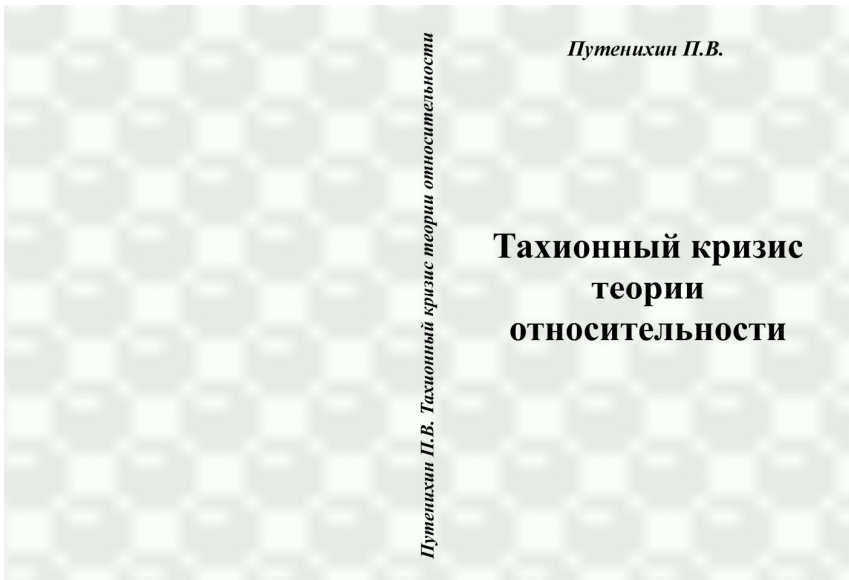


Путенихин Петр Васильевич

Тахионный кризис теории относительности



г.Саратов,
Типография "АМИРИТ"
2017 год

ББК 22.313ф, 22.314ф, 22.62ф
УДК 539, 530.12, 530.16, 530.145.1, 521.1

Путенихин П.В.

П90 Тахионный кризис теории относительности. — Саратов: "АМИРИТ", 2017. — 470 с., цв. илл.
ISBN 978-5-9500981-4-7

Расширение формализма теории относительности на сверхсветовые сигналы, тахионы приводит теорию к неизбежному краху, вынуждая её делать не просто парадоксальные, а откровенно абсурдные предсказания. Теория, предсказывающая абсурд, не может считаться научной. Тем не менее, практически все ведущие физики допускают такое расширение теории. Пытаясь обосновать это, они предпринимают попытки отказаться от нерушимости причинно-следственных связей, продвигая беспричинность на основе принципа реинтерпретации.

Приводятся доказательства абсурдности, неосуществимости многих предсказаний такой тахионной теории относительности. Демонстрируется нелогичность, противоречивость целого ряда интерпретаций, трактовок положений физических теорий, приводящих к ошибочным выводам.

В книгу включены отдельные фрагменты других книг автора: "Мнимые и реальные парадоксы теории относительности" и "Млечный Путь и темная материя".

Книга ориентирована на читателя, интересующегося вопросами теории относительности, космологии, квантовой механики и имеющего некоторые представления об этих областях знаний.

© П.В.Путенихин, 2017
putenikhin.peter@gmail.com
peter.putenikhin@mail.ru

ISBN 978-5-9500981-4-7 © Типография "АМИРИТ", 2017

Сказать хотел что книги автор

Эта глава с таким шутливым, несерьёзным названием в стиле персонажа из фильма "Звездные войны" содержит самое серьёзное, максимально эквивалентное, насколько возможно, краткое изложение содержания книги, является в некоторой степени подробной аннотацией или рефератом. Для того чтобы узнать, что же хотел сказать её автор, достаточно прочтения только этой главы и Заключения на стр.453. Этот же материал изложен вслед за этой главой, но в виде, существенно более подробном, аргументированном множестве уравнений, цитат, ссылок и рисунков, часть которых, анимации, продублированы в интернете. Такой приём выбран автором по причине того, что многие из прочитанных книг, по его мнению, содержат зачастую чрезмерно детальные описания, вызывающие желание заглянуть в конец книги: а кто же все-таки убил Билла? Надеюсь, это разумная и полезная идея, избавить читателя "от необходимости просматривать без необходимости" многоэтажные формулы и занудные доказательства, в ходе чего основная мысль, идея книги окажется размытой.

Первичным, рабочим названием книги было крах тахионной теории относительности. Но в дальнейшем это довольно громкое название было немного смягчено, заменено на кризис теории. В общем-то, термин тахионный крах или кризис можно трактовать двумя способами. Во-первых, как крах самой теории относительности, вызванный тахионами. Во-вторых, крах не теории относительности, а её клона - тахионной теории относительности, то есть, теории относительности, расширенной на сверхсветовые сигналы. В большей мере здесь обоснован и доказывается крах клона, тахионной теории, хотя квантовая нелокальность серьёзно подрывает основания и самой теории относительности.

В первую очередь следует отметить, что специальная теория относительности является теорией математической и в

этом смысле она полностью непротиворечива, её невозможно опровергнуть никакими мысленными экспериментами без того, чтобы выйти за рамки её принципов, постулатов. Лишь после того, как теорию распространили на реальный физический мир, вступил в силу критерий истинности – практика. Теперь уже теорию, её истинность может опровергнуть корректный физический эксперимент. Экспериментов, которые подвергают сомнению истинность теории, существует довольно много. Однако, в настоящее время они не признаны большинством или руководящей научной общественностью. Непризнанию способствует, видимо, и то, что экспериментальные отклонения от положений специальной теории относительности носят довольно локальный характер, не влияющий по большому счету на прикладную науку и технику. Если и есть какие-то отклонения, то их влияние незначительно.

Но, с другой стороны, мы рассматриваем как раз расширение математической теории, выходящее за рамки её постулатов. Поэтому речь о тахионном кризисе, крахе теории относительности вполне уместна. И здесь следует четко и однозначно признать: теория относительности неприменима ни к каким сверхсветовым сигналам, переносу информации, тахионам. Несовместимость досветовых постулатов теории со сверхсветовыми сигналами неизбежно ведет к возникновению разного рода парадоксов. Но это в лучшем случае, поскольку парадоксы чаще всего не являются для теории фатальными, критическими. Их известно немало, и обычно они находят своё логическое непротиворечивое разрешение в рамках теории. Но в данном случае возникают парадоксы более серьёзные – противоречия. Теория начинает делать предсказания, которые доказательны и верны, но являются взаимоисключающими. Высшей формой таких противоречий являются абсурды. Такие предсказания выглядят как весьма логичные и даже разумные. Но при детальном рассмотрении выявляются их неустранимые противоречия вплоть до нелепости. И степень абсурдности, нелепости предсказаний тео-

рии относительности в сверхсветовой области стала просто запредельной. А противоречивые и абсурдные выводы теории неизбежно означают потерю ею статуса научной теории, её крах, научная теория не имеет права делать абсурдные предсказания. Конечно, следует еще раз отметить, что по большому счету это проблема не самой теории относительности. Проблему ей создают те, кто пытаются использовать её математику за пределами области её применимости. Сверхсветовые парадоксы – это фатальная принадлежность, неустранимая собственность теории относительности. Скорость света для специальной теории относительности является границей, за пределами которой она становится ложной теорией.

Вместе с тем, реальных физических сигналов и частиц, движущихся быстрее скорости света, до настоящего момента не обнаружено. К таким сигналам не относятся ни движение светового зайчика или тени, ни точка смыкания лезвий ножиц, поскольку ни передачи информации, ни собственно движения какого бы то ни было носителя в этих случаях нет.

Следует особо отметить, что сверхсветовые фатальные, непреодолимые проблемы в теории, как отнесенной к физическому миру, так и в математическом виде возникают не только при наличии реальных сверхсветовых сигналов, но, кроме того и как ни странно, даже при наличии условных сверхсветовых носителей, которые не позволяют использовать себя для передачи информации, демонстрируя некое непредсказуемое, но строго синхронное, коррелированное поведение систем. Это нелокальность, запутанные квантовые частицы или тахионы, которые даже без возможности их приборной регистрации одним только своим наличием разрушают фундамент постулатов теории. И это уже реальная её проблема, кризис, крах. В области сверхсветовой скорости передачи сигналов не существует никакой реальной возможности примирить специальную теорию относительности и квантовую механику.

Тем не менее, с самого начала эпохи специальной теории относительности практически все ведущие физики еди-

нодушно допускают расширение математики теории на сверхсветовые сигналы, движение. Множество серьёзных статей в официальных научных изданиях посвящено рассмотрению возникающих в теории парадоксов причинности и их инициатору – тахиону. Признавая наличие и серьёзность этих парадоксов, исследователи пытаются найти способы их преодоления. Одним из самых действенных способов решения проблемы причинности оказалось отрицание обязательности самой причинности, возможность обмена местами причины и следствия и движение в обратном направлении во времени. Возникающий при этом абсурд беспричинности старательно замалчивается, отбрасывается, ретушируется. Главным инструментом такого выгораживания беспричинности стал принцип реинтерпретации, который открыто узаконил её и, по праву сам может быть назван принципом беспричинности. Но любая теория или клон специальной теории относительности, опирающиеся на инвариант скорости света, при рассмотрении сверхсветовых сигналов, в обязательном порядке, неизбежно получают машину времени и вечный двигатель, движение в прошлое с образованием парадоксов петель времени и абсурдами нарушения причинно-следственных отношений. Все они являются неотъемлемыми свойствами, принадлежностью таких инвариантных теорий.

Нельзя не заметить, что в рамках формализма таких теорий сверхсветовые сигналы, тахионы изнутри разрушают их базовый принцип инвариантности скорости света. Тахион явочным порядком, наглядно демонстрирует, что инвариант света для него невозможен. Он вынуждает делать взаимоисключающие предположения как о возможности, так и о запрете привязки к нему инерциальной системы отсчета. Исходя из принципа инвариантности скорости света, фотон в такой тахионной системе отсчета должен двигаться со скоростью света, но в этом случае из любой внешней системы он будет иметь, по меньшей мере, скорость этой тахионной системы. А в случае двух тахионных ИСО, движущихся относительно друг друга со скоростью света, а для них это допу-

стимо, каждая из них сможет увидеть в другой фотон или фронт луча света в неподвижном, застывшем состоянии!

С другой стороны, у тахиона можно обнаружить собственную скорость одновременно как предельно близкую к скорости света, так и бесконечно большую. Тахион пока не обнаружен, что вполне допускает рассматривать его как носителя такой же неуловимой квантовой информации. Вместе с тем, даже их неуловимость, как показано далее, позволяет в конкретном и корректном физическом эксперименте мгновенно синхронизировать часы в пространственноподобно разнесённых ИСО. Так же возможны эксперименты, самым явным образом демонстрирующие синхронность хода всех часов, разрушающие главный вывод теории относительности – преобразования Лоренца. И, что очень важно, – это совершенно неуловимый, реально не регистрируемый тахион, носитель квантовой информации. Тем не менее, его неуловимость, неуловимость носителя квантовой информации позволяют в конкретном физическом эксперименте измерить его скорость, скорость передачи квантовой информации между запутанными частицами. В одном из таких проведенных экспериментов у него обнаружена скорость, которая оказалась на много порядков выше скорости света. В книге рассмотрен еще один из вариантов подобного эксперимента и установка для измерения скорости переноса квантовой информации, отождествляемой со скоростью некоего её носителя, которым может быть тахион.

Сверхсветовая скорость обмена запутанных частиц квантовой информацией невольно порождает идею сверхсветовой передачи информации, сверхсветового телеграфа или телепортации. Однако, это невозможно, в том числе, вследствие запрета на клонирование квантовой частицы. Если бы клонирование было возможно, то создание нескольких копий частицы позволило бы точно определить её состояние и, тем самым, узнать состояние её парной, удалённой частицы. Всё, что позволяет квантовая механика, это телепортация произвольного состояния частицы. В этом процессе у полу-

чателя частица имеет одно из нескольких случайных состояний, получить из которых состояние исходной частицы можно только унитарными преобразованиями с использованием классической, досветовой информации от передающей стороны.

В процессе квантовой телепортации используются так называемые чистые запутанные состояния Белла. В литературе обычно описывается процесс с использованием одного из четырех возможных таких состояний. Поскольку описание телепортации практически всегда довольно краткие, в книге рассмотрен этот процесс максимально подробно. Вполне обоснованно можно считать, что сама процедура явилась просто неожиданным аналитическим решением в рамках квантовой информатики. Поскольку практически все её выражения, уравнения не содержат параметров времени и расстояния, то было обнаружено решение, описывающее передачу мгновенно и на любое расстояние некоторого состояния кубита. Кубит – это квантовый бит, состояние которого описывается волновой функцией.

Чистые состояния Белла, как показано, являются равноценными и с помощью унитарных, неразрушающих преобразований могут переходить друг в друга. Далее приведены аналитические выкладки процесса телепортации с использованием всех этих состояний Белла. Унитарные преобразования реализуются с помощью так называемых квантовых гейтов или операторов. В установке телепортации, в частности, использованы гейты Адамара (H), CNOT (контролируемая инверсия), NOT-гейт (X) и гейт фазового сдвига, поворота $Z = P(\pi)$. После получения телепортируемого кубита, его обрабатывают тем или иным гейтом, в зависимости от двух битов дополнительной классической информации. В результате принятый кубит переходит в то же состояние, которое имел отправленный, телепортируемый кубит. Понятно, что исходный кубит оказывается разрушенным.

Пожалуй, самым интересным является CNOT-гейт. Рассмотрены несколько примеров его использования, в

частности, получение с его помощью запутанных состояний. Определить, что частицы находятся в запутанном состоянии, можно путем факторизации, то есть, разложения их волновой функции на тензорное произведение двух волновых функций независимых кубитов. Для запутанных частиц такое разложение невозможно.

Как известно, сверхсветовые парадоксы, парадоксы причинности и петель времени возникают в теории относительности только между движущимися ИСО. Это её неустранимое свойство, которое отсутствует в классической физике Ньютона. Причем парадоксы возникают, как отмечено, даже если нет реально регистрируемого переноса классической информации. Иначе говоря, квантовая запутанность, нелокальность может предоставить данные, полностью несовместимые с теорией относительности, то есть, нет и быть не может никакого "мирного сосуществования" квантовой механики и специальной теории относительности без того, чтобы отказаться от причинно-следственных связей и закона детерминизма, что, в свою очередь, ведёт в магию, мистику или религию и "тонкие миры".

В соответствующих экспериментах такая неуловимость квантовой информации, невозможностью передачи ею классической информации может быть в некоторой степени обойдена. Квантовые нелокальные кубики, использующие механизм запутанности, явно демонстрируют некоторое подобие сверхсветовой передачи *классической* информации. Действительно, в двух ИСО наблюдаются реальные, физические показания индикаторов, высвечивающиеся мгновенно одновременно. Это определёнno классическая информация, перенос показаний счётчика из одной ИСО в другую. Её можно увидеть, сфотографировать и, если индикатор позволяет, даже потрогать. Использование таких кубиков в эксперименте позволяет показать, что движущиеся часы идут синхронно с неподвижными. Рассмотрены несколько мысленных экспериментов с участием трех ИСО, из которых одна – лабораторная, неподвижная, средняя система отсчета. Ре-

зультаты строго логично демонстрируют абсурдные, взаимоисключающие предсказания теории относительности при сверхсветовом обмене информацией. Вопреки формализму специальной теории относительности становится возможной сверхсветовая синхронизация часов, демонстрируется синхронность хода часов, опровергающая преобразования Лоренца, и, более того, рассматривается совершенно абсурдная ситуация, когда теория строго в соответствии со своим формализмом делает взаимоисключающие предсказания: сеанс связи между двумя ИСО был, но такого сеанса не было.

Казалось бы, противоречие, несовместимость квантовой механики и теории относительности явно, определенно, однозначно показывают, что теория относительности неприменима к сверхсветовым сигналам и тахионам. И, тем не менее, попытки такого её применения продолжаются. Появляются клоны теории относительности вроде тахионной механики, опирающиеся на всё тот же антинаучный принцип реинтерпретации, принцип беспричинности. Однако, как и следовало ожидать, внимательный, тщательный анализ таких теорий неизбежно приводит к выводу всё о том же нарушении причинности, машинах времени, вечных двигателях, абсурдах петель времени. Принцип реинтерпретации традиционно и старательно создаёт события, которых физически не было, и демонстрирует у участников сверхсветовых, тахионных экспериментов амнезию с неожиданным просветлением.

Но такие сверхсветовые абсурды теории относительности не являются чем-то уж особо уникальным. Если внимательно рассмотреть другие физические и космологические гипотезы, теории современности, то можно заметить и в них определенные сверхсветовые странности. В каждом случае их объяснение имеет свои особенности. Например, космологическое расширение Вселенной явно требует признания, что галактики на краю её видимости удаляются от нас со сверхсветовой скоростью. Собственно, край видимости или горизонт Вселенной этим и обусловлен – свет от сверхсветового объекта просто не может достичь нас, ведь, формально, это

мы удаляемся от этого источника со сверхсветовой скоростью. Казалось бы, проблем быть не должно, ведь галактики не движутся, это пространство, расширяясь, создает иллюзию движения. Ан, нет! Ускоренное расширение Вселенной явочным порядком обозначило именно механическое движение галактик и даже предложило для этого физическую субстанцию, расталкивающую галактики, – темную энергию. Это разбегание галактик таково, что примерно через миллиард лет начнется угасание даже реликтового излучения. Но и здесь возникла, если можно так сказать, нестыковка. Основание, послужившее для констатации ускоренного движения, оказалось сомнительным, спорным. Если трактовать буквально, исследовать аналитически пониженную яркость свечения сверхдальних галактик, то придется признать – Вселенная расширяется с *замедлением*. Это весьма серьезное заявление, ведущее к массе таких же серьезных опровергающих последствий. Если Вселенная замедляет расширение, то нужна ли темная энергия? Видимо, нет. Тогда возникает ещё одно следствие – средняя плотность вещества уменьшается на эти темные 75%, которые стали ненужными. А это означает, что критическая плотность материи уже не достигается. Согласно разным наблюдениям, наша Вселенная является плоской, евклидовой. Но при такой плотности, согласно общей теории относительности, она должна расширяться ускоренно! Возникает порочный круг – Вселенная, которая, согласно общей теории относительности, должна расширяться ускоренно, согласно этой же теории расширяется замедленно.

Но если гипотеза о темной материи выглядит излишней, то, может быть, и с темной материей дела обстоят не лучше? И действительно, одним из аргументов в пользу наличия такой материи являются кривые вращения галактик. Всё вроде бы логично и сходится – при наличии этой материи звёзды галактик теперь уже не смогут с имеющимися скоростями вылететь за её пределы. Но и здесь обнаружилась странность. Если рассмотреть кривые вращения звёзд нашей галактики

Млечный Путь, то возникают некоторые расхождения, явные противоречия. Как известно, звёзды галактики образуют несколько рукавов, выделенных групп звёзд. Но при такой кривой вращения эти рукава в принципе образоваться не могли. Всего пару оборотов назад при таких скоростях движения они обязаны были быть закручены в противоположную сторону. А через пару оборотов в будущем рукава вообще сольются в один сплошной диск. Картина весьма противоречивая, если учесть, что галактика существует миллиарды лет, а такое парадоксальное закручивание почему-то происходит именно в наши дни.

Но и это не всё. При раскручивании на математической модели рукавов галактики в прошлое вдруг обнаружилось, что в какой-то момент в прошлом они были... прямолинейными. Более того, начала этих рукавов от центра галактики странным образом совпадают с концами перемычек, балджей. Явно напрашивается предположение, что рукава могли быть образованы джетами от двух Черных дыр. Дальше – больше. Если взять в точности прямолинейные рукава-джеты, то можно сформировать такую кривую вращения, предельно близкую по форме к наблюдаемой, с которой через пару сотен миллионов лет вращения эти рукава приобретут форму, которую галактика имеет в наши дни. Конечно, предположить, что нашей галактике меньше миллиарда лет, вряд ли возможно, но результаты довольно корректных вычислений выглядят крайне странно.

Все это означает, видимо, только одно – основание для вывода о наличии тёмной материи в нашей галактике выглядит тоже крайне сомнительно. Нужна ли тёмная материя, которая формирует столь парадоксальные кривые вращения? Если нет, то плотность вещества Вселенной возвращается к плотности барионной материи.

Помимо странностей этих двух тёмных субстанций, в космологии и общей теории относительности есть и другие сомнительные трактовки. Например, гипотеза о голографической Вселенной. Да, это, конечно, весьма интересная идея в

стиле "Матрицы" (фантастический художественный фильм), в которой, видимо, всем мы – компьютерная симуляция. Только основания для такой гипотезы также выглядят противоречиво. В её основе, насколько известно, лежат исследования по энтропии и информации Черных дыр. Был получен вывод, что информация и энтропия, содержащиеся в Черной дыре, численно равны площади её горизонта событий, измеренной в планковских площадях. Другими словами, если измерить площадь горизонта событий "квадратиками" со стороной, равной планковской длине, то мы получим величину, пропорциональную энтропии или информации.

Но возникает противоречие, абсурд. Если рассчитать эти параметры для двух одинаковых Черных дыр, то обнаружится, что они не равны параметрам Черной дыры, образованной слиянием этих двух. Очень напоминает анекдот о двух стаканах вина, которое поместилось в одном стакане. Куда делись или откуда взялись дополнительные энтропия и информация после слияния?

Если же продолжить рассуждения о Черных дырах, то можно обнаружить ещё одно весьма неясное обстоятельство. Вращающаяся Черная дыра Керра не имеет права на существование. Действительно, если она вращается, то падающие на неё часы должны вращаться. Но при этом они должны... остановиться на горизонте. Говорить о вращении остановившихся часов – это высказать абсурд. Но, с другой стороны, и остановка хода часов на горизонте сверхмассивной Черной дыры также выглядит не вполне достоверно. Гравитационный потенциал на горизонте событий достаточно большой сверхмассивной Черной дыры может быть меньше, чем на поверхности Земли. В этом случае нет никаких серьёзных препятствий, чтобы уйти из-под горизонта или отправить оттуда наружу радиосигнал.

Помимо противоречивости понятия горизонта событий Черной дыры можно обнаружить не меньшие противоречия и в понятии сингулярности. Вычисления показывают, что в момент коллапса нейтронной звезды её радиус с высокой

точностью *совпадает* с радиусом образовавшейся Черной дыры. Это значит, что её вещество не обязано стремительно падать куда-то к центру, оно и так уже недоступно для наблюдения извне. Кроме того, величина гравитации на её поверхности на много порядков меньше ядерных сил. Становится странным, что для образования атомного ядра требуются громадные силы, а для "перепрыгивания" через процесс ядерного образования достаточно гравитационной силы, ничтожно малой по сравнению с ядерными.

Все эти сингулярные трактовки опираются на гипотезу о фермионном газе, который каким-то загадочным образом нивелирует силы ядерного взаимодействия. Можно отнести эту гипотезу к последствиям традиционного метода физики – трактовке каких-либо явлений или формализма. Все подобные трактовки можно признать источником последующих, зачастую противоречивых, парадоксальных выводов. Трактовка – это, по сути, некое условное, постулятивное, директивное описание этих явлений: просто назначаем, что это происходит так-то и так-то. В этом случае неточности весьма вероятны.

В качестве еще одного примера такой неточности в трактовке можно привести парадокс Эренфеста. Принято считать, что раскрутить колесо без деформации невозможно, поскольку обод его должен сократиться, а спицы, радиус колеса должен остаться неизменным. Однако, прямые детальные вычисления показывают, что спицы или диск колеса сокращаются при такой раскрутке точно так же, как и его обод. Причем, все эти вычисления произведены строго в соответствии с теорией относительности. Получается, что теория относительности однозначно и непротиворечиво описывает процесс такого раскручивания, а парадокс Эренфеста является на самом деле просто рядовой задачей теории.

Такие выводы, неожиданные на первый взгляд, можно сделать и в отношении ещё одного явления – гравитационного самоускорения. Оно непосредственно следует из формализма теории относительности, второго постулат об ограниченности

скорости передачи информации. Согласно этому постулату, скорость распространения гравитации, гравитонов, фронта гравитационного потенциала также не превышает скорости света. Традиционный пример в документальных фильмах утверждает, что в случае исчезновения Солнца на Земле об этом будет известно только через 8 минут. Как следствие такой ограниченности скорости распространения, возникает эффект самоускорения движущегося массивного тела. Его передние части, удаляясь, уменьшают силу притяжения задних частей, в результате чего возникает дисбаланс сил и всё тело приходит в ускоренное движение. Правда, величина этого ускорения ничтожно мала.

Таким образом, базовый принцип специальной теории относительности, инвариант скорости света приводит к целому ряду парадоксальных явлений, если формализм теории относительности расширяется на сверхсветовые сигналы, на тахионы. Кроме этого, возникают и другие заметно парадоксальные явления в смежных научных направлениях, на первый взгляд непосредственно не связанные с такими сигналами, хотя и демонстрирующие некоторое подобие сверхсветового движения. Есть веские основания предположить, всевозможные парадоксы рождаются в первую очередь в результате разного рода трактовок, интерпретаций, моделирования, которые можно рассматривать как общий источник всех этих парадоксов. Сделанные при этом допущения, отбрасывание каких-то важных, по всей видимости, но не замеченных обстоятельств и приводит к таким парадоксальным, противоречивым отклонениям. Видимо, все-таки имеет смысл контролировать такие отклонения с позиции банального здравого смысла, подвергая в дальнейшем возникшие сомнения более детальному аналитическому исследованию. Но в любом случае следует решительно и последовательно придерживаться закона детерминизма, нерушимости причинно-следственных отношений. Никакие путешествия в прошлое, петли времени и опережающая причинность в научной или реалистичной гипотезе присутствовать не могут. Под

этим углом в книге рассмотрено и ещё одно, крайне интересное явление – парадокс оракула.

Надо решительно признать, что никакое реальное, действительное предсказание, пророчество невозможно без прямого его наблюдения. Любой другой вариант пророчества может быть только прогнозом, догадкой, неким вычислением. Никакие ссылки на интуицию не могут скрыть эти различия. Но прямое наблюдение будущего события возможно лишь при посещении этого будущего, еще не наступившего времени. Само по себе переход в будущее явных парадоксов времени не создаёт. Парадоксы могут возникнуть лишь при обратном движении, в точку отправки, в которой оракул и делает предсказание. И здесь можно провести параллель между тахионными парадоксами теории относительности и феноменами пророка, оракула – всё это парадоксы движения в прошлое. И в том и в другом случае возникают неразрешимые противоречия, абсурды.

Создание, рождение реального пророчества как информации, взятой непосредственно из будущего, требует какого-то иного его механизма. Как одна из возможных гипотез рассмотрена способность мозга объединяться в некую нелокальную мыслительную сеть, консолидацию множества сознаний людей, в том числе и с другими биологическими объектами, обладающими, по меньшей мере, хотя бы примитивной нервной системой. Такое объединение напоминает своеобразный всепланетный муравейник, пчелиный рой, способный производить сложнейшие прогностические вычисления. При этом вполне допустимо, что помимо таких вычислений это объединение способно некоей мыслительной энергией приводить в движение вполне осязаемые, материальные, вещественные образования. Такие образования, вполне возможно, могут проявляться в целом ряде других уникальных явлениях: телекинез, телепатия и даже НЛЮ или хрономиражи. Конечно, это выглядит как крайне фантастическая гипотеза, но она, несомненно, лучше мистических трактовок.

Очевидно, что все рассмотренные возражения против парадоксов и противоречий теорий непосредственно не являются доказательством или обоснованием друг друга. В той или иной степени все их объединяет несомненный запрет на любые перемещения во времени и нерушимость причинно-следственных отношений, запрещающих такие перемещения. Именно это обстоятельство и приводит тахионную теорию относительности к краху. Теория, которая в том или ином виде допускает нарушение причинности, не имеет права считаться научной, это лженаучная теория. Закон детерминизма и причинно-следственные отношения, как считается, не имеют строго научного доказательства. Но это не вполне верно. Таким доказательством следует считать метод доведения до абсурда. И действительно, нарушение причинно-следственных связей в сверхсветовой, тахионной теории относительности самым явным, наглядным образом приводит не просто к парадоксу или противоречию, а к полному и однозначному абсурду, что и следует считать доказательством нерушимости причинно-следственных отношений, при которых всегда причина предшествует следствию.

Частные варианты незамкнутых петель времени следует отнести к классическому случаю подтверждения правила, хотя, по большому счету, вряд ли следует рассматривать как исключение из правила.

декабрь 2004 - октябрь 2017

1. Кризис теории относительности

По определению, кризис, выведенный в название книги, обозначает переворот, перелом, переходное состояние, при котором существующие средства достижения целей становятся неадекватными, в результате чего возникают непредсказуемые ситуации. Кризис отражает скрытые конфликты и диспропорции. В науке это ситуация, в которой научное сообщество ставит под сомнение концептуальные основания парадигмы научного исследования. Понятно, что в таком контексте заявление о кризисе одной из самых успешных физических теорий современности выглядит весьма неестественно. Тем не менее, даже это заявление, вынесенное в название книги, является смягчением, эвфемизмом другого термина, заложенного в рабочем названии книги: *тахсионный крах* теории относительности.

В настоящее время теория относительности по праву считается и является одной из ведущих, главенствующих физических теорий современности. Её авторитет настолько велик и общепризнан, что никакая другая физическая теория, стремящаяся получить научное признание, не может ей противоречить. По этой причине и квантовая механика, ещё одна из главенствующих физических теорий современности, в обязательном порядке учитывает положения специальной теории относительности. Фактически полностью на математике общей теории относительности построены современная космология, астрофизика. Претендующие на звание физической Теории Всего теория суперструн и её последовательное развитие, М-теория, также включают в свой формализм базовые положения специальной теории относительности об инварианте скорости света. Фактически этот принцип специальной теории относительности, один из её постулатов стал обязательной компонентой любой реалистичной физической теории.

