

Преобразования пространства-времени при наличии информационного барьера

Смирнов А.Н.

andreysxxx@gmail.com

Аннотация

Рассмотрена гипотеза о том, что физические поля в разных инерциальных системах отсчета могут различаться, причем отображение состояния полей в одной инерциальной системы на состояние полей в другой инерциальной системе отсчета не является взаимно-однозначным. В рамках этой гипотезы между различными инерциальными системами отсчета возникает информационный барьер. Также это приводит к необходимости модификации принципа причинности, и введению слабой причинно-следственной связи.

Показано, что экспериментальные доказательства того, что в разных инерциальных системах отсчета преобразование полей взаимно-однозначное, отсутствуют.

Предложено обобщение специальной теории относительности. Обобщение проводится путем добавления постулата о том, что отображение состояния полей в одной инерциальной системы на состояние полей в другой инерциальной системе отсчета не является взаимно-однозначным. Фактически, это не новый постулат, а отказ от неявного постулата специальной теории относительности. Тем самым, количество постулатов в предложенном обобщении специальной теории относительности меньше, чем в оригинальной теории.

При рассмотрении следствий гипотезы, не обнаружено противоречий с наблюдениями.

Наличие информационного барьера является индикатором того, что если основное предположение гипотезы верно, то должна существовать некоторая более фундаментальная структура, из которой должно выводиться пространство-время и события. Также, если сделать дополнительные предположения, то должна существовать локальная симметрия, которой должны удовлетворять все известные фундаментальные поля.

Если гипотеза верна, то преобразования Лоренца являются преобразованиями пространства-времени только с точки зрения наблюдателя, неподвижного относительно некоторой системы отсчета.

На основе симметрии можно попытаться найти фундаментальную структуру пространства-времени и физических полей. Гипотезу со сделанными дополнительными предположениями о фундаментальной структуре пространства-времени можно опровергнуть, если доказать, что никаких симметрий предсказываемого типа не существует. Тогда это будет косвенным свидетельством того, что события в разных инерциальных системах отсчета совпадают.

Введение

Рассмотрим элементарную частицу, которая имеет такую скорость и энергию, что она достаточна для образования черной дыры. Такой энергии примерно соответствует Планковская энергия [1]. При этой энергии, черная дыра состоит только из одной частицы. Таким образом, в системе отсчета, где частица имеет такую энергию, должна наблюдаться микроскопическая черная дыра. Но в системе отсчета, где частица покоится, у нее нет достаточно энергии для того, чтобы оставаться черной дырой. Возникает парадокс. Этот парадокс показывает границы применимости современных физических теорий. Ожидается, что некоторая новая теория со временем решит эту проблему.

В попытках построения таких теорий уже испробовано много методов. И хотя может показаться, что все возможные методы уже известны, неизвестны лишь некоторые детали этих методов, можно попытаться найти и новые способы решения этого парадокса.

Рассмотрим две инерциальные системы отсчета, двигающиеся с некоторой ненулевой скоростью относительно друг друга. Пусть в одной системе отсчета имеется какое-то состояние некоторого поля, например гравитационного или электромагнитного. Можно ли зная состояние поля в одной системе отсчета, получить состояние поля в другой системе отсчета? Ответ на этот вопрос кажется очевидным. Берем уравнение поля, которое должно быть ковариантным относительно преобразований Лоренца, переходим в другую систему отсчета, получаем новое значение поля. Рассмотрим это детальнее. Есть две инерциальные системы отсчета, K и K' , имеющие ненулевую скорость v относительно друг друга. В каждой из них имеется наблюдатель, неподвижный относительно соответствующей системы отсчета. Наблюдатель A неподвижен относительно K , наблюдатель A' неподвижен относительно K' . Допустим, в системе отсчета K , в какой-то момент времени t , наблюдатель A наблюдает поле в некотором состоянии W_1 . Преобразуем поле к ожидаемому состоянию W_1' в системе отсчета K' в момент времени t' используя оператор Лоренца преобразования $L(v)$ для поля:

$$W_1'(t') = L(v)W_1(t)$$

Пусть теперь наблюдатель A' , в соответствующий момент времени t' , наблюдает поле в некотором состоянии W_2' . Преобразуем поле к ожидаемому состоянию W_2 в системе отсчета K :

$$W_2(t) = L(-v)W_2'(t')$$

Поставим следующий вопрос. Выполняются ли следующие равенства:

$$\begin{cases} W_1'(t') = W_2'(t') \\ W_1(t) = W_2(t) \end{cases}$$

(1)

И вновь кажется, что ответ очевиден. Вроде бы, A может узнать, что наблюдает A' , обменявшись с ним информацией. Однако, почему мы думаем, что сигнал, который получит наблюдатель A , несет ту же информацию, что послал A' , и наоборот? Основным предположением рассматриваемой в статье гипотезы являются то, что оба равенства в уравнении 1 не выполняются. Будет показано, что такое предположение не противоречит наблюдениям, и что нарушение равенств 1 невозможно выявить при помощи обмена информацией между наблюдателями. Хотелось бы сразу подчеркнуть, что данная гипотеза не отрицает преобразования Лоренца. В рамках этой гипотезы, подвергается сомнению лишь интерпретация преобразований Лоренца. Если описанное выше предположение верно, то это означает, что преобразования Лоренца – это преобразования поля только с точки зрения наблюдателей, неподвижных по отношению к одной из систем отсчета.

Для краткости, далее буду называть отличие состояния поля в системе отсчета от ожидаемого состояния согласно преобразованиям Лоренца, W_1' и W_2' в описанном выше примере, разницей в полях.

Если есть разница в полях в разных системах отсчета, то это может быть решением описанного выше парадокса – черная дыра может наблюдаться в одной системе отсчета, и отсутствовать в другой системе отсчета.

Если есть разница в полях в разных системах отсчета, то это может означать еще и то, что имеется некоторая более фундаментальная структура чем пространство-время и известные фундаментальные поля. В этом случае, поля, которые сейчас считаются фундаментальными, являются эффективными полями. В этом случае, гравитационное, электромагнитное, сильное, слабое взаимодействия являются эффективными полями, а не фундаментальными полями. Используемые для описания пространства-времени математические структуры, при всем их многообразии, не допускают описанной выше разницы полей. Это является индикатором того, что если основное предположение гипотезы верно, то должна существовать некоторая более фундаментальная структура, из которой должно выводиться пространство-время и эффективные поля. В рамках данной статьи, не предлагаются какие-либо предположения о том, что это за структура.

Может показаться, что отличие полей в разных системах отсчета противоречит повседневному опыту и наблюдениям. Ведь если поля в разных системах отсчета отличаются, то, наверное, это бы проявлялось во множестве экспериментов. При рассмотрении возможности различия полей в разных системах отсчета, нужно будет объяснить, почему это до сих пор не было обнаружено в экспериментах.

Если предположить, что поля в разных инерциальных системах отсчета могут различаться, то возникает вопрос о том, насколько они могут различаться. Есть ли какие-то ограничения на разницу полей?

Прежде чем идти дальше, отмечу, что любой наблюдатель всегда наблюдает события только в той системе отсчета, в которой его скорость равна нулю. Как любой прибор, так и человек не может наблюдать события в системе отсчета, относительно которой имеет ненулевую скорость. Наблюдатель может получать информацию о том, что наблюдал в соответствующей системе отсчета некий прибор, например спутник. Однако, данные со спутника также наблюдаются в той системе отсчета, относительно которой неподвижен наблюдатель, а не в той, в которой неподвижен спутник.

Предположим, поля в разных инерциальных системах отсчета, имеющих ненулевую скорость относительно друг друга, полностью независимы. При ускорении или замедлении, мы переходили бы в другую систему отсчета, поля в которой были бы полностью независимы. В этом случае, если в одной из систем отсчета имеется человек, то нет никаких оснований для того, чтобы он был в любой другой системе отсчета. Тем самым, человек мог бы существовать только в одной системе отсчета, и исчезал бы при изменении своей скорости. Но это очевидно противоречит повседневному опыту - при изменении скорости, наше сознание остается непрерывным, тело продолжает существовать. Исходя из этого, должно существовать ограничение на то, насколько отличаются поля в разных системах отсчета.

Предположим, что при стремлении относительной скорости инерциальных систем отсчета относительно друг друга к нулю, разница полей в них также должна стремиться к нулю. В этом случае появляется некоторая зависимость полей, находящихся в разных инерциальных системах отсчета, друг от друга. При достаточно малой разнице полей между системами отсчета, изменение скорости человеком не будет приводить к его исчезновению в той системе отсчета, которая стала его новой системой отсчета с нулевой относительной скоростью. Исходя из описанного, при разнице скорости, стремящейся к нулю, разница полей также должна стремиться к нулю.

Можно ли, в рассматриваемой гипотезе, вычислить поля в одной системе отсчета, на основе полей в другой системе отсчета, и наоборот? Другими словами, является ли преобразование полей при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую сюръективным, инъективным или биективным? Оснований для требования наличия биективного отображения полей в разных системах отсчета не видно. Поэтому, в общем случае, преобразование полей может быть не сюръективно и не инъективно. При этом, необходимо, чтобы после преобразования полей при переходе из одной системы отсчета обратное преобразование переводило поля в исходные.

Рассмотрим сначала возможности проверки основного предположения гипотезы. Затем рассмотрим некоторые следствия сделанного предположения о разнице полей в различных инерциальных системах отсчета, затем будут написаны постулаты гипотезы.

Поля в разных инерциальных системах отсчета

Основным предположением гипотезы является предположение о том, что поля в разных инерциальных системах отсчета могут различаться. Как это согласуется с наблюдениями? Имеются ли какие-либо доказательства того, что поля в разных инерциальных системах отсчета совпадают, а именно что выполняются описанные выше равенства, уравнение 1? Противоречит ли основное предположение гипотезы каким-либо наблюдениям? Какие эксперименты могут однозначно опровергнуть основное предположение гипотезы? Рассмотрим эти вопросы.

Сначала, рассмотрим, какие эксперименты могут опровергнуть основное предположение гипотезы. Ответ на этот вопрос легко сформулировать: это эксперименты, в которых происходит прямое сравнение полей в разных инерциальных системах отсчета. Может показаться, что поставить такой эксперимент довольно просто. Берем два прибора, движущихся с некоторой скоростью относительно друг друга, настраиваем их для записи наблюдений в некоторой одинаковой области пространства. Затем сравниваем, что приборы записали, с учетом преобразований Лоренца. Замечаем, что наблюдения совпадают. Отсюда выводим какие-то ограничения на разницу полей в разных инерциальных системах отсчета.

Далее, кажется, что есть возможность опровергнуть основное предположение гипотезы сочетая теорию и эксперименты. Из уравнений общей теории относительности и квантовой теории поля можно попробовать найти ограничение на максимальную разницу полей в разных инерциальных системах отсчета. И общая теория относительности, и квантовая теория поля, хорошо протестированы. Ищем, на основе теории, в каких экспериментах можно получить наилучшее ограничение на максимальную разницу полей в разных инерциальных системах отсчета.

Получаем некоторое ограничение на максимальную разницу полей в разных инерциальных системах отсчета. Скорее всего, максимальная допустимая разница в полях в разных инерциальных системах отсчета будет исчезающе мала.

Во всех описанных выше методах проверки, что описаны выше, есть ровно один недостаток – ни в одном из них, поля в разных инерциальных системах отсчета не сравниваются. Они не сравниваются ни прямо, ни косвенно.

Рассмотрим первый случай, с двумя приборами. Два прибора движутся относительно друг друга, с ненулевой скоростью. Могут ли оба прибора измерять что-то в общей системе отсчета? Способов это сделать не видно. Каждый прибор делает измерения в той системе отсчета, относительно которой покоится. Рассмотрим случай, когда приборы непрерывно передают друг другу информацию о наблюдениях. Информация кодируется как какое-то состояние полей. При передаче происходит переход из одной инерциальной системы отсчета в другую, из системы отсчета передающего прибора в систему отсчета принимающего прибора. При этом, имеется разница в состоянии полей в разных системах отсчета и, соответственно, разница в информации в разных системах отсчета. Как тут можно сравнить, одинаковые ли события наблюдались в разных системах отсчета? Для такого сравнения нужно устранить переход между системами отсчета. Рассмотрим случай, когда приборы сначала что-то наблюдали, записывали результаты, затем изменили скорость так что их относительная скорость стала нулевой. Можно ли проводить сравнение результатов наблюдения для проверки разницы результатов наблюдений в разных инерциальных системах отсчета? Для этого нужно проверить – присутствует ли тут переход между системами отсчета. Если переход имеется, то это означает что, согласно гипотезе, может быть разница в информации в разных системах отсчета и сравнение некорректно. Очевидно, переход присутствует – он происходит при изменении скорости прибора.

Получается, что в описанном эксперименте результаты наблюдений в разных инерциальных системах отсчета не сравниваются. Отсюда вывод – возможность прямого сравнения событий в разных инерциальных системах отсчета отсутствует.

Теперь рассмотрим метод сравнения, если задействовать теории. Тут можно заметить, что во всех существующих физических теориях, известных автору, имеется неявный постулат о том, что результаты наблюдений в разных инерциальных системах отсчета совпадают, с точностью до преобразований Лоренца. Можно ли из существующих теорий получить какое-либо ограничение на максимальную разницу результатов наблюдений в инерциальных системах отсчета, движущихся с ненулевой скоростью относительно друг друга? Берем какую-то теорию. Делаем вычисления, что если между системами отсчета есть такая-то разница в событиях, то это должно приводить к таким-то эффектам. Вроде все очевидно, легкий способ проверки. Однако, что с чем мы будем сравнивать? Нужны какие-то предсказания теорий, в которых бы отсутствовал, прямо или косвенно, переход между системами отсчета. И вот такие предсказания автору неизвестны. Переход между системами отсчета, прямой или косвенный, всегда имеется.

Один наблюдатель, неподвижный относительно одной системы отсчета, посылает сигнал другому наблюдателю, неподвижному относительно другой системы отсчета. Системы отсчета движутся с ненулевой скоростью относительно друг друга. Если равенства 1 нарушаются, то это означает, что и посылаемая информация подвергается изменениям.

Отсюда вывод - возможность получить верхнее ограничение на разницу полей в разных инерциальных системах отсчета, на основе существующих теорий, отсутствует.

Единственное ограничение на разницу полей возникает из существования человека, как описано выше. Это вывод ограничения на степень независимости полей в разных системах отсчета на основе слабого антропного принципа.

Информационный барьер

Отсутствие взаимно-однозначного отображения между множествами, представляющими состояние полей в разных инерциальных системах отсчета, означает некоторую изолированность разных инерциальных систем отсчета. В разных инерциальных системах отсчета могут происходить разные события. Например, в одной из систем отсчета произошло столкновение двух электронов с излучением фотона. Но, по причине отсутствия взаимно-однозначного отображения, в каких-то системах отсчета это столкновение может не происходить, в каких-то системах отсчета этих электронов может не быть, а в каких-то системах отсчета на месте электронов могут быть, например, мюоны.

Следовательно, на основе состояния физических полей в одной системе отсчета, невозможно при помощи преобразований Лоренца определить состояние физических полей в других системах отсчета. При передаче сигнала от одного наблюдателя к другому, сигнал кодируется через состояния полей. Исходя из этого, невозможно на основании переданной информации определить то, какая информация будет получена.

Можно ли рассматривать возникающую потерю информации как просто дополнительный шум? Если можно рассматривать как дополнительный шум, то можно просто добавить дублирование информации в сигнал и, при достаточном уровне дублирования, информация будет передаваться без искажений. Однако, среди рассматриваемых предположений нет предположения о том, что состояние полей при переходе между системами отсчета изменяется случайным образом. Поэтому, способы сохранения информации при передаче сигнала, рассчитанные на случайный шум, не подходят для проверки этой гипотезы.

Невозможность передачи информации без искажения между разными инерциальными системами отсчета можно назвать информационным барьером.

Постулаты гипотезы

Рассматриваемую гипотезу можно рассматривать как обобщение специальной теории относительности Эйнштейна для случая, когда между инерциальными системами отсчета имеется информационный барьер. Напишем постулаты данной гипотезы.

Постулат 1 (принцип относительности Эйнштейна). Законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга

В рамках данной гипотезы этот постулат можно было бы изменить на следующий:

Наблюдатель, при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую, всегда наблюдает физические процессы, удовлетворяющие одинаковым, с точки зрения наблюдателя, законам природы.

В этой формулировке законы природы в разных инерциальных системах отсчета могут различаться. При этом такая формулировка также не противоречит наблюдениям, по уже описанным причинам. Информационный барьер позволяет получить одинаковость законов природы с точки зрения наблюдателя, при их фактической разнице. В этом случае дополнительно потребуется некоторое ограничение на степень различия законов природы в разных системах отсчета, чтобы разумный наблюдатель мог переходить между системами отсчета, сохраняя свое существование и основную часть памяти. Такая формулировка постулата приводит к тому, что нужно как-то согласовывать разные законы природы в разных системах отсчета, и непонятно как это сделать. Поэтому, хотя в рамках данной гипотезы такая формулировка и выглядит допустимой, она не используется.

Постулат 2: Скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчета, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга

Этот постулат тесно связан с первым постулатом. Как известно, Лоренц-подобные преобразования можно получить и без этого постулата [2]. Этот постулат можно обобщить аналогично первому постулату, и по тем же причинам обобщенная формулировка в данной гипотезе не используется.

Обычно этот постулат формулируется так: “Скорость света в вакууме одинакова во всех системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга”. Принцип относительности Эйнштейна также обычно формулируется через системы координат. Здесь

формулировка дается через инерциальные системы отсчета, чтобы инерциальная система отсчета была в формулировках всех постулатов данной гипотезы.

Теперь новые постулаты.

Постулат 3: Наблюдатели, неподвижные относительно двигающихся с ненулевой скоростью относительно друг друга инерциальных систем отсчета, могут наблюдать существенно разные состояния физических полей. При этом, отображение состояния полей в разные инерциальные системы отсчета, имеющих ненулевую относительную скорость, друг на друга может быть не биективно, не сюръективно, и не инъективно.

Существенная разница состояния полей, упомянутая в постулате – это отличие состояния полей от ожидаемого согласно преобразованиям Лоренца.

Этот постулат скорее не какой-то новый постулат, а отказ от существующего в СТО неявного постулата о том, что события в разных системах отсчета должны совпадать. В СТО может меняться одновременность событий, координаты событий, но сами события остаются неизменными. Например, если в одной системе отсчета произошло столкновение пары электронов, то в СТО оно должно произойти во всех системах отсчета. Это неявный постулат СТО. Поэтому, добавление этого постулата в рассматриваемую гипотезу уменьшает, по сравнению с СТО, количество сделанных предположений и постулатов.

Постулат 4: При стремлении относительной скорости инерциальных систем отсчета к нулю, разница полей между ними тоже должна стремиться к нулю.

Насколько этот постулат нужен, не вполне понятно. Выше уже было показано, как возникает это требование. Поэтому можно сказать, что это утверждение является следствием слабого антропного принципа.

Следствие постулата – множества, содержащие информацию о состоянии полей из различных инерциальных систем отсчета, должны сходиться при стремлении относительной скорости систем отсчета к нулю.

Также, следствием этого постулата является то, что в рамках рассматриваемой гипотезы информационный барьер не абсолютен. Требование сходимости множеств состояния полей при стремлении относительной скорости инерциальных систем отсчета к нулю, накладывает ограничение на степень изолированности систем отсчета.

Принцип причинности

Согласно принципу причинности, между различными событиями может быть причинно-следственная связь. Распространяется ли принцип причинности на события, произошедшие в разных инерциальных системах отсчета? Может ли событие A , наблюдавшееся в одной системе отсчета, влиять на событие B в другой системе отсчета?

В рассматриваемой гипотезе с информационным барьером события в разных системах отсчета имеют значительную степень независимости. Некоторая зависимость событий в разных системах отсчета имеется только из-за требования сходимости множеств событий. Поэтому, события A и B не могут находиться в прямой причинно-следственной связи.

Назову возможную причинно-следственную связанность событий, вызванную требованием сходимости множеств, слабой причинно-следственной связанностью. При этом, чем меньше разница в полях между разными системами отсчета, тем сильнее связаны между собой события в этих системах отсчета. Исходя из этого, можно говорить о вероятности того, что событие A в одной системе отсчета может повлиять на событие B в другой системе отсчета. При наличии информационного барьера вероятность любого события из одной инерциальной системы отсчета

повлиять на событие в другой инерциальной системе отсчета всегда меньше 1, если относительные скорости инерциальных систем отсчета ненулевые. Эта верхняя граница вероятности стремится к 1 по мере уменьшения разницы между полями в системах отсчета, что происходит при уменьшении относительной скорости систем отсчета.

События, наблюдающиеся в разных системах отсчета, находятся между собой только в слабой причинно-следственной связи. Переход в другую систему отсчета означает и переход к другим причинно-следственным связям. Исходя из этого, информация, при переходе в другую систему отсчета, изменяется, чтобы встроиться в причинно-следственные связи новой системы отсчета.

Выше уже говорилось, что информация меняется не случайным образом. Здесь мы нашли, что она меняется так, чтобы в каждой инерциальной системе отсчета выполнялся принцип причинности.

Описанное выше, означает необходимость внесения изменения в принцип причинности. А именно, при наличии информационного барьера одно событие может всегда влиять на другое, только если они рассматриваются в одинаковой инерциальной системе отсчета. В случае, если рассматривается событие, произошедшее в одной системе отсчета, и событие, произошедшее в другой системе отсчета, то можно говорить лишь о вероятности влияния одного события на другое.

Выделенная система отсчета

Может ли наблюдатель наблюдать события, происходящие не в той системе отсчета, относительно которой он неподвижен? Автору не известен ни один способ, как напрямую наблюдать события, происходящие в системе отсчета, которая движется с ненулевой скоростью относительно наблюдателя.

Предположим, есть какой-то прибор, фиксирующий некоторые результаты наблюдения. Пусть у этого прибора есть или какой-то экран, который выдает результаты наблюдения, или он как-то иначе передает результаты своих наблюдений. Очевидно, что в рассматриваемой гипотезе результат того, что увидит наблюдатель на экране этого прибора, будет зависеть от системы отсчета наблюдателя. При этом, вообще говоря, при нарушении равенств 1, наблюдаемый прибор может наблюдаться не во всех инерциальных системах отсчета, движущихся относительно прибора. Получается, что и тут наблюдатель наблюдает события, происходящие в той системе отсчета, относительно которой он неподвижен.

Из этого можно сделать вывод, что для наблюдателя невозможно наблюдать события, происходящие в системах отсчета, отличных от системы отсчета, относительно которой он покоится.

Получается, что для каждого наблюдателя имеется выделенная система отсчета. Эта та система отсчета, где наблюдатель неподвижен. Множество наблюдателей, неподвижных относительно друг друга, имеют одинаковую выделенную систему отсчета, так как между ними отсутствует информационный барьер.

Выделенный характер этой системы отсчета заключается в том, что это единственная система отсчета, события в которой можно непосредственно наблюдать. О событиях, происходящих в других инерциальных системах отсчета, разумный наблюдатель может только догадываться, на основе наблюдений в своей выделенной системе отсчета.

Изменение системы покоя наблюдателя

Наблюдатель может ускориться, и тогда его система покоя изменится. Что при этом произойдет с имеющейся у него информацией?

Очевидно, что она изменится, в соответствии с правилами преобразования пространства-времени и полей. Чем меньше изменение пространства-времени, тем, в соответствии с требованием сходимости множеств, меньше изменение информации. Изменяется вся информация, в том числе и информация о прошедших событиях.

Обмен информацией между наблюдателями

Пусть есть два разумных наблюдателя, А и В. Они неподвижны относительно друг друга, их система покоя совпадает. Они решили совместно понаблюдать за некоторой областью пространства. При этом, наблюдатель А останется неподвижным, наблюдатель В ускорится до некоторой скорости относительно А. После чего, оба наблюдателя понаблюдает за условленной областью в течение условленного промежутка времени, запишут результаты. Затем, при помощи сигналов, обменяются сведениями о результатах наблюдения. После чего наблюдатель В изменит свою скорость, чтобы стать неподвижным относительно наблюдателя А. И они вновь обменяются сведениями о результатах наблюдения.

Рассмотрим эту ситуацию детально.

Пока системы покоя обоих наблюдателей совпадают, информационный барьер отсутствует.

Затем наблюдатель В меняет свою скорость. Его система покоя изменяется. Рассматриваем случай, когда изменения при преобразовании пространства-времени в новую систему отсчета покоя не слишком большие, чтобы наблюдатель, после изменения скорости, не прекратил свое существование. У наблюдателя при переходе в новую систему отсчета изменяются причинно-следственные связи, включая память о прошлом, изменяется и его информация о том, что и где нужно наблюдать.

Затем, после наблюдения, наблюдатель В посылает сигнал с результатами наблюдения, и получает сигнал с результатами наблюдения от А. При обмене сигналами, имеется информационный барьер. Все, что получает А, должно укладываться в причинно-следственные связи в его системе отсчета. Аналогично для В. Пусть В, в своей системе покоя, наблюдает что-то, что не укладывается в причинно-следственные связи в системе покоя А. Он посылает сигнал с такой информацией. А, в своей системе покоя, получает этот сигнал после преобразования пространства-времени и преобразования полей. Эти преобразования переводят сигнал в такой, который встроен в причинно-следственные связи системы покоя А. Как результат, А не получит информации о каком-либо нарушении причинно-следственных связей, действует информационный барьер. Аналогично для В.

Затем В меняет свою скорость так, что его система покоя начинает совпадать с системой покоя А. И вновь происходит преобразование пространства-времени и полей, с изменением воспоминаний о прошлом у В. Это преобразование применяется и к его записям, если они есть. После того, как системы отсчета А и В совпадут, обмен информацией будет без информационного барьера. Но к этому моменту, память В, после преобразования пространства-времени, будет соответствовать причинно-следственным связям новой системы покоя. Тем самым, при обмене информацией, не должно возникнуть никаких расхождений, не укладывающихся в причинно-следственные связи.

Исходя из описанного, не видно способов как напрямую проверить соответствие событий в разных инерциальных системах отсчета. Любое прямое сравнение событий, как видно, должно показывать идентичность событий в разных системах отсчета.

Наблюдения

Согласно описанному выше, на основе наблюдений событий в какой-либо системе отсчета, невозможно точно сказать какие будут события в других системах отсчета.

Это означает, что каждое наблюдение, каждый эксперимент, дает результаты, специфичные для той системы отсчета, в которой происходит наблюдение. Два разных наблюдателя, находящиеся в разных системах отсчета, могут увидеть разные результаты одного и того же эксперимента.

Типы преобразований пространства-времени и полей

В рамках рассматриваемой гипотезы можно выделить два типа преобразований пространства-времени и полей. Первый тип преобразований, это преобразования пространства-времени и полей с точки зрения наблюдателя, неподвижного относительно одной из инерциальных систем отсчета. Второй тип, это преобразования пространства-времени и полей на основе состояния полей, наблюдаемых в разных инерциальных системах отсчета наблюдателями, неподвижными относительно соответствующих инерциальных систем отсчета. Рассмотрим эти типы преобразований и их отличия друг от друга более подробно.

Сначала рассмотрим преобразования пространства-времени и полей с точки зрения наблюдателя, неподвижного относительно одной из инерциальных систем отсчета. Наблюдатель может наблюдать только в той инерциальной системе отсчета, относительно которой неподвижен. Вся информация о событиях в других инерциальных системах отсчета является косвенной, и восстанавливается на основе наблюдений в выделенной системе отсчета наблюдателя. Наблюдатель наблюдает, и на основе результатов наблюдений строит предположения о том, какие должны быть преобразования пространства-времени. Наблюдатель может заметить, что все физические законы для наблюдателя, согласно его наблюдениям, всегда одинаковы. Также наблюдатель может заметить, что скорость света, при наблюдении в его выделенной системе отсчета, всегда одинакова, даже когда он изменяет свою скорость и переходит в другую систему отсчета. Наблюдатель также видит, что события, которые он наблюдает в одной системе отсчета, происходят и в других системах отсчета. На основе этого можно построить преобразования пространства-времени и соответствующую теорию. Специальная теория относительности является как раз такой теорией, потому что при обмене информации между наблюдателями в ней не предполагается информационный барьер. Назову этот тип преобразований наблюдаемыми преобразованиями пространства-времени. В рамках рассматриваемой гипотезы, преобразования специальной теории относительности являются наблюдаемыми преобразованиями пространства-времени.

Второй тип преобразования пространства-времени и полей, это преобразования пространства-времени и полей на основе состояния полей, наблюдаемых в разных инерциальных системах отсчета наблюдателями, неподвижными относительно соответствующих инерциальных систем отсчета. Из-за информационного барьера, наблюдателям невозможно получить информацию о состоянии полей, находящихся в инерциальных системах отсчета, движущимся относительно них, и напрямую сравнить эти состояния. Назову этот тип преобразований преобразованиями пространства-времени-полей.

Если имеется пространство-время, инвариантное относительно первого типа преобразований, то оно очевидно инвариантно и относительно второго типа преобразований, если в преобразованиях пространства-времени-полей не нарушаются равенства 1. Если же равенства 1 нарушаются, то очевидно, что пространство-время не может быть инвариантно относительно обоих типов преобразований. Здесь становится необходимой некоторая структура, более фундаментальная, чем пространство-время, чтобы была возможность разницы полей в разных инерциальных системах отсчета.

Допустим, есть некоторая структура, инвариантная относительно второго типа преобразований. Эта структура, как обсуждено выше, не может быть пространством-временем, она более фундаментальна. Тогда, к этой структуре не могут применяться преобразования Лоренца, так как преобразования Лоренца — это преобразования пространства-времени. Получается, сначала

применяем некоторый оператор к фундаментальной структуре. На основе результатов получаем пространство-время и поля в нужной инерциальной системе отсчета. Для того, чтобы получить пространство-время и поля в другой системе отсчета – применяем соответствующий оператор к фундаментальной структуре, получаем пространство-время и поля. Информационный барьер при этом скрывает от наблюдателей фактическую разницу в полях в разных инерциальных системах отсчета. Позже преобразования этого типа будут рассмотрены более подробно.

Гравитация и преобразования пространства-времени-событий

Применимы ли выводы, основанные на таком рассмотрении, к гравитации?

Общая теория относительности основана на пространстве-времени. Если пространство-время не фундаментально, какая-то структура более фундаментальна, то это относится и к искривленному пространству-времени и гравитации. Поэтому, следствия рассматриваемой гипотезы применимы и к гравитации.

Преобразования пространства-времени и полей

В отличие от специальной теории относительности, преобразования данной гипотезы, преобразования второго типа, меняют не только пространство-временные координаты, но и поля. Очевидно, что при отсутствии информационного барьера, когда события в разных инерциальных системах отсчета совпадают, эти преобразования тоже совпадают.

Пусть H – это множество, состоящее из координат и значений полей в некоторый момент времени t в инерциальной системе отсчета L . Пусть есть некоторая фундаментальная структура, более фундаментальная, чем пространство-время. Предположим, что H можно получить, используя следующее уравнение:

$$H = AQ \tag{2}$$

Здесь Q представляет фундаментальную структуру с неизвестными свойствами, A – оператор, позволяющий из этой структуры получить пространство и состояния полей для инерциальной системы отсчета L в момент времени t .

Пусть H' – это множество, состоящее из координат и значений полей в некоторый момент времени t' в инерциальной системе отсчета L' . Тогда

$$H' = A'Q$$

Можно ли, зная H , получить H' ? Если существует A^{-1} , обратный оператор к A , то:

$$H' = A'A^{-1}H$$

Однако, существование обратного оператора ниоткуда не следует. В рамках рассматриваемой гипотезы не видно причин, почему обратный оператор всегда должен существовать.

Если обратный оператор не существует, то это означает, что имея всю информацию о полях в одной системе отсчета, невозможно однозначно вычислить состояние полей в другой инерциальной системе отсчета.

Из этого также следует, что невозможно вычислить значения полей в точке (x', t') инерциальной системы отсчета L' зная состояния полей в точке (x, t) инерциальной системы отсчета L . Несложно заметить, что если бы это было возможно, это означало бы существование оператора A^{-1} .

Попробуем найти ответ на следующий вопрос: какой точке (x', t') в инерциальной системе отсчета L' соответствует точка (x, t) в инерциальной системе отсчета L ?

Пусть R – множество всех точек, принадлежащих пространству инерциальной системы отсчета L в момент времени t . Пусть B - оператор, позволяющий из фундаментальной структуры получить пространство для инерциальной системы отсчета L в момент времени t :

$$R = BQ$$

Для инерциальной системы отсчета L' получаем:

$$R' = B'Q$$

Тогда:

$$R' = BB^{-1}R$$

Где B^{-1} – обратный к B оператор, R' - множество всех точек, принадлежащих пространству инерциальной системы отсчета L' в момент времени t' . По тем же причинам что и ранее, нет никаких оснований требовать, чтобы оператор B^{-1} существовал. Это ведет к невозможности прямого сопоставления двух точек пространства-времени, принадлежащим разным инерциальным системам отсчета. Остается только косвенный способ – сделать такое сопоставление, чтобы минимизировать разницу в полях, для выполнения четвертого постулата гипотезы. Поэтому называю это преобразованием преобразованием пространства-времени-полей.

Написать что-то более детальное про уравнение 2 и связанные уравнения невозможно. Невозможно даже перечислить все параметры, от которых зависит оператор A . Для детального описания уравнения нужна более фундаментальная теория, которая описывает фундаментальную структуру, признаки которой видны в данной гипотезе.

Фундаментальная структура

Предположим, что рассматриваемая гипотеза верна, и есть существенная разница в полях между разными инерциальными системами отсчета. В этом случае, можно утверждать, что существует некоторая структура, более фундаментальная чем пространство-время. Эта структура должна быть более фундаментальна чем пространство-время, потому что используемые математические структуры пространства-времени не допускают разницу в событиях между разными системами отсчета. Так как известные физические поля определяются на пространстве-времени, а пространство-время не фундаментально, то и известные физические поля не могут быть фундаментальны. Тем самым, эта фундаментальная структура должна быть фундаментальной не только для пространства-времени, но и для физических полей. Назову эту структуру фундаментальной структурой пространства-времени.

Что еще можно сказать про эту фундаментальную структуру?

Уравнение 2, несмотря на то что оператор A в нем неизвестен, накладывает ряд ограничений на возможную фундаментальную структуру пространства-времени. Поиск фундаментальной структуры может свестись к тому, чтобы найти все возможные структуры, удовлетворяющие уравнению 2, и на их основе как-то выбрать подходящую. Пространство Минковского с определенными на нем полями не может быть фундаментальной структурой пространства-времени, потому что в нем невозможна разница событий в разных системах отсчета. Возможно, частью этой фундаментальной структуры является некоторое пространство, отличное от пространства Минковского. Но нельзя исключать вариант того, что фундаментальная структура пространства-времени основана на чем-то более необычном, чем топологическое пространство.

Все известные фундаментальные взаимодействия инвариантны относительно преобразований Лоренца. Если преобразования Лоренца являются лишь наблюдаемыми преобразованиями пространства-времени, в описанном выше смысле, и они отличаются от преобразований пространства-времени-полей, то все поля, инвариантные относительно преобразований Лоренца

и не инвариантные относительно преобразований пространства-времени-полей, не могут быть фундаментальными. Это дополнительный аргумент к тому, что если пространство-время не фундаментально, то никакие поля, определенные на пространстве-времени, не могут быть фундаментальными. Получается, что все четыре поля, рассматриваемые как фундаментальные, должны выводиться из фундаментальной структуры. Если, при переходе из одной системы отсчета в другую, в фундаментальной структуре имеются некоторые инварианты, то эти инварианты должны быть и в наблюдаемых полях. в фундаментальной структуре.

Для общего случая, не делая никаких дополнительных предположений о фундаментальной структуре, не получается найти инварианты в фундаментальной структуре. Предположим, что фундаментальная структура — это некоторое многообразие с определенным на нем полем, без времени и динамики. Пусть поле такое, что значение поля в каждой точке определяются значениями полей в окружающих точках. Так как времени и динамики у фундаментальной структуры нет, то нет динамики и у этого поля, как части фундаментальной структуры. Пусть связь между пространством-временем и фундаментальной структурой такова, что переходу в другую систему отсчета соответствует поворот в топологическом пространстве фундаментальной структуры, и при этом каждой точке пространства-времени в инерциальной системе отсчета соответствует некоторая точка фундаментального многообразия. В этом случае, если производить переход между инерциальными системами отсчета в некоторой точке пространства-времени, должна появляться какая-то локальная симметрия.

Действительно, производим поворот в какой-то точке фундаментальной структуры. При этом, эта точка отображается на какие-то точки пространства-времени в разных инерциальных системах отсчета. Точка в пространстве-времени, согласно описанному выше предположению, тоже остается неизменной. Значение поле на фундаментальной структуре также остается без изменений. Тогда это означает наличие локальной симметрии. При этом, симметрия является скрытой – неизменно лишь значение поля фундаментальной структуры, производные эффективные поля могут меняться. Так мы, в этой модели, можем наблюдать лишь эффективные поля, то симметрия становится скрытой.

Пусть фундаментальная структура содержит некоторое физическое поле, как было описано выше. Отсутствуют основания утверждать, что этому фундаментальному полю будет соответствовать ровно одно наблюдаемое эффективное поле. Возможно, что это поле превратится в несколько наблюдаемых эффективных полей. В любом случае, это приводит к появлению у эффективных полей локальной симметрии, симметрии к преобразованиям пространства-времени-полей. Эта симметрия может быть скрытой, потому что информационный барьер скрывает разницу в полях в разных инерциальных системах отсчета. Каждому фундаментальному полю, являющемуся частью фундаментальной структуре, можно поставить в соответствие набор наблюдаемых эффективных полей, определенных на пространстве-времени, которые ему соответствуют. Симметрией, предсказываемой данной гипотезой при описанных дополнительных предположениях, должны обладать не каждое из эффективных полей, а набор эффективных полей, соответствующих одному фундаментальному полю. Так как пространство-время также должно выводиться из фундаментальной структуры, то и пространство-время должно участвовать в скрытой симметрии. Так как всего имеется только 4 наблюдаемых поля, гравитационное, электромагнитное, слабое, сильное, то и фундаментальных полей может быть не более четырех.

Можно ожидать, что преобразования на фундаментальной структуре, соответствующие переходу из одной инерциальной системы отсчета в другую, являются непрерывными. Тогда соответствующая группа локальной симметрии также является непрерывной.

Попробуем еще уточнить свойства предсказываемой симметрии. Пространство-время не фундаментально, оно как-то выводится из фундаментальной структуры. Сильное, слабое, и

электромагнитное поле определены на пространстве-времени. Гравитационное поле это следствие искривленного пространства-времени. Из этого следует вывод, что уравнения гравитации должны обладать предсказываемой симметрией. Если на фундаментальной структуре определено только одно фундаментальное поле, то предсказываемой симметрией должна обладать комбинация из всех оставшихся трех полей.

Возможности проверки гипотезы

Возможно, что данную гипотезу можно проверить и в общем случае, без дополнительных предположений о фундаментальной структуре. Однако проверка этой возможности требует дополнительных исследований. Приведенный пример с дополнительными предположениями показывает, что в отдельных частных случаях гипотезу проверить можно.

Как было показано выше, если рассматриваемая гипотеза верна и если верны сделанные дополнительные предположения о фундаментальной структуре, то физические поля, совместно с пространством-временем, должны обладать некоторой локальной симметрией, возможно скрытой. Эта симметрия может отсутствовать на уровне какого-то одного поля, а проявляться на уровне комбинации полей и пространства-времени.

В рамках данной статьи не предсказывается вид этой симметрии. Можно найти все структуры, которые могут являться фундаментальной структурой, в которых возникает преобразование Лоренца на уровне пространства-времени и имеется возможность для разницы полей в разных инерциальных системах отсчета. Переходу из одной инерциальной системы отсчета в другую на уровне фундаментальной системы должно соответствовать некоторое преобразование. Можно ожидать, что фундаментальная система инвариантна относительно такого преобразования. Эта инвариантность означает некоторую новую локальную симметрию, предсказываемую данной гипотезой для рассматриваемой фундаментальной системы. Как уже было сказано, эта симметрия может быть скрытой. Далее, проверяем, есть ли эта симметрия в известных физических полях и пространстве-времени. Если есть, и если такая симметрия возникает только в одной из возможных фундаментальных структур, то это значит, что найдена фундаментальная структура пространства-времени и полей.

Возможен и другой подход – поискать скрытые локальные симметрии в существующих полях, которые возникают только при наличии информационного барьера. Если такая симметрия будет найдена, то это будет означать что найдена часть свойств фундаментальной структуры. Эта симметрия должна быть такой, что ей обладают все наблюдаемые физические поля. Причем, инвариантность относительно преобразований Лоренца не подходит в качестве этой общей группы симметрии, по описанным выше причинам.

Если доказать, что никаких симметрий такого типа в полях и пространстве-времени нет, то это будет означать опровержение данной гипотезы для сделанных дополнительных предположений и косвенное доказательство того, что события во всех системах отсчета совпадают.

Заключение

Рассмотрен способ решения парадокса с частицей с энергией Планка на основе предположения, что

состояние физических полей в некоторой точке пространства-времени одной инерциальной системы отсчета невозможно вычислить по состоянию полей в соответствующей точке пространства-времени другой инерциальной системы отсчета, если системы отсчета имеют ненулевую относительную скорость.

Если есть такая разница в полях в разных системах отсчета, то это может быть решением описанного парадокса – черная дыра может наблюдаться в одной системе отсчета, и отсутствовать в другой системе отсчета.

Было показано, что экспериментальные доказательства того, что в разных инерциальных системах отсчета результаты наблюдений совпадают, отсутствуют.

Рассмотрено построение пространства-времени при наличии разницы в полях в различных инерциальных системах отсчета. Рассмотрен случай, когда разница в полях стремится к нулю при стремлении разницы скоростей инерциальных систем отсчета к нулю. В рамках этой гипотезы между системами отсчета возникает информационный барьер. Также это приводит к необходимости модификации принципа причинности, и введению слабой причинно-следственной связи.

Предложено обобщение специальной теории относительности для случая, когда имеются различия в событиях в разных инерциальных системах отсчета.

При рассмотрении следствий гипотезы, не обнаружено противоречий с наблюдениями.

Наличие информационного барьера является индикатором того, что если основное предположение гипотезы верно, то должна существовать некоторая более фундаментальная структура, из которой должно выводиться пространство-время и события. Также приведены дополнительные предположения о фундаментальной структуре, при которых должна существовать локальная симметрия, которой должны удовлетворять все известные фундаментальные поля, включая гравитацию. Симметрия может быть скрытой информационным барьером.

Если гипотеза верна, то преобразования Лоренца являются преобразованиями пространства-времени только с точки зрения наблюдателя, неподвижного относительно некоторой системы отсчета.

Гипотеза предсказывает новую локальную симметрию, при некоторых дополнительных предположениях. На основе симметрии можно попытаться найти фундаментальную структуру пространства-времени и физических полей. Гипотезу со сделанными дополнительными предположениями можно опровергнуть, если доказать, что никаких симметрий предсказываемого типа не существует. Тогда это будет косвенным свидетельством того, что события в разных инерциальных системах отсчета совпадают.

Литература

1. Hawking, Stephen W. (1971). "Gravitationally collapsed objects of very low mass". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 152: 75.
2. von W. v. Ignatowsky «Einige allgemeine Bemerkungen zum Relativitätsprinzip» *Verh. d. Deutsch. Phys. Ges.* 12, 788—96, 1910