого таким образом эволюционного времени – суть упорядоченные непрерывные множества смежных точек. Все непрерывные множества подобного рода равномощны как множества мощности континуум: между точками этих множеств устанавливается взаимно-однозначное соответствие. В этом случае любое непрерывное преобразование параметра t (например, $t \to t'$ или $t \to t''$ при преобразованиях Галилея или Лоренца) не изменит "числа" точечных событий в любом из интервалов $[t_1, t_2]$, $[t'_1, t'_2]$, $[t''_1, t''_2]$, где t, t', t'' связаны преобразованиями Галилея и Лоренца.

Это же можно сказать и о любом упорядочивающие параметре, полученном не только из преобразований Галилея или Лоренца, но и с помощью любого непрерывного монотонно возрастающего[15)] преобразования. Из этих соображений следует, *что для упорядочения состояний сложной системы подходит целый класс монотонно возрастающих функций*, полученных из исходного собственного времени совпадающим с координатным времени лабораторной системы отсчёта. Простейшим представителем этого времени является галилеевский упорядочивающий фактор.

Поскольку в эволюционных задачах для систем со сложной структурой, вообще говоря, отсутствует необходимость решения геометрических задач типа "задач о встрече или пересечении мировых линий", можно поставить вопрос о целесообразности применять преобразования времени, вытекающие из

[15)] Для сохранения упорядоченности.

преобразований Лоренца для точечной бесструктурной частицы, которые, по существу, так же являются геометрическими. Наоборот, применение преобразований Галилея как обеспечивающих равенство $t' = t$ и предотвращающих проявление ситуаций **A)** и **B)**, описанных ранее [16)] для монотонных эволюций, становятся более обоснованным.

Кроме того, следует отметить, что собственное время лабораторной системы отсчёта Σ является инвариантом общих непрерывных 4-прелбразований координат. В других же случаях преобразования координат сопровождаться изменением метрических характеристик (“длин”) интервалов $[t_1', t_2']$, $[t_1'', t_2'']$ по отношению к "длине" исходного интервала $[t_1, t_2]$. И именно при переходе $\Sigma \to \Sigma'$ метрические характеристики не меняются, а при переходе $\Sigma \to \Sigma''$- меняются.

Далее. В нашем примере можно представить дискретный процесс последовательного перехода нагреваемого тела из одного фазового состояния в другое. Пусть в лабораторной системе отсчёта Σ в интервале координатного времени (t_1, t_2) было зафиксировано k переходов. Очевидно, что в соответствующие интервалы координатного времени (t_1', t_2') и (t_1'', t_2'') в системах Σ', Σ'' будут зафиксированы эти же переходы – столько же и в той же последовательности. То есть число дискретных переходов будет инвариантом координатных преобразований. Эта особенность усиливается известной леммой Бореля — Лебега или леммой о конечном покрытии[17)]: число покрытий, очевидно, также будет инвариантом координатных преобразований. Здесь представляется возможность говорить о кусочно-непрерывных или кусочно-дискретных эволюциях[18)]. Собственно, это обстоятельство и обеспечивает возможность смены топологии и переход от непрерывного времени к дискретному.

[16)] См. стр. 10

[17)] Леммой Бореля — Лебега или леммой о конечном покрытии называется следующий факт, играющий фундаментальную роль в анализе: *из всякой бесконечной системы интервалов, покрывающей отрезок числовой прямой, можно выбрать конечную подсистему, также покрывающую этот отрезок.*

[18)] то есть речь идёт по существу о квантовании эволюционного времени.

Подводя итог, можно сказать следующее. Координатные времена как временн***ы***е упорядочивающие факторы t, t', t'' систем отсчёта $\Sigma, \Sigma', \Sigma''$ все обладают свойством аффинности. Время t' галилеевой системы отсчёта Σ' обладает, как собственное время $t = t' = \tau = \int ds$ системы Σ обладает свойством инвариантности относительно произвольных непрерывных преобразований, в том числе при преобразованиях $\Sigma \rightarrow \Sigma'$ и $\Sigma \rightarrow \Sigma''$, в силу инвариантности 4-интервала s.

В силу этого, собственное время сохраняет свои метричность, то есть физическую измеримость как инвариант произвольных непрерывных преобразований 4-кординат, координатное же время теряет метричнось, то есть физическую измеримость. Собственное время в дискретной форме так же сохраняет свою инвариантность и количественную измеримость. Эти два обстоятельства позволяют решить парадокс близнецов, если возраст близнецов измерять собственным временем или в дискретной шкале измеренй.

Эволюционным временем естественно назвать время, измеренное в собственной системе отсчёта Σ и преобразующееся с помощью галилеевых преобразований $t' = t$, то есть остающееся инвариантным при переходах в другие системы отсчёта.

Здесь представлены три концепции упорядочивающих временных факторов: галилеева, лоренцева и общая концепция ОТО. Из них галилеева представляет концепцию собственного времени, лоренцева – координатного времени. Концепция ОТО объединяет и ту и другую, разделяя упорядочивающий временной фактор на эволюционный (точечное собственное время) и координатный и "разводя" их по разные стороны. Эти временн**ы**е упорядочивающие факторы по сути разные. Какая из них представляет "истинное" время?

Результатом анализа этого различия является чёткое понимание необходимости выделения категории эволюционного упорядочивающего фактора в отдельную сущность, "изображением" которой является её представление координатным временем, с сохранением только аффинного (линейно упорядочивающего) статуса. Само же эволюционное время в форме точечного собственного времени по словам ЛД Ландау сохраняет статус "истинного" времени (ЛД Ландау, ЕМ Лифшиц. Теория поля. стр. 303).

В чём концептуальная разница эволюционного и координатного времён?

Для рассмотрения простейшей формы изменения – механического движения точечной бесструктурной частицы, необходимо введение двух "сопряженных" понятий - времени (динамического) и пространства. Для описания же изменений сложных структурированных систем вводится понятие эволюционного времени, однако "сопряжённого" понятия в общем случае не существует. Именно в этот момент и возникает необходимость “развести и дистанцировать” эволюционное (собственное) и координатное времена.

При сохранении непрерывности координатного времени теряется его физическая метричность в силу того, что координатное время может быть представлено целым классом непрерывных функций на множествах мощности континуум. Именно это и *приводит к потере возможности количественно измерять его по эталонам, но с сохранением, однако, своей основной способности к локальному и причинному упорядочиванию при преобразованиях Галилея и Лоренца.* Это свойство мы и назвали аффинностью, а время, представленное аффинным фактором – координатным.

Координатное время сохраняет физическую измеримость для дискретных или кусочно-дискретных эволюций, то есть при его квантовании.

Физическая же измеримость эволюционного (собственного для точечных систем) времени сохраняется в силу возможности измерения его инвариантной мерой интервала.

Тень улыбки "Чеширского кота"

Согласно[3], рассмотрим пару фотонов в "спутанном" состоянии, двигающихся в противоположных направлениях. Каждый из фотонов находится в состоянии с круговой поляризацией. По способу "приготовления" волновой функции двухчастичной системы ясно, что каждый фотон может обладать полным набором квантовых чисел, включая поляризацию. Назовём фотон "Чеширским котом", а его линейную поляризацию (одну из двух возможных), его "улыбкой". Таким образом, мы имеем двух котов, у каждого из которых может появиться своё собственное выражение лица (улыбка или наоборот), что мы сможем увидеть как результат измерения (в фотонном варианте).

Суть результатов эксперимента А. Аспека заключается в экспериментальном установлении тесной корреляционной 100%-связи между улыбками двух котов (при соответствующей ориентации анализаторов в исходной формулировке задачи). При неизвестном выражении лица первого кота выражение лица второго кота также неизвестно. Ситуация кардинально меняется, если мы обратим внимание на ближнего кота: если мы увидим вблизи себя улыбающегося кота, автоматически выражение лица второго кота становится улыбающимся и наоборот, если на нас смотрит недовольный кот, второй кот также рассердится. Ситуация такова, что наш взгляд (измерение поляризации ближнего фотона) инициирует посыл гримасы дальнему коту (определённость поляризации дальнего фотона). Чем не "пересылка" нематериального качества через расстояние (и даже по неизвестному пути)?

Итак, *Чеширский кот* и его *улыбка*. Понятно, что на нормальном физическом языке речь идёт об объекте и о некотором его неотъемлемом свойстве, которое не отделимо от объекта. Поэтому, если объект меняется, то и свойство должно "следовать" за ним. Другими словами, мы должны быть уверены в том, что при изменении объекта сохраняется его целостность: то есть в процессе изменения – до и после изменения, мы имеем дело с одним и тем же объектом. Начнём с формулировки физической постановки задачи о соотношении (целостности) объекта и какого-либо его свойства. В результате решения должно получиться что-то на мотив передачи свойств на расстоянии.

Предварительные замечания. О сохранении целостности изменяющейся системы будем говорить как о *генетическом тождестве системы* в процессе изменения. Генетическое тождество физической системы фиксируется с помощью функции состояния и уравнений эволюции этого состояния как способа описания изменения целостной системы.

Роль таких функций состояния в классической механике играют лагранжиан L, гамильтониан H или действие S. Решения уравнений эволюции систем, описываемых перечисленными функциями для точечных физических систем (уравнений движения) дают результаты в виде непрерывных функций координат как функций времени, описывающих траекторию движения, поскольку в самих функциях L, H, S присутствуют только координаты, их производные по времени и сопутствующие параметры. В этом случае эволюция точечной системы будет сводиться к изменению положения точки в пространстве, а конечной целью решений уравнений эволюции (для точечной системы – динамических уравнений) является определение координат точки как функций времени. Генетическая же тождественность движущейся точки самой себе определяется непрерывностью движения. Именно непрерывность механического движения позволяет нам "сместить" само понятие генетического тождества точечного объекта в топологическую ипостась, то есть отслеживать генетическое тождество точечного объекта в механике по его непрерывному движению. Это самое мы и наблюдаем в обычной жизни, то есть на макроуровне физического описания.

Таким образом, *в топологии классической механики (ТМК-топологии) генетическое тождество объекта задаётся непрерывностью движения.*

Однако точечные системы и их конструкции можно наделять и такими характеристиками как заряд, импульс, форма, "цвет" и другими "улыбками", включая квантовомеханические, что наделяет наше воображение иллюзиями того, что и для всех систем возможно установить генетическое тождество с помощью непрерывного движения, описываемого в *ТМК-топологии*. Эти иллюзии исчезают при рассмотрении задач квантовой механики.

Первое. В квантовой механики отсутствуют точечные прообразы для применения концепции *ТМК-топологии* (о *ТМК-топологии* см. стр. 4).

Второе. В квантовой теории роль функций состояния квантовой системы играют волновые функции или вектора линейного гильбертова пространства; роль уравнений эволюции – волновые уравнения. Если функции состояния в классической механике – лагранжиан и гамильтониан имеют вполне понятный смысл, связанный с такими измеримыми характеристиками как энергия, импульс, координаты, время и поэтому являются вполне подходящими[19)] для роли однозначно и понятно определяемых функций состояния системы, то в квантовой механике волновые функции и вектора состояний просто-напросто неизмеримы, то есть ненаблюдаемы. В классической механике есть пример и такой функции состояния – это действие S. Эта функция слишком "абстрактна" по сравнению с лагранжианом и гамильтонианом и физически неизмерима. Возникновение же "тени" действия S в фазе волновой функции квантовой системы усугубляет её неизмеримость как функции состояния: у волновой функции появляется принципиально неизмеримый параметр - фаза, а само определение вектора состояния возможно только с точностью до этой фазы.

Физическая ненаблюдаемость волновых функций и ограниченная применимость *ТМК-топологии* не дают возможности использовать непрерывность в качестве инструмента определения генетического тождества квантовых объектов. Таким образом, *в квантовой теории однозначная идентификация объекта и отслеживание его эволюции по непрерывной траектории становятся невозможными*.

---

[19]) "осязаемыми и обоняемыми", то есть вполне наблюдаемыми и измеряемыми - непосредственно или косвенно.

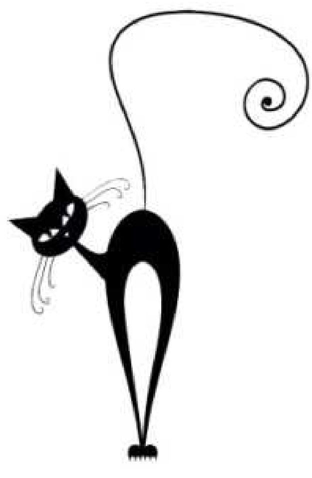
Третье. Следует отметить, что в нерелятивистской квантовой механике ещё сохраняется своеобразная возможность одночастичного описания. Однако в релятивисткой теории и эта определённость исчезает: с рождением релятивистской квантовой теории эра одночастичного описания квантовой механики закончилась. Кроме того, принцип тождественности частиц в квантовой теории не даёт возможности и пересчитать число частиц квантовой системы. Последнее замечание касается и нерелятивистской, и релятивистской квантовых теорий.

Что можно сказать о парадоксе, возникновение которого продемонстрировали два Чеширских кота с помощью результатов экспериментов Аспека. Напомним, что необходимость выполнения принципа генетического тождества предполагает сохранение целостности системы при её изменениях.

В отношении фотонной версии проблемы возможны два варианта её решения:

3. Рассматривать двухфотонную систему, как состоящую из двух целостных подсистем (фотонов).
4. Рассматривать её как единую целостную систему. Линейность волнового уравнения позволяет работать с агрегатной волновой функцией, получаемой как суперпозиции решений для первого и второго фотонов.

В первом случае необходимо вскрыть механизм передачи свойства на расстоянии. Здесь следует отметить противоречие по поводу скорости распространения возмущения (в виде улыбки) между первым и вторым котами. Ведь расстояние между котами ничем не регламентируется, а значит и скорость передачи возмущения может быть сколь угодно большой. Но это противоречит основополагающему принципу СТО, утверждающему существование инварианта максимальной скорости и вытекающим из этого преобразованиям Лоренца для точечных объектов.



Во втором случае необходимо констатировать факт существования неточечных квантовых объектов. Преобразования же Лоренца для 4-координат точечных событий просто-напросто не применимы для неточечных объектов, вследствие неприменимости *ТМК-топологии* к описываемым событиям.

Причиной же возникновения парадокса является разделение системы, описываемой одной волновой функцией на части, описываемыми двумя волновыми функциями**.** *И здесь, в конце концов, мы должны либо описать механизм передачи свойства, либо констатировать факт существования точечно нелокализованных систем.*

Простейшей формой изменения является изменение положения в пространстве или движение. Скорость движения материальной точки при описании движения, как физический параметр, играет роль "топологической связки" между непрерывным пространством и непрерывным временем в *ТМК-топологии*.

Из концептуальных основ СТО следует, что скорость движения материальной точки не может превосходить скорости распространения эталонного сигнала (света). Однако результаты экспериментов А. Аспека говорят об обратном, что свидетельствует об ограниченной применимости точечных преобразований Лоренца.

Если применение *ТМК-топологии* к временн***о***й оси ведёт к парадоксу близнецов, то её применение к пространственным отношениям ведёт к парадоксальной интерпретации результатов А. Аспека. Очевидно, что необходимость обратиться к истокам возникновения концепции *ТМК-топологии* и её применения к пространственно-временным отношениям стала неотложной.

Приложение. *Некоторые формул и выводы по парадоксу близнецов*

Основные формулы

А.

Метрический тензор псевдоевклидова 4-пространства-времени

$$g_{ik} = g^{ik} = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{Vmatrix} \qquad (\text{п}1.1)$$

Для произвольного метрического тензора g_{ik} справедливы соотношения

$$g_{ik} = g_{ki}. \qquad (\text{п}1.2)$$

$$g_{ik} g^{kl} = \delta_i^l, \qquad (\text{п}1.3)$$

где $\delta_k^i = \begin{cases} 1 \text{ при } i = k, \\ 0 \text{ при } i \neq k. \end{cases}$

Преобразования Лоренца для системы отсчёта, движущейся с произвольной скоростью $\boldsymbol{V(t)}$

(*прямые*) (*обратные*)

$$\begin{aligned} t &= \frac{t' + V(t')\,x'}{\sqrt{1 - V(t')^2}}, & t' &= \frac{t - V(t)\,x}{\sqrt{1 - V(t)^2}}, \\ x &= \frac{x' + V(t')\,t'}{\sqrt{1 - V(t')^2}}, & x' &= \frac{x - V(t)\,t}{\sqrt{1 - V(t)^2}}, \\ y &= y', & y' &= y, \\ z &= z'; & z' &= z. \end{aligned} \qquad (\text{п}1.4)$$

Преобразования (п1.4) моделируют движение космонавта с переменной скоростью $V(t)$ вдоль оси X. Для реального описания подобного движения необходимо представление уравнения движения и силы, обуславливающей движение, в ковариантном виде.

Перейдя от декартовой нотации к индексной

$$(t, x, y, z) \equiv (x^0, x^1, x^2, x^3); c = 1\,, \qquad (\text{п}1.5)$$

введём обозначения:

$$\underline{c^i_{\ k}} = \frac{\partial x^i}{\partial x'^k}, \qquad (\text{п}1.6)$$

$$\overline{c^i_{\ n}} = \frac{\partial x'^i}{\partial x^n}. \qquad (\text{п}1.7)$$

Для наглядности вычислений и при матричном представлении тензоров второго ранга обычно придерживаются правила "строка-столбец". Тогда первый индекс будет относиться к номеру строки, второй - к номеру столбца. При этом 4-вектор должен представляться 1×4-матрицей - либо как нулевой столбец со строками: $0 \div 3$, либо как нулевая строка со столбцами: $0 \div 3$.

Для симметричных матриц очевидно, что[20]

$$\underline{c^i_k} = \underline{c^k_i}\,;\ \ \overline{c^i_k} = \overline{c^k_i}\,. \qquad (п1.8)$$

Кроме того,

$$\overline{c^i_l}\,\underline{c^l_k} = \underline{c^i_l}\,\overline{c^l_k} = \delta^i_k, \qquad (п1.9)$$

$$dx^i = \frac{\partial x^i}{\partial x'^k} dx'^k = \underline{c^i_k} dx'^k\,, \qquad (п1.10)$$

$$dx'^i = \frac{\partial x'^i}{\partial x^k} dx^k = \overline{c^i_k} dx^k\,, \qquad (п1.11)$$

$$g_{ik} = \frac{\partial x'^n}{\partial x^i}\frac{\partial x'^m}{\partial x^k} g'_{nm} = \overline{c^n_i}\,\overline{c^m_k} g'_{nm}\,, \qquad (п1.12)$$

$$g'_{ik} = \frac{\partial x^n}{\partial x'^i}\frac{\partial x^m}{\partial x'^k} g_{nm} = \underline{c^n_i}\,\underline{c^m_k}\, g_{nm}\,. \qquad (п1.13)$$

Приведённые формулы позволят полностью рассчитать движение космонавта, временн***ы***е зависимости и связи параметров в системах космонавта и землянина средствами ОТО, надо лишь конкретизировать их вид, используя формулы преобразования (п1. 4).

B.

В приближении слабого поля, возникающего в неинерциальной системе отсчёта космонавта, малых скоростей и ускорений соотношение между потенциалом эквивалентного гравитационного поля g'_{00}, скоростью и ускорением устанавливается согласно [21] формулой

$$g'_{00} \approx 1 + 2\varphi(x')\,. \qquad (п1.14)$$

Из (п1.14) с помощью тождественных преобразований для равноускоренного движения следует

$$g'_{00} \approx 1 + 2\varphi(x') = 1 - 2a'x' = 1 - (a't')^2 = 1 - (V'(t'))^2. \qquad (п1.15)$$

Здесь a'- ускорение, которое испытывает землянин в эквивалентном гравитационном поле. Произведение этого ускорения на пройденное расстояние x', взятое с обратным знаком, совпадает с разностью потенциалов между точками движения в эквивалентном гравитационном поле.

Соотношение (п1.15) позволяет рассчитать параметры одномерного движения с произвольной скоростью средствами ОТО в обеих системах отсчёта - космонавта и землянина, и в первую очередь периоды времени между парой событий - включения и выключения двигателей космонавтом, то есть когда движение космонавта описывается мировой линией движения с ускорением.

C.

Рассмотрим отрезок мировой линии между событием начала ускорения корабля и событием конца ускорения, а когда будет говориться о собственных временах, будут подразумеваться интервалы времени именно между двумя этими событиями.

---

[20] Следует отметить, что, вообще говоря, матрицы A^i_k, A_{ik}, A^{ik}, A_i^k будут представлять разные тензоры, поскольку операции поднятия или опускания индексов определяются операциями умножения на метрический тензор в ковариантной или и контравариантной формах.

[21] ЛД Ландау, ЕМ Лифшиц, Теория поля, §87, ф. (87.12)

Введём обозначения. Пусть:

τ - собственное время космонавта, вычисленное по данным землянина (по координатам лабораторной системы отсчёта);

τ' - собственное время землянина, вычисленное по данным космонавта (по координатам системы отсчёта связанной с космонавтом).

1. Имеем в системе отсчёта землянина с псевдоевклидовой метрикой 4-пространства СТО:

$$ds^2 = dt^2 - (dx^1)^2 - (dx^2)^2 - (dx^3)^2 = (dt')^2 = (d\tau)^2, \qquad (\text{п}1.16)$$

где $(t, x^1, x^2 x^3)$ - координаты космонавта в системе отсчёта землянина - функции времени t.

Соотношение (п1.16) позволяет найти собственное время космонавта по координатному времени t землянина:

$$\tau = \int\limits_{\substack{\text{по}\\ \text{мировой}\\ \text{линии}}} \sqrt{1 - V(t)^2}dt. \qquad (\text{п}1.17)$$

В формуле (п1.17) для вычисления собственного времени космонавта отсутствуют ускорения, "замедление" времени определяется только скоростью движения. Формула справедлива для вычисления собственного времени космонавта τ, движущегося с произвольной скоростью $V(t)$ в системе отсчёта землянина.

Однако следует отметить, что и космонавт заметит движение землянина с ускорением. Согласно принципу эквивалентности Эйнштейна он обнаружит возникновение и присутствие эквивалентного гравитационного поля, а как результат - ускоренное движение землянина в этом поле.

Движение космонавта с ускорением и движение землянина в эквивалентном гравитационном поле - два фактора, которые позволяют ответить на вопрос, почему включение ускорений братом-космонавтом нельзя рассматривать как причину нарушения симметрии систем отсчёта космонавта и землянина.

Покажем, что в любой момент времени и при движении землянина в эквивалентном гравитационном поле "замедление" времени будет определяться скоростью, а не ускорением и именно по формуле аналогичной (п1.17). При этом отметим, что ускоряющуюся систему отсчёта космонавта в малом интервале времени можно рассматривать как моментально инерциальную. Отметить эту особенность позволяет эквивалентность равноускоренного движения в инерциальной системе отсчёта (с точки зрения землянина) и движения землянина в однородном гравитационном поле (с точки зрения космонавта), то есть эйнштейновский принцип эквивалентности.

2. Для описания движения в гравитационном поле мы должны использовать средства ОТО. Рассмотрим это подробнее.

По сравнению с общими решениями задач средствами ОТО наша задача упрощается, поскольку нас интересуют, только временн***ы***е компоненты метрического тензора: землянина - g_{00}[22)] и космонавта - g'_{00}, относящиеся к системам отсчёта братьев-близнецов, в одной из которых метрика пространства-времени псевдоевклидова. Связь между этими величинами

[22)] Для псевдоевклидовой метрики землянина $g_{00} = 1$

проще всего получить, рассматривая выражения для временн***ы***х фрагментов интервала, который является инвариантом 4-преобразований координат.

Итак, пусть космонавт описывает в системе отсчёта землянина S произвольную траекторию: $x(t), y(t), z(t)$.

В общем виде связь между дифференциалами интервалов, собственных времён и координат систем отсчёта S и S', связывающих пары близких событий, записывается в виде:

$$ds^2 = (d\tau')^2 = g'_{00}(dt')^2 =$$
$$= g'_{00}(dt')^2 + 2g'_{\alpha 0}dx'^{\alpha}dt' + g'_{\alpha\beta}dx'^{\alpha}dx'^{\beta}; \quad (\alpha, \beta = 1,2,3) \qquad (п1.18)$$

где $(t', x'^1, x'^2 x'^3)$ - координаты события в системе отсчёта космонавта S'.

Правая часть формулы (п1.18) позволяет установить связь между дифференциалами координат движущегося ускоренно землянина относительно системы S' и, в частности, дифференциалом своего координатного времени dt' с дифференциалом $d\tau'$ собственного времени.

Однако нас интересует левая часть равенства (п1.18) - связь между координатным временем космонавта t' и собственным временем землянина τ', по словам Ландау - "истинным временем" (см.[23)], стр. 303):

$$d\tau' = \sqrt{g'_{00}}dt' \qquad (п1.19)$$

Для псевдоевклидовой метрики, например в системе отсчёта землянина, согласно (п1.16) и (п1.19), $d\tau = dt$, что означает независимость масштабов координатных осей собственного и координатного времён от пространственных координат, то есть собственное время "течёт" одинаково во всех точках псевдоевклидова пространства. Однако, согласно (п1.19), в общем случае это не так: собственное время τ' в силу зависимости правой части (п1.19) от пространственных координат может "течь" по-разному в разных точках пространства.

Космонавт при вычислении собственного времени должен будет учесть, что он как и землянин находится в гравитационном поле, поскольку движение землянина не является постоянным, а компонента метрического тензора метрики космонавта g'_{00} определяется потенциалом φ согласно (п1.14), (п1.15).

Из (п1.15) и (п1.19) следует

$$\tau' = \int\limits_{\substack{\text{по}\\ \text{мировой}\\ \text{линии}}} \sqrt{1 - V'(t')^2}dt' \qquad (п1.20)$$

Преобразования координатных скоростей в ОТО определяются формулами преобразования 4-координат. При этом ни классический, ни релятивистский закон сложения скоростей не сохраняют своего вида и принимает довольно произвольную форму. В то же время решения уравнений Гильберта-Эйнштейна допускают произвольные преобразования пространственно-временных координат с изменением метрики. Мы используем этот факт для определения вида преобразований 4-координат таким образом, чтобы в (п1.18) выполнялось соотношение:

[23)] ЛД Ландау, ЕМ Лифшиц, Теория поля, §84, ф. (84.1)

$$2g'_{\alpha 0}dx'^{\alpha}dt' + g'_{\alpha\beta}dx'^{\alpha}dx'^{\beta} = 0, \quad (\alpha, \beta = 1,2,3). \tag{п1.21}$$

Тогда при одномерном движении вдоль оси x'^1получаем

$$\frac{dx'^1}{dt'} = -2\,\frac{g'_{10}}{g'_{11}}, \tag{п1.22}$$

что позволит определить закон движения $V'(t')$ в (п1.20). В этом случае мы увидим полное тождество формул (п1.17) и (п1.20). При этом $\tau = \tau'$, поскольку собственные времена τ и τ' представляет собой инвариантную длину одной и той же мировой линии ($c = 1$).

Таким образом, с помощью приближённых формул (п1.14), (п1.15) и (п1.22) мы определили компоненту метрического тензора метрики космонавта g'_{00} через потенциал φ. Как результат применения этих формул получили соотношение (п1.20), которое и даёт приближённое решение для собственного времени землянина, по крайней мере, в однородном поле и для псевдоевклидовой метрики землянина.

Равномерное ускорение может быть достигнуто только в локально-временн***о***м случае и не может рассматриваться как возможное для продолжительных интервалов времени. Поэтому решение с постоянным ускорением в однородном гравитационном поле необходимо рассматривать как частный случай и то приближение, в котором приведена формула (п1.14).

При достаточно гладкой метрике и функций преобразования 4-координат, псевдориманово пространство-время может быть преобразовано локально в эквивалентное псевдоевклидово. Поэтому выводы, для однородного поля будут обладать достаточной общностью.

Для установления же точного факта симметрии братьев-близнецов по отношению к ускорению и эквивалентному гравитационному полю и превращению её в тождество собственных времён недостаточно приближённых формул. Но здесь существенным обстоятельством является то, что собственное время при $c = 1$ является длиной мировой линии, то есть интервалом мировой линии в псевдоримановом 4-пространстве-времени между моментами включения и выключения двигателей ракеты. Интервал же является инвариантом 4-координатных преобразований, то есть $\tau = \tau'$.

Кроме того, "преобразования Лоренца" с зависящей от времени скоростью системы отсчёта космонавта позволяют точно решить задачу о временных интервалах фрагментов путешествия космонавта и землянина. Однако для получения подобного решения необходимо в первую очередь представить силу тяги ракетных двигателей и уравнение движения космонавта в ковариантном виде.

Таким образом, отрезки собственных времен братьев-близнецов, соответствующие прожитому времени путешествия во время ускорения космонавта равны между собой $\tau = \tau'$, а включение ускорения одним не нарушает симметрии вследствие возникновения эквивалентного гравитационного поля у другого.

D.

Для установления же точного факта симметрии недостаточно приближённых формул. Но здесь существенным обстоятельством является то, что собственное время при $c = 1$ является длиной мировой линии, то есть интервалом мировой линии в псевдоримановом 4-пространстве-времени между моментами включения и выключения двигателей ракеты. Интервал же является инвариантом 4-координатных преобразований, то есть $\tau = \tau'$.

Таким образом, отрезки собственных времен братьев-близнецов, соответствующие прожитому времени путешествия во время ускорения космонавта равны между собой $\tau = \tau'$.

Во всех случаях собственное время τ как величина отрезка интервала мировой линии, остаётся инвариантом преобразований 4-координат.

Литература

1. Касимов В.А. *Теория относительности*. Новосибирск, Сибпринт, 2011г. TO-01-02-14.pdf
2. Касимов В.А. *Пространство, время, движение*. Новосибирск, Сибпринт, 2011г. Space-Time-20-03-12-21.pdf
3. Касимов В.А. *Некоторые топологические парадоксы СТО*. Новосибирск, 2014г. Polarization.pdf
4. Касимов В.А. *Тень улыбки "Чеширского кота"*. Новосибирск,2014г. CheshireCat.pdf
5. Л. де Бройль. *Соотношения неопределённостей Гейзенберга и вероятностная интерпретация волновой механики*. Москва, "Мир", 1986, (стр. 18)

Для связи:
quadrica-m@mail.ru
http://orcid.org/0000-0002-1435-9220

Авторский семинар
http://my.mail.ru/community/physiks.princips/?ref=cat
http://quadrica.ucoz.net/
https://independent.academia.edu/KasimovVladimir
https://vk.com/public128913510
https://www.facebook.com/quadrica.m

Twin paradox
V.A.Kasimov

It is shown that the "Twin paradox" is a consequence of the conceptual symmetry of relativity. The twin paradox is not successfully resolved in a continuous coordinate time, nor a STR, nor in GTR due to the symmetry of twin-brothers reference frames. Resolution of the paradox is seen by the author in the distinction between dynamic and evolutionary times. However, the twin paradox is successfully resolved within the discrete time, that is, when the metric measurement scale used for continuous coordinate time is changed to the ordinal one for the discrete time. This can be achieved by changing the *metric* scale of measurement used for continuous coordinate time, to *sequence* one, as for discrete own time; that is the paradox disappears when we consider continuous coordinate time in the affine scale representation, in other words, by refusal from metric measurability. The development of the concept of time in this direction greatly enhances the Leibniz aspect of relativity versus Newtonian – substantiality.

Вышли в свет (2010-2017 гг.)

Книги

Специальная теория относительности (без 2-го постулата)

Рассматривается возможность построения СТО без второго постулата. Обсуждается необходимость отказа от метрической факторизации свойств пространственно-временных отношений в пользу аффинных. А из анализа парадокса близнецов предлагается различать динамический и эволюционный упорядочивающие временные факторы.
ББК 22.313 УДК 530.12 К 28
ISBN 978-5-94301-489-5

Общая теория относительности (принципы)

Рассматриваются принципы построения общей теории относительности (ОТО), как обобщающей СТО, и принципы построения релятивистской теории гравитации (РТГ), как теории, наполняющей ОТО метрической конкретикой.
ББК 22.313 УДК 530.12 К 28
ISBN 978-5-94301-496-3

Квантовая механика (принципы)

Целью данной работы является изложение основополагающих принципов нерелятивистской квантовой механики, тех принципов, которые составляют её нерушимую структуру, расставить акценты, разумеется автора, и с интонациями, касающимися пространственно-временных отношений в физике.
ББК 22.314 УДК 530.145 К 28
ISBN 978-5-94301-495-6

Пространство, время, движение

Анализируются свойства пространственно-временных отношений на трёх уровнях организации материи: микро-, макро- и мега-; возможность объединения их координатных характеристик на основе единого упорядочивающего фактора при различении динамического и эволюционного времён. Формулируется тезис о вторичности пространственно-временных отношений и их концептуального возникновения, как параметров процедур усреднения при макронаблюдении за микропроцессами. Книга является результатом физико-философского осмысления проблемы пространственно-временных отношений - темы, которая в настоящее время весьма актуальна.
ББК 22.61+22.313+87.21 УДК 114/16:530.12 К 28
ISBN 978-5-94301-490-1

Парадокс близнецов

Показано, что "Парадокс близнецов" является следствием концептуальной симметрии теории относительности. Парадокс близнецов не разрешается в рамках непрерывного координатного времени ни в СТО, ни в ОТО в силу симметрии систем отсчёта братьев-близнецов. Разрешение парадокса видится автором в различении динамического и эволюционного времён. Однако парадокс близнецов успешно разрешается в рамках дискретного собственного времени, то есть при смене метрической шкалы измерения, используемой для непрерывного координатного времени, на порядковую для дискретного собственного времени. Он же исчезает и при рассмотрении непрерывного координатного времени в аффинной шкале представления, то есть при отказе от его метрической измеримости. Развитие понятия времени значительно усиливает лейбницевый аспект относительности по сравнению с ньютоновским - субстанциональности.
ББК 22.313 УДК 530.12 К 28
ISBN 978-3-659-63150-4

Hint'ы

Трактовка некоторых мифов с физической точки зрения.
ББК 22.3я9 УДК 53:001.94 К 28
ISBN 978-5-94301-501-4

Отдельные статьи

Некоторые философские проблемы пространственно-временных отношений

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.

Некоторые топологические парадоксы СТО (ЭПР)

По следам статьи А. Аспека "ТЕОРЕМА БЕЛЛА: наивный взгляд экспериментатора".
Поскольку в формуле (23) была обнаружена ошибка (или описка), взял на себя труд проверить выкладки с 1 по 5 разделов статьи. Приведены некоторые уточняющие моменты, важные для понимания сути. Приведён элементарный вывод формул (3), который опущен в статье.

Некоторые топологические парадоксы СТО (ЭПР)-II

Обратиться вновь к статье А. Аспека "ТЕОРЕМА БЕЛЛА: наивный взгляд экспериментатора" нас заставили некоторые публикации. Мы вновь убедились в концептуальной корректности постановки проблемы ЭПР в статье Аспека.

О парадоксе ЭПР. Особенности разрешения

При интерпретации результатов экспериментов А. Аспека столкнулись две концепции - квантовой механики и теории относительности, что требует обстоятельного рассмотрения причин возникновения противоречий. Разбору этих вопросов посвящено много работ разных авторов, а затронутые здесь моменты также неоднократно выставлялись для анализа. Однако нам кажется, что обратиться ещё раз к ключевым моментам противоречия и по возможности в сжатом виде просто необходимо.

Ещё раз о квантовой "спутанности"

При концептуальном оформлении результатов эксперимента Аспека необходимо говорить на языке квантовой механики, а не на языке арго частных озарений. Одним из таких озарений является понятие "спутанности" (частиц, или состояний − непонятно!) Язык же квантовой механики позволяет чётко и недвусмысленно наполнить конкретным содержанием возникшие вопросы по этому поводу. Для анализа предлагается элементарная модель, используемая в [1, 2].

ТМК-топология

При математическом описании физических явлений используется в основном точечно-метрическая классическая топология (ТМК-топология), воплощённая в методах математического анализа. Отмечаются важные особенности применения ТМК-топологии к решению задач пространственно-временных отношений, что даст нам недвусмысленный намёк на ограниченность её применимости.

Тень улыбки "Чеширского кота"

Предлагается обсуждение некоторых топологических парадоксов, возникающих в теории относительности

О постулате постоянства скорости света в СТО

Вопрос о том, так ли необходим постулат о постоянстве скорости света для построения Специальной Теории Относительности был поставлен и рассмотрен, по-крайней мере, двумя независимыми авторами [1,2]. Ответ на этот вопрос методологически оказывается весьма важным в связи с осознанием того факта, что исходными посылками вывода преобразований Галилея и Лоренца являются одни и те же базовые свойства субстанциональных пространства и времени Ньютона. Оказалось, что в самой классической физике "скрывается" противоречие в свойствах субстанциональных пространства и времени. В чем суть этого противоречия? В статье предпринимается попытка ответить на этот вопрос.

Отметим, что авторы упомянутых работ получили свои выводы вообще избегая упоминания слов "свет" и "скорость его распространения".

О втором постулате СТО

Наверное, ортодоксальные физики сочтут неприличным вопрос: Так ли необходим второй постулат для построения Специальной Теории Относительности? Тем не менее, этот вопрос был поднят и рассмотрен, по-крайней мере, двумя независимыми авторами [1, 2]. Эта тема и предлагается для обсуждения.

Одночастичная контекстуальность, двухчастичная нелокальность, спутанность, уилеровские эксперименты с отложенным выбором, FWT и всё такое ...

В продолжение обсуждения результатов экспериментов Аспека. Обзор новых результатов.

Возникновение пространственно-временной определённости

На простом примере моделируется процесс становления пространственно-временной определённости в лейбницевском аспекте: переход с квантового микроуровня на макроуровень классической механики

Ещё раз о "Парадоксе близнецов"

Поскольку зачастую при обсуждениях вопросов теории относительности отрицается существование парадокса близнецов, возникает необходимость остановиться на этом ещё раз. Показано, что формальными средствами СТО и ОТО парадокс близнецов не разрешается.

А так ли необходима многомировая интерпретация квантовой механики?

Об эволюции понятия массы в физике

Принципы обработки информации в одной модели наблюдения

Что такое ноосфера?

Переводы

Мысленные эксперименты с отложенным выбором и их реализации. *XsM, J. Kofler, A. Zeilinger*

О возможности нелокальной квантовой коммуникации.
Джон Ж. Крамер, Ник Херберт

sFWT-теорема (сильный вариант). *Джон Х. Конвей и Симон Кохен*

Экспериментальная проверка FTW-теоремы. *Bi-Heng Liu...*

Мир Ровелли. *Бас ван Фраассен*

ЭПР в реляционной квантовой механике. *Ф. Лаудиза*

К вопросу о сверхсветовой коммуникации.
Джиан Карло Жирарди

Об использовании трехчастичных GHZ-состояний для сверхсветовой связи. *Раймонд У. Йенсен*

Показано, что "Парадокс близнецов" является следствием концептуальной симметрии теории относительности. Парадокс близнецов не разрешается в рамках непрерывного координатного времени ни в СТО, ни в ОТО в силу симметрии систем отсчёта братьев-близнецов. Разрешение парадокса видится автором в различении динамического и эволюционного времён. Парадокс близнецов успешно разрешается в рамках дискретного собственного времени. Этого же самого можно достигнуть при смене метрической шкалы измерения, используемой для непрерывного координатного времени, на порядковую, как и для дискретного собственного времени; то есть парадокс исчезает и при рассмотрении непрерывного координатного времени в аффинной шкале представления, иначе говоря, при отказе от его метрической измеримости. Развитие понятия времени в этом направлении значительно усиливает лейбницевый аспект относительности по сравнению с ньютоновским - субстанциональности.

978-3-659-63150-4