На этом фоне любые критические замечания в адрес

теории относительности выставляются как бессмысленные и безуспешные попытки непрофессионалов, не имеющие никаких шансов на признание научной общественностью. Кроме того, большинство из этих критических аргументов, выкладок, доказательств даже с формальной точки зрения всегда содержат внутренние противоречия. Фактически критики пытаются опровергнуть не собственно теорию относительности, а некоторую собственную её модификацию, имеющую с исходной теорией лишь внешнее сходство [120]. Никакой мысленный, читай: математический, эксперимент не может опровергнуть теорию, имеющую строгое математическое доказательство. А специальная теория относительности является именно такой теорией – математической.

Но в чем же тогда состоит провозглашенный тахионный крах теории? Словарное значение термина "крах", в конечном счете, сводится к полному провалу, полной неудаче, неуспеху, банкротству, несостоятельности. В этом смысле тахионный крах теории относительности также означает полную несостоятельность теории в её тахионном расширении. Общепринято считать, что любая научная теория, стремящаяся и способная получить некоторое истинное знание, должна опираться на научный метод, каковым, несомненно, является метод проб и ошибок [127].

Только бесконечная цепь гипотез, интуитивных представлений, подвергаемая критическому контролю практики, эксперимента, способна выявить, обнаружить объективные, истинные закономерности природы. При этом следует отдавать себе отчет, что наука сама по себе основана на вере, которая мало чем отличается от веры религиозной:

"То, что наука основана на вере, которая качественно не отличается от веры религиозной, признают и сами ученые" [132].

"...по сути, любое знание основывается на вере в исходные предположения (которые берутся априори, через интуицию и которые невозможно рационально прямо и строго доказать), - в частности, в следующие:

- (i) наш разум может постигать реальность,
- (ii) наши чувства отражают реальность,
- (iii) законы логики" [102].

Несомненно, признание познаваемости мира является первым и главным условием любого научного исследования. И, соответственно, для такого исследования основным инструментом является аппарат формальной логики. Это логика самого нижнего, базового, фундаментального уровня, она является основой всех других классов логик так же, как бинарное исчисление является самой простейшей, первичной основой всех исчислений (с другими основаниями). Проще формальной логики невозможно помыслить ничего более. Все рассуждения и логические построения, в конечном счёте, основываются на этой базовой, основной логике, сводятся к ней. Отсюда неизбежен вывод, что любые рассуждения, построения в своей основе не должны противоречить формальной логике. Логика это:

1. Наука об общих законах развития объективного мира и познания.
2. Разумность, правильность умозаключений.
3. Внутренняя закономерность" [83].

Логика – это "нормативная наука о формах и приемах интеллектуальной познавательной деятельности, осуществляемой с помощью языка. Специфика *логических законов* заключается в том, что они представляют собой высказывания, истинные исключительно в силу своей логической формы. Иными словами, логическая форма таких высказываний обуславливает их истинность безотносительно конкретизации содержания их нелогических терминов" [31].

Среди ответвлений логических теорий отметим неклассическую логику - квантовую логику, предполагающую нарушение законов классической логики в микромире. Нарушение законов формальной логики выводит её за рамки научной теории. Наиболее общей, полной версией формальной логики следует считать диалектическую логику, логику "противоречий":

"Диалектическая логика – это *философия, теория истины* (истины-процесса, по Гегелю), тогда как другие "логики" - специальный инструмент фиксации и воплощения результатов познания. Инструмент очень нужный (скажем, без опоры на математико-логические правила исчисления высказываний не заработает ни одна компьютерная программа), но все-таки – специальный.

... Такая логика изучает законы возникновения и развития из единого источника различных, порой лишенных не только внешнего сходства, но и противоречивых явлений. Более того, для диалектической логики *противоречие* заложено уже в самом источнике происхождения явлений. В отличие от формальной логики, налагающей запрет на подобное в виде "закона исключенного третьего" (или А или не-А - *tertium non datur*: третьего не дано). Но что поделаешь, если свет уже в своем основании – свет как "истина" - представляет собой и волну, и частицу (корпускулу), "разделить" на которые его невозможно даже в условиях самого изолированного лабораторного эксперимента?" [74].

За внешним расхождением формальной логики и логики диалектической стоит ограниченность определений, принимаемых за полные, однозначные. Также следует отметить ставшие модными нападки на так называемый здравый смысл. В аристотелевском значении это способность постигать свойства объекта посредством использования других чувств. В распространенном смысле означает убеждения, мнения, практическое понимание вещей, свойственные "среднему человеку", а в разговорном смысле как хорошее, аргументированное суждение.

Первоначально здравый смысл рассматривался как составная часть умственной способности, функционирующей чисто рациональным образом, как приблизительный синоним логического мышления [48].

Альберту Эйнштейну приписывают такое нестрогое, бытовое определение здравого смысла: "Здравый смысл есть

набор предубеждений, который мы приобретаем по достижении восемнадцати лет" [112].

Каким бы критичным ни было отношение к здравому смыслу, следует отдавать себе отчет, что именно здравый смысл требует от нас руководствоваться научным методом и формальной логикой. Не отвергай здравый смысл, иначе он тебе изменит. Лишь противоречие логике в построениях может служить основанием для признания ошибочности, незавершенности выводов или их абсурдности. Как справедливо заметил Юрий Скляр, объяснение реальным фактам нужно искать с помощью логики и здравого смысла, какими бы странными, непривычными и "ненаучными" ни казались на первый взгляд эти объяснения.

Вместе с тем, всё это касается методологии, инструментов, используемых научной теорией в процессе исследований. Сама по себе методология может обнаружить слабость теории, но не ведёт её непосредственно к краху, не делает очевидным её несостоятельность. Специальная теория относительности в первую очередь была знаменита именно тем, что делала парадоксальные, не логичные на первый взгляд предсказания, отвергающие здравый смысл. Парадокс:

1. мнение, суждение, умозаключение, резко расходящееся с общепринятым, противоречащее "здравому смыслу" (иногда лишь на первый взгляд);
2. неожиданное явление, событие, не соответствующее привычным представлениям;
3. в теории множеств и формальной логике - противоречие, возникающее при всяком отклонении от истины.

В логике противоречие синонимично термину "антиномия" - противоречие в законе - так называют любое рассуждение, доказывающее как истинность тезиса, так и истинность его отрицания (антитезиса). Нередко Парадокс возникает, когда два взаимоисключающих (противоречащих) суждения оказываются в равной степени доказуемыми. Термин возник в античной философии (Платон, Аристотель) для характеристики нового, необычного, оригинального мнения.

Он может проявляться как в научной теории, так и в обычных жизненных рассуждениях, при этом парадокс выглядит как отрицание некоторого мнения, кажущегося "безусловно правильным".

Поскольку оригинальность высказывания воспринять гораздо проще, чем разобраться в его истинности или ложности, то парадоксальные высказывания часто воспринимаются как свидетельства независимости и самобытности выражаемого субъектом мнения, особенно если оно имеет четкую афористическую форму. Если возникает задача выявления источника парадокса и нахождения способа его устранения, то анализ парадоксальных высказываний и ситуаций показывает, что чаще всего они возникают при распространении на целое закономерностей, установленных для его частей" [105].

Как видим, понятие парадокса в современном представлении выглядит довольно мягким, предполагающим некие приемлемые средства для их преодоления. Более того, парадоксы зачастую трактуются в пользу теории, как её загадочность, скрывающую пока непонятые явления. В отношении специальной теории относительности в её первоначальной формулировке все парадоксы, например, наиболее известный из них парадокс близнецов, оказались иллюзорными, все они нашли своё строго логичное, математическое объяснение. К более сложной, даже жесткой форме парадокса можно отнести противоречие:

"В формальной логике - пара противоречащих друг другу суждений, т. е. суждений, каждое из которых является отрицанием другого. Противоречием называется также сам факт появления такой пары суждений в ходе какого-либо рассуждения или в рамках какой-либо научной теории" [115].

"Мысль или положение, несовместимое с другим, опровергающее другое, несогласованность в мыслях, высказываниях и поступках, нарушение логики или правды" [117].

"... логическая ситуация одновременной истинности двух взаимоисключающих определений или высказываний

(суждений) об одном и том же. В формальной логике противоречие считается недопустимым согласно закону противоречия" [116].

Противоречие и парадокс в определенном смысле схожи как явления, противоречащие общепринятым взглядам. Однако, требование непротиворечивости – это более жесткое требование к теории. Теория, которая делает противоречивые предсказания, не может считаться научной. Противоречие следует рассматривать как запрещенное, невозможное, абсурдное логическое построение, необъяснимое с позиции здравого смысла и логики.

Уже одно только наличие противоречий в теории приводит её к научному краху, их наличия достаточно для признания теории ошибочной, ложной. Именно к таким предсказаниям, противоречиям приходит специальная теория относительности при расширении её на сверхсветовые движения, тахионы. Более того, высшей, предельной формой противоречий является абсурд:

"Нечто нелогичное, нелепое, противоречащее здравому смыслу.

- Абсурдным считается выражение, которое внешне не является противоречивым, но из которого все-таки может быть выведено противоречие.

- Абсурдное высказывание осмысленно и в силу своей противоречивости является ложным. Логический закон противоречия говорит о недопустимости одновременно утверждения и отрицания.

- Абсурдное высказывание представляет собой прямое нарушение этого закона. В логике рассматриваются доказательства путем *reductio ad absurdum* ("приведения к абсурду"): если из некоторого положения выводится противоречие, то это положение является ложным" [19].

"...понятие абсурда означало у греков логический тупик, то есть место, где рассуждение приводит рассуждающего к очевидному противоречию или, более того, к явной бессмыслице и, следовательно, требует иного мыслительного

пути ⁵. Таким образом, под абсурдом понималось отрицание центрального компонента рациональности — логики" [30].

Насколько обосновано выбранное название книги? Выражаясь экзотически витиевато, не является ли оно своеобразным научным эпатажем, фиглярством, оксюмороном, пусть даже и слегка смягченными, но с некоторым налетом пафоса? Вряд ли будет хорошим утешением назвать научной смелостью вызов, брошенный одной из ведущих физических теорий современности.

Понятно, что эти ироничные и, надеюсь, заметные самокритичные оценки своеобразного геральдического девиза книги не освобождают от обязанности доказать правомерность такого вызова: тахионные противоречивые предсказания теории относительности приводят теорию к научному краху. Они не имеют разрешения, достигнув уровня абсурда. Зачастую даже постановка задачи, описание сути противоречия сталкивается с трудностями. Как объяснить то, что даже сформулировать не удаётся? В основу аргументации следует положить фундаментальные философские принципы, нарушение которых ведет к безусловному научному отвержению любой самой красивой и признанной большинством голосов теории.

Тахион и детерминизм

Можно легко обнаружить, что некоторые ведущие физики современности относятся к философии с откровенным скептицизмом. Делаются заявления едва ли не о вреде, который философия наносит физике. Или, как минимум, о неприменимости философия в физических исследованиях. Философия мертва. Там где начинается философия, физика заканчивается. И тому подобное. Кстати, можно обнаружить весьма забавную ситуацию, если заменить в приведенных утверждениях философию на её смысловое содержание.

Но насколько справедливы эти претензии? Если внимательно присмотреться к этим же скептическим физикам —

философам, можно заметить, тем не менее, их явную, очевидную приверженность материализму, который в их взглядах имеет просто несколько наивный вид. Критикуя философию, например, Хокинг, фактически дает прямой ответ на Основной Вопрос Философии, вероятно, даже не осознавая этого: что первично: дух или материя. При этом он совершает уже давно известную ошибку: нет и быть не может никаких доказательств как наличия бога, так и его отсутствия. Есть только одна возможность: принять это на веру, как данность, как постулат, как догму.

Каким бы сильно верующим ни был ученый, в своих исследованиях он, тем не менее, практически никогда не использует "гипотезу о боге". Все явления в его рассуждениях имеют определенно естественный характер, не связанный ни с каким Высшим Разумом, Творцом. И здесь возникает опасная ситуация. Отказывая философии в праве быть фундаментом мировоззрения, ученый рискует впасть в мистику. Или, в лучшем случае, в религиозный догматизм.

Множество научных явлений, экспериментальных данных оказываются крайне сложными в логическом объяснении, описании. Например, та же квантовая нелокальность. Содержание ее прямо означает: между частицами нет и быть не может взаимодействия, поскольку это противоречит теории относительности. Однако, сверхсильная корреляция – это экспериментально установленный факт. Частицы *как бы передают* друг другу информацию. Чтобы спасти теорию от парадокса, противоречия с теорией относительности, делается компромиссное заключение, что между частицами нет *материального* взаимодействия, поэтому теория здесь ни при чем. Хорошо, тогда что здесь "при чем"? Нелокальность – это просто формула, позволяющая избежать *объяснения* этого явления, хотя куда более разумным следовало бы считать, что здесь происходит обмен тахионами, которые просто пока еще не обнаружены физически.

И все было бы хорошо, но тахион явно плохо вписывается в формализм СТО. Видимо, это главная, если не един-

ственная причина многочисленных попыток распространить на тахион формализм специальной теории относительности. Множество статей на эту тему имеют форму окончательного решения вопроса: тахион – это релятивистская частица, к ней применимы все положения специальной теории относительности. Но тщательный анализ их все-таки вызывает множество возражений.

Вот здесь и следует вспомнить о философском мировоззрении. Одним из важнейших законов, можно даже сказать, постулатов и даже догм философии, *безусловно*, является Закон детерминизма. Не будет чрезмерным провести параллель: формально это абсолютно то же самое, что и литературные фатализм, судьба, фатум. Да, ничто в Природе не происходит Случайно. Есть только один неизбежный и неотменимый закон всеобщего детерминизма.

Здесь, как можно предположить, появится множество возражений несогласных критиков, классиков теперь уже философии, убежденных и прекрасно владеющих её формализмом. Вполне вероятно, будут приводиться потоки философских категорий и законов, в том числе и экспериментально обнаруженные физические явления. Но в рамках предлагаемого исследования закон всеобщего детерминизма является главным, фундаментальным доводом. Ни доказать, ни опровергнуть его невозможно по определению. Он проистекает из другого, еще более фундаментального закона природы о первооснове, в каком-то смысле материалистической формулировки ответа на основной вопрос философии. Звучит он так: Материя существует. Все, что мы наблюдаем, можем наблюдать в принципе или в принципе непосредственно наблюдать не можем – все это без исключения есть формы Материи как первоосновы всего сущего. Главным, самым фундаментальным свойством Материи является ее *существование*. Материя – это то, что обладает способностью существовать. Материя – это то, что существует. Главное после существования свойство материи – это её изменчивость. Изменчивость тождественна движению материи. В

процессе движения, изменения материи она проявляет себя в различных видах, формах: вещество, поле, энергия, и свойствах: пространство, время. Следует различать материю и вещество - это разные понятия. Хотя с греческого материя и переводится как "вещество", но в более глубоком смысле следует различать эти понятия. Вещество - это проявление материи, одна из форм её существования, движения, изменения.

Ничто в природе не может существовать, не будучи материальным. Поэтому формула "Материя существует" является единственным последовательным и фундаментальным описанием Реальности:

Материя - все, что существует:

Окружающая действительность.

Все, что существует – Материя:

Атом.

Все, что не материя, не существует:

Идея, Пространство, Время.

Все, что не существует, не материя:

Ничто. Ненаблюдаемое в принципе.

Из этой краткой формулы происходят множество следствий. Во-первых, к Материи неприменимо такое понятие как "конечна". То есть, Материя не имеет пределов и границ ни во времени, ни в пространстве. Правда, нужно уточнить, что то время и то пространство, которые мы регистрируем нашими органами чувств, это вещественные пространство и время, это те пространство и время, которые Эйнштейн с Минковским соединили в релятивистское "пространство-время". Для Материи эти понятия производны от ее бесчисленных свойств.

Непосредственно из свойств бесконечности Материи следует отсутствие у нее первопричины. Нет и быть не может самой первой причины, поскольку у вечности нет начала. Но что же тогда означает Большой Взрыв? Все просто: это не взрыв Материи или мистической сингулярности, это одно из ее рядовых преобразований, приведшее в некоторый вполне *определенный момент* ее, материального времени, в некото-

ром вполне *определенном месте* ее материального объема к возникновению ее вполне *определенного материального состояния*, которое мы и называем – Вселенная. Никаких возникновений из Ничего Нигде и Никогда.

А из этого прямо и следует, что любое событие имеет бесконечно длинную цепочку причин, описать которую *невозможно в принципе*. Вот эту *невозможность* описания и следует считать действительной Случайностью. Как следствие, в науке мы можем наблюдать множество подобных случайностей. Тем не менее, все они являются исключительно следствием нашей неспособности описать, обнаружить всю цепочку их причин. Случайность – это *незнание* полного набора причин события.

Отсюда можно вывести главное следствие закона детерминизма – строгая обязательность жестких причинно-следственных связей. Не существует ни явлений, ни событий, возникающих без причины. Любое событие имеет причину, которая нам в данный момент может быть просто неизвестна.

Но как же тогда быть с так называемой квантовой вероятностью, которая в научном мире признана самым ярким, явным примером абсолютной случайности, предсказать которую невозможно *в принципе*? Здесь весьма уместно присоединиться к мнению Эйнштейна. Он интуитивно, образно абсолютно прав: бог не играет в кости. Кстати, следует заметить, что принцип неопределенности Гейзенберга никакого отношения к нарушению причинности не имеет. Это абсолютно детерминистический принцип, не нарушающий причинно-следственных отношений.

Из этого мы обязаны сделать логический вывод: любые законы, теории, выкладки, следствием которых является нарушение причинности, как явное, так и потенциальное – являются ненаучными, нефизичными, анти-философскими. Такие теории ведут в тупик, а то и прямо в мистику.

"Поклонники безукоснительного детерминизма делают ошибку, избирая образцом классическую механику: движе-

ние, предсказываемое классической механикой, оказывается неустойчивым относительно малых случайных отклонений начальных данных или же в результате действия случайных сил. Как бы ни были малы эти воздействия, всегда можно найти такое время, при котором их эффект оказывается преувеличивающим. Эта нестабильность движения относительно малых случайностей полностью разрушает иллюзию о возможности однозначного предсказания будущего по начальным данным без того, чтобы в дальнейшем не вносить корректив "по ходу дела" [27].

Несомненно, в реальном физическом мире никакое однозначное предсказание будущего невозможно. Претендующий на такое предсказание "безусловный" детерминизм с философским имеет лишь схожее название. Философский детерминизм не тождествен возможности однозначного предсказания, поскольку никакие данные не могут быть начальными в прямом смысле этого слова. Однако, и "безусловный" детерминизм классической физики исходит из идеализированного представления о ней, рассматривая механическое движение как единственно возможное.

Приведенные далее выкладки строго логически, насколько это возможно, на основе имеющегося формализма и результатов экспериментов с полной определенностью показывают, что специальная теория относительности неприменима к сверхсветовым сигналам без того, чтобы делать абсурдные предсказания.

Внесение в формализм специальной теории относительности сверхсветовых сигналов неизбежно вынуждают ее делать противоречивые, взаимоисключающие предсказания. По этой причине все выкладки и теории, использующие сверхсветовую применимость специальной теории относительности, следует признать ненаучными. Любое расширение специальной теории относительности путем введения в нее сверхсветового формализма, например, тахионная механика или принцип реинтерпретации, также не является научным.

Следует отметить, что парадоксы причинности и движения в прошлое вследствие сверхсветовой коммуникации являются исключительными свойствами, особенностью именно специальной теории относительности. Любая другая теория, например, классическая физика Ньютона, не содержащая в себе постулатов об инвариантности скорости света, свободна от сверхсветовых парадоксов. Напротив, теория, опирающаяся на такую "расширенную" специальную относительность, неизбежно получит "машину времени" – движение в прошлое, петли времени, обращение его порядка, нарушение причинности, вечный двигатель и различные мнимые величины вроде отрицательного квадрата массы. Любая скорость, превышающая инвариантную, ведёт к парадоксам. Эти парадоксы можно назвать болезнью теории, её "раковой опухолью", вызванной неразрешимым антагонизмом второго постулата и сверхсветовой сигнализации. Инвариант скорости делает автоматически эту скорость предельной, максимально возможной. Специальная теория относительности неспособна решать задачи со сверхсветовыми скоростями.

Любой мысленный эксперимент с участием тахионов, сверхсветовых сигналов неизбежно приводит специальную теорию относительности к движению в прошлое. Полноценная маскировка таких движений вряд ли вообще возможна даже специальным искажением начальных условий. Кроме того, движение в прошлое на основе сверхсветового формализма СТО определено является движением в "чужое прошлое". Никакими формулировками и ухищрениями невозможно отправить прямой сигнал или прямо переместиться в *собственное* прошлое и встретить там *себя самого*.

Принцип реинтерпретации или принцип переключения, являются ненаучными принципами, поскольку вводят в решение задач события, не имевшие места в реальности. Механизм реинтерпретации – это искусственный механизм, который, строго говоря, не следует из формализма специальной

теории относительности, а базируется на так называемых общезначимых принципах.

Причинность является следствием Закона детерминизма. Существует только одно толкование причинности без каких либо "опережающих" или "запаздывающих" формулировок – это причинно-следственные отношения; любое их нарушение является ненаучным. Никакие аналитические, теоретические построения, а, тем более, реальные физические эксперименты не могут изменить последовательность событий во времени, будь то кротовые норы, Черные дыры, сингулярности и тому подобное. Любые петли времени, перемещение в прошлое являются парадоксами и приводят к нарушениям в логике теории.

Вместе с тем, исследования тахионов с позиции СТО разных авторов, видимо, вредными не являются. Допущенные ими логические ошибки привлекают повышенное внимание к теории относительности, требуя четко очертить границы ее применимости, лишняя раз напомнить, что "мирное существование СТО и квантовой механики" иллюзорно.

Таким образом, главным основанием для провозглашения тахионного краха теории относительности, несомненно, являются абсурды, парадоксы, возникающие в ней при её применении к сверхсветовым сигналам, тахионам. И в этом случае, очевидно, *первой* важной задачей является выяснение, а существуют ли вообще такие сверхсветовые частицы, сигналы, создающие проблемы для теории?

Существуют ли сверхсветовые частицы?

Видимо, теорией, в которой впервые в строгих математических выражениях было получено решение, описывающее один из возможных сверхсветовых носителей информации – тахион, являлась новая физическая теория - теория струн. Это решение было получено в первоначальном варианте теории струн, в основе которой лежат работы Венециано конца 1960-х годов. Без каких-либо целенаправленных действий

струнных теоретиков, автоматически в теории возникли тахионы, которые обязаны были двигаться со сверхсветовой скоростью. Их появление сразу же стали рассматривать как проблему теории, её противоречие с теорией относительности, приводящее к её нестабильности, связанной с нарушением причинности. Теорию струн подвергли модификации, появлялись всё новые и новые её варианты, в которых от тахиона удалось избавиться. Но была ли в этом необходимость? Сверхсветовая, нелокальная корреляция запутанных частиц зафиксирована в строгом квантово-механическом эксперименте. И в строгих же (первоначальных) математических выкладках теории струн обнаружено решение, допускающее сверхсветовой перенос тахионом квантовой информации. Хотя и считалось, что тахионы не могут передавать классическую информацию по причине возможного нарушения принципа причинности и лоренц-инвариантности. Но это не слишком убедительное возражение. Простой логический анализ сущности передачи информации показывает, что если между объектами есть зависимость, то она обязательно связана с переносом материальной субстанции. Следовательно, нелокальность *обязана* иметь в своей основе носитель квантовой информации. В качестве такого носителя, несомненно, можно выбрать гипотетическую частицу тахион. Поэтому возникновение тахиона в теории струн можно рассматривать как закономерное явление. То есть, тахион является строго логически, математически обоснованной субстанцией.

Таким образом, мы имеем два очевидно взаимосвязанных процесса. Первый: экспериментально подтвержденное явление нелокальности, безусловно, требующее сверхсветового носителя квантовой информации. Второй: теоретические исследования теории струн, логически обосновавшие сверхсветовую частицу. Оба процесса строго объективны и не зависят от воли исследователей. То есть, в результате использования строго научных, общепризнанных теоретических и экспериментальных методов получены два дополняющих друг друга результата: сверхсветовая корреляция, связь - не-

локальность и сверхсветовая субстанция, частица - тахион. Стремление искусственными, целенаправленными математическими приёмами удалить из теории струн эту частицу, очевидно, ошибочно. Прятать за мистической нелокальностью явно экспериментально обнаруженные зависимости между запутанными частицами нет необходимости - носителем сверхсветовой квантовой информации определенно может быть тахион.

Главной причиной таких модификаций является, очевидно, стремление к соблюдению положений специальной теории относительности. Вместе с тем, и положения теории относительности регулярно подвергаются критике. Известно немало реальных физических, а не мысленных экспериментов, которые косвенно подвергают сомнению инвариантность скорости света, второй постулат специальной теории относительности, например, эксперименты Маринова. Правда, эти эксперименты косвенные и официальной наукой не признаны [120].

Если рассмотреть основу специальной теории относительности, то можно определенно признать её чисто математический характер. Фундаментом теории является математический механизм постулатов. Таким постулатом теории является её второй принцип, согласно которому устанавливается инвариантность скорости света, то есть её независимость от того, испущен он неподвижным или движущимся источником. С учетом первого принципа, постулата теории довольно простые математические преобразования приводят к её предельности, предельности скорости передачи информации. Невозможно никакое движение или передача информации быстрее скорости света.

Теория имеет строго логическое, абсолютно непротиворечивое математическое обоснование. По этой причине в рамках её постулатов она не может быть опровергнута никакими математическими выкладками, которые, тем не менее, до сих пор формулируются чаще всего в виде разнообразных мысленных экспериментов.

Специальная теория относительности распространена на реальный физический мир. Обоснованность такого расширения теории подтверждена множеством физических экспериментов. Но, с другой стороны, теперь уже теорию можно опровергнуть, доказав в эксперименте неприменимость её базовых постулатов к реальному физическому миру. Как указал Мандельштам:

"... опровергнуть [теорию относительности] можно только в том случае, если в природе найдутся процессы сигнального характера, более быстрые, чем свет" [87, с.194, 86].

Здесь чётко, однозначно сказано – опровергнуть, то есть показать несостоятельность, ошибочность. Под сигнальным характером, очевидно, подразумевается возможность регистрации этих процессов в классическом смысле, то есть, известными или физически возможными ныне приборами. Правда, нужно осторожно уточнить: опровергнута теория будет в первую очередь в отношении этих сверхсветовых сигналов. В досветовой области её выводы по-прежнему могут иметь применение, хотя, возможно, и ограниченное. Но существуют ли в природе реальные, физические сверхсветовые сигналы, частицы, объекты, процессы?

Поиском таких сигналов, процессов занимались многие исследователи. В частности, в этой роли рассматривались такие условные сигналы, как движение точки пересечения двух линеек (ножницы), движение светового зайчика или тени, передача нелокальной квантовой информации в явлении запутанности частиц.

Сверхсветовой зайчик и телепортация

И до появления специальной теории относительности и с её появлением в разных теоретических построениях предполагалось, что какие-то объекты все-таки движутся или должны двигаться быстрее света. Например, в физике Ньютона считалось, что такой сверхсветовой скоростью передачи взаимодействия обладает сила гравитации. Или гипотетиче-

ские элементарные сверхсветовые частицы, которые в дальнейшем стали именовать тахионами. Наряду с тахионным и гравитационным аргументами против СТО выдвигались и другие "сверхсветовые опровержения":

"Следует отметить, что, кроме гипотетических тахионов, существуют вполне реальные сверхсветовые объекты, например, световые зайчики, скорость движения которых может быть больше скорости света" [86].

Световой зайчик (или солнечный зайчик, или пятно от луча лазера) является одним из довольно распространенных примеров ошибочного сверхсветового аргумента. Доводы "вот, смотрите, быстрее света, хотя СТО запрещает сверхсветовое движение" наивны и свидетельствуют о неверной трактовке сути не только сверхсветового движения, но и движения вообще, скорости передачи информации. Световой зайчик – это *несуществующий* объект, такого физического тела, как "световой зайчик", в природе нет. Это нечто воображаемое, мысленный образ, не имеющий материального наполнения. Световой зайчик – это некоторое место на поверхности, куда приходят фотоны и, отражаясь, попадают в регистрирующие приборы или глаз человека. Рассеиваемые фотоны каждый раз *новые*, поэтому и зайчик – это нестабильное, динамическое образование. Перемещение зайчика означает лишь то, что новые фотоны попадают в новое место, причём сами фотоны всегда движутся со скоростью света. Скорость "перемещения места", куда попадают фотоны, мало чем отличается от скорости движения мысли: сейчас я мыслю планету Земля, а через секунду – Солнце. То есть, мой мысленный образ переместился за секунду на расстояние, которое свет проходит за 8 минут.

Кто-нибудь возразит: тогда можно сказать, что нет не только такого физического тела, как "световой зайчик", но и, например, "свинцового кубика". Он-де, тоже нечто воображаемое, мысленный образ, не имеющий материального наполнения. Но это не так: и сейчас и через час, и здесь и перенесённый в другое место - свинцовый кубик состоит из

одних и тех же атомов свинца. Световой зайчик всегда состоит из *разных* фотонов.

Чтобы показать иллюзорность движения "светового зайчика", рассмотрим его наипростейший вариант – пятно от луча (лазера) толщиной в один фотон. Источник L излучает луч толщиной в один фотон ν_1 , который попадает на экран и образует в точке A световой зайчик, толщиной в один фотон.

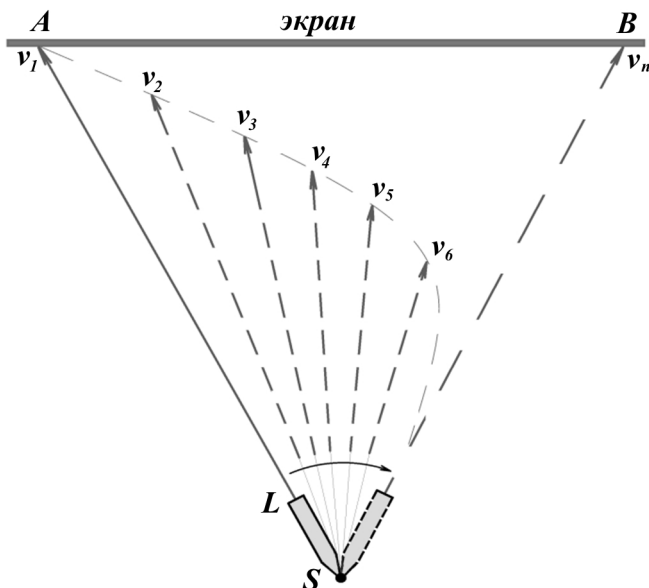


Рис.1.1. Источник L излучает единичные фотоны ν в сторону экрана АВ. По экрану перемещается не "световой зайчик", а несвязанные фотоны создают каждый раз *нового* "светового зайчика"

Развернём резко источник вокруг оси S таким образом, чтобы он изменил направление из точки A в точку B. При этом фронт, "кромка" изогнутого луча от источника L искривится, как показано на рисунке, в точности напоминая искривление струи воды из шланга при его резком развороте. Очевидно, что каждый новый фотон $\nu_2 \dots \nu_n$ будет образовывать светового зайчика в новом месте, сам двигаясь при этом

со световой скоростью. Каждый новый зайчик будет появляться на отдалении от предыдущего, как бы перескакивая через определённые промежутки экрана. Никакого отношения друг к другу смежные зайчики не имеют – это совершенно *разные* образования. Поэтому говорить о движении какого-то одного, единого зайчика здесь бессмысленно. Чем больше "скачки" между зайчиками, тем быстрее последний из них окажется в точке В. Чем больше длина экрана между точками А и В превосходит расстояние от экрана до источника, тем больше и скорость якобы "движения" зайчика из точки А в точку В будет превосходить скорость движения фотона – скорость света. В случае, когда расстояние АВ не превосходит расстояние AS, скорость зайчика на экране тоже не будет больше скорости движения фотона – скорости света.

Полным аналогом светового зайчика является световая тень. Только в этом случае перемещается не один зайчик, а множество зайчиков, "вставших в круг", в хоровод вокруг теневого пятна.

Другим примером якобы сверхсветового движения является движение "точки смыкания" лезвий гильотинных ножниц с уклоном, которое может быть описано похожим образом. Действительно, кромки гильотинных ножницы начинают движение одновременно по всей их длине, вызывая быстрое продольное перемещение точки их пересечения. При смыкании лезвий обычных ножниц ("два конца, два кольца, посередине гвоздик") они будут изгибаться, согласно запрету теории относительности на абсолютно твердые тела, и ограничат перенос информации точкой пересечения лезвий световой скоростью.

В качестве аналогии таким ножницам можно привести ещё одно иллюзорное сверхсветовое перемещение – перемещение "световой вспышки". Протянем длинную гирлянду из лампочек в космосе между спутниками А и В. Каждая из лампочек снабжена собственными часами, по которым в нужный момент времени лампочка вспыхнет и погаснет. Часы настроим таким образом, что от спутника А к спутнику В

каждые из них будут включать свою лампочку чуть позже, чем предыдущие, и на очень короткое мгновение. Например, для гирлянды длиной в 1 с.г. (световой год) время запаздывания между часами равно t/n , где n – число лампочек в гирлянде, а t – время, за которое свет преодолет расстояние в длину гирлянды, время между загоранием первой и последней лампочки составит день.

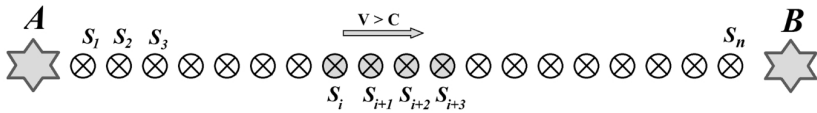


Рис.1.2. Лампочки $S_1...S_n$ включаются по сигналу своих часов, в результате чего создаётся иллюзия, что "световая черточка" $S_i...S_{i+3}$ движется со сверхсветовой скоростью

При большом количестве лампочек интервал может быть настолько коротким, что соседние лампочки вспыхнут фактически одновременно. После того, как вспыхнет первая лампочка возле спутника А, пройдет всего 1 день, после чего вспыхнет и погаснет последняя лампочка возле спутника В. При взгляде со стороны будет видно, как по гирлянде пробежала "световая чёрточка" - вспышка света. Скорость "движения" такой "световой чёрточки" - вспышки в этом примере превысит скорость света в 365 раз. Понятно, что никакого фактического движения нет, а кажущееся перемещение светового "сигнала" - это "перемещение" синхронного включения лампочек.

Считается, что аналогом этого "перемещения" является световая реклама. Действительно, все ячейки, элементы "бегущей строки" такой рекламы зажигаются одновременно. Перемещение изображаемого символа происходит в этом случае "со скоростью мысли".

В качестве лирическо-юмористического отступления можно заметить, что такие эффекты "суперскорости" были известны великому русскому поэту – Пушкину. Этот эффект он описал в своей "Сказке о попе и работнике его Балде". В сказке бесёнок и заяка бегут наперегонки. Как и фотоны в

сверхсветовом оптическом зайчике, здесь движение начинается *один* зайка, а заканчивается *другой*. Создаётся *иллюзия* очень быстрого перемещения живого зайки из одной точки пространства – старта, в другую – точку финиша.

Таким образом, световые зайчики, тени и другие синхронные движения лишь *имитируют*, но не являются примерами сверхсветового движения объектов.

Вместе с тем, в науке известен другой не менее удивительный пример довольно похожей передачи информации, сигналов. Это явление квантовой нелокальности, удивительной связи между запутанными частицами. Наиболее интересным и хорошо известным из множества научно-популярных телепередач и статей примером сверхсветовой, как считается, передачи информации является так называемая квантовая телепортация. Название явления неспроста совпадает с давно известной в научной фантастике телепортацией. Тем не менее, следует отметить, что сходство двух видов телепортации в настоящий момент состоит лишь в их одинаковых названиях. Если научно-фантастическая телепортация позволяет перемещать материальные объекты, то квантовая телепортация не позволяет передавать даже информацию, хотя и имеет твердое научное теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение. Считается реально переданным состояние частицы непосредственно извлечь в процессе телепортации пока не удаётся. Для его извлечения обязательно необходима сопутствующая классическая информация, передаваемая со скоростью, не превышающей скорость света. Само явление было обнаружено чисто математическими средствами в рамках формализма квантовой информатики.

2. Квантовая нелокальность

Особенности квантовой информатики

Как это иногда происходит, некоторые изначально ни к чему не привязанные математические соотношения вдруг обнаруживаются в реальном физическом мире в виде конкретного, наблюдаемого явления. Другими словами, эти соотношения, уравнения оказываются описанием вполне реального физического явления. К таким явлениям вполне можно отнести и квантовую телепортацию. Смысл телепортации, как считается, состоит в мгновенном перемещении из одной точки пространства в другую, минуя промежуточные положения. Перемещать, телепортировать в широком смысле можно как некий физический объект, так и какую-либо информацию. Последнее, как известно, удалось произвести в реальном физическом эксперименте.

Возможность такого переноса информации была выявлена в чисто математических вычислениях в рамках квантовой информатики, которую можно называть одним из разделов математического аппарата квантовой механики. Используя набор относительно простых правил, в квантовой информатике можно производить различные, порой довольно сложные вычисления, которые при этом внешне весьма похожи на обычные алгебраические преобразования и вычисления. Помимо чисто математических выражений, квантовая информатика оперирует также и собственными специфическими материальными объектами.

В учебниках и литературе по квантовой информатике такие реальные материальные объекты называют квантовыми логическими элементами – гейтами, из которых собираются разнообразные квантовые схемы, анализ которых затем производится с помощью математического аппарата квантовой информатики. Носителем квантовых состояний в таких конструкциях чаще всего является фотон, рассматриваемый как

квантовый бит информации, кубит, состояние которого в общем виде может быть описано волновой функцией:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

Коэффициенты α и β отражают вероятность обнаружить при измерении кубит в одном из двух состояний - $|0\rangle$ или $|1\rangle$, причем $\alpha^2 + \beta^2 = 1$. Если фотон проходит через измеритель, поляризатор, то на его выходе он переходит в состояние, описывающее этот поляризатор. Особый интерес вызывает то, что практически все математические выражения квантовой информатики не содержат параметров времени и дистанции между взаимодействующими элементами. Эта особенность, собственно говоря, и привела к выводу о мгновенной передаче квантовой информации на любое расстояние. Действительно, если решением некоторого уравнения является переход двух квантовых частиц, кубитов в определенное состояние, то сами уравнения при этом ничего не говорят о расстоянии между кубитами и времени перехода их в эти состояния. То есть, время такого процесса перехода может быть сколь угодно малым, а расстояние между взаимодействующими частицами – сколь угодно большим.

Прямые эксперименты показали, что эти математические выводы точно соответствуют реальным наблюдениям. Согласно математическому формализму квантовой информатики, такими телепортационными свойствами должны обладать кубиты в особом, так называемом, запутанном состоянии. Само явление мгновенной синхронизации состояний запутанных частиц получило название нелокальности как альтернатива локальному реализму Эйнштейна.

Чистые запутанные состояния Белла

Некоторые определенные состояния квантовых частиц с такими уникальными нелокальными свойствами в квантовой механике называют состояниями полной запутанности – чистыми состояниями Белла, которых известно четыре:

$$\phi^{\pm} = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle \pm |11\rangle)$$

$$\psi^{\pm} = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle \pm |10\rangle)$$

Два из этих состояний в литературе известны под собственными именами: ψ^{-} – это "ЭПР-состояние", название, возникшее исторически в связи с вопросом о полноте квантовой механики, поднятым Эйнштейном, Подольским и Розеном. Название другого состояния ϕ^{+} , известного в литературе как "Состояние шредингеровского кота", не имеет чётко сформулированного обоснования.

В состоянии запутанности частицы ведут себя как единое целое независимо от расстояния между ними, демонстрируя полную и мгновенную взаимосвязь. Само явление запутанности следует непосредственно из математического формализма квантовой механики. В соответствии с первым постулатом квантовой механики состояние квантовой частицы полностью описывается её волновой функцией. Однако, в некоторых случаях некоторым квантовым частицам не удаётся приписать собственные волновые функции, а только одну на всех. Такое состояние частиц и названо запутанностью, сцепленностью. Это состояние можно получить на реальных частицах, например, в так называемых процессах параметрического распада, преобразования с понижением частоты (down conversion) на специальных кристаллах.

Помимо параметрического распада для получения состояния запутанности можно использовать квантовые гейты XOR, которые в последнее время чаще называют CNOT, что означает Controlled NOT, то есть "управляемое NOT", управляемое отрицание, инверсия [45, с.35]. Гейт имеет два входа и два выхода. Один из входов - управляющий, другой - управляемый. Впрочем, анализ работы гейта показывает, что управляемый вход при определённых условиях становится управляющим: сигнал на этом входе изменяет состояние сигнала на первом входе, управляющем по определению.

Схематично гейт CNOT обычно изображают следующим образом:

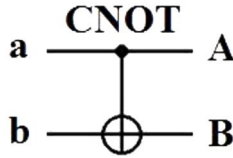


Рис.2.1. Гейт CNOT

Математически этот квантовый оператор, гейт описывается выражением:

$$P_{ab}|a,b\rangle = |a, a \oplus b\rangle,$$

где $a \oplus b$ означает логическое сложение по модулю 2.

Также гейт CNOT может быть описан таблицей состояний

a	b	A	B
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	1
1	1	1	0

Как видим из выражения, управляющий сигнал проходит со входа на выход гейта без изменений. Матрица преобразования гейта CNOT имеет вид:

$$|CNOT\rangle = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Рассмотрим, как работает этот гейт. Для этого подадим на управляющий **a** и управляемый **b** входы CNOT два фотона, соответственно, в следующих состояниях:

$$|\psi_a\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$$

$$|\psi_b\rangle = |0\rangle$$

Это состояние системы фотонов на входе гейта будет описываться уравнением и матрицей следующего вида:

$$\begin{aligned}
 |\psi_o\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \otimes |0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle \otimes |0\rangle + |1\rangle \otimes |0\rangle) = \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + 0|01\rangle + 1|10\rangle + 0|11\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

После прохождения фотонов через гейт будет получено новое состояние системы:

$$|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \neq |\psi_1\rangle \otimes |\psi_2\rangle$$

Результат показывает, что на выходе получено запутанное (белловское) состояние фотонов: управляющего и управляемого, поскольку такое состояние не может быть факторизовано, то есть, представлено как тензорное произведение состояний независимых фотонов, каждый из которых описывается собственной волновой функцией [60, с.62]. Из этого сразу же следует, что входной управляющий сигнал на выход в неизменном виде все-таки не прошел.

Взаимные превращения состояний Белла

Все чистые запутанные состояния Белла, в общем, равноценны. Например, два из них переходят друг в друга $\psi^+ \leftrightarrow \psi^-$ при прохождении через гейты Адамара

$$\begin{aligned}
 |0\rangle &\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \\
 |1\rangle &\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)
 \end{aligned}$$

Фотоны в состоянии ψ^- при прохождении через поля-

ризаторы в измерительном базисе будут давать одинаковые, совпадающие результаты. Если один из фотонов каждой из пар будет зарегистрирован в состоянии $|0\rangle$, то и второй также будет зарегистрирован в состоянии $|0\rangle$. Если один из фотонов пар будет зарегистрирован в состоянии $|1\rangle$, то и второй фотон пары тоже будет зарегистрирован в этом же состоянии. То есть базисные поляризаторы всегда будут давать коллинеарный результат измерений. Однако, если повернуть поляризаторы на 45° или, что то же самое, повернуть на этот угол оба фотона пары, мы получим иной результат. После прохождения такой пары фотонов через гейты Адамара, она будет описываться другой волновой функцией:

$$\begin{aligned}
 |\phi_A^-\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\begin{array}{l} \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \right) - \\ - \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \right) \end{array} \right) = \\
 &= \frac{1}{2\sqrt{2}} \left((|00\rangle + |01\rangle + |10\rangle + |11\rangle) - \right. \\
 &\quad \left. - (|00\rangle - |01\rangle - |10\rangle + |11\rangle) \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} (|01\rangle + |10\rangle) = \psi^+
 \end{aligned}$$

Как видим, после преобразования получена волновая функция ψ^+ , которая описывает синглетное состояние фотонов, то есть взаимно перпендикулярные направления поляризации: если один из фотонов пары будет измерен поляризатором и обнаружен в состоянии $|0\rangle$, то второй фотон пары обнаружен в состоянии $|1\rangle$. И наоборот. Фотоны, изначально бывшие в измерительном базисе коллинеарными, после преобразования оказались в ортогональном состоянии запутанности.

Теперь посмотрим, что будет с этой запутанной парой, если её еще раз пропустить через гейты Адамара. После такого повторного преобразования фотонов пары, они будут описываться исходной волновой функцией:

$$\begin{aligned}
|\psi_A^+\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \right) + \right. \\
&\quad \left. + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \right) \right) = \\
&= \frac{1}{2\sqrt{2}} \left((|00\rangle - |01\rangle + |10\rangle - |11\rangle) + \right. \\
&\quad \left. + (|00\rangle + |01\rangle - |10\rangle - |11\rangle) \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle - |11\rangle) = |\phi^-\rangle
\end{aligned}$$

Как видим, если до преобразования запутанные фотоны находились в ортогональном (синглетном) состоянии запутанности, то после него они (вновь) оказались в коллинеарном состоянии. В первом случае измерение фотонов давало ортогональные поляризации фотонов, во втором (после преобразования Адамара) - измерения будут давать коллинеарные результаты.

В различных аналитических выкладках и экспериментах чаще всего рассматриваются именно такие, чистые запутанные состояния, но возможны и более сложные состояния запутанности. Если через гейт Адамара пропустить один из фотонов состояния, например, шредингеровского кота, то возникнет состояние

$$\begin{aligned}
|\psi^{\phi+}\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \right) |0\rangle + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \right) |1\rangle \right) = \\
&= \frac{1}{2} (|00\rangle + |01\rangle + |10\rangle - |11\rangle)
\end{aligned}$$

Это состояние запутанное, поскольку оно не является тензорным произведением состояний двух кубитов. Чтобы убедиться в этом, предположим, что существуют два таких кубита, которые образуют вычисленное состояние

$$|\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle = (\delta|0\rangle + \gamma|1\rangle) \otimes (\kappa|0\rangle + \lambda|1\rangle)$$

Вычислив это произведение, получаем

$$|\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle = \delta\kappa|0\rangle|0\rangle + \delta\lambda|0\rangle|1\rangle + \gamma\kappa|1\rangle|0\rangle + \gamma\lambda|1\rangle|1\rangle$$

Коэффициенты этого состояния должны быть равны

соответствующим коэффициентам, полученными для состояния $\psi^{\phi+}$. Сведем эти коэффициенты в условную, мнемоническую строку, которую следует рассматривать просто как попарное равенство слагаемых, находящихся в одинаковых позициях слева и справа

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = \delta\kappa + \delta\lambda + \gamma\kappa + \gamma\lambda$$

Здесь принесена в жертву математическая строгость - коэффициенты показаны в виде мнемонических сумм лишь для наглядности, на самом деле ни суммирования, ни равенства в этом уравнении нет – его можно рассматривать, как перечисление, в котором не показаны запятые. Правильнее было бы складывать квадраты этих коэффициентов (суммы равны единице), но визуальность была бы хуже. Сравнивая коэффициенты попарно, находим

$$\begin{cases} 1/2 = \delta\kappa \\ 1/2 = \delta\lambda \\ 1/2 = \gamma\kappa \\ -1/2 = \gamma\lambda \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \lambda = \kappa \\ \delta = 1/2\kappa \\ \gamma = -\gamma = 0 \end{cases}$$

Как видим, условие равенства нулю одного из коэффициентов неизбежно, но противоречит исходным условиям, поскольку некоторые произведения с этим коэффициентом должны быть равны 1/2. Следовательно, искомые волновые функции невозможны, и полученное состояние $\psi^{\phi+}$ является запутанным, но не чистым состоянием Белла.

Два другие чистые состояния, имеющие собственные имена, нечувствительны к гейту Адамара, но, очевидно, также могут быть унитарно преобразованы друг в друга, например, инвертированием одного из фотонов гейтом NOT. Воздействие гейтом Адамара на эти фотоны сохраняет их исходное запутанное состояние:

$$\begin{aligned}
|\phi_A^+\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \right) + \right. \\
&\quad \left. + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \right) \right) = \\
&= \frac{1}{2\sqrt{2}} ((|00\rangle + |01\rangle + |10\rangle + |11\rangle) + (|00\rangle - |01\rangle - |10\rangle + |11\rangle)) = \\
&= \frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle + |11\rangle) = |\phi^+\rangle
\end{aligned}$$

Такой же нечувствительностью к двойному преобразованию Адамара обладает и "ЭПР-состояние" ψ^- . Взаимное преобразование состояний возможно инвертированием одного из фотонов. Инвертирование производится NOT-гейтом, который изменяет состояние кубита согласно уравнению:

$$Not (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) = \alpha|1\rangle + \beta|0\rangle$$

Иначе, по аналогии с гейтом Адамара, выражение можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned}
|0\rangle &\Rightarrow |1\rangle \\
|1\rangle &\Rightarrow |0\rangle
\end{aligned}$$

Преобразуем один из фотонов пары ϕ^+ таким гейтом:

$$|\phi_{Not}^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|01\rangle + |10\rangle) = \psi^+$$

Соответственно, такое же преобразование изменяет и запутанное ЭПР-состояние ψ^-

$$|\psi_{Not}^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle - |11\rangle) = \phi^-$$

Таким образом, все состояния Белла могут унитарно переходить друг в друга, то есть, являются в общем тождественными: $\psi^+ \leftrightarrow \phi^- \leftrightarrow \psi^- \leftrightarrow \phi^+$.

Исследование запутанных состояний

То, что запутанные частицы ведут себя так, будто пе-

редают друг другу какую-то квантовую информацию, неизбежно наталкивает на мысль о сверхсветовом телеграфе, то есть о передаче информации со сверхсветовой скоростью. К сожалению, утверждается, что это невозможно. Для примера рассмотрим волновую функцию, отличающуюся от белловского чистого состояния запутанности, имеющую вид:

$$|\psi\rangle = \alpha|0_A 0_B\rangle + \beta|1_A 1_B\rangle$$

Назовём это состояние "поляризованной запутанностью", поскольку она внешне напоминает поток фотонов, описываемых вектором, наклоненным под углом с проекциями α и β . Эти фотоны (традиционно) измеряет Алиса расщепляющим поляризатором, наклоненным под углом с проекциями δ и γ . Этот поляризатор имеет два ортогональных выхода, описываемые волновыми уравнениями $|\chi_1\rangle = \gamma|0\rangle + \delta|1\rangle$ и $|\chi_2\rangle = -\gamma|0\rangle + \delta|1\rangle$. Каждый из измерителей характеризуется проектором, которые для каждого из двух выходов измерителя Алисы, соответственно, имеют вид:

$$\begin{aligned} |\chi_1\rangle\langle\chi_1| &= (\delta|0_A\rangle + \gamma|1_A\rangle)(\delta\langle 0_A| + \gamma\langle 1_A|) = \\ &= (\delta^2|0_A\rangle\langle 0_A| + \delta\gamma|0_A\rangle\langle 1_A| + \gamma\delta|1_A\rangle\langle 0_A| + \gamma^2|1_A\rangle\langle 1_A|) \\ |\chi_2\rangle\langle\chi_2| &= (-\gamma|0_A\rangle + \delta|1_A\rangle)(-\gamma\langle 0_A| + \delta\langle 1_A|) = \\ &= (\gamma^2|0_A\rangle\langle 0_A| - \delta\gamma|0_A\rangle\langle 1_A| - \gamma\delta|1_A\rangle\langle 0_A| + \delta^2|1_A\rangle\langle 1_A|) \end{aligned}$$

Запишем действие этих проекторов Алисы, которое они оказывают только на её фотоны, и упростим это выражение с учетом того, что $\langle 1_A||0_A\rangle = \langle 0_A||1_A\rangle = 0$ и $\langle 0_A||0_A\rangle = \langle 1_A||1_A\rangle = 1$. Напомним также о тождественности дираковских записей скалярного произведения: $\langle 0||0\rangle \equiv \langle 0|0\rangle$. Вычисляем результат действия первого проектора:

$$|\chi_1\rangle\langle\chi_1|\psi\rangle = \left(\begin{array}{l} \delta^2|0_A\rangle\langle 0_A| + \delta\gamma|0_A\rangle\langle 1_A| + \\ \gamma\delta|1_A\rangle\langle 0_A| + \gamma^2|1_A\rangle\langle 1_A| \end{array} \right) (\alpha|0_A 0_B\rangle + \beta|1_A 1_B\rangle)$$

После преобразований получаем

$$|\chi_1\rangle\langle\chi_1|\psi\rangle = \delta^2\alpha|0_A0_B\rangle + \delta\gamma\beta|0_A1_B\rangle + \gamma\delta\alpha|1_A0_B\rangle + \gamma^2\beta|1_A1_B\rangle$$

Полученное состояние можно представить тензорным произведением двух состояний, то есть, оно не является запутанным, поскольку каждая из частиц может быть описана своей собственной, уникальной волновой функцией, исходная запутанность частиц разрушилась:

$$|\chi_1\rangle\langle\chi_1|\psi\rangle = |\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle$$

Действительно, на стороне Алисы фотон принял состояние её поляризатора ψ_A , а на стороне Боба фотон вследствие запутанности перешёл в своё определённое состояние ψ_B . Результирующее состояние системы получило вид

$$\begin{aligned} |\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle &= (\delta|0_A\rangle + \gamma|1_A\rangle) \otimes (\kappa|0_B\rangle + \lambda|1_B\rangle) = \\ &= \delta\kappa|0_A\rangle|0_B\rangle + \delta\lambda|0_A\rangle|1_B\rangle + \gamma\kappa|1_A\rangle|0_B\rangle + \gamma\lambda|1_A\rangle|1_B\rangle \end{aligned}$$

Коэффициенты этих уравнений состояний сводим, как и выше, в мнемоническую строку попарно равных слагаемых:

$$\delta^2\alpha + \delta\gamma\beta + \gamma\delta\alpha + \gamma^2\beta = \delta\kappa + \delta\lambda + \gamma\kappa + \gamma\lambda$$

Коэффициенты, стоящие в одинаковых позициях, равны. Коэффициенты первого сомножителя нам известны, поэтому из простого сравнения слагаемых находим:

$$\begin{cases} \delta^2\alpha = \delta\kappa \\ \delta\gamma\beta = \delta\lambda \\ \gamma\delta\alpha = \gamma\kappa \\ \gamma^2\beta = \gamma\lambda \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \delta\alpha = \kappa \\ \gamma\beta = \lambda \end{cases}$$

Таким образом, после измерения своего фотона Алисой состояние системы Алиса-Боб описывается тензорным произведением волновых функций:

$$|\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle = (\delta|0_A\rangle + \gamma|1_A\rangle) \otimes (\delta\alpha|0_B\rangle + \gamma\beta|1_B\rangle)$$

То есть, вследствие измерения первым каналом поляризатора фотон Алисы перешёл в состояние $|\psi_A\rangle = \delta|0_A\rangle + \gamma|1_A\rangle$, а запутанный с ним фотон Боба перешёл в состояние (после нормировки):

$$|\psi_B\rangle = \frac{\delta\alpha}{\sqrt{\delta^2\alpha^2 + \gamma^2\beta^2}}|0_B\rangle + \frac{\gamma\beta}{\sqrt{\delta^2\alpha^2 + \gamma^2\beta^2}}|1_B\rangle.$$

Это относится только к фотонам, которые прошли через первый канал поляризатора Алисы. Оценим величину (долю) от общего числа фотонов, которые прошли через этот канал. Вероятность перехода фотона Алисы в состояние первого проектора найдём по формуле

$$P_1 = |\langle\chi_1|\psi_A\rangle|^2 = \langle\psi_A|\chi_1\rangle\langle\chi_1|\psi_A\rangle$$

Подставляем известные значения и после преобразований находим

$$P_1 = \alpha^2\delta^2 + \beta^2\gamma^2$$

Аналогично рассмотрим воздействие второго проектора Алисы на её фотон и фотон Боба, в результате чего получаем, что состояние системы Алиса-Боб описывается тензорным произведением двух волновых функций:

$$|\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle = (-\gamma|0_A\rangle + \delta|1_A\rangle) \otimes (-\gamma\alpha|0_B\rangle + \delta\beta|1_B\rangle)$$

Фотон Алисы перешёл в новое состояние с волновой функцией $|\psi_A\rangle = -\gamma|0_A\rangle + \delta|1_A\rangle$, а запутанный с ним фотон Боба перешёл в состояние (после нормировки):

$$|\psi_B^\perp\rangle = -\frac{\gamma\alpha}{\sqrt{\gamma^2\alpha^2 + \delta^2\beta^2}}|0_B\rangle + \frac{\delta\beta}{\sqrt{\gamma^2\alpha^2 + \delta^2\beta^2}}|1_B\rangle.$$

Расщепляющий поляризатор Алисы создает два ортогональных перемешанных потока фотонов. Проверим для сравнения, являются ли фотонные потоки на стороне Боба тоже ортогональными. Условием ортогональности является равенство нулю скалярного произведения:

$$\begin{aligned} \langle\psi_B|\psi_B^\perp\rangle &= \left(\frac{\delta\alpha}{\sqrt{\delta^2\alpha^2 + \gamma^2\beta^2}}\langle 0_B| + \frac{\gamma\beta}{\sqrt{\delta^2\alpha^2 + \gamma^2\beta^2}}\langle 1_B| \right) \times \\ &\times \left(-\frac{\gamma\alpha}{\sqrt{\gamma^2\alpha^2 + \delta^2\beta^2}}|0_B\rangle + \frac{\delta\beta}{\sqrt{\gamma^2\alpha^2 + \delta^2\beta^2}}|1_B\rangle \right) = \end{aligned}$$

$$= \frac{\delta\gamma(\beta^2 - \alpha^2)}{\sqrt{(\gamma^2\alpha^2 + \delta^2\beta^2)(\delta^2\alpha^2 + \gamma^2\beta^2)}}$$

Как видим, в общем случае на стороне Боба образуются два не ортогональных потока фотонов (смесь). Лишь в случае базисных измерений Алисы (γ или δ равно нулю) или использования белловского состояния запутанности ($\alpha = \beta$) типа "шредингеровского кота" на стороне Боба образуются ортогональные потоки фотонов.

Итак, мы нашли волновую функцию фотона, возникающую на стороне Боба, если парный ему запутанный фотон на стороне Алисы пройдёт через второй канал поляризатора. Оценим величину (долю) от общего числа фотонов, которые прошли через этот канал. Вероятность перехода фотона Алисы в состояние второго проектора найдём по формуле

$$\begin{aligned} P_2 &= \left| \langle \chi_2 | \psi_A \rangle \right|^2 = \langle \psi_A | \chi_2 \rangle \langle \chi_2 | \psi_A \rangle = \\ &= \left(-\gamma \langle 0_A | + \delta \langle 1_A | \right) \left(\alpha | 0_B \rangle | 0_B \rangle + \beta | 1_A \rangle | 1_B \rangle \right) \otimes \\ &\otimes \left(\alpha \langle 0_A | \langle 0_B | + \beta \langle 1_A | \langle 1_B | \right) \left(-\gamma | 0_A \rangle + \delta | 1_A \rangle \right) = \end{aligned}$$

После преобразований находим

$$P_2 = \alpha^2\gamma^2 + \beta^2\delta^2$$

Для контроля правильности вычислений сделаем проверку. Очевидно, что общая "доля" всей смеси должна быть равна единице:

$$\begin{aligned} P_1 + P_2 &= \alpha^2\delta^2 + \beta^2\gamma^2 + \alpha^2\gamma^2 + \beta^2\delta^2 = \\ &= \delta^2(\alpha^2 + \beta^2) + \gamma^2(\alpha^2 + \beta^2) = 1 \end{aligned}$$

Следовательно, вычисления произведены корректно. С учетом полученных соотношений составляющих потоков в смеси Боба найдём долю фотонов, прошедших через произвольный поляризатор Боба $|\chi_B\rangle = \kappa|0_B\rangle + \lambda|1_B\rangle$, чтобы выяснить может ли Боб каким-либо способом определить состояние фотона на стороне Алисы

$$P_B = P_1 \times \left| \langle \chi_B | \psi_B \rangle \right|^2 + P_2 \times \left| \langle \chi_B | \psi_B^\perp \rangle \right|^2$$

Подставляем известные значения переменных

$$P_B = (\alpha^2 \delta^2 + \beta^2 \gamma^2) \cdot \left(\kappa \langle 0_B | + \lambda \langle 1_B | \right) \cdot \left(\frac{\delta \alpha}{\sqrt{\delta^2 \alpha^2 + \gamma^2 \beta^2}} |0_B\rangle + \frac{\gamma \beta}{\sqrt{\delta^2 \alpha^2 + \gamma^2 \beta^2}} |1_B\rangle \right)^2 +$$

$$+ (\alpha^2 \gamma^2 + \beta^2 \delta^2) \cdot \left(\kappa \langle 0_B | + \lambda \langle 1_B | \right) \cdot \left(-\frac{\gamma \alpha}{\sqrt{\gamma^2 \alpha^2 + \delta^2 \beta^2}} |0_B\rangle + \frac{\delta \beta}{\sqrt{\gamma^2 \alpha^2 + \delta^2 \beta^2}} |1_B\rangle \right)^2 =$$

Сгруппируем и после преобразований получаем:

$$P_B = (\delta \alpha \kappa + \gamma \beta \lambda)^2 + (\delta \beta \lambda - \gamma \alpha \kappa)^2 = (\alpha \kappa)^2 + (\beta \lambda)^2$$

Как видим, результат измерений Боба, вероятность прохождения фотонов через его поляризатор *не зависит* от действий Алисы, поскольку результат не содержит параметров δ и γ её поляризатора. Возьмём, например, запутанные пары в чистом состоянии Белла с проекциями $\alpha = \beta = 1/\sqrt{2}$. Тогда из полученного выражения находим:

$$P_B = \frac{1}{2} \kappa^2 + \frac{1}{2} \lambda^2 = \frac{1}{2} (\kappa^2 + \lambda^2) = \frac{1}{2}$$

Как видим, в этом случае независимо от направления поляризатора Боба через него пройдёт ровно половина от общего числа фотонов, что полностью соответствует формализму квантовой теории.

Полученные результаты являются весьма примечательными. Ортогонально-коллинеарное поведение запутанных фотонов и является фундаментальной причиной невозможности передачи информации чисто математическими средствами: при любом измерении фотонов на одной стороне, на другой образуются два ортогональных потока, причём любой дисбаланс одного из этих потоков всегда компенсируется вторым. Иначе говоря, уменьшение прохождения фо-

тонов одного потока через данный поляризатор будет тождественно восполнено (компенсировано) увеличением прохождения через него же фотонов из ортогонального потока. Другими словами, нет никакой передачи информации.

Как обмануть нелокальность

Логический анализ явления запутанности с точки зрения квантовой теории приводит к выводу, что опережающее измерение запутанных фотонов в одном канале приводит к созданию во втором канале двух смешанных плоско поляризованных потоков с взаимно перпендикулярными поляризациями.

Рассмотрим простейшую схему эксперимента по проверке квантовой корреляции рис.2.2. Источник S испускает пару запутанных фотонов ν_1 и ν_2 , которые встречают на своем пути два поляризатора I и II, расположенные перпендикулярно, то есть с взаимным углом, равным $\pi/2$.

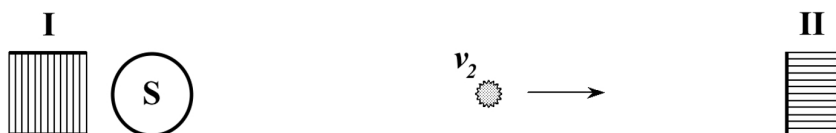


Рис.2.2. Схема эксперимента для исследования квантовой корреляции запутанных частиц. После коллапса первого фотона ν_1 (на рисунке не показан) на поляризаторе I второй фотон ν_2 приобретает одну из двух возможных поляризаций: параллельную или перпендикулярную к направлению поляризатора I.

Воспользуемся квантово-механической формулой, дающей вероятность прохождения фотона через поляризатор, если угол между поляризациями равен θ :

$$P(\theta) = \cos^2(\theta) \quad (2.1)$$

Очевидно, в нашем случае *совместных* прохождений фотонов не будет:

$$P_{\perp}(\theta) = \cos^2\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$$

Однако через каждый из поляризаторов некоторые фотоны пройдут. Наблюдатели, находящиеся рядом с поляризаторами, зафиксируют вероятность прохождения фотонов, равную $1/2$. Если источник испустит, например, 1000 фотонов, то через каждый из поляризаторов пройдут ровно половина – 500 фотонов. Но это будут не коррелированные фотоны: среди пар не будет ни одной, в которой один из фотонов прошел через поляризатор одновременно со вторым фотоном на другом поляризаторе.

Наоборот, если поляризаторы параллельны, то есть угол между ними равен нулю, то через поляризаторы будут проходить только парные фотоны: если пройдет первый фотон, то второй будет спроектирован в коллинеарную поляризацию и пройдет через свой поляризатор с вероятностью 1. Предположим, что первый поляризатор находится вплотную к источнику S, а второй – на некотором удалении. Поэтому фотоны в направлении 1 будут коллапсировать сразу же при вылете из источника. В этот же момент их парные фотоны будут приобретать поляризацию, параллельную первому поляризатору. Это означает, что выходной поток в сторону второго поляризатора будет состоять словно бы из двух фотонных потоков. Первый из этих потоков – это поток плоско поляризованных фотонов с известным направлением поляризации – параллельной первому поляризатору. Будет и второй поток – из фотонов, которые имеют другое направление поляризации. Попробуем выяснить, какое именно.

Установим на пути потока фотонов второй поляризатор II, параллельный первому. Очевидно, что известный нам поток из плоско поляризованных фотонов пройдет через поляризатор с достоверностью. Известно также, что это ровно $1/2$ от общего числа всех фотонов, испущенных источников в данном направлении. Исследователь на этой стороне фиксирует этот факт. Но он может не знать, что фотоны в потоке

имеют определенные направления поляризации и скажет, что через поляризатор проходят $1/2$ от всех фотонов в потоке. Он (исследователь) не разделяет этот поток на два и считает, что через поляризатор с вероятностью $1/2$ проходит любой из прилетевших фотонов. Но мы знаем, что в общем потоке имеется известный нам подпоток, который пройдет через поляризатор с вероятностью 1, и их общее количество равно тому количеству, которое зафиксирует исследователь. Следовательно, остальные фотоны не пройдут через поляризатор, а будут задержаны с вероятностью 1. То есть из остальных фотонов через поляризатор не пройдет ни один. Это означает, что средняя вероятность прохождения фотонов остального потока равна 0. Поэтому мы можем с уверенностью сказать, что этот поток весь состоит из плоско поляризованных фотонов с поляризацией, перпендикулярной направлению нашего поляризатора (и, соответственно, первого поляризатора), поскольку через поляризатор с достоверностью не проходят только перпендикулярно поляризованные фотоны.

Это обстоятельство не должно вызвать особых возражений и вполне объяснимо. Фотоны, которые не прошли через первый поляризатор, коллапсировали, очевидно, получив направление поляризации, перпендикулярное первому поляризатору и были им поглощены. Парный им фотон автоматически был спроектирован в такое же направление поляризации и тоже был поглощен вторым поляризатором.

Итак, мы можем с достаточной уверенностью заявить, что в рассматриваемой схеме эксперимента по второму направлению излучаются два потока плоско поляризованных фотонов: с вертикальной и с горизонтальной поляризацией (относительно первого поляризатора). Это обстоятельство не противоречит математике квантовой теории.

Повернем второй поляризатор, например, на угол 30 градусов. Фотоны вертикально поляризованного потока пройдут в меньшем количестве, но добавятся фотоны из горизонтально поляризованного потока. В соответствие с формулой (2.1) мы зафиксируем совпадения на выходах двух

поляризаторов:

$$P_{30}(\theta) = \cos^2\left(\frac{\pi}{6}\right) \quad (2.2)$$

Но что произойдет с общим числом фотонов, прошедших через поляризатор? Изменится ли оно? Формула (2.2) дает нам количество пар фотонов, прошедших через поляризатор и имеющих вертикальную поляризацию. Но есть второй поток фотонов – с горизонтальной поляризацией. Фотоны из этого потока имеют с поляризатором угол 60 градусов и пройдут через поляризатор с вероятностью:

$$P_{60}(\theta) = \cos^2\left(\frac{\pi}{3}\right)$$

Общее число фотонов для потока в N единиц составит:

$$\begin{aligned} N_{\text{вых}}(30) &= \frac{1}{2} N \cos^2\left(\frac{\pi}{6}\right) + \frac{1}{2} N \cos^2\left(\frac{\pi}{3}\right) = \\ &= \frac{1}{2} N \times \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \frac{1}{2} N \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{2} N \times \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{4}\right) = \frac{1}{2} N \end{aligned}$$

Таким образом, даже зная, что на поляризатор поступают два плоско поляризованных потока, мы не можем измерить соотношение между ними. Это точно соответствует предсказанию квантовой теории. Но может быть это связано только с рассмотренными углами наклона поляризатора? Проверим это для произвольного угла θ . Принимая во внимание, что углы, образованные каждым потоком с поляризатором, в сумме равны $\pi/2$, находим:

$$\begin{aligned} N_{\text{вых}}(\theta) &= \frac{1}{2} N \cos^2(\theta) + \frac{1}{2} N \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \\ &= \frac{1}{2} N \cos^2(\theta) + \frac{1}{2} N \sin^2(\theta) = \frac{1}{2} N \end{aligned}$$

В строгом соответствии с предсказанием квантовой теории *общий* выход фотонов не зависит от угла между поляризаторами.

Режим квантовой фильтрации

Считается, что запутанные квантовые частицы, например, фотоны не могут быть использованы для передачи классической информации. Хотя такие фотоны как бы обмениваются сверхсветовой квантовой информацией, эту информацию не удаётся превратить в информацию классическую, которую можно считывать и обрабатывать классическими приборами.

Главной проблемой при использовании запутанности для передачи информации является невозможность считывания фактического состояния квантовых частиц и, как следствие, невозможность различения их неизвестных состояний. Запрет на клонирование квантовых частиц также накладывает запрет на такое различение: наличие копий частиц давало бы возможность множеством измерений определить их состояние, то есть, выявить различие между частицами, передаваемыми от передатчика к приёмнику.

Таким образом, можно считать, что для принимающей стороны главной проблемой является проблема различимости, то есть, возможности различить посылаемые передатчиком сигналы, квантовые состояния. Передатчик изменяет состояния своих частиц, что приводит к изменению состояния удалённых, принимаемых приёмником частиц, то есть передаёт им квантовую информацию. Считается, что приёмник не способен различить квантовые частицы по их изменённым состояниям, не способен "прочитать" эти изменения квантового состояния частицы, превратив их в классическую, читаемую информацию.

Однако, может быть, решение проблемы различимости квантовых состояний при передаче квантовой информации запутанными частицами все-таки существует? Поможет ли получить такое решение, например, использование квантового гейта CNOT (рис.2.1) в режиме фильтрации запутанных фотонов? Гейт осуществляет логическое сложение сигналов по модулю 2, причём считается, что сигнал на управляющем

выходе равен сигналу на управляющем выходе просто вследствие того, что это одна и та же линия ($a = A$). Однако, это справедливо только для ортогональных состояний управляющего кубита. Управляющий кубит в произвольном состоянии будет запутан с управляемым кубитом, потеряет своё первоначальное состояние и перейдет в состояние запутанности.

Таким образом, гейт CNOT оказывается чувствительным к направлениям поляризации как управляемого, так и управляющего фотонов, и это, вероятно, может позволить приёмнику определенно зарегистрировать эти направления.

Для определенности назовем "несущей" нелокальную связь фотонов, несущую квантовую информацию. В качестве несущей передаваемой информации удобнее всего использовать чистое запутанное состояние Белла ϕ^+ , состояние шредингеровского кота:

$$\phi^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$$

Соответственно, изменение угла наклона поляризатора у передатчика при измерении собственных фотонов из запутанных пар можно назвать фазовой модуляцией нелокальной несущей. При такой модуляции на стороне приёмника также происходит изменение угла наклона поляризации фотонов. Вот эту фазовую составляющую нелокальной несущей на стороне приёмника и позволяет выделить квантовый гейт CNOT.

Действительно, пусть для передачи информации передатчик на своей стороне измеряет фотоны из запутанных пар либо вертикальным поляризатором, либо наклонённым под 45° . В этом случае на стороне приёмника фотоны образуют два разных сигнала, каждый из которых состоит из двух ортогональных поляризованных потоков в виде вертикального и наклонного под 45° "крестов". Следовательно, измерений на стороне приёмника будет четыре, поскольку он принимает четыре различно поляризованных фотона: вертикально, го-

ризонгально, под углом $+45^\circ$ и под углом -45° .

Главная цель приёмника - различить эти два ортогонально поляризованных потока-креста. Сейчас попробуем выяснить, возможно ли это. Произведём измерения четырёх возможных состояний с помощью одной и той же схемы.

Сначала рассмотрим смесь из двух потоков ортогонально поляризованных фотонов: с вертикальной и горизонтальной поляризацией, вертикальный "крест". Попробуем использовать его для передачи сигнала "ноль", "нет", false, точка азбуки Морзе и так далее. Каждый из фотонов этой смеси имеет либо вертикальную поляризацию, либо горизонтальную. Пропустим эту смесь через гейт CNOT: поток поступает на управляющий вход гейта, а на управляемый вход подадим фотоны с горизонтальной поляризацией. С выходов гейта CNOT фотоны подаются на два соответствующих расщепляющих поляризатора с \pm выходами: П1 и П2. Произведем измерения для четырех различных состояний потоков.

Измерение вертикальной составляющей потока прямого "креста". Для вертикально поляризованного потока на входе гейта имеем входное двухкубитное состояние:

$$|\Psi_{in}^1\rangle = |1\rangle \otimes |0\rangle = 0|00\rangle + 0|01\rangle + 1|10\rangle + 0|11\rangle$$

Или вектор в матричном виде, в виде столбца коэффициентов:

$$|\Psi_{in}^1\rangle = |1\rangle \otimes |0\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

На выходе CNOT получаем функцию в матричном виде:

$$|\Psi_{out}^1\rangle = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

В дираковской форме эта волновая функция может быть представлена как тензорное произведение двух независимых

волновых функций, то есть, не является запутанной парой:

$$|\Psi_{out}^1\rangle = |11\rangle = |1\rangle \otimes |1\rangle \quad (2.3)$$

Пропустим эти два фотона (из потока и управляемый фотон на выходе) через два наклонённые на 45 градусов расщепляющие поляризатора, каждый из фотонов - через свой поляризатор. Поскольку фотоны независимые, то через эти одинаково ориентированные поляризаторы на одноименные выходы пройдёт по 50% фотонов с управляющего и управляемого выходов гейта CNOT. Вероятность парного прохождения, то есть, когда на одноименные выходы разных поляризаторов пройдут оба фотона пары, согласно закону Малуса будет равна:

$$P_{11} = \cos^2 \frac{\pi}{4} \times \cos^2 \frac{\pi}{4} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

Это очевидно, поскольку в базисе поляризаторов фотоны описываются одинаковыми волновыми функциями

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$$

Таким образом, поскольку фотоны не запутанные, совпадений при прохождении через поляризаторы будет 50%, (25% – оба прошли на плюс, 25% – оба прошли на минус).

Пример. Пусть общее число запутанных фотонных пар на входах поляризаторов будет 100. Вертикально поляризованных в этом потоке будет 50 пар или 100 одиночных фотонов, то есть по 50 на каждый поляризатор. На плюсовые и минусовые выходы каждого из поляризаторов пройдут по 25 фотонов. Поскольку фотоны независимые, реализуются равновероятно все комбинации, поэтому, например, на плюсовые выходы совместно пройдут $12,5 + 12,5 = 25$ фотонов или 25% от их общего количества. В целом совпадающих прохождений будет $25 + 25 = 50$ фотонов из 100.

Измерение горизонтальной составляющей потока прямого "креста". Для горизонтально поляризованного фотона на управляющем входе гейта CNOT и горизонтально

поляризованного фотона на управляемом входе имеем волновую функцию:

$$|\Psi_{in}^0\rangle = |0\rangle \otimes |0\rangle = 1|00\rangle + 0|01\rangle + 0|10\rangle + 0|11\rangle$$

Или в матричном виде:

$$|\Psi_{in}^0\rangle = |0\rangle \otimes |0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

На выходе CNOT получаем функцию в матричном виде:

$$|\Psi_{out}^0\rangle = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

В дираковской форме эта волновая функция также может быть представлена в виде тензорного произведения двух независимых волновых функций, то есть, пара также не является запутанной:

$$|\Psi_{out}^0\rangle = |00\rangle = |0\rangle \otimes |0\rangle \quad (2.4)$$

Поскольку фотоны на управляющем и управляемом выходах гейта CNOT независимые, то при их прохождении через наклонённые на 45 градусов поляризаторы также будет по 25% совпадений. Волновые функции фотонов будут иметь вид

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)$$

Вероятность парного прохождения, то есть, когда через, например, одноименные выходы поляризаторов пройдут оба фотона, будет равна:

$$P_{00} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

То есть, как и в предыдущем случае, совпадений при прохождении через поляризаторы будет 25%, (25% – оба прошли на плюсовые выходы, 25% – оба прошли на минусовые выходы). Общее совместное одноименное прохождение, таким образом, составит

$$P_{11+00} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

Такое 50-процентное совпадение и будет обозначать как сигнал "ноль", "нет", false, точка азбуки Морзе и так далее.

После поворота поляризатора передатчика, на вход приемника поступят два ортогонально поляризованных потока фотонов с наклоненной на 45 градусов вертикальной и горизонтальной поляризацией (наклонный "крест"). Попробуем использовать его для передачи сигнала "единица", "да", true, тире азбуки Морзе и так далее. Смесь в этом случае будет содержать два потока фотонов с волновыми функциями:

$$|\Psi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$$

$$|\Psi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)$$

Измерение составляющей Ψ^+ потока наклонного "креста". Для этой составляющей на управляющем входе гейта и горизонтально поляризованного фотона на управляемом входе имеем волновую функцию и её матричную форму:

$$\begin{aligned} |\Psi_m^+\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \otimes |0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle \otimes |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \otimes |0\rangle = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}}(1|00\rangle + 0|01\rangle + 1|10\rangle + 0|11\rangle) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

После их прохождения через гейт CNOT получим состояние в матричном виде:

$$|\Psi_{out}^+\rangle = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

В дираковской форме волновая функция теперь уже не может быть представлена как тензорное произведение двух независимых волновых функций, что означает запутанное состояние фотонов (чистое состояние Белла ϕ^+ , состояние шредингеровского кота):

$$|\Psi_{out}^+\rangle = \phi^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \neq |\psi_1\rangle \otimes |\psi_2\rangle$$

Поскольку фотоны запутанные, то при их прохождении через наклонённые на 45 градусов поляризаторы оба всегда с единичной достоверностью пройдут на одноименные выходы. И на плюсовой и на минусовой выходы фотоны пройдут одновременно с вероятностью:

$$P_{++} = P_{--} = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} \right|^2 = \frac{1}{2}$$

Вероятности разноименных прохождений равны нулю:

$$P_{+-} = P_{-+} = 0$$

Таким образом, совпадений при прохождении через поляризатор будет 100%, (50% – оба прошли на плюсовой выход, 50% – оба прошли на минусовой выход):

$$P_{++} + P_{--} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

По числу фотонов это, соответственно, составит 50 фотонов из 100.

Измерение составляющей Ψ^- потока наклонного "креста". Для этой составляющей на управляющем входе гейта и горизонтально поляризованного фотона на управляемом входе гейта имеем волновую функцию и её матричную форму:

$$\begin{aligned}
|\Psi_{in}^-\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \otimes |0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle \otimes |0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \otimes |0\rangle = \\
&= \frac{1}{\sqrt{2}}(1|00\rangle + 0|01\rangle - 1|10\rangle + 0|11\rangle) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

После их прохождения через гейт CNOT получим совместное состояние в матричном виде:

$$|\Psi_{out}^-\rangle = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

В дираковской форме волновая функция имеет следующий вид и не может быть представлена как тензорное произведение двух независимых волновых функций, что означает запутанное состояние фотонов (чистое состояние Белла ϕ^-):

$$|\psi_{out}^-\rangle = \phi^- = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle) \neq |\psi_1\rangle \otimes |\psi_2\rangle$$

Поскольку фотоны запутанные, то через наклонённые на 45 градусов поляризаторы, как и в предыдущем случае, пройдёт 50% пар управляющих и управляемых фотонов с выхода гейта CNOT. То есть, на одноименные выходы расщепляющих поляризаторов оба фотона пройдут с вероятностью:

$$P_{++} = P_{--} = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} \right|^2 = \frac{1}{2}$$

По числу фотонов это вновь составит 50 фотонов из 100 для каждого из совпадений. Соответственно, вероятности разноименных прохождений в этом случае также равны нулю:

$$P_{+-} = P_{-+} = 0$$

Таким образом, как и в предыдущем случае, совпадений при

прохождении через поляризатор будет 100%, (50% – оба прошли на плюсовой выход, 50% – оба прошли на минусовой выход), то есть, для суммарного прохождения фотонов двух потоков эта величина составит 100 фотонов из 100:

$$P_{++} + P_{--} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

Такое 100-процентное совпадение и будет обозначать сигнал "единица", "да", true, тире азбуки Морзе и так далее.

Как видим, передатчик формирует два отчетливо различимых для приёмника потока. Первое и второе измерения, вертикальный крест в приёмнике дают количество совпадений (50%), надёжно отличающееся от количества совпадений, которое дают третье и четвёртое измерения (100%), наклонный крест. Состояния фотонов на стороне передатчика формируются, например, поворотом рукоятки поляризатора - в вертикальное или наклонное положение. Фотонам на стороне приёмника эти состояния передаются со сверхсветовой (нелокальной) скоростью. Квантовый гейт CNOT позволяет различить эти модулированные состояния запутанных фотонов, определить в каком положении на стороне передатчика находилась рукоятка поворотного поляризатора. Обобщенно результаты измерений можно свести в две таблицы состояний:

Таблица состояний для сигналов

Сигнал 0		Сигнал 1	
Датчик 1+	Датчик 2+	Датчик 1+	Датчик 2+
0	0	0	0
0	1	-	-
1	0	-	-
1	1	1	1

Поскольку возможны 4 комбинации сигналов на выходах измерителей, для нижнего уровня достоверности должно производиться как минимум измерение 4-х последовательных фотонов. Согласно колонкам Сигнал 0 обязательно будут зафиксированы противофазные фотоны. Другими словами,

наличие противофазных фотонов (разноименных совпадений) означает получение приемником сигнала 0.

Очевидно, что и передатчик и приемник можно легко автоматизировать, использовать компьютерную технику. Наиболее сложным является создание несущей, то есть создание и разделение фотонных пар между передатчиком и приемником, своеобразных телеграфных проводов.

Но здесь возникает серьезный вопрос: каким же образом все-таки неуловимая, неощутимая квантовая информация вдруг позволила передать информацию классическую, вещественную? Вероятно, что в данном случае, по всей видимости, удалось обойти запрет на клонирование фотона. Хотя о единственном случае клонирования было известно и ранее: это клонирование фотона в базисном состоянии. Такое клонирование осуществляет гейт CNOT. Эта одна-единственная, буквально крошечная возможность создания клонированного фотона, допустила возможность передачи классической информации, формально даже и не нарушая теорему о запрете клонирования кубита.

Опишем такую возможность в виде небольшой истории с традиционными участниками Алисой и Бобом, которые решили осуществить передачу сигналов посредством квантового нелокального семафора. Почему семафор, а не традиционные телепортация или телеграф? Дело в том, что два ортогональных сигнала – вертикальный и наклонный кресты поляризованных фотонов довольно сильно напоминают морской семафор, когда матрос размахивает флажками, образуя разные фигуры. Очевидно, что разница наклонов в 45 градусов соответствует максимальной различимости положения таких крестов. Конечно, в этом случае используется не морская семафорная азбука, а азбука Морзе, поскольку у таких флажков только два положения.

Итак, для такого эксперимента они собрали модель квантового нелокального семафора примерно такого вида:

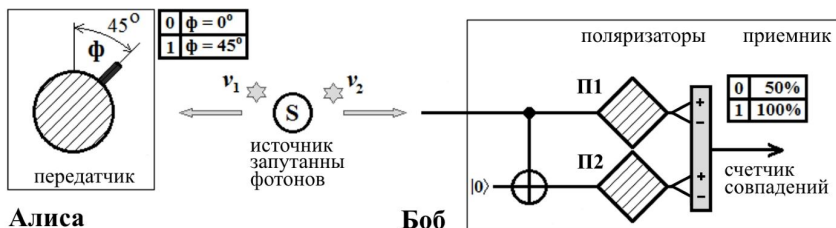


Рис.2.3. Схема квантового нелокального семафора

На одинаковом расстоянии от себя они установили источник запутанных фотонов S , который испускает непрерывную последовательность фотонных пар v_1 и v_2 . Свои полученные фотоны Алиса пропускает через вращаемый поляризатор. Чтобы передать Бобу сообщение с помощью азбуки Морзе, Алиса поворачивает свой поляризатор в одно из двух положений. Вертикальное положение поляризатора означает точку (ноль), наклонное под 45 градусов – тире (единицу). На своей стороне Боб принимает вторые из пар запутанные фотоны и пропускает их через квантовый гейт CNOT, подавая на его управляющий вход полученные запутанные фотоны, а на управляемый вход – фотоны с горизонтальной поляризацией. С выхода гейта управляющий и управляемый фотоны Боб пропускает через наклоненные под 45 градусов расщепляющие поляризаторы и с помощью устройства совпадения измеряет парные регистрации, когда оба фотона одновременно прошли либо на одноименные их выходы (плюсовые или минусовые), либо на разноименные. Конечно, использование расщепляющих поляризаторов не обязательно, поскольку всякое прохождение на один выход тождественно отсутствию такого прохождения на другой. Устройство совпадения выдает информацию о процентном соотношении парных регистраций. Если все фотоны парно прошли через одноименные выходы поляризаторов (100%-ное совпадение), то Боб записывает тире (единицу). Если одноименных регистраций только 50%, то Боб записывает точку (ноль). Поскольку совпадения формируются при коллапсе волновых функций за-

путанных фотонов v_1 и v_2 , то такая передача текста азбукой Морзе происходит со сверхсветовой скоростью.

Однако, в заключение следует сделать, видимо, неожиданный вывод. Остаются сомнения в окончательном и убедительном доказательстве того, что квантовая нелокальность может быть использована для сверхсветовой передачи информации. Слишком уж много вопросов возникает в физике при такой возможности. Но, если приведённые выкладки ошибочны, то в чём ошибка? Возможно, ошибка заключена в трактовке запутанности. Если посмотреть литературу по CNOT, то можно встретить утверждения, что на выходе гейта фотоны запутаны *всегда* и во всех режимах. В этом случае селекция фотонов на выходах предложенной схемы не позволит различить их исходное состояние и передачи информации не будет. Другими словами, уравнения (2.3) и (2.4) тоже, видимо, представляют запутанные состояния фотонов, хотя это очень странные состояния запутанности. Действительно, в этом случае оба фотона находятся в собственных состояниях и имеют точно определённые поляризации, а их совместное состояние является тензорным произведением, означающим отсутствие запутанности, вопреки многочисленным заявлениям от имени квантовой механики! Такая запутанность, если она, действительно, имеет место, весьма красочна. Фотон с достоверно известной поляризацией без какого бы то ни было влияния извне поворачивает её на глазах экспериментатора. И сразу же становится очевидным, что такая запутанность с ещё большей простотой позволяет произвести сверхсветовую передачу информации. Поворачивая поляризатор у одного фотона, мы получаем на выходе такое же вращение.

Такую сигнализацию довольно сложно использовать в дальней космической связи, поскольку требуется создать некое фотонное подобие телеграфной линии связи. Но её достаточно просто использовать для кодированной передачи информации. Источник запутанных фотонов передает их отправителю и получателю, например, по обычной волокон-

но-оптической линии, либо со спутника. Передача информации производится либо непосредственно путем описанной семафорной сигнализации, либо передачей открытого ключа. Любое постороннее вмешательство в сеанс связи сразу же обнаруживается по нарушению контрольных сумм и может быть незамедлительно пресечено.

Квантовая телепортация: подробный анализ

Как считается, никакими измерениями над запутанными парами фотонов нельзя передать классическую информацию со сверхсветовой скоростью. Точно также невозможно *передать* информацию и с помощью квантовой телепортации. Как правило, математические описания квантовой телепортации, представленные в литературе, приводятся в несколько упрощённом виде, без подробных, наглядных промежуточных выкладок. Возможно, для подготовленного читателя это допустимо. При этом первое знакомство с квантовой телепортацией создает ложное впечатление о её сходстве с телепортацией, давно известной из художественной научно-фантастической литературы, то есть, перемещением тел, минуя промежуточные положения. Но на самом деле реальная квантовая телепортация кроме названия не имеет практически ничего общего с научно-фантастической.

Попробуем проанализировать математику квантовой телепортации более подробно, чем это делается в литературе. Рассмотрим один из вариантов схемы установки для осуществления этой телепортации. Обращаем внимание, что в отличие от традиционной, литературной телепортации, в квантовой телепортируется не физический объект, а некие сведения о его состоянии. Мгновенно и на большое расстояние передаётся так называемая "квантовая информация", то есть, произвольное, неизвестное состояние квантовой частицы – кубита, например, $a|0\rangle + b|1\rangle$, при этом результат всегда является неоднозначным. В качестве кубита для телепортации в настоящее время используется фотон.

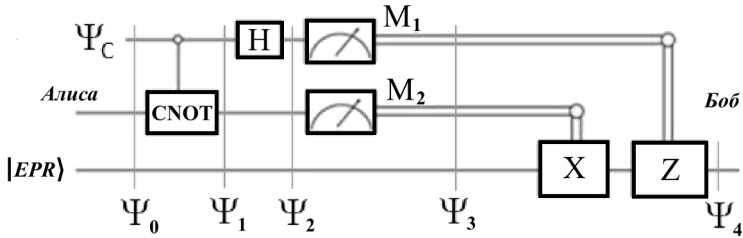


Рис.2.4. Экспериментальная установка для проведения квантовой телепортации

Квантовые логические элементы: гейт CNOT, гейт Адамара H и измерители M_1 , M_2 находятся на стороне Алисы, а гейты X и Z - на стороне Боба. В качестве "носителя" традиционно используются запутанные частицы в одном из состояний Белла:

$$|EPR\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$$

Одна из частиц запутанной пары остаётся у Алисы, а другая отправляется Бобу. Однако, в протоколе телепортации можно использовать любое из четырех чистых запутанных состояний Белла. Рассмотрим выкладки, использующие все эти состояния. Для этого обозначим кубит, состояние которого телепортируется, нижним индексом C, а кубиты, принадлежащие Алисе и Бобу, соответственно, индексами A и B. Тогда состояния кубитов, участвующих в телепортации, будут записаны таким образом:

$$|\Psi_C\rangle = \alpha|0_C\rangle + \beta|1_C\rangle$$

$$|\Psi^\phi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0_A 0_B\rangle \pm |1_A 1_B\rangle)$$

$$|\Psi^\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0_A 1_B\rangle \pm |1_A 0_B\rangle)$$

Таким образом, для каждого из четырёх протоколов телепортации, в зависимости от используемого состояния Белла, которое назовем телепортационной несущей, состоя-

ние на входе устройства телепортации будет, соответственно, иметь вид:

$$\begin{aligned} |\Psi_0^\phi\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0_C\rangle + \beta|1_C\rangle) \otimes (|0_A 0_B\rangle \pm |1_A 1_B\rangle) = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}}\{\alpha|0_C\rangle(|0_A 0_B\rangle \pm |1_A 1_B\rangle) + \beta|1_C\rangle(|0_A 0_B\rangle \pm |1_A 1_B\rangle)\} \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned} |\Psi_0^\psi\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0_C\rangle + \beta|1_C\rangle) \otimes (|0_A 1_B\rangle \pm |1_A 0_B\rangle) = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}}\{\alpha|0_C\rangle(|0_A 1_B\rangle \pm |1_A 0_B\rangle) + \beta|1_C\rangle(|0_A 1_B\rangle \pm |1_A 0_B\rangle)\} \end{aligned}$$

Это четыре уравнения телепортации: каждое из двух выражений описывает два состояния. Сдвоенные знаки \pm в каждом из уравнений всегда одинаковые – либо плюс, либо минус. Кубиты Алисы пропускаются через гейт CNOT, что приводит к изменению состояний запутанной частицы Алисы на управляемом входе гейта. Совместное состояние всех трёх частиц принимает, соответственно, вид:

$$\begin{aligned} |\Psi_1^\phi\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}\{\alpha|0_C\rangle(|0_A 0_B\rangle \pm |1_A 1_B\rangle) + \beta|1_C\rangle(|1_A 0_B\rangle \pm |0_A 1_B\rangle)\} \\ |\Psi_1^\psi\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}\{\alpha|0_C\rangle(|0_A 1_B\rangle \pm |1_A 0_B\rangle) + \beta|1_C\rangle(|1_A 1_B\rangle \pm |0_A 0_B\rangle)\} \end{aligned}$$

Далее телепортируемый кубит С Алисы пропускается через гейт Адамара Н, в котором он преобразуется по правилу:

$$\begin{aligned} |0\rangle &\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \\ |1\rangle &\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \end{aligned}$$

Отсюда получаем третье состояние (напомним, для всех четырех состояний Белла):

$$\begin{aligned}
|\Psi_2^\phi\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ \alpha \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle_C + |1\rangle_C) (|0_A 0_B\rangle \pm |1_A 1_B\rangle) + \right. \\
&\quad \left. \beta \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle_C - |1\rangle_C) (|1_A 0_B\rangle \pm |0_A 1_B\rangle) \right\} = \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \alpha (|0\rangle_C + |1\rangle_C) (|0_A 0_B\rangle \pm |1_A 1_B\rangle) + \right. \\
&\quad \left. \beta (|0\rangle_C - |1\rangle_C) (|1_A 0_B\rangle \pm |0_A 1_B\rangle) \right\} \\
|\Psi_2^\psi\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ \alpha \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle_C + |1\rangle_C) (|0_A 1_B\rangle \pm |1_A 0_B\rangle) + \right. \\
&\quad \left. \beta \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle_C - |1\rangle_C) (|1_A 1_B\rangle \pm |0_A 0_B\rangle) \right\} = \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \alpha (|0\rangle_C + |1\rangle_C) (|0_A 1_B\rangle \pm |1_A 0_B\rangle) + \right. \\
&\quad \left. \beta (|0\rangle_C - |1\rangle_C) (|1_A 1_B\rangle \pm |0_A 0_B\rangle) \right\}
\end{aligned}$$

Раскроем скобки и перегруппируем кубиты в этом уравнении по их принадлежности Алисе или Бобу (кубиты С и А теперь оба принадлежат Алисе, поэтому индекс им про- ставляем общий - А):

$$\begin{aligned}
|\Psi_2^\phi\rangle &= \frac{1}{2} \left\{ \alpha |0\rangle_C |0\rangle_A |0\rangle_B \pm \alpha |0\rangle_C |1\rangle_A |1\rangle_B + \right. \\
&\quad \alpha |1\rangle_C |0\rangle_A |0\rangle_B \pm \alpha |1\rangle_C |1\rangle_A |1\rangle_B + \\
&\quad \beta |0\rangle_C |1\rangle_A |0\rangle_B \pm \beta |0\rangle_C |0\rangle_A |1\rangle_B - \\
&\quad \left. \beta |1\rangle_C |1\rangle_A |0\rangle_B \mp \beta |1\rangle_C |0\rangle_A |1\rangle_B \right\} = \\
&= \frac{1}{2} \left\{ +\alpha |00\rangle_A |0\rangle_B \pm \alpha |01\rangle_A |1\rangle_B + \alpha |10\rangle_A |0\rangle_B \pm \alpha |11\rangle_A |1\rangle_B \pm \right. \\
&\quad \left. \pm \beta |00\rangle_A |1\rangle_B + \beta |01\rangle_A |0\rangle_B \mp \beta |10\rangle_A |1\rangle_B - \beta |11\rangle_A |0\rangle_B \right\} \\
|\Psi_2^\psi\rangle &= \frac{1}{2} \left\{ \alpha |0\rangle_C |0\rangle_A |1\rangle_B \pm \alpha |0\rangle_C |1\rangle_A |0\rangle_B + \right. \\
&\quad \alpha |1\rangle_C |0\rangle_A |1\rangle_B \pm \alpha |1\rangle_C |1\rangle_A |0\rangle_B + \\
&\quad \beta |0\rangle_C |1\rangle_A |1\rangle_B \pm \beta |0\rangle_C |0\rangle_A |0\rangle_B - \\
&\quad \left. \beta |1\rangle_C |1\rangle_A |1\rangle_B \mp \beta |1\rangle_C |0\rangle_A |0\rangle_B \right\} =
\end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ +\alpha|00\rangle_A|1\rangle_B \pm \alpha|01\rangle_A|0\rangle_B + \alpha|10\rangle_A|1\rangle_B \pm \alpha|11\rangle_A|0\rangle_B \pm \right. \\ \left. \pm \beta|00\rangle_A|0\rangle_B + \beta|01\rangle_A|1\rangle_B \mp \beta|10\rangle_A|0\rangle_B - \beta|11\rangle_A|1\rangle_B \right\}$$

Сгруппируем однотипные слагаемые кубитов Алисы, опустив очевидные индексы и разделив уравнения на четыре, каждое из которых теперь уже относится к соответствующей телепортационной несущей - состоянию Белла. В результате получаем

$$\begin{aligned} |\Psi_2^{\phi+}\rangle &= \frac{1}{2} \left\{ |00\rangle(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) + |01\rangle(\beta|0\rangle + \alpha|1\rangle) + \right. \\ &\quad \left. |10\rangle(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) + |11\rangle(\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) \right\} \\ |\Psi_2^{\phi-}\rangle &= \frac{1}{2} \left\{ |00\rangle(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) + |01\rangle(\beta|0\rangle - \alpha|1\rangle) + \right. \\ &\quad \left. |10\rangle(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) + |11\rangle(-\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) \right\} \\ |\Psi_2^{\psi+}\rangle &= \frac{1}{2} \left\{ |00\rangle(\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) + |01\rangle(\beta|1\rangle + \alpha|0\rangle) + \right. \\ &\quad \left. |10\rangle(\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) + |11\rangle(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) \right\} \\ |\Psi_2^{\psi-}\rangle &= \frac{1}{2} \left\{ |00\rangle(\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) + |01\rangle(\beta|1\rangle - \alpha|0\rangle) + \right. \\ &\quad \left. |10\rangle(\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) + |11\rangle(-\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) \right\} \end{aligned}$$

Как видим, каждое из четырех полученных чисто математическими преобразованиями состояний имеет четыре равновероятных исхода. После измерения на M_1 и M_2 пары кубитов Алисы, на стороне Боба будет получено одно из этих состояний: $|00\rangle$, $|01\rangle$, $|10\rangle$ или $|11\rangle$. Если передать Бобу результаты измерения Алисы, то он сможет произвести над своим кубитом соответствующие унитарные преобразования, в результате которых получит состояние своего кубита, имеющее состояние, сходное с состоянием телепортируемого кубита Алисы. При этом, как видно в таблицах, ни один из равновероятных результатов не повторяется в других несущих. То есть, каждому из результатов на стороне Алисы - 00, 01, 10 и 11 для каждой из несущих соответствует свой отличный результат на стороне Боба, и наоборот. Например, результат на стороне Боба, не требующий никаких преобразований - I, соответствует результату измерений на стороне

Алисы - 00, 01, 10 и 11 - в зависимости от несущей.

M_1M_2	$\Psi_3^{\phi+}$	Преобразование	Результат $\Psi_4^{\phi+}$
00	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$	I	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
01	$\alpha 1\rangle + \beta 0\rangle$	X	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
10	$\alpha 0\rangle - \beta 1\rangle$	Z	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
11	$\alpha 1\rangle - \beta 0\rangle$	XZ	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$

M_1M_2	$\Psi_3^{\phi-}$	Преобразование	Результат $\Psi_4^{\phi-}$
00	$\alpha 0\rangle - \beta 1\rangle$	Z	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
01	$-\alpha 1\rangle + \beta 0\rangle$	XZ	$-(\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle)$
10	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$	I	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
11	$-\alpha 1\rangle - \beta 0\rangle$	X	$-(\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle)$

M_1M_2	$\Psi_3^{\psi+}$	Преобразование	Результат $\Psi_4^{\psi+}$
00	$\alpha 1\rangle + \beta 0\rangle$	X	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
01	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$	I	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
10	$\alpha 1\rangle - \beta 0\rangle$	XZ	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
11	$\alpha 0\rangle - \beta 1\rangle$	Z	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$

M_1M_2	$\Psi_3^{\psi-}$	Преобразование	Результат $\Psi_4^{\psi-}$
00	$\alpha 1\rangle - \beta 0\rangle$	XZ	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
01	$-\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$	Z	$-(\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle)$
10	$\alpha 1\rangle + \beta 0\rangle$	X	$\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$
11	$-\alpha 0\rangle - \beta 1\rangle$	I	$-(\alpha 0\rangle + \beta 1\rangle)$

Таким образом, мы смогли телепортировать неизвестное

состояние частицы Алисы, используя каждое из четырех запутанных состояний Белла.

Фактически квантовая телепортация передает состояние частицы в одном из четырех унитарно совместимых *случайных* состояний, то есть, состояний, связанных с исходным не более чем двумя элементарными преобразованиями с использованием результатов двух измерений на стороне Алисы:

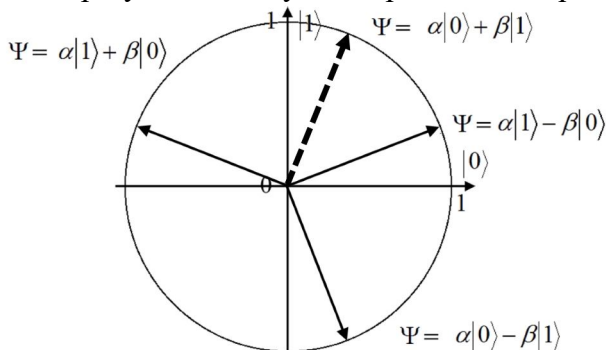


Рис.2.5. Боб получил одно из этих четырех состояний

На рисунке толстой штриховой стрелкой показан частный случай исходного телепортируемого кубита и равному ему принятого получателем кубита, соответствующих телепортационной несущей в ϕ^+ -состоянии. Поворот каждого из вероятных кубитов до положения исходного производится по правилу, определяемому значением классических битов, полученных на измерителях отправителя. Передача этих 2-х классических дополнительных битов информации может быть произведена только со скоростью, не превышающей скорость света.

Кроме того, следует обратить внимание на техническую особенность рассмотренной установки. Как видим, Алиса и Боб получают по одной из частиц запутанной пары. Если телепортация производится на достаточно большое расстояние, то полученный кубит придется где-то сохранять до тех пор, пока не будет получена классическая информация для восстановления его состояния.

В заключение ещё раз отметим: в процессе квантовой телепортации со сверхсветовой скоростью передается эфемерная квантовая информация. С её помощью в настоящий момент *невозможно* передать какую-либо классическую информацию непосредственно. По этой причине такие сверхсветовые сигналы *считаются* непротиворечащими специальной теории относительности и, следовательно, не могут её опровергнуть.

И, тем не менее, явление запутанности, лежащее в основе квантовой телепортации, вызвало возражение у Эйнштейна, который увидел в нем проблему для квантовой механики. При беспрецедентно точных предсказаниях квантовой механики, она, по сути, не дает никакого физического описания некоторых явлений. Ни в одном эксперименте не удалось определить реальное состояние квантового объекта, поскольку, согласно положениям квантовой механики, это состояние не существует априори, а возникает в процессе измерения. Квантовая механика оперирует с вероятностями и ничего не говорит об исходном, до измерения состоянии объектов. На это довольно странное обстоятельство обратили внимание Эйнштейн и его сотрудники. Суть этого обстоятельства весьма точно описал Пенроуз:

"...в самом направлении А, вокруг которого электрон "вращается как вокруг оси" до того, как произведено измерение, по-видимому, есть нечто полностью объективное. Действительно, мы могли бы остановить свой выбор на измерении спина электрона в направлении А, и электрон должен быть приготовлен так, чтобы достоверно (т.е. с вероятностью 100%) дать ответ ДА, если мы случайно угадаем истинное направление спина! Каким-то образом "информация" о том, что электрон действительно должен дать именно такой ответ, хранится в спиновом состоянии электрона". (107, с.219)

И в самом деле, измерение состояния квантовой частицы может производиться и в том случае, когда его исходное состояние *известно* заранее. Нетрудно заметить, что и в этом случае частица ведет себя *точно так же*, как если бы у

неё не было исходного состояния. Следовательно, утверждение об отсутствии исходного, до измерения состояния выглядит не убедительно. Другими словами, то, что мы не можем произвести над частицей неразрушающего измерения, только это и означает: мы не можем. Говорить об отсутствии состояния, в общем-то, довольно странно. Должно же в частице быть нечто такое, куда она "помещает" это состояние? Эйнштейн называл это нечто элементом физической реальности. Отрицание их он сводил к неполноте квантовой механики.

Следует заметить, что утверждению об *отсутствии* у частицы состояния до измерения несколько противоречит принцип суперпозиции. Согласно постулату квантовой механики, волновая функция любой квантовой частицы может быть описана суперпозицией двух ортогональных состояний, причем базис, то есть, направление этих состояний может быть любым: вертикально-горизонтальным, наклонным под 45 градусов и тому подобное. Из этого следует, что частица как бы одновременно *находится в двух состояниях*. Но рассмотрим несколько отвлеченный пример суперпозиции. Представим себе кусок глины, из которого предполагается слепить кубик или шар. Если предложить сделать это некоторой группе людей, то, видимо, с равной вероятностью они слепят ту или иную фигуру. Следовательно, можно записать состояние этого куска глины наподобие вектора состояния квантовой частицы:

$$|\Psi_{\text{кусок}}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\text{шар}\rangle + |\text{куб}\rangle)$$

Возникает интересная коллизия: вроде бы, согласно принципу суперпозиции, кусок глины одновременно представляет собой и шар и куб. Но мы явно видим, что это не так. Тогда, согласно квантовому формализму, мы должны согласиться, что и квантовая частица, действительно, не находится одновременно в двух ортогональных состояниях, а является чем-то неопределенным, не имеющим состояния. Но и это

представление выглядит не вполне убедительным, поскольку кусок глины все-таки имеет какое-то состояние. Кроме того, если частица находится в *определённом* состоянии, даже точно известном, то она, тем не менее, может быть описана такой же обычной волновой функцией, соответствующей принципу суперпозиции и одновременному нахождению частицы в *двух* ортогональных состояниях.

Видимо, вопрос о полноте квантовой механики все-таки не является праздным. Рассмотренные предельно корректные и точные математические описания нелокальных взаимодействий в квантовой информатике, телепортации в частности, отчетливо демонстрируют наличие информационного взаимодействия между кубитами. Квантовая механика только лишь описывает, но не предлагает никакого объяснения явлению корреляции (нелокальности), явно наблюдаемой информационной связи.

3. Сверхсветовое движение и тахион

Сверхсветовой электрон Зоммерфельда

Возникает довольно противоречивая ситуация. Пусть квантовая информация и неуловима, но обмен даже такой информацией определенно требует носителя. Традиционно, сверхсветовой носитель, частицу называют тахионом. И по признанию даже ведущих физиков рассмотрение тахиона в теории относительности приводит к различным парадоксам, что бросает тень на эту одну из самых успешных физических теорий. Получается, что для спасения теории относительности тахиону, как частице, движущейся быстрее света, следует отказать в праве на существование. Конечно, нелокальность в определенной степени освобождает нас от претензий к специальной теории относительности, поскольку собственно передачи *классической* информации нет. Но, если внимательно ее проанализировать, то освобождает лишь отчасти. Кроме того, тахион неожиданно дал о себе знать в первых версиях струнной теории, как одно из решений с отрицательным квадратом массы. Оттуда его, конечно, в следующих версиях теории удалили, но, во-первых, факт примечательный, и, во-вторых, а не зря ли его удалили? Нелокальность-то никуда не исчезла.

Истоки проблемы сверхсветовой сигнализации можно обнаружить в работах Зоммерфельда [16]. Считается, что тахион впервые описал именно он. Однако, справедливости ради, следует заметить, что Зоммерфельд исследовал все-таки не тахион, а сверхсветовое движение электрона, то есть электрически заряженной частицы, и его взаимодействие с собственным полем. Параграф 5 его статьи так и называется:

"§ 5. Сила, действующая на электрон со стороны его собственного поля, когда скорость постоянна и превышает скорость света".

Выводы его по большому счету принципиально не сильно отличаются от последующих выводов в отношении тахионов. Но с одним его замечанием. В своих выкладках Зоммерфельд использовал подход, отличающийся от методики Лоренца и от используемого впоследствии аппарата теории относительности:

"... я использовал общие выражения для поля электрона, движущегося по произвольному пути, которые оказываются более простым, чем известные ныне формулы, в основе которых лежат работы Лоренца" [16].

Это означает, что анализ Зоммерфельда не основывался на положениях специальной теории относительности и, следовательно, ни диаграммы Минковского, ни релятивистские соотношения "раньше-позже" здесь не должны были проявиться. Это не удивительно, поскольку результаты исследований были опубликованы за год до появления специальной теории относительности. По меньшей мере, это наталкивает на мысль рассмотреть поведение тахиона в другом, не релятивистском формализме.

Исследуя силу, действующую на электрон со стороны его же собственного поля, когда скорость постоянна и превышает скорость света, Зоммерфельд пришел к выводу, что физическими законами движение электрона со сверхсветовой скоростью не запрещено, хотя и не является свободным, легко осуществимым:

"Несмотря на то, что движение с постоянной скоростью, превышающей скорость света, не является для электрона свободным, это движение не запрещено с физической точки зрения, так как требует (даже если скорость бесконечна) в каждый момент приложения только конечной силы, а также для любого конечного пути только конечной работы" [16].

Однако, в итоге он все-таки делает противоположное заключение, что такое движение на самом деле невозможно:

"Движение электронов, имеющих равномерный поверхностный заряд, с постоянной скоростью, превышающей

скорость света, на самом деле невозможно, это потребовало бы бесконечно больших затрат сил и энергии" [16].

Хорошо, пусть так. Но это относится к заряженной частице, а тахион, как считается, заряда не имеет. Здесь мы обратили внимание на то, что анализ проводился без использования механизма специальной теории относительности. Невольно возникает вопрос: а как бы выглядел этот анализ с использованием механизма специальной теории относительности? Если выводы Зоммерфельда в довольно-таки явной форме отрицают возможность существования сверхсветового электрона, тогда что в этом плане покажет СТО? Полученные Зоммерфельдом выводы на тахион следует распространять с осторожностью, поскольку он, по мнению многих исследователей, не имеет заряда и может двигаться с любой сверхсветовой скоростью. Кроме того, применение к тахиону математики теории относительности, в основе которой фактически лежат те же работы Лоренца, приводит к возникновению парадоксов причинности, являющимся прямым математическим следствием формализма теории, а сам тахион приобретает весьма экзотические характеристики.

Не смотря на это, тахион почти единодушно отнесен к лоренц-инвариантным объектам и на него распространена вся математика теории относительности.

Эйнштейновский сборник статей

В 1973 году в печати вышел "Эйнштейновский сборник", посвященный актуальным проблемам теории относительности и, в значительной степени, проблемам сверхсветовых частиц. Следует заявить, что значимость ряда работ в нем имеет весьма сомнительный характер. Анализ доводов в пользу применимости теории относительности к сверхсветовым частицам показывает, что в значительной степени они являются ошибочными. Не на правах рецензии, а с целью обнаружить причины ошибок и истоки релятивистских парадоксов, рассмотрим основные, существенные доводы не-

которых авторов сборника. Хотя со дня выхода сборника прошло более 40 лет, основные выводы статей, в общем, не подвергались развернутой, серьезной критике, оставшись актуальными до наших дней. В том или ином виде заложенные в них идеи поддерживаются практически всеми используемыми ныне физическими теориями. Главной проблемой современной физики следует назвать замалчиваемое противоречие между *наличием* сверхсветовых корреляций и *запретом* на передачу сверхсветовых сигналов.

Вводная статья

Во вводной статье сборника "Сверхсветовые движения и специальная теория относительности" [154, с.84-111] Киржница и Сазонова традиционно отмечается, что специальная теория относительности сама по себе не отрицает, не запрещает возможность сверхсветового движения. В подтверждение авторы приводят, в частности, слова Эйнштейна, указавшего, что в случае движения со сверхсветовой скоростью:

"...мы вынуждены считать возможным механизм передачи сигнала, при использовании которого достигаемое действие предшествует причине. Хотя этот результат с чисто логической точки зрения и не содержит, по-моему, в себе никаких противоречий, он все же настолько противоречит характеру всего нашего опыта, что невозможность предположения $\omega > c$ представляется в достаточной степени доказанной" [154, с.84].

Можно заметить, что приведенная аргументация достаточно мягкая, осторожная и, по существу, подвергает сомнению принципы причинности. Эту ошибочную мысль о необязательности принципов причинности косвенно поддерживают и авторы вводной статьи:

"Вопросы, связанные с причинностью, весьма глубоки, но разработаны относительно слабо. По этой, а также по некоторым другим причинам в проблеме сверхсветовых движений еще нет полной ясности" [154, с.85].

Но, если и говорить о слабости разработки, то, скорее, в отношении философской трактовки проблемы. Можно привести лишь одно предельно сильное ее решение: никаких нарушений причинности *научная* теория допустить не может. Сомнения в этом, допущение таких нарушений тождественны отрицанию справедливости самой теории. То, что Эйнштейн не увидел логических противоречий в движениях со сверхсветовыми скоростями, имеет математические, но не физические или философские причины. Действительно, возникающие в специальной относительности при анализе тахиона мнимые параметры – это нормальный процесс, для которого неизбежное нарушение причинности не имеет никакого математического значения.

Но всякие рассуждения о сверхсветовых сигналах, в конечном счете, явно или скрыто обязательно упираются в проблему регистрации таких сигналов. В этом случае любая, даже потенциальная возможность передачи сверхсветового сигнала между разными ИСО приводит с неизбежностью к разрушению специальной теории относительности.

При рассмотрении перечня возражений против сверхсветовых движений наиболее интересным являются замечания о невозможности связать с тахионом систему отсчета, поскольку в этом случае система должна быть оснащена макроскопическими масштабами и часами, состоящими из обычных частиц. Это, очевидно, подразумевало бы возможность их взаимодействия с тахионом.

Однако, известны и противоположные мнения, о возможности привязки к тахиону системы отсчета. Поскольку возникли разногласия, следует рассмотреть этот вопрос подробнее. Понятно, что все без исключения теоретические исследования тахионов опираются на преобразования Лоренца. В частности, видимо, первое из них, ставшее фигурально главным источником всех тахионных проблем, и наделившее тахион мнимой массой, имеет вид:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

где

E - энергия объекта

m - масса покоя объекта, тахиона

v - его скорость

c - скорость света.

Как видим, выражение под корнем имеет отрицательное значение, поэтому энергия тахиона оказывается мнимой величиной. Поскольку, как считается, мнимая величина энергии не имеет физического смысла, возникла вынужденная необходимость принять, что мнимой должна быть масса покоя тахиона. Вновь отметим, что все эти "мнимые манипуляции" являются исключительно следствием релятивистских операций над тахионом. Уравнение, как и следовало ожидать, притянуло за собой и другие мнимые величины: собственную длину тахиона и его собственное время жизни, которые также было рекомендовано постулировать и считать недоступными для измерения.

Признание тахиона лоренц-инвариантным, как утверждается, формально исключает вопросы о нарушении причинности. Известное мнение Мандельштама об опровержении теории относительности процессами сигнального характера, более быстрыми, чем свет, видимо, не учитывает явления запутанности, нелокальности. Однако, можно показать, что даже отсутствие регистрируемых сверхсветовых сигналов, одна только сверхсветовая корреляция опровергает релятивистские эффекты замедления времени и позволяет произвести синхронизацию часов. С последним утверждением не соглашается Фейнберг, считая такую точку зрения обманчивой [154, с.140]. Но это мнение тоже ошибочно.

Преобразования Лоренца появились в теории относительности как следствие инвариантности скорости света. Если

есть инвариантная скорость, то она автоматически становится предельной скоростью передачи информации и наоборот. В таком случае становятся невозможными скорости, превышающие инвариантную. Отсюда следует, что признание сверхсветовой скорости тахиона требует, как заметил Фейнберг, замены инварианта скорости света на инвариант скорости тахиона. Хотя сам сразу же отвергает такую возможность.

Проблемы тахиона в теории относительности

Тем не менее, многие физики все-таки считают тахион лоренц-инвариантным, не желая замечать, что такой подход приводит к серьезным проблемам и парадоксам. При рассмотрении тахиона с позиции теории относительности мы сразу же обнаружим, что традиционный множитель в уравнениях Лоренца становится мнимой величиной. Например, уравнение для длины будет иметь вид:

$$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Здесь L - это собственная длина движущегося тахиона, а L' - его длина в неподвижной системе отсчета. Поскольку скорость тахиона выше скорости света, из уравнения следует, что длина движущегося объекта должна стать мнимой. Кроме этого, модуль длины будет испытывать не лоренцево сокращение, а своеобразное лоренцево мнимое удлинение. Для наглядности примем, что скорость тахиона в 4 раза превышает скорость света. В этом случае отношение квадратов скоростей существенно больше единицы, поэтому под корнем единицу можно отбросить за малостью:

$$L' = L \sqrt{-\frac{v^2}{c^2}} = iL \frac{v}{c} = i4L$$

Выходит, что длина тахиона оказалась мнимо вытянутой в 4 раза, физический смысл чего совершенно неясен. Такая ситуация в некоторой степени соответствует ньютоновой физике: приближающийся тахион должен казаться сжатым, а удаляющийся – вытянутым. Если осветить приближающийся

тахиион, то можно предположить, что свет от ближнего края отразится лишь ненамного раньше, чем от дальнего, поскольку дальний край тахиона успеет переместиться вперёд после отражения света от переднего края, сокращая кажущуюся длину тахиона. Напротив, удаляющийся тахион будет казаться вытянутым, поскольку дальний край тахиона успеет удалиться вперёд после отражения света от ближнего края, что визуально увеличивает его длину. Однако, не следует при этом забывать, что эти длины – мнимые.

Похожая картина должна наблюдаться и при рассмотрении темпа хода часов, движущихся со сверхсветовой скоростью, часов на тахионе. Уравнение Лоренца для времени имеет такой же вид:

$$t' = t \sqrt{-\frac{v^2}{c^2}} = it \frac{v}{c} = i4t$$

Получается, что на тахионе пройдёт мнимый временной интервал. Аналогичные результаты можно получить и для энергии частицы, движущейся со сверхсветовой скоростью:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{imc^2}{4} = \frac{\mu c^2}{4}$$

Признавать энергию мнимой величиной считается невозможным, следовательно, для сохранения равенства какая-то из величин в правой его части должна быть мнимой. Выбор, как говорится, невелик: мнимой должна быть назначена только масса тахиона. Аналогично, получаем уравнение и для импульса тахиона:

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{i\vec{m}\vec{v}}{4} = \frac{\mu\vec{v}}{4}$$

Как и в уравнении для энергии, здесь также мнимой приходится сделать массу. Все эти мнимые параметры тахиона мы получили, просто применив к нему математику спе-

циальной теории относительности. То есть, вся эта "мнимость" – следствие релятивистских операций над тахионом. Что такое мнимая длина в реальном физическом мире, представить вряд ли возможно. Поэтому для того, чтобы характеристики тахиона стали осмысленными, Биланюк, например, предлагает:

"Единственный способ сделать их такими - это вновь постулировать, что их собственные длины, собственные времена жизни - мнимые параметры, подобно собственной массе. И поскольку никакая величина, которая должна описываться мнимым параметром, недоступна измерению, их мнимость не должна служить источником беспокойства" [154, с.112-133].

В этом случае уравнение для длины тахиона приобретает теперь уже иной, "спокойный" вид:

$$L' = L \sqrt{-\frac{v^2}{c^2}} = iL \frac{v}{c} = i4L = 4l$$

где l - мнимая собственная длина тахиона.

В приведённых лоренц-уравнениях для тахиона мнимую единицу можно было бы "присоединить" к скорости тахиона. Тогда мы получили бы во всех уравнениях единственную единую для всех уравнений мнимую величину - мнимую сверхсветовую скорость тахиона. Однако этому противится теория струн, в которой одно из состояний струны является тахионом, так как для квадрата её массы получается отрицательное выражение, то есть, масса оказывается мнимой [24].

В некоторых работах проводится идея, что сверхсветовая скорость тахиона – едва ли не условность, а сам тахион не позволяет передавать информацию быстрее света, следовательно, не нарушает постулатов СТО, поэтому нарушения причинности не происходит. С другой стороны, есть противоположный, от противного подход к передаче информации. Тахион потому не может передавать информацию со сверхсветовой скоростью, что будет нарушена причинность. Здесь

важно отметить, что причинность нарушается при сверхсветовой передаче информации *только* в теории относительности, *только* в СТО при этом возникают эффекты движения в прошлое, изменение направления причинно-связанных событий. Наличие таких сигнальных процессов неизбежно привело бы и к другим противоречиям в теории относительности:

"Если бы сверхсветовые частицы существовали в действительности, их можно было бы естественным образом использовать для синхронизации часов наблюдателей при относительном движении. Такие наблюдатели были бы связаны не лоренц-преобразованиями, а новой группой преобразований, и тогда отпала бы часть аргументов в пользу требования лоренц-инвариантности. Более детальный анализ показывает, что такая точка зрения обманчива" [154, с.134-177].

К этому замечанию следует добавить ещё одно интересное высказывание Биланюка, которое он противопоставляет претензиям к лоренц-инвариантности тахиона:

"Следует ожидать, что наши друзья-скептики так легко от нас не отстанут. Они могут указать, что величина $[1 - (v/c)^2]^{1/2}$ встречается не только в выражении для массы, но также и в выражении для длины, интервала времени и т. п. Поскольку все эти величины измеримы, они должны описываться действительными числами" [154, с.112-133].

И это верно! Друзья-скептики заявляют, что преобразования Лоренца появились как следствие инвариантности скорости света. Если есть инвариантная скорость, то она становится предельной скоростью передачи информации и наоборот. В этом случае нет и быть не может других скоростей, превышающих эту, инвариантную. Отсюда следует, что признание сверхсветовой скорости тахиона неизбежно требует замены инварианта скорости света на инвариант скорости тахиона.

Но давайте все-таки проанализируем эту возможность более тщательно. Для этого еще рассмотрим одно из уравнений Лоренца "поэлементно":

$$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Обратим самое пристальное внимание на подкоренное выражение. Опишем входящие в него величины полным, развернутым текстом:

c - это скорость света, инвариантная величина; значение этой скорости неизменно, из какой бы системы отсчета мы ее ни фиксировали;

v - это скорость инерциальной системы отсчета, длину которой мы вычисляем в этом уравнении, и которая движется относительно нашей условно неподвижной системы; инерциальная система отсчета представляет собой, условно говоря, некую тележку, с которой связана система координат и на которой установлены часы.

Сразу же с далеко идущими последствиями становится видна весьма сомнительная трактовка этого выражения в отношении тахиона. Действительно, мы считаем, что в этом выражении v - это скорость тахиона. Тогда в соответствии с канонами специальной теории относительности мы *фактически* утверждаем, что с тахионом связана инерциальная система отсчета, та самая тележка с часами и осями координат. Действительно, v - это скорость ИСО, что бы она ни представляла собой и как бы она ни выглядела. Нет у этой величины иного названия и назначения. Если мы подставляем в качестве скорости ИСО скорость тахиона, мы тем самым *заявляем*, что сам тахион и является инерциальной системой отсчета.

Из этого сразу же следует, что Фейнберг допустил неточность, поскольку место инварианта - в знаменателе. Если хотя бы предполагается использовать скорость тахиона в качестве инварианта, то она должна быть подставлена в строго определенное место - вместо скорости света. В про-

тивном случае это банальная подмена понятий, естественно и неизбежно ведущая к появлению субстанции, имеющей сомнительно материальную природу с большим набором мнимых характеристик: нельзя требовать от ИСО инвариантности её скорости.

Но во всех без исключения исследованиях скорость тахиона *всегда* подставляется в то место уравнений Лоренца, которое соответствует скорости системы отсчета. Соответственно, это и предполагает наличие этой самой ИСО. Но в этом случае в специальной теории относительности неизбежно возникает парадокс, и даже абсурд в постулатах.

Представим себе эту систему отсчёта, связанную с тахионом, из которой мы наблюдаем за движущимися мимо неё фотонами. Эти фотоны из тахионной системы отсчёта будут иметь *разную* скорость, которая зависит от скорости тахиона! Например, в случае попутного и встречного движения фотона в тахионной системе отсчета, он ведёт себя не менее удивительно, чем тахион. Во-первых, в одном из направлений – попутном, фотон вообще не может двигаться от источника. Во-вторых, в тахионной системе отсчёта фотон может двигаться только во встречном направлении. В-третьих, если же директивно применить к тахионной системе отсчёта инвариантность скорости света, требуя, чтобы внутри неё фотон двигался с неизменной скоростью во всех направлениях, то для любой обычной досветовой ИСО, движущейся мимо, этот фотон будет иметь скорость не меньше скорости тахионной системы отсчета.

Теперь представим себе другие две системы отсчета, связанные с тахионами, движущимся с относительной скоростью, равной точно скорости света. Фотон в более быстрой системе будет виден из медленной *неподвижным*.

То есть, в случае тахионной инерциальной системы отсчета скорость света *в принципе не может быть инвариантом*. Но если скорость света - не инвариант, а скорость тахиона - не постоянная, то мы возвращаемся к давно отвергнутой физике Ньютона. Суть её в том, что скорости сумми-

руются, то есть, к скорости тахиона может быть прибавлена скорость его источника.

С другой стороны, и постоянство скорости тахиона отвергается именно его якобы лоренц-инвариантностью, что следует из *релятивистского* уравнения для энергии тахиона. Поскольку, мол, энергия тахиона изменяется, то скорость его не может быть одинаковой для всех ИСО. Но ведь изменчивость энергии тахиона как раз и возникает вследствие того, что мы это сами и постулировали, применив к нему лоренц-инвариантность. Как можно требовать постоянства энергии и инварианта скорости, если тахиону постулятивно назначены непостоянная энергия и непостоянная скорость?

Если же мы признаемся, что лоренц-инвариантность к тахиону неприменима, то всё неожиданно встаёт на свои разумные места, опровергая доводы Фейнберга:

"Инвариантность скорости света относительно различных наблюдателей связана не только с использованием света для синхронизации часов, но и с тем эмпирическим фактом, что относительно любого наблюдателя скорость света не зависит от его энергии, т. е. скорости источника света. Поскольку для тахионов это условие не может быть выполнено, их скорость будет различной для различных наблюдателей" [154, с.134-177].

Заключение о невыполнимости условия независимости энергии тахиона от его скорости следует из *релятивистского* уравнения его энергии. Из уравнения, которое само по себе противоречит расширенной сверхсветовыми коммуникациями теории относительности, её исходным положениям. Тахион не является релятивистским объектом, к нему неприменима теория относительности. Значит, и положение о зависимости его энергии от скорости тоже неверно. И теперь уже ничто не препятствует тому, чтобы скорость тахиона стала инвариантом. В этом случае сразу же исчезают все мнимости в его описании, и мы получаем либо физику Ньютона с возможностью бесконечных скоростей, либо тахионную теорию относительности с новым инвариантом скорости.

Казалось бы, в этом случае теория относительности превращается в ошибочную теорию. Но не следует спешить. Теория относительности - это исключительно *математическая* теория. Вследствие этого она принципиально не может быть ошибочной, но *только* в рамках своих математических постулатов. Но и применение её к физической реальности не имеет *признанно подтверждённых* отклонений. Поэтому все попытки противников релятивизма опровергнуть его мысленными (читай: математическими) экспериментам обречены на провал [120, с.130]. Только реальный физический эксперимент может показать, насколько полно математика специальной теории относительности применима к реальному физическому миру.

Конечно, эти рассуждения имеют смысл только при условии существования тахиона, сверхсветовой частицы. Пока он не обнаружен, но зато известно физическое, экспериментально подтверждённое явление – квантовая запутанность, объяснить которое без привлечения сверхсветовой коммуникации невозможно. В связи с этим следует ожидать, что физический эксперимент покажет нарушение инвариантности скорости света [120, с.212].

Тахион определенно не является релятивистским объектом, к нему неприменима теория относительности. Значит, и положение о релятивистской зависимости его энергии от скорости тоже неверно. Считается, что возражения против сверхсветовых движений лежат вне формализма специальной теории относительности и носят нерелятивистский общефизический характер, связанный, в частности, с причинными парадоксами. Но это неверно. Даже при прямом подавлении, игнорировании очевидных причинных парадоксов сверхсветовые коммуникации приводят к парадоксам иного рода, являющимися исключительно свойствами самой теории относительности. Сверхсветовые коммуникации позволяют прямо показать, что эффекты Лоренца нарушаются, что движущиеся относительно друг друга часы идут синхронно. В специальной относительности формулируются взаимоисключающие

предсказания, например, наличие сверхсветового сеанса связи с точки зрения одного наблюдателя и его отсутствие с точки зрения другого. Синхронизация часов возможна даже в том случае, когда зарегистрировать сверхсветовые частицы непосредственно невозможно – посредством нелокальной связи. С помощью, например, описанных ниже (стр.235) квантовых нелокальных кубиков. Более того, нарушение причинности при сверхсветовой коммуникации, как отмечено, возникает *только* в рамках формализма теории относительности, является исключительно ее свойством. Сама по себе причинность не имеет конфликтов со сверхсветовыми коммуникациями.

Рассуждения об опережающей или запаздывающей причинности порождены, видимо, именно требованиями специальной относительности. Все философские рассуждения на тему, является ли обязательным требование "будущее не влияет на прошлое", вызваны тщетными попытками втиснуть в релятивизм тахионы. Нарушение причинности – это совершенно недопустимая ситуация, имеющая строго вскрытые, описанные логические противоречия, парадоксы, абсурды. Иначе как абсурдными нельзя рассматривать заявления о том, что при определенных условиях "причинно-следственная связь вовсе не оказывается разорванной, просто она может предстать перед нами обращенной во времени" [154, с.103]. Более того, проблема состоит не только в разрыве связи, доказать которую еще никому не удалось, а и в ее обращении, что, по сути, неотделимо от ее разрыва. Любые комбинации такого рода неизбежно приводят к парадоксу, противоречию в его высшей форме – абсурду.

И, тем не менее, с появлением тахиона на причинность начались самые настоящие гонения. Принижалось её значение как фундаментального закона природы, ограничивалась область её применимости. Она фактически отождествлялась со своей противоположностью - опережающей причинностью, а из микромира её практически изгнали. Делается допущение: пусть нам позволено заменить требование "будущее

не влияет на прошлое" при некоторых условиях противоположным требованием опережающей причинности, предполагающим отсутствие влияния прошлого на будущее:

"Кажется несомненным, что при этом мы и имеем дело скорее с непривычной, чем с недопустимой, ситуацией. Ведь ни в какой системе отсчета причинно-следственная связь вовсе не оказывается разорванной, просто она может предстать перед нами обращенной во времени. Во всяком случае, цепочка событий при переходе к другой системе отсчета не перестала быть детерминированной, и поэтому противоречий с общим принципом причинности нет. В силу всего сказанного представляется, что сама по себе замена запаздывающей причинности на опережающую допустима" [154, с.103].

Для сохранения требования запаздывающей причинности предлагается лишить причину и следствие их абсолютного смысла, но при этом признаётся, что заведомо существуют причины и следствия абсолютного характера [154, с.105]. И, тем не менее, на вопрос, действительно ли принцип причинности запрещает сверхсветовые движения, следует ответить твердым "Нет, не запрещает".

Такие движения приходят в противоречие с причинностью только в теориях с, так сказать, неисправным часовым механизмом, образующим замкнутые петли времени, для размыкания которых их следует интерпретировать как нескоррелированное спонтанное излучение [154, с.172].

Частицы за световым барьером

Еще несколько десятилетий назад было "принято считать, хотя и не всеми, что специальная теория относительности исключает возможность передачи энергии от точки к точке в пространстве-времени со скоростями, большими с, где с — скорость света в вакууме" [154, с.134]. Сейчас же мнение о том, что положения специальной теории относительности могут быть распространены на сверхсветовые явления, поддерживают практически все физики-релятивисты:

"...теория Эйнштейна никоим образом не исключает

существования сверхсветовых частиц. Напротив, именно его теория и наводит на мысль о возможности существования подобных частиц" [154, с.112].

На такую мысль, видимо, наталкивают преобразования Лоренца: а что будет, если подставить в них скорость, большую, чем скорость света? При этом упускается из виду, что теория *изначально* была сформулирована на основе принципа постоянства скорости света, что напрямую вело к признанию её предельности. То есть, теория создавалась в рамках до-световых скоростей движения, но полученные ею выводы стали распространять на движения со скоростями, выше скорости света. Недопустимым считалось только движение со скоростью, в точности равной скорости света. Автор теории, Эйнштейн говорил, что его теория не противоречит движениям со сверхсветовыми скоростями, что сверхсветовые объекты тоже являются лоренц-инвариантными. Правда, в этом случае появлялись различные мнимые характеристики таких объектов, но это как будто бы устранялось хитрыми математическими и физическими интерпретациями.

И всё же внедрение в специальную относительность сверхсветовых движений явным образом породило целый поток противоречий и парадоксов, решением которых занимаются практически со дня создания теории. Основной из этих проблем стала проблема отправки сверхсветовых сигналов в прошлое. Возникали различные пространственно-временные парадоксы, парадоксы причинности, которые также старались устранить математическими корректировками положений СТО. Мнимые массы стали прочно ассоциироваться со сверхсветовым движением объектов. Однако, приверженность теории относительности слишком сильна, поэтому все эти парадоксы, как утверждается, удалось решить. Например,

"Некоторые недавние эксперименты привели к утверждению, что нечто может путешествовать быстрее света в вакууме. Однако, эти результаты не выглядят как представляющие опасность для релятивистской причинности. На са-

мом деле, можно решить такие причинные парадоксы, изобретенные для движения "быстрее, чем c ": даже если это и не является широко признанным" [14].

Приведённое высказывание о парадоксах заметно осторожное. Утверждения о возможности движения со сверхсветовой скоростью основываются, якобы, на результатах экспериментов, но делать на их основе выводы о нарушении причинности не следует. Вместе с тем, существование причинных парадоксов, вызванных движением быстрее света, все-таки признаётся, но предлагается некоторое их решение. Однако, эти решения не общепризнанные, то есть, против них самих, видимо, имеются возражения.

"Есть мнение, что возникновение акаузальных петель - надуманная проблема, потому что из-за особенностей сверхсветовых частиц их поведение в нашей реальной Вселенной фридмановского типа существенно отличается от того, что происходит в абстрактном случае плоского пространства-времени, и тахион каждый раз поглощается вакуумом прежде, чем успевает создать какую-либо акаузальную петлю" [7].

Здесь мы видим ссылку на ещё более резкое возражение против парадоксов причинности, вызванных сверхсветовыми частицами, тахионами. Утверждается, что такие частицы просто не проявляют своих сверхсветовых свойств в нашей Вселенной, исчезая раньше, чем возникает акаузальная петля, петля времени. Но это относится к спорным гипотетическим рассуждениям. Если частицы поглощаются, исчезают, то это, разумеется, решает проблемы причинности. Так сказать, нет частицы – нет проблем. Но поглощаются ли тахионы вакуумом? Кроме того, это не снимает принципиального теоретического вопроса – если бы частицы, тахионы не поглощались бы, возникали бы тогда причинные парадоксы, парадоксы петель времени или нет?

"... принцип [относительности] не содержит каких-либо ограничений на скорость относительного движения. В частности, могут рассматриваться две инерциальные системы,

движущиеся с относительной скоростью $V \gg c$ " [69].

Здесь высказывается весьма спорное утверждение, что теория относительности не содержит ограничений на скорость относительного движения. Спорное, не смотря на то, что это, фактически, главенствующее, самое распространенное и едва ли не единственное мнение, которого придерживаются все серьёзные физики и философы. Только редкие, едва слышимые возражения гласят, что инвариантность скорости света автоматически требует предельности этой скорости, что никакая другая скорость не может её превышать.

Как можно заметить из приведенных цитат, сверхсветовые движения связываются главным образом с тахионом, поэтому в литературе рассматриваются и описываются исключительно его сверхсветовые свойства.

"Суммируя, можно сказать, что невозможно последовательно описать тахионы в специальной теории относительности. Есть ли выход из этой, казалось бы, тупиковой ситуации? Ответ: да, к тому же решение заключается в самой специальной теории относительности" [15].

Главным содержанием, сущностью парадоксов теории относительности при сверхсветовой передаче информации являются конфликты с причинностью. Именно они, по существу, и запрещают сверхсветовое движение с передачей информации, а теория относительности лишь опирается на них, обосновывая выводы о том, что в ней нет такого движения с переносом информации. Тем не менее, авторы статьи "Частицы за световым барьером" Биланюк и Сударшан [154, с.112-133] считают, что:

"...возражения по поводу логической противоречивости гипотезы тахионов, основанные на соображениях причинности, в лучшем случае неполны, а также, вероятно, необоснованны, хотя здесь и есть еще над чем подумать" [154, с.125].

Как можно заметить, в цитате подвергается сомнению, с одной стороны, собственно нарушение причинности при сверхсветовой передаче информации тахионами, а с другой – безусловность, обязательность соблюдения принципа при-

чинности. Сохранение причинности, по их мнению, должно происходить вследствие замены последовательности событий [154, с.124]:

"При рассмотрении не принимается во внимание относительное изменение последовательности событий, сопровождающее распространение сверхсветовых сигналов".

Предполагается, что в результате такого изменения последовательности событий порочный круг должен разорваться. Однако, что такое изменение последовательности событий? Это и есть нарушение причинности, когда причина следует за следствием. Поэтому вывод о превращении такой последовательности в случайную, некоррелированную становится неизбежным:

"Таким образом, хотя с помощью тахионов, по-видимому, и возможно устроить кинематически замкнутые циклы, в которых сигналы посылались бы в прошлое, детальный анализ рассматриваемых методов детектирования с учетом соответствующей интерпретации поглощения тахионов с отрицательной энергией как излучения тахионов с положительной энергией показывает, что такие замкнутые циклы следует интерпретировать не как взаимную сигнализацию, а скорее как нескоррелированное спонтанное излучение. Поэтому мы считаем, что описанные причинные аномалии, по-видимому, не могут быть использованы в качестве аргумента против существования тахионов" [154, с.172].

Буквально это можно понимать таким образом, что любой обмен сверхсветовыми сигналами изначально представляет собой случайный, нескоррелированный обмен, который по определению не является причинно-следственной связью. Простой интерпретацией любой реальной обмен сверхсветовой информацией превращается в спонтанное излучение. Однако, следует понимать, что принцип причинности в общем случае не противоречит тахионам и любым другим сверхсветовым сигналам. Он противоречит только специальной теории относительности, дополненной такими сверхсветовыми сигналами.

В распространенных формулировках принципа причинности явно содержится положение о последовательности причинно-обусловленных событий. Терлецкий приводит его в такой формулировке:

"Из двух причинно обусловленных событий, происходящих в двух пространственно разобценных точках, одно является причиной, другое — следствием, причем причина всегда предшествует по времени следствию, и эта последовательность не может быть нарушена выбором системы отсчета" [137, с.77].

Очевидно, что подобная связь причины и следствия автоматически исключает в специальной теории относительности любое сверхсветовое информационное взаимодействие. Напротив, отсутствие такого взаимодействия допускает отдельно сверхсветовое движение. Кроме того, даже информационное взаимодействие может быть причинно-допустимым, если это неклассическое взаимодействие, то есть, взаимодействие, которое невозможно зарегистрировать с помощью классических (физических) приборов. Например, запутанные частицы демонстрируют взаимное влияние друг на друга со сверхсветовой скоростью, практически мгновенно. Однако, в настоящий момент обнаружить переносчика этого влияния классическими приборами невозможно и невозможно использовать его для передачи информации со сверхсветовой скоростью. Принцип причинности не имеет доказательства, поэтому иногда его рассматривают как следствие термодинамики:

"Поскольку "принцип причинности" в его узкой физической формулировке является выражением направленности процессов во времени, а последняя вытекает из второго начала термодинамики, постольку "принцип причинности" можно рассматривать как следствие или специальное выражение второго начала термодинамики" [137, с.78].

Необратимость термодинамических процессов ассоциируется с так называемой "стрелой времени", отражающей неизменный ход времени из прошлого в будущее. Причин-

ность запрещает влияние события на все уже произошедшие. Будущее не влияет на прошлое, событие-причина предшествует по времени событию-следствию, прошлое не может быть изменено. Отсюда легко заметить зависимость принципа причинности от понятий прошлое-будущее, которые, в свою очередь, зависимы от соответствующей физической теории. Действительно, в классической ньютоновской теории будущее и прошлое однозначно определены показаниями всех синхронно идущих часов. Любые события относят к будущему или прошлому по показаниям часов, находящихся рядом с ними. Если показания больше – это будущее, меньше – прошлое. В релятивистской теории показания синхронизированных изначально часов зависят от их относительной скорости. Поэтому большее показание часов может соответствовать прошлому.

Вместе с тем, можно утверждать, что и второе начало термодинамики и, следовательно, причинность основаны на детерминизме, который можно назвать главным законом физики. Ни одно событие не может быть без причины, каждое событие предопределено, детерминировано. В этой связи зачастую возникает каверзный вопрос – а как быть с первопричиной? Что является причиной первопричины? Однако, это уже, скорее, философский вопрос. И на него философы дали единственный и исчерпывающий ответ, который следует из основного вопроса философии: что первично - дух или материя? Если дух, бог, то вопрос о первопричине снимается идеалистической непостижимостью Творца. Если материя, то она по определению несотворима и неуничтожима, она вечна в пространстве и времени, если не вдаваться в тонкости определения этих понятий. А вечность, не имеющая начала, не может иметь и доначальной первопричины.

В этой связи к вопросу причинности и детерминизма не имеет смысла привлекать и "демона Лапласа". Постулат Лапласа о возможности предсказания всех событий во Вселенной не имеет даже гипотетических оснований, поскольку для описания бесконечно числа связей, требуется и рекур-

сивное бесконечное описание самого описания, ведущее к экспоненциальному, бесконечному увеличению этого описания.

Причина и следствие связаны влияющим сигналом, который в СТО имеет скорость, не выше скорости света, а в физике Ньютона – вплоть до бесконечности. Нет и быть не может событий без причин, включая и случайные события, в частности, квантовые события. Это прямо следует из детерминизма диалектического материализма, признающего универсальную объективную причинную связь, обусловленность всех явлений в природе, что выражается как Закон причинности. Утверждается, что доказательством объективности причинности служит практика:

"... правильное говорить, "подтверждением объективности причинности". Закон причинности утверждает только одно: все явления причинно обусловлены, детерминированы, и в этом смысле он, по сути, тождественен самому принципу детерминизма. В качестве нарушения принципа причинности иногда ссылаются на соотношение неопределенностей, квантовую вероятность. Но из этих соотношений не вытекает отрицание причинности. Возникающие проблемы соотношения необходимости и случайности имеют глубокие философские корни. Необходимость и случайность являются противоположностями, но случайность не есть беспричинность. Все случайности имеют те или иные причины. В процессе диалектического развития случайность и необходимость переходят друг в друга" [67].

Далее в рассматриваемой статье авторы формулируют так называемый принцип реинтерпретации, призванный решить проблемы причинности в теории относительности:

"Частицы "с отрицательной энергией", сперва поглощенные и затем испущенные, есть не что иное, как частицы с положительной энергией, испущенные и поглощенные в обратном порядке" [154, с.122].

Однако, введение принципа реинтерпретации не позволяет устранить парадоксы причинности по простой при-

чине: он сам вносит в проблему дополнительные противоречия, которые невозможно скрыть, они видны даже при простом, беглом анализе ситуации. Обозначить их можно как "решение проблемы путем введение в рассмотрение физически невозможных ситуаций, ситуаций, фактически не имевших место". Очевидно, что такое решение проблем нельзя называть научным.

Это обозначенное решение известно в научной литературе также как "принцип переключения" Штюкельберга, Фейнмана и Сударшана или "принцип реинтерпретации" Штрума. В сущности, это два названия одного и того же механизма. Согласно литературным данным, принцип реинтерпретации появился в работе Штрума в 1923 году. Не анализируя и не настаивая на чем-либо приоритете, рассмотрим описание этого принципа в работе Малыкина, посвященной Штруму [86] в приписываемой ему формулировке и опубликованной в журнале "Успехи физических наук". В исследованиях Штрума по специальной теории относительности вопрос о возможности превышения скорости света занимал важное место. Он пытался решить противоречие, возникающее при определении понятий "раньше", "позже" при введении сверхсветовой скорости. Иными словами, он четко осознавал наличие сверхсветовых противоречий теории, но, как видим, искал обходные пути, стараясь найти решение парадоксов особой переформулировкой понятий "раньше-позже".

Можно уверенно заявить, что все эти попытки априори тщетны. Можно парадокс затуманить, на какое-то время запрягать под хитрыми формулировками, но решить его без противоречий невозможно. Заметим, что сформулированное Штрумом положение, якобы решающее проблему причинно-следственных связей при движении со сверхсветовыми скоростями получило название "принцип реинтерпретации" лишь в 1969 году в работе Биланюка и Сударшана.

Внимательное рассмотрение выкладок и рассуждений Штрума не может не вызвать нареканий. Например, тезисы об исключительности выведенных уравнений, которая состоит

"не только в том, что координата времени получается отрицательной, а в том, что координата времени отрицательна только в системе S' , а в другой системе, S , данная координата положительна. Это показывает, что при существовании процессов, которые распространяются со скоростью, большей скорости света, в какой-либо системе S возможна такая скорость прямолинейного и равномерного движения другой системы S' относительно S , при которой бег времени в системе S' для таких процессов противоположен течению времени в системе S ..." [86].

На первый взгляд рассуждения имеют вполне логичную, научную форму. Да, исключительность уравнений состоит не только в том, что координата отрицательна. Строгие математические выкладки призваны показать, что при некоторых условиях, параметрах движения возникает сверхсветовой причинный парадокс СТО. Но это лишь часть проблемы, поскольку парадоксы в СТО возникают при *любой* сверхсветовой коммуникации. А это уже очень серьезно. В этих уравнениях не только прячется парадокс причинности, но для объяснения противоречий привлекаются события, которых на самом деле не было. Не удивительно, что закономерным результатом выкладок является вывод о возможности скоростей, превышающих скорость света, не противоречащих специальной теории относительности, и перемена мест позже-раньше.

Результатом и стал "принцип реинтерпретации", гласящий в формулировке Биланюка и Сударшана, что частицы с отрицательной энергией, *сначала* поглощенные и *затем* испущенные, являются испущенными и поглощенными в *обратном* порядке. То есть, буквально это означает, что если к прибору поступила частица с положительной энергией, то это то же самое, что прибор испустил частицу с отрицательной энергией.

Мы не будем обсуждать возможные проблемы отрицательных энергий частиц, которые в литературе по тахионам и тахионным парадоксам часто называют антитахионами. Яв-

ных, очевидных формальных логических противоречий в этом понятии не видно. Лишь приведем своеобразную аналогию, возможный пример из жизни. Если покупатель отдал продавцу монету, а получил от него товар, то это полностью эквивалентно тому, что продавец отдал покупателю антимонету, а получил от него антитовар. Никаких формальных противоречий здесь нет, кроме неясности: что это за *анти-товар*, и действительно ли продавец *принял* его из рук покупателя? Понятно, что это абсурд, в реальности *таких* событий просто не было.

Авторы статьи рассматривают три класса частиц – тардионы (обычные частицы), люксоны (фотоны) и тахионы [154, с.119]. Для последних они вынужденно считают необходимым постулировать описание мнимыми величинами их собственных массы покоя, длины и времени жизни. Сознывая, что такие величины, очевидно, недоступны измерению, они одновременно вынуждены просто *постулировать*, что это *не должно* служить источником беспокойства.

Более серьезным возражением против возможности существования тахионов они считают то, что для некоторого наблюдателя эти частицы должны иметь *отрицательную энергию*. В своих рассуждениях авторы называют весьма *замечательным обстоятельством* принцип реинтерпретации, название которому, как считается, первыми дали именно они. Для некоторого наблюдателя частица с "отрицательной энергией" будет казаться *поглощенной* и *испущенной* в обратной последовательности. Авторы считают нормальной ситуацией процесс с участием двух частиц с отрицательной энергией, являющейся, вообще-то, сомнительным понятием, которые к тому же движутся в *обратном* направлении во времени. Однако, логически это явно противоречивая ситуация. Частицы "с отрицательной энергией", сначала поглощенные, а затем испущенные, ни в коей мере не могут рассматриваться как частицы с положительной энергией, испущенные и поглощенные в обратном порядке. Просто нужно задаться вопросом: *кем* они рассматриваются? Для любой

точки времени процесс испускания не может быть для находящегося рядом наблюдателя быть тождественным процессу поглощения. Ни при каких условиях. При этом всегда как-то небрежно забывается, что противоположный процесс в большинстве случаев строго, однозначно *предопределен* процессом, который еще только должен произойти в будущем.

Предлагаемые разными авторами все мысленные эксперименты прямо и однозначно содержат эту же ошибку, подмену понятий. В их рассуждениях тахион имеет довольно размытый, неопределенный характер, исключающий какую бы то ни было возможность его идентификации. При этом прибор, предназначенный для испускания, как оказывается, блестяще справляется с функцией детектора, поглотителя и наоборот. Такая теория не может быть правильной.

Признавая, что проблема причинности обоснована довольно хорошо, с помощью все того же принципа реинтерпретации авторы "решают" и вариант классической версии "парадокса дедушки". Однако, решение это представляет собой точно такой же абсурд. Вместо решения проблемы причинности в задаче с некоторыми начальными условиями на самом деле принцип реинтерпретации приводит к изменению условий задачи. К решению оказываются привлечены несуществующие события, которые в реальности не происходили. Это не является решением проблемы "путешествия в прошлое" (стр.189).

Тем не менее, как утверждают авторы, при его решении якобы *должно* приниматься во внимание относительное изменение последовательности событий, сопровождающее распространение сверхсветовых сигналов. При этом, говорят они, "не существует более обмена сигналами". Поэтому в каждом случае наблюдатель *уверен* в том, что это именно он посылает *оба* сигнала.

Как видим, ранее изложенные противоречия остаются в силе, а логика нарушена. В качестве еще более наглядного примера допустим, что наблюдатель А выстрелил красное

сверхсветовое ядро наблюдателю В. В ответ на полученное красное ядро наблюдатель В выстрелил уже свое, зеленое сверхсветовое ядро наблюдателю А. Согласно обновленному решению парадокса, это зеленое ядро наблюдатель А получит как причину до того, как выстрелит свое красное ядро. Но принцип реинтерпретации предлагает нам рассматривать, что, наоборот, в недалеком прошлом именно наблюдатель А выстрелил анти-зеленое ядро. И только после этого через некоторое время выстрелил еще и красное. Соответственно, и наблюдатель В тоже, по собственной инициативе выстрелил оба ядра – сначала анти-красное, затем зеленое ядро. Но при такой последовательности событий уже невозможно разобраться, что является причиной чего.

Конечно, авторы рассматривают не ядра, а тахионы. Судя по всему, именно поэтому абсурдность реинтерпретации и не видна столь отчетливо. С ядрами это видно куда как нагляднее. И вывод все тот же: принцип реинтерпретации не может быть правильным механизмом, поскольку вводит в рассмотрение в качестве реальных события, которых на самом деле не было.

При последовательном и корректном применении, специальная теория относительности решительно отвергает любые сверхсветовые переносы информации любого рода. Следующая несколько противоречивая цитата подтверждает мнение многих авторов о невозможности привязать к сверхсветовому объекту инерциальную систему отсчета, фактически опровергая его лоренц-инвариантность:

"... сверхсветовые движения допускаются специальной теорией относительности так же, как и досветовые движения. Нет никаких сомнений, что специальная теория относительности не запрещает существования тахионов, для которых не существует неподвижной системы" [10].

В такой системе отсчета тахион был бы неподвижен и его можно было бы, например, взвесить. Это мнение имеет довольно слабое обоснование – "нет сомнений".

"Поскольку мнимой величине нельзя приписать физи-

ческого смысла, скептики могут отвергнуть понятие мнимой массы. Не следует быть столь поспешным. Как мы уже видели, все наблюдатели имеют скорость, ограниченную c . Следовательно, для наблюдателя не существует системы отсчета, в которой сверхсветовые частицы находились бы в покое. Масса покоя сверхсветовых частиц является ненаблюдаемой величиной; это параметр, лишенный какого-либо непосредственного физического значения. Поэтому масса покоя вполне может быть мнимой величиной" [154, с.118].

Вывод неявно отсекает все иные возможные объекты. Следуя его логике, можно утверждать, что сверхсветовое движение недоступно для вещественных объектов. Это не противоречит аналогичному выводу специальной теории относительности, хотя сама теория относительности все равно противоречит тахиону и любому сверхсветовому движению или информационным сигналам.

О частицах, движущихся быстрее света

В настоящий момент нет достоверных данных об обнаружении тахионов или каких-либо других сверхсветовых носителей, хотя есть ненадежные сведения о возможном проявлении тахионов в эксперименте:

"С физической точки зрения возникает важнейшая проблема экспериментального обнаружения тахионов. В следующей статье мы будем утверждать, что в знаменитом эксперименте Нимца тахионы действительно были созданы..." [10].

Это не единственное сомнительное доказательство существования тахионов или просто сверхсветовых частиц. Например, недавние споры в средствах массовой информации по поводу сверхсветовой скорости нейтрино [1] продемонстрировали поспешность выводов о сверхсветовом движении. Из аналитических исследований можно привести доказательное мнение [137, с.73] о несовместимости теории относительности со сверхсветовым движением:

"В теории относительности доказывается общая теорема

о том, что ни один сигнал не может распространяться со скоростью, большей скорости света... Докажем упомянутую выше теорему о невозможности сверхсветовых сигналов".

Далее в книге приводится доказательство этой теоремы и делается вывод:

"Следовательно, допущение сверхсветовых сигналов эквивалентно допущению возможности изменения временной последовательности испускания и поглощения путем выбора системы отсчета. Но допущение такой возможности противоречит принципу причинности в его принятой в физике формулировке, ибо путем выбора системы отсчета причина — испускание сигнала может быть осуществлена после следствия — поглощения сигнала" [137, с.75].

Это весьма веские основания. Как видим, основой доказательства является привлечение принципа причинности, принципа, который многими физиками рассматривается как не имеющий строгого доказательства, являющийся, по сути, общефизическим постулатом, универсальным, установленным эмпирически принципом, опровержение которого в настоящее время невозможно. Это довольно странно, поскольку "парадокс дедушки" можно определенно признать доказательством от противного. Считается, что в рамках специальной теории относительности сверхсветовое явление не противоречит принципу причинности, если с его помощью невозможно передать взаимодействие со сверхсветовой скоростью. Другими словами, принцип причинности запрещает передачу со сверхсветовой скоростью лишь информации:

"И совершенно неправильным является утверждение, что теория относительности, так сказать, сама по себе, без привлечения других законов природы якобы запрещает сверхсветовые сигналы и переносящие энергию возмущения, распространяющиеся со скоростью, большей скорости света [137, с.76].

Довольно спорное утверждение. Есть постулаты теории относительности и из простых логических выкладок, основанных на этих постулатах, следует предельность скорости

света. Передача сверхсветовой информации не только возможна, но она уже фактически привнесена в специальную относительность и неизбежно ведёт её к противоречивым, взаимоисключающим предсказаниям.

В статье Дж. Фейнберга "О возможности существования частиц, движущихся быстрее света" рассматриваемого сборника мы встречаем знакомые рассуждения о том, что возражения, обычно выдвигаемые против существования сверхсветовых частиц, недостаточно убедительны теперь уже с точки зрения релятивистской квантовой механики [154, с.134-177]. Квантовая механика, конечно, это проверенная временем и надежная теория. Но приставка "релятивистская" сразу же должна нас насторожить. И действительно, квантовая механика здесь играет роль лишь сопутствующего аргумента в пользу возможности *рождения* тахионов, минуя этап разгона от досветовых скоростей, то есть, без перехода через световой барьер. Собственно, эти замечания можно отнести к риторическим. Следует определенно признать, что возможность существования тахионов не оспаривается.

Фейнберг прямо заявляет, что появление у сверхсветовых частиц состояний с отрицательными энергиями *не имеют физического смысла*. И для решения проблемы тоже предлагает некое подобие принципа реинтерпретации: "решения с отрицательной энергией для сверхсветовых частиц могут трактоваться совершенно так же, как для обычной частицы, т.е. в квантовой теории поля этим решениям ставятся в соответствие операторы рождения, а не уничтожения" [154, с.135].

Приведенные Фейнбергом выкладки, которые он противопоставляет аргументам, опровергающим гипотезу о существовании сверхсветовых частиц, имеют двойственный характер. С одной стороны, как отмечено выше, эту гипотезу следует считать бесспорной, то есть, можно с Фейнбергом согласиться в том, что тахионы имеют полное право на существование. Но есть и другая сторона. Он обосновывает возможность существования тахионов в формализме *специальной теории относительности*. А это уже неверно.

Сверхсветовые частицы имеют полное право на существование, но только не в формализме СТО. И вновь мы встречаем принцип реинтерпретации, в формулировке Фейнберга:

"Ясно, что в одной точке пространства нет различия между поглощением частицы с положительной энергией и излучением частицы с отрицательной энергией. Такое различие может возникнуть только в зависимости от того, будет ли частица снова обнаружена в будущие моменты времени или она уже зарегистрирована в прошлом" [154, с.139].

По большому счету это неверно. Конечно, визуально такого различия, может быть, и нет. Но из чисто физических соображений, не связанных с теорией относительности, это два абсолютно разных процесса – поглощение и испускание, независимо от знака энергии частицы. Устройство для испускания частицы с положительной энергией не тождественно устройству для поглощения частицы с отрицательной энергией. Это два *разных* устройства, не способных подменить друг друга. Кроме этого активность излучателя зависит от наблюдателя. То есть, будет испускание или нет, зависит от наблюдателя. Поглощение, чаще всего, от него не зависит. Что пришло – то пришло. Опять же, для циклического процесса, то есть, процесса с взаимным обменом частицами между двумя наблюдателями, мы неизбежно получаем ситуацию с "провалами в памяти". Наблюдатель, инициирующий обмен тахионами излучает свой тахион позже, чем получает ответный анитахион. Излучая тахион, он ничего "не помнит" о том, что когда-то в прошлом уже получил анитахион. Но, излучив свой тахион, он вдруг вспоминает об этом событии прошлого. Этот абсурд – прямое и неизбежное следствие принципа реинтерпретации.

Второй анти-аргумент Фейнберга связан с критикой возможности синхронизации часов с помощью сверхсветовых частиц. Однако, такая синхронизация возможна даже с помощью вообще неуловимых ныне сверхсветовых частиц. Такими частицами можно условно считать некие загадочные носители квантовой информации, которой обмениваются

запутанные частицы. Обнаружить этот носитель пока не удалось. Но в корректном мысленном эксперименте он позволяет, во-первых, показать, что движущиеся часы идут синхронно, а, во-вторых, строго корректно синхронизировать календари и часы двух движущихся систем. То есть, две системы, находящиеся на расстоянии, например, в половину видимой Вселенной, имея пары запутанных частиц и заранее согласованный протокол измерений, могут с уверенностью синхронизировать собственное летоисчисление и показания часов. Другими словами, здесь сверхсветовые частицы полностью разрушают релятивистский формализм.

При этом говорить о новом инварианте – тахионе особых оснований нет. Согласно теореме об изохронном тахионе (стр.165), специальная теория относительности неизбежно предсказывает мгновенную скорость любому тахиону, даже такому, который в некоторой ИСО имеет скорость, превышающую скорость света на любую самую малую величину.

Таковыми же нелогичными следует считать и рассуждения Фейнберга о невозможности передачи сигнала в прошлое. Например, квантовый криптографический ключ – это реально существующий сигнал, который явно передается в прошлое в случае движущихся ИСО. Квантовая криптография – активно развивающаяся область современной квантовой механики. Проблема состоит в том, что согласно СТО такая передача должна сопровождаться причинно-следственными парадоксами. И, действительно, в ней такие парадоксы возникают. Конечно, в указанных процессах явно тахион не обнаруживается, о нем можно говорить лишь как о проявлении в виде квантовых нелокальных корреляций, имеющих сверхсветовую скорость распространения. Поэтому вопрос, в определенной степени, переходит в философскую и логическую плоскости. Можем ли мы допустить обмен какой-либо информации без носителя? Конечно же, нет. Если передается информация, даже явно нам не видимая, то неизбежен и ее носитель. Таким носителем мы имеем полное право считать тахион.

Итак, резюме Фейнберга о том, что возражения против существования сверхсветовых частиц не вполне обоснованы и что последовательное описание сверхсветовых частиц может быть построено в рамках специальной теории относительности, неприемлемо. Здесь подразумевается возможность существования и описание тахионов именно в специальной теории относительности. Это неверно, СТО несовместима ни с какими сверхсветовыми сигналами. Всегда существует возможность возникновения замкнутых петель времени и появления причинно-следственных аномалий. Принцип реинтерпретации при решении этих парадоксов производит подмену реально существующей взаимной сигнализации на кажущееся нескоррелированное спонтанное излучение. Но это абсолютно разные вещи, никак не связанные друг с другом. Такая подмена не может рассматриваться как научный метод.

Следует отметить, что Фейнберг, рассматривая тахионы, приходит к выводу, имеющему заметную философскую подоплеку [139]. Он предположил, что объекты, обладающие мнимой энергией, что характерно для тахионов, очевидно, не в состоянии обмениваться энергией с обычными материальными объектами, имеющими реальную энергию, поэтому не могут на них воздействовать. Фактически это означает, что подобные тахионные объекты невозможно обнаружить с помощью обычных, вещественных приборов. Следовательно, о таких объектах вполне можно говорить, как об объектах, которые не существуют. Из этого он делает вполне закономерный и разумный вывод: вариант, когда тахионы существуют, но совсем не взаимодействуют с обычными частицами, не должен нас интересовать. То, что мы не можем обнаружить в принципе, означает для нас то же самое, что это вообще не существует.

К такому выводу он пришел, основывая свои рассуждения на положениях специальной теорией относительности, считая их справедливыми и в отношении частиц, движущихся быстрее света. Возникшее противоречие он традиционно

пытается решить, используя все тот же рассмотренный выше принцип реинтерпретации. Описывая его, он аккуратно обходит логические проблемы этого принципа, связанные с тем, что при решении парадоксов причинности используются события, в реальности не происходившие. Вместо процесса испускания наблюдателю приписывается процесс поглощения. Такая подмена не может рассматриваться как научный метод.

Причинность и сверхсветовые частицы

Сомнение в обоснованности принципа причинности высказывает также и Чонка, автор ещё одной статьи сборника. Однако, приведённое им вслед за этим "небольшое размышление", фактически означает признание именно запаздывающей причинности:

"Почему большинство людей верит в запаздывающую, отвергая опережающую причинность? ... эмоционально мы предпочитаем выводить будущее из прошлого. Если, однако, событие в будущем было бы достоверно известно нам ... мы могли бы так же легко вывести из него прошедшее и, возможно, тогда предпочли бы называть ... причиной прошлого" [154, с.189].

В общих чертах с его оценками принципа реинтерпретации, подробно изложенными в статье, можно согласиться. Сделанные им выводы отчетливо указывают на невозможность использования этого принципа для решения парадокса тахионной причинности в общем случае:

"В связи с причинными циклами... обычно замечают, что, приняв принцип переключения, такие замкнутые циклы следует интерпретировать не как взаимную сигнализацию, а скорее как некоррелированное спонтанное излучение. Из этого делают заключение, что не возникает никаких внутренних противоречий. Это рассуждение, однако, не разрешает противоречия, потому что корреляция между двумя событиями, если она есть, не может быть устранена переходом к другой интерпретации" [154, с.183].

Да, это так. В рамках принципа реинтерпретации практически все его сторонники, в том числе, разработчики тахионной механики, при условии признания запаздывающей причинности предлагают рассматривать явные причинно обусловленные события петель времени как спонтанные. Принцип реинтерпретации (переключения), казалось бы, работает в отдельных случаях, в которых отсутствуют явные замкнутые причинные циклы. Но для решения всех парадоксов причинности этот принцип непригоден:

"Принцип переключения сам по себе недостаточен, чтобы разрешить трудности с причинностью... Невозможно найти решение, которое удовлетворяло бы всем условиям... если бы тахионы не существовали, но не в общем случае. ... граничные условия необходимо задавать с осторожностью" [154, с.188].

Исследуя доводы в статье "Причинность и сверхсветовые частицы" (Чонка), мы не будем особо выделять "запаздывающую причинность", рассматривая в ее качестве лишь единственный вариант – причинно-следственные отношения, а "опережающую причинность" просто отнесем к беспричинности, случайности, стохастическим процессам [154, с.178-189].

Автор статьи приводит два собственных возражения против принципа переключения, который, как полагают, разрешает все трудности, связанные с запаздывающей причинностью. К сожалению, его возражения сами оказываются нелогичными.

Сначала он рассматривает мысленный эксперимент с обменом лишь одним тахионом, когда наступление следствия происходит в результате получения тахиона от причины. Казалось бы, мы могли бы привести следующие рассуждения. В рассмотренной ситуации можно сразу же отбросить все приведенные автором доводы и возражения как излишние. Два описываемых события, инициируемые путем обмена единственным тахионом, имеющим мгновенную скорость, по определению становятся одновременными. Если же тахион

имеет конечную, но в принципе определяемую скорость, то, рассматривая его из лабораторной ИСО, мы сразу же обнаружим, что тахион имеет вполне определенные время излучения и поглощения, то есть причина определяется однозначно. Понятно, что показания часов причины и следствия использоваться не должны. Кроме этого истинную причину всегда можно найти, вообще не прибегая к формализму теории относительности, поскольку причиной должен быть источник тахиона, излучатель. Таким образом, в рассмотренном случае все рассуждения о причинно-следственных отношениях, казалось бы, теряют всякий смысл.

Однако, и в этом случае у СТО возникают серьезные, неустраняемые проблемы со сверхсветовыми сигналами. Легко показать, что в этом случае часы обоих наблюдателей идут синхронно и показывают одно и то же время, если до начала удаления друг от друга они были синхронизированы. Поэтому каждый наблюдатель будет иметь ошибочные представления, опираясь на предсказания СТО. Наблюдатель А, инициатор тахиона будет уверен, что наблюдатель В получил его "в прошлом". Но, во-первых, для наблюдателя В получение тахиона является, естественно, событием его настоящего. Никаких, взявшихся неизвестно откуда "воспоминаний" о полученном в прошлом тахионе, у него не возникнет. Во-вторых, показания его часов в этот момент будут в точности равны показаниям часов А. Другими словами, если на тахионе записать показания часов А, то В может их сравнить с показаниями своих часов, и они будут равны. С другой стороны, согласно СТО наблюдатель В будет считать, что получил тахион из "прошлого" системы А, поскольку, по его мнению, в А часы показывают меньшее время. Получив тахион с показаниями часов А, он будет удивлен. Это "мягкое" нарушение причинности, поскольку парадокса, петель времени и нарушения причинности как таковых не возникает.

Вместе с тем, действительно очевидное нарушение причинности с возникновением замкнутых петель времени возникает только при взаимно-обусловленном обмене тахи-

онами, поскольку для замыкания петли необходим ответный сигнал. В этом случае не существует никакой, даже теоретической возможности избежать причинных парадоксов. Чонка рассматривает их, отмечая использование принципа переключения (реинтерпретации) и следствие из рассмотренных аргументов о невозможности взаимодействия тахиона с нетахионами, и затем обсуждает свои возражения. Этот принцип, упомянутый под названием принцип переключения, он формулирует в следующем виде:

"... O' , который видит частицу с отрицательной энергией, движущуюся назад во времени от $t_A(O')$ к $t_B(O')$, должен считать, что он видит частицу с положительной энергией, испущенную в момент $t_B(O')$ и движущуюся в прямом направлении во времени к $t_A(O')$. Соответственно O' не будет наблюдать никакого нарушения запаздывающей причинности" [154, с.179].

Можно согласиться с автором в его оценке, что принятие принципа переключения приводит к необходимости интерпретировать в рамках СТО замкнутые причинные циклы не как взаимную сигнализацию, а как некоррелированное, спонтанное излучение. Это не является решением внутренних противоречий, поскольку имеющаяся корреляция между событиями не может быть устранена переходом к другой интерпретации. Это правильный вывод. Решение причинного парадокса этого мысленного эксперимента в общем случае невозможно. К сожалению, далее автор приводит рассуждения о запаздывающей и опережающей причинности, которую он явно допускает. Но это уже ошибка.

Тахион Барашенкова

Развернутое аналитическое исследование проблемы тахионов провел Барашенков в статье "Тахионы. Частицы, движущиеся со скоростями больше скорости света", опубликованной в журнале УФН в 1974 году. Стремясь максимально объективно и непредвзято рассмотреть проблему,

автор, тем не менее, зачастую приводит заметно неуверенные доводы и демонстрирует, строго говоря, односторонний подход, включающий лишь релятивистские положения и несколько противоречивый подход к проблеме тахиона, сводящейся к его лоренц-инвариантности.

Говоря о невозможности движения тел со сверхсветовыми скоростями, Барашенков ссылается на Пуанкаре и Эйнштейна, указывая, что их возражения недостаточно серьезны, и сводя их, по существу, лишь к тому, что частица, движущаяся с досветовой скоростью, не может путем *непрерывного* увеличения скорости превратиться в тахион и наоборот. При этом известно, что Эйнштейн прямо указывал на *применимость* его теории к сверхсветовым движениям.

Проблема, в частности, касается вообще возможности существования тахиона. Барашенков приходит к выводу, что ни одно из парадоксальных свойств тахионов не противоречит основным законам, лежащим в основе современной физики, и, поэтому, не могут быть основанием для отказа тахиону в существовании. С возможностью существования тахионов, безусловно, можно согласиться, принимая его существование как данность. Но некоторые его релятивистские свойства прямо и однозначно противоречат источнику возникновения этих свойств – специальной теории относительности. Более того, применение этой теории к тахиону вынуждает её делать взаимоисключающие предсказания, превращая её в ошибочную теорию.

Собственно, на одну из таких проблем и указывает Барашенков: это причинно-следственные парадоксы, акаузальные эффекты. Но далее поступает довольно странным образом. Фактически он прямо допускает возможность нарушения причинности *действующей* теорией. А к таким нарушениям неизбежно ведут любые процессы, идущие в обратном направлении времени.

Что верно, так это его вывод об обязательном возникновении в специальной теории относительности петли времени в случае обмена двумя тахионами. Определенно называя

эти эффекты акаузальными, то есть, нарушающими причинность, он, тем не менее, приводит описание механизма, который позволяет решить проблему. При этом заметим еще одну распространенную ошибку в рассуждениях: на самом деле невозможность существования частиц со сверхсветовой скоростью не может быть обоснована релятивистскими акаузальными эффектами.

Для решения проблем причинности в специальной теории относительности предлагается использовать рассмотренный выше принцип реинтерпретации. Вполне ожидаемы в этом случае все те же противоречащие логике рассуждения. Справедливости ради отметим тезис автора о "современном, еще весьма низком уровне теории сверхсветовых частиц".

Тем не менее, он утверждает, что изменение последовательности событий во времени и знаков энергии частиц сопровождается такой перестановкой их актов испускания и поглощения, что мы каждый раз будем иметь дело с *причинно-упорядоченной* последовательностью событий для частиц с положительной энергией. А передавать сигнал могут лишь такие частицы.

Но о какой причинно-упорядоченной цепи может идти речь, если как раз для указанных частиц с положительными энергиями по времени следствие всегда предшествует причине? Это подмена понятий. Это уже совершенно иные процессы. Причинно-упорядоченная последовательность соответствует "перестановленным актам испускания - поглощения", но никак не исходным частицам, которые однозначно есть.

В сноске в статье приводится уточненная по этому случаю формулировка принципа реинтерпретации:

"более точно принцип реинтерпретации следует сформулировать следующим образом: при любом взаимодействии частица, имеющая отрицательную энергию и движущаяся в конечном (начальном) состоянии реакции обратно во времени, должна интерпретироваться как соответствующая анти-

частица, имеющая положительную энергию и движущаяся вперед во времени в начальном (конечном) состоянии реакции" [23, с.137].

Здесь следует обратить самое пристальное внимание на то, что однозначно, определенно проводится параллель или, так сказать, зеркальное отождествление физических характеристик самих частиц и их античастиц. И обходится молчанием факт их реального возникновения или излучения-поглощения какими-либо приборами. Это крайне важное обстоятельство. Присмотримся к описанию мысленного эксперимента в статье.

"Допустим, например, что произошел процесс, который мы интерпретируем как испускание тахиона с энергией $E > 0$ в некоторой фиксированной пространственно-временной точке 1 и последующее поглощение этого тахиона в другой пространственно-временной точке 2. Для наблюдателя в системе координат, движущейся со скоростью $u > c^2/v$ (v — скорость тахиона), событие в точке 2 происходит раньше события в точке 1, однако для этого наблюдателя изменяется также и знак энергии тахиона, поэтому наблюдатель в движущейся системе координат будет интерпретировать весь процесс как поглощение в точке 1 тахиона с положительной энергией, испущенного *ранее* в точке 2" [23, с.137].

Правда, очень похоже на описанное выше событие в магазине с антитоваром? (стр.106)

"Никаких отрицательных энергий или акаузальных эффектов ни движущийся, ни неподвижный наблюдатели при этом не зафиксируют" [23, с.137].

Акаузальности в *таком* смысле, конечно же, нет, но есть нечто иное. Может ли наблюдатель в точке 1 утверждать, что он не *излучил тахион* своим передатчиком, а, напротив, *получил антитахион* своим приемником? И, соответственно, наблюдатель в точке 2 утверждать, что он вовсе не тахион *получил* своим приемником, а, наоборот, *излучил* своим передатчиком антитахион? Но ведь наблюдатель 1 определенно может заявить: он *излучил тахион*. Это реально зафиксиро-

ванный процесс. До момента получения этого тахиона наблюдателем 2, у наблюдателя 1 нет никаких оснований менять свои представления о процессе. Такая необходимость возникает только после того, как тахион достигнет наблюдателя 2. Неизбежно возникает вопрос: куда исчезли испущенные частицы и откуда возникли поглощенные, которых изначально не было?

Строго говоря, излучатель чего бы то ни было – это совсем иной прибор, кардинально отличающийся от датчика, измерителя чего-либо. Из оптического прицела винтовки пуля не вылетит, а в стволе этой винтовки мы не найдем координат цели. Вновь мы видим подмену понятий, иницированную принципом реинтерпретации.

Но и это не все. Для наблюдателя 1 мы видим явное обращение во времени, то есть движение в прошлое. Момент времени фактического поглощения тахиона в точке 2 в принципе мог никогда и не наступить. Нужно ли в этом случае наблюдателю 1 менять свои представления о процессе? Понятно, что для наблюдателя 2 это не особо сложно, поскольку реально физически он *вообще* не может наблюдать процесса хоть излучения тахиона в точке 1, хоть поглощения в этой точке анитахиона. Важно другое: а что же все-таки произошло в точке 2: испустил этот наблюдатель тахион или все-таки получил его? Ситуация совершенно абсурдная благодаря принципу реинтерпретации.

Далее Барашенков распространяет формализм реинтерпретации и на мысленные эксперименты на рисунках 2 и 3 в своей статье:

"... замкнутый временной цикл событий образуется лишь в той системе координат, которая движется по отношению к источнику тахионов; в другой системе происходит обычный периодический процесс. ...

Нетрудно убедиться, что последовательность событий на рис.2, *а* при учете принципа реинтерпретации не изменится, а процесс на рис.2, *б* будет представлять собой *спонтанное излучение* анитахиона, последующее испускание

радиоволны радиопередатчиком и поглощение их далее источником тахионов. Последовательность событий на рис.3 также укладывается в причинно-следственную цепь" [23, с.138].

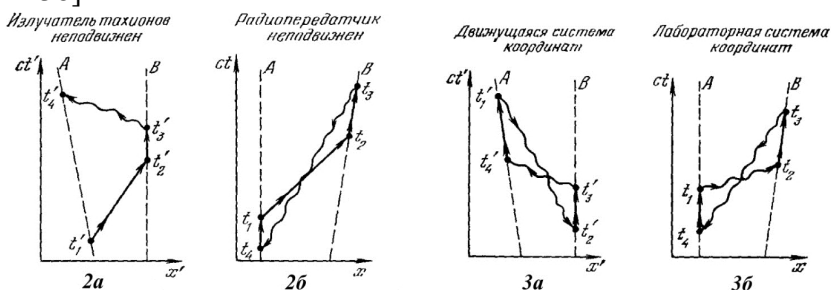


Рис.3.1. Применение принципа реинтерпретации. Рисунки 2а, 2б, 3а и 3б из статьи [23]

Следует обратить внимание на следующие слова в приведённых цитатах:

а) "замкнутый временной цикл" - это так называемая петля времени, излюбленный приём фантастов в произведениях о путешествиях во времени. При наличии тахионов замкнутый временной цикл образуется всегда, без каких либо исключений;

б) "спонтанное излучение" - происходит, когда в реальном физическом процессе меняются местами поглощение (следствие) и испускание где-то (причина) тахиона, и возникает реинтерпретационная мистика беспричинного излучения антитахиона.

Нет смысла повторять приведенные выше аргументы, поскольку это будет буквально дословное повторение. И в этом случае вновь неизбежно возникает вопрос: так что же именно произошло, излучение или поглощение тахионов (антитахионов)? Пока мы воздержимся от философской оценки ситуации, а обратим внимание на новое противоречие в реинтерпретационном механизме. Это фраза "спонтанное излучение". Становится совершенно явным отождествление в механизме реинтерпретации понятий "причинно-следствен-

ный" и "спонтанный". Как можно говорить о причинности, подразумевая акаузальность, то есть беспричинность? Но именно это и следует из механизма реинтерпретации. Причем, даже следующее "мягкое" отступление ничуть не сглаживает противоречие:

"Однако рассмотренная выше интерпретация обращения временного порядка путем перехода к античастицам все же не исключает полностью всех акаузальных явлений" [23, с.138].

Более того, не просто "не исключает полностью", а полностью и однозначно их гарантирует. Можно лишь закрыть на них глаза, обойти молчанием, завуалировать в уравнениях. Акаузальность и нарушение причинности как бы исчезают, если их просто не рассматривать. Наблюдатель, действительно, установит причину, но при этом неизбежно обнаружит нарушение причинности, возникающее строго в рамках формализма теории. Теория, которая предсказывает физически невозможную последовательность событий, это ложная теория. И в данном случае ложная теория – это специальная теория относительности, расширенная на сверхсветовые сигналы и дополненная ненаучным инструментом – принципом реинтерпретации.

Однако, стремление расширить специальную теорию относительности за границы ее применимости вынуждает делать ошибочные выводы:

"Хотя весь наш предшествующий опыт свидетельствует против "опережающей причинности", тем не менее, вообще говоря, нельзя исключить возможность существования совершенно новой области явлений, где хронологический порядок причинно-следственной связи не имеет строго определенного значения, инвариантного к выбору системы координат" [23, с.139].

Уточним: опережающая причинность, это ситуация, когда следствие предшествует причине. Однако, прямое название вещей своими именами зачастую режет слух и явно вскрывает то, о чем говорить не хотелось бы. Поэтому при-

думано такое завуалированное название. Звучит красиво, а то, что содержание абсурдно, не каждый и заметит. Конечно, вряд ли следует строго судить автора. Классики релятивизма распространили теорию относительности на сверхсветовые сигналы, поэтому возникшие проблемы куда-то надо прятать. К тому же есть область микроявлений, микромир. Да, есть, но здесь она даже вскользь не рассматривалась, а парадоксы причинности макромира – вот они.

"После того как в опытах с распадами частиц было установлено, что физические явления могут быть инвариантными по отношению к отражениям пространства и времени, такая возможность не кажется абсолютно невероятной — во всяком случае, для микроявлений" [23, с.140].

Если занять строго материалистическую позицию, то следует даже это неуверенное предположение решительно отвергнуть. Нет акаузальности ни в макромире, ни в микромире. Все, что мы интерпретируем как чисто стохастические, случайные или даже обратные во времени процессы микромира, все это следует рассматривать исключительно с позиции детерминизма. Нет никаких абсолютно случайных явлений, есть явления, в которых причинно-следственные отношения нам (пока) недоступны для регистрации. Но в настоящий момент об этом в отношении микромира можно говорить лишь как о постулате, недоказанной гипотезе:

"... в настоящее время нельзя привести какие-либо абсолютные запреты для частиц со сверхсветовыми скоростями. Существуют такие частицы или нет, это прежде всего — вопрос эксперимента" [23, с.140].

И такие эксперименты в квантовой механике определенно показывают, что между объектами существует сверхсильная корреляция состояний, проявляющаяся со сверхсветовыми скоростями (запутанность, нелокальность). Однако, стремление следовать выводам специальной теории относительности приводит к очередной абсурдной ситуации. Сверхсветовое взаимодействие, нелокальность имеет все признаки, так сказать, божественной воли. Согласно специ-

альной относительности квантовые частицы не могут обмениваться *классической* информацией, поэтому между ними нет и быть не может никаких носителей. Но частицы определенно могут обмениваться не классической квантовой информацией, и лучшего кандидата на эту роль, чем тахион, вряд ли удастся найти. Предположения о том, что частицы со сверхсветовыми скоростями, если и существуют, то, скорее всего, где-то в области ультрамалых пространственно-временных интервалов, в этом смысле также вряд ли разумны. Квантовая телепортация, криптография, запутанные частицы связаны просто громадными расстояниями, а вовсе не ультрамалыми.

Таким образом, с полной серьезностью следует признать абсолютную неприменимость формализма специальной теории относительности к тахионам или любым другим сверхсветовым сигналам. Барашенков как бы предупреждает, что возможность обобщения преобразований Лоренца на случай сверхсветовых скоростей является в определенной мере гипотезой. Это, действительно, справедливое замечание. Однако, уточним, это не просто гипотеза, это гипотеза ошибочная. Ссылаясь на других исследователей, он пишет:

"с тахионом, как и с обычной досветовой частицей, может быть связана система координат" [23, с.147].

А это означает, что к тахиону привязывается инерциальная система отсчета, своеобразная тележка с осями координат и собственными часами. Однако, согласно специальной теории относительности для любой другой системы отсчета мы должны видеть, что и в этой ИСО фотон движется со скоростью света. Но это невозможно, то есть второй постулат СТО оказывается недействительным. Постулат является фундаментальным положением теории и его нарушение делает теорию неприменимой к этому явлению. Тахионная ИСО отвергает формализм СТО, вступает с нею в непримиримые противоречия.

В частности, в приведенном выше примере, в котором радиопередатчик испускает сигнал, включающий источник

тахсионов, только в том случае, когда он получил сигнал от этого источника. Возникает акаузальная петля: обмен сигналами будет только тогда, когда его не будет. Парадокс этот известен ныне также как "парадокс дедушки" и он не имеет рационального, разумного решения. Тем не менее, в данном случае автор приводит его решение, которое в лучшем случае можно назвать странным. Он утверждает, что парадокса нет, поскольку в его основу положено внутренне противоречивое начальное условие – каждому моменту времени предшествует прошлое. К сожалению, он не приводит обоснований существования таких обрывков времени, то есть, некоторых моментов времени, у которых нет прошлого. Но внутренне противоречивым является как раз именно это решение:

"Однако фактически никакого парадокса здесь нет, так как заложенное в его основу требование представляет собой внутренне противоречивое, самоисключающее начальное условие, которое никогда не может быть удовлетворено (*каждому* моменту t_x предшествует прошлое), и излучение попросту не происходит" [23, с.136].

Буквально это можно понять, что не каждому моменту времени предшествует прошлое. Выглядит как ещё один намёк на Большой Взрыв и происхождение Вселенной из сингулярности. Но беспричинное возникновение реальности само по себе не имеет научного обоснования. А все без исключения последующие моменты времени предшествующее прошлое имеют. Так что не только "никогда не может быть удовлетворено", а, напротив, никогда и никем не может быть нарушено. Логический парадокс, таким образом, никуда не исчез. Признавая, что в отдельных случаях реинтерпретация не позволяет устранить акаузальность, он, тем не менее, приводит ещё один пример, как он считает, кажущегося нарушения причинно-следственных отношений:

"Телеграфную передачу *спонтанно* излучающим атомом сонета Шекспира движущийся наблюдатель воспримет как подлинное чудо. Однако этот наблюдатель всегда может установить истинную причину необычного явления, если

перейдет в другую систему координат" [23, с.139].

Что же получается, проблема причинности решается так легко? Достаточно перейти в другую систему отсчета и акаузальности нет как нет? Здесь просто-напросто проделывается лингвистический фокус, логическая подмена понятий. Нарушение причинности здесь подменено передачей сигнала в прошлое. Изменением системы отсчёта, видимо, можно найти истинную последовательность событий даже при их сверхсветовой связи. При этом будет выявлено движение в прошлое. Но разомкнуть причинную петлю, петлю времени при её наличии таким способом невозможно. Поэтому следующий вывод является, безусловно, ошибочным, если понимать буквально, что причина становится (реинтерпретируется) следствием и наоборот:

"в процессах с участием сверхсветовых частиц ... порядок следования причины и следствия зависит от выбора системы координат" [23, с.139].

Вместе с тем положительно отметим неудовлетворительное отношение Барашенкова в области макроявлений к подходу, рассматривающему изменение причинной обусловленности явлений в сторону *более* общей формы причинной связи, включающей, в частности, "опережающую каузальность", при которой явление-следствие происходит раньше явления-причины. Но в области микроявлений "запоздывающую причинность" он все-таки допускает.

Казалось бы, такая интерпретация направлена на сохранение принципа причинности, но на самом деле он является самым прямым и явным его отрицанием. Здесь так прямо и сказано: нет причинно-следственной связи. Однако, причинность никуда не делась, просто на неё закрыли глаза. Но для тех, кто настаивает на тахионной антипричинности тоже есть варианты:

"тахионы, если они все же существуют в природе, в силу каких-то, еще неведомых нам законов не могут входить в пределы ультрамалых пространственных областей, и если время жизни тахионов исчезающе мало, то в больших, мак-

роскопических областях пространства вероятность порожденных тахионами нарушений причинности явлений будет близка к нулю" [22].

В тех отдельных случаях, когда принцип реинтерпретации подвергается критике, даже в этих случаях тахиону отводится место в специальной относительности с её традиционными ценностями, формализмом и языком, хотя и провозглашается его собственная математика и даже целые миры:

"На самом деле, как можно показать подробным анализом... "принцип реинтерпретации" не спасает ситуацию. ...мы не можем теперь использовать преобразования Лоренца. ... Для данного тахиона в K всегда найдется такая инерциальная система K' , в которой будет "нарушаться причинность"... В тахионных мирах... временной порядок событий, приобретает *относительный характер*, т.е. движение возможно из "прошлого" в "будущее", и обратно" [68].

Хотелось бы с этим согласиться, но с оговорками. Да, принцип реинтерпретации – не действующий механизм, он не способен решить парадоксы специальной относительности. А преобразования Лоренца, действительно, для сверхсветовых сигналов не применимы, поскольку основаны на досветовых принципах. Именно поэтому любой сверхсветовой сигнал приводит к нарушению причинности в релятивистском смысле, приводящем к движению в прошлое. С чем сложно согласиться, так это с "относительным характером порядка событий". Это движение в прошлое – особенность специальной теории относительности, а не тахионного мира.

Быстрее света – квантино

Из логического анализа квантовых явлений, имеющих бесспорные, общепризнанные, многократно проверенные экспериментальные подтверждения, явно следует, что в явлении запутанности, квантовой нелокальности какая-то сверхсветовая информация все-таки передается.

Это означает, что нельзя отвергать возможность создания не только сверхсветового телеграфа (радио, телевидения, связи), но и материальную телепортацию, то есть перенос (транспортировку) материальных тел в пространстве, минуя промежуточные точки. В настоящее время считается, что скорость такой неуловимой передачи не просто сверхсветовая, а мгновенная, расстояния – ничем не ограничены, и эта скорость реально зарегистрирована в экспериментах.

Но с другой стороны, вопреки полученному выше выводу также считается общепризнанным, что движение быстрее света невозможно. Это ограничение скорости движения является одним из следствий специальной теории относительности Эйнштейна, которая постулировала инвариантность скорости света c . Скорость света, согласно теории, имеет одно и то же значение во всех ИСО. Кто бы и где бы ни измерял её - они все получают одно и то же значение скорости. Инвариантность скорости света ведёт также и к её предельности.

Никакая другая скорость (тел) не может её превзойти. Это положение является доминирующим в современной физике и считается Законом Природы. Ничто не может её нарушить. Скорость света - это максимум, предел скорости передачи информации.

Однако, наряду с теорией относительности существует ещё одна доминирующая физическая теория - квантовая механика. В квантовой механике известно явление запутанности, сцепленности. Суть его состоит в том, что две отдельные запутанные частицы, каждая из которых находится в состоянии суперпозиции, представляют собой единый объект. Как бы далеко мы не разнесли их - они едины, части одного общего объекта. Но при коллапсе волновой функции (в момент измерения), это единство разрушается, каждая из частиц превращается в самостоятельный объект, у которого появляется своя собственная волновая функция, теперь уже независимая от другой частицы из пары.

При этом измерение достаточно произвести только над

одной частицей, любой из пары частиц. Например, пропустив один из фотонов пары через поляризатор. В этом случае оба фотона получают определенные поляризации, а волновая функция коллапсирует, редуцирует. Вторая из частиц, над которой пока не производилось никаких измерений, словно бы получает некую квантовую информацию от первой частицы из пары, принимая соответствующее ей состояние. Частицы при этом получают определённые поляризации, задаваемые исходной, их совместной волновой функцией. Этот процесс происходит мгновенно и на любом расстоянии между частицами.

Что такое информация

Но что представляет собой эта загадочная квантовая информация? И вообще, что это такое - информация в самом общем смысле? Ответ на этот вопрос в виде академического определения понятия – что такое информация, не столь важен. Более интересен глубокий, фундаментальный, философский смысл. А из него можно заключить, что информация - это неотъемлемая часть материи, которая не может существовать и переноситься отдельно от неё.

Чтобы понять, что такое информация и как она перемещается, давайте задумаемся над тем, что объединяет, что есть общего между всеми теми примерами, в которых мы видим в той или иной степени информацию. Что мы можем, пусть с натягом, назвать информацией? Например, флэш-карта содержит информацию. А книга "Война и мир"? Она тоже содержит информацию. Паспорт содержит? Да. Телевизионный сигнал – содержит. Стук по водопроводной трубе – содержит. Звук рожка на охоте – содержит. Воркование голубей, мурлыканье кошек – содержат. Еле заметный жест человека, улыбка, тень на асфальте, фотография – все содержат ту или иную информацию. Свет далёкой звезды, тепло печки, вкус яблока, цвет помидора – содержат информацию. Камень, лежащий у дороги? Травинка в поле? Куст в саду или дерево в лесу? Пустая кастрюля? Чистый лист бу-

маги? Физический вакуум в данном объеме? Всё это содержит информацию в том или ином виде.

Можно ли вообще привести пример чего-либо, не содержащего информации? Невозможно. Отсюда можно увидеть, что всё, где содержится информация – это *нечто*. Что можно выдвинуть на звание чистой информации без носителя? Может быть, примерами отсутствия *нечто* как такового, нематериальности являются мысль, озарение, душа, смысл в общем, неопределённом... смысле, содержание, значение, "смешной", "умный", "тайна, покрытая мраком", секрет, намёк, "что Вы имеете в виду?", "образ Онегина в произведении Пушкина", ощущения вообще, чувства, любовь, энергия, красота? Но они сами по себе информация, и являются такими же принадлежностями *нечто*, в приведённом контексте вполне даже очевидных, материальных, осязаемых. Скажем, время - информация?

"Хорошим примером бестелесности информации является *время*. Оно не имеет физических параметров типа массы или энергии. У времени ясно видна идейная сущность - быть последовательностью событий. Хотя, разумеется, время существует, потому что существуют материальные события" [66].

То есть, нет материи – нет времени? Да, именно так. Понятие времени не менее многогранное, чем понятие информации. Если задуматься о сущности времени, то выяснится, что оно однозначно не определено. Есть ведь и такое определение у Эйнштейна: "Время – это то, что показывают мои часы". Конечно, такое объяснение ведет к тавтологии - сущности одного неопределённого понятия "информация" определяется через такое же неопределённое понятие как "время".

Никакая информация не витает просто так в воздухе, она всегда неразрывно привязана к своему носителю – материальному образованию. Например, в работе "Вселенная разумная" Карпенко приводит слова Блохинцева:

"... Какова бы ни была информация, принадлежит ли она

сознанию живого существа или, записанная кодом электромагнитных волн, распространяется в пространстве, она всегда воплощена в чем-то материальном, т.е. имеющем импульс, энергию и массу. Ни один опыт не подтверждает возможности передачи информации без ее материального носителя" [58].

Сказано вполне определенно: информация и материя неразделимы. Утверждение имеет более физический уклон, оттенок, особенно в части отсутствия опытных подтверждений передачи информации без материального носителя. Но в приведенной трактовке можно предположить, что таких опытов нет лишь *пока*, что где-то и когда-то такие подтверждения в принципе могут быть получены, если так пожелает Творец. Поэтому важным подкреплением этого вывода может послужить диалектический материализм, как один из ответов на основной вопрос философии.

"В физическом мире (человека) информация материализуется через свой носитель и вследствие ему существует" [149].

Несомненно, что информация существует только в единстве с носителем, однако ни материализация информации, ни её собственное материальное существования невозможны.

"Под информацией необходимо понимать не сами предметы и процессы, а их отражение или отображение в виде чисел, формул, описаний, чертежей, символов, образов. Сама по себе информация может быть отнесена к области абстрактных категорий, подобных, например, математическим формулам, однако работа с ней всегда связана с использованием каких-нибудь материалов и затратами энергии" [36].

Утверждается, что информация, хотя и абстракция, но без материи недоступна. Они неразрывны. Сформулировано не вполне определенно, но звучит скорее именно так.

"Винер предложил определение: "Информация— это обозначение содержания, черпаемого нами из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приведения в

соответствии с ним нашего мышления" [85].

"Обозначение" лишь на первый взгляд не похоже на материю или вещество. Но где оно находится, это обозначение, в чём? Может оно быть оторвано от носителя? Назови как угодно: обозначение, содержание, изображение, отображение, копия, мысль, наконец, - от материи оторваться невозможно. Даже прямое заявление Винера: "Информация – это информация, а не материя, не энергия" не противоречит этому. Пусть - не материя. Но без материи не существует. Действительно, в следующем утверждении очень четко отражен факт, что информация – это *свойство*, хотя и просматривается некоторая тавтологичность (свойство, содержащее свойства):

"Любой материальный объект, любое его свойство, структура и организация содержат информацию о самом себе. Информация – это объективное свойство материи быть определяемой. Содержанием информации, существующей в природе, являются все свойства материальных объектов" [66].

В Википедии приводится такое материалистическое определение информации, также с элементом рекурсии (свойство отражает свойства), но помещение в этот же ряд материи не совсем верно, поскольку свойства материи производны от неё самой:

"Информация существует вне нашего сознания, и может иметь отражение в нашем восприятии только как результат взаимодействия: отражения, чтения, получения в виде сигнала, стимула. Информация не материальна, как и все свойства материи. Информация стоит в ряду: материя, пространство, время, системность, функция, и др. что есть основополагающие понятия формализованного отражения объективной реальности в её распространении и изменчивости, разнообразии и проявленности. Информация — свойство материи и отражает её свойства (состояние или способность взаимодействия) и количество (мера) путём взаимодействия" [54].

Как видим, информация отнесена к свойствам материи. Свойства материи, очевидно, неотделимы от материи, и информация проявляется всегда, в какой бы форме материя ни

выступала.

"... формула информации... переводится следующим образом: "Информация представляет собой всеобщее свойство взаимодействия материального мира, определяющее направленность движения энергии и вещества" [42].

В этой довольно пространной формуле информация обозначена свойством не материи, а взаимодействия. Тем не менее, "свойство взаимодействия материального мира" можно трактовать только как свойство именно материи, обозначенное как свойство, способность взаимодействовать. Следовательно, всеобщность этого свойства делает его неотделимым от материи. Именно этого требует философия материализма, что, безусловно, верно:

"материалистическое решение основного вопроса философии требует признания необходимости существования материальной среды - носителя информации в процессе такого отражения. Итак, информацию следует трактовать как имманентный (неотъемлемо присущий) атрибут материи, необходимый момент ее самодвижения и саморазвития" [90].

Информация изначально присутствует во всех материальных объектах, хотя с независимостью от приемника (и передатчика) информации согласиться нельзя:

"... авторы не могут отвлечься от полной схемы передачи информации, предложенной математиками, и рассмотреть отдельно только источник информации. Ведь он таковой, именно потому, что в нём уже есть информация, существующая без наличия передающей среды и приемника информации" [66].

Таким образом, если тщательно поразмыслить над понятием информации, выслушать мнения других и попытаться найти любые как обоснованные, так и фантастические определения, можно прийти к неизбежному выводу, что любая информация - это неотрывная от материи часть, информация - это буквально *материя* в любой из своих форм (вещество, поле, плазма и прочее). Информация немислима без носителя, не может без него существовать. Если есть информация, то

обязательно должен быть какой-либо носитель. Напротив, *любой* носитель (и не только вещественный), обязательно содержит ту или иную информацию.

Невозможно представить себе, например, вещественный носитель, то есть, по сути – вещество, которое не содержит информации. Любое вещество, поле, энергия, любое *нечто* содержит в себе ту или иную информацию. Только *Ничто* не содержит никакой информации. Можно сказать, что карандаш - это информация, яблоко - это информация, электрон - это информация, фотон, Солнце, Галактика, океан, стакан чая и прочее, прочее, прочее - всё это информация. Заметим, что для информации не обязательно наличие сознания, которое само является информацией. Информация – это проявление материи в любой из своих форм.

Таким образом, следует признать, что любая информация неотрывна от материального носителя. Вообразить *чистую* информацию без материального носителя *невозможно*. Ограничимся приведёнными выше доводами, поскольку здесь и сейчас это является главным - признание неотделимости информации в любом смысле от материального носителя, их неразрывное единство. Отсюда неизбежное следствие: передача *любой* информации - это передача, перенос материи в какой-либо её форме. Это относится к понятию информации в самом общем виде, будь то костяшки счет или мистическая квантовая информация. И, наоборот, передача, перенос материи в *любой* форме – это передача, перенос некоторой информации.

Сущность квантовой информации

Одной из разновидностей информации является квантовая информация, которая функционирует, проявляется в таких явлениях, как запутанность, квантовая телепортацию и, видимо, интерференция. Что же это за информация? И здесь нас вновь интересует только та форма ответа, из которой неизбежно можно заключить, что и квантовая информация - это не самостоятельная бестелесная, нематериальная аб-

стракция, существующая независимо от материи, а неотъемлемое её свойство.

Наиболее отчетливо квантовая информация проявляется, как известно, в явлении запутанности. Упрощённо запутанность можно описать как передачу состояния от одной частицы из пары запутанных частиц к другой частице при коллапсе, редукции волновой функции, описывающей их общее состояние.

Несмотря на научность понятия нелокальность, его практическое использование - это столбовая дорога в мистику или, как минимум, в религию. То, что между запутанными частицами не обнаружена передача каких-либо сигналов (волн, полевых влияний и других) говорит лишь о том, что эта информация может быть, в частности, не классической, не вещественной, тем более что скорость её передачи выше скорости света. При получении информации она может быть преобразована не полностью или не тем способом, каким была создана или закодирована. Поэтому можно ожидать, что квантовая информация должна быть прочитана в некотором виде, сопутствующем собственно квантовой информации.

Можно считать, что само явление нелокальности берет своё начало от ЭПР-парадокса: парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена [153]. Парадокс был сформулирован в 1935 году в качестве доказательства неполноты квантовой механики, то есть доказательства того, что квантовая механика недостаточно полно описывает реальность. В частности, подвергалось сомнению сама возможность сверхсветовой передачи состояния частиц:

"Но одно предположение представляется мне бесспорным. Реальное положение вещей (состояние) системы S_2 не зависит от того, что проделывают с пространственно отделённой от неё системой S_1 " [152, с.290].

"...так как во время измерения эти две системы уже не взаимодействуют, то в результате каких бы то ни было операций над первой системой, во второй системе уже не может получиться никаких реальных изменений" [153].

Из доводов Эйнштейна следовало, что корреляция состояний частиц не связана с передачей между ними информации, а является следствием статистических закономерностей. Но в 1964 году Белл математически показал [8, 9], что доводы, приводимые Эйнштейном и его сотрудниками, математически не вполне корректны, противоречивы. Доказательства Белла в настоящее время известны в виде "неравенств Белла".

В 1982 году Алан Аспект провел ряд экспериментов [2 - 6], которые полностью подтвердили правоту Белла и показали, что, действительно, передача состояния от одной частицы к другой происходит со сверхсветовой скоростью. Тем не менее, наличие какого-либо реального физического сигнала, с помощью которого квантовые частицы обмениваются информацией, до настоящего времени не зафиксировано.

В своих экспериментах Аспект использовал пары запутанных частиц, изменяя состояние которых, он фиксировал это сверхсветовое взаимное влияние состояния одной частицы на состояние другой. Тем не менее, явление запутанности, нелокальности позволяет в принципе организовать проведение эксперимента, который явным образом может трактоваться как демонстрация информационной сверхсветовой связи между частицами, что в свою очередь позволяет показать синхронность хода часов, движущихся друг относительно друга. Это означает, что утверждение СТО о том, что движущиеся часы отстают, - противоречит явлению нелокальности. Отсюда следуют веские основания полагать, что между квантовой теорией и специальной теорией относительности существует неустранимое противоречие, касающееся скорости передачи взаимодействия и квантовой нелокальности.

Как можно объяснить такое поведение фотонов? Только ли зависимостью между ними? Может быть это случайное совпадение? Сказать-то так можно... Только это такая случайность, вероятность которой равна единице. А такое событие в теории вероятности называется достоверным. Более

того, из теории вероятности известно, что если вероятность одного из событий зависит от наступления или не наступления другого, то такая зависимость по определению делает эти два события зависимыми. Следовательно, с точки зрения теории вероятности события по регистрации фотонов являются зависимыми, событиями связанными причинно-следственными отношениями.

Но, может быть, есть другое объяснение этой загадочной связи? Да, такое объяснение есть, и оно называется нелокальность. Кратко нелокальность можно описать так: зависимость есть, а связи нет. Такое краткое описание нелокальности не сильно отличается от классического. У нелокальности нет ни физического описания процесса, ни даже мало-мальски философского обоснования. Коротко и ясно: связи нет, а зависимость есть, но это мистика.

Однако, наблюдательный и осведомленный читатель заметит, что в установке Аспекта мы могли бы получить точно такой же результат, если бы фотоны просто имели параллельные поляризации. В этом случае, казалось бы, они всегда парно проходили бы на соответствующие выходы своих поляризаторов. Подобные объяснения дают, в частности, так называемые "теории с дополнительными параметрами". Проверить эти объяснения на установке Аспекта несложно. Мы можем имитировать поведение запутанных фотонов, используя незапутанные, не имеющие причинно-следственных зависимостей в своём поведении.

Для такой имитации запутанности необходимо, чтобы каждая пара незапутанных фотонов была бы в такой же синхронной поляризации, как и запутанные, и, кроме этого, направление поляризации должно быть у всех пар своё собственное, отличное от других пар. В этом случае, на выходах поляризаторов следовало бы, видимо, ожидать парные прохождения фотонов: если один выходит в +канале поляризатора, то и второй обязательно выйдет в +канале своего поляризатора. Для запутанных фотонов - это достоверно так. А для имитаций запутанных фотонов - нет. То есть запутанные

фотоны имеют более сильную, нелокальную связь, зависимость между собой, чем в общем схожие с ними незапутанные, независимые фотоны.

Анализируя теории с дополнительными параметрами, которые наиболее ярко были провозглашены в так называемом парадоксе ЭПР, Джон Белл пришёл к выводу:

"В квантовой теории с дополнительными параметрами для того, чтобы определить результаты индивидуальных измерений без того, чтобы изменить статистические предсказания, должен быть механизм, посредством которого настройка одного измеряющего устройства может влиять на чтение другого отдаленного инструмента. Кроме того, действовавший сигнал должен распространяться мгновенно так, что такая теория не может быть лоренц-инвариантом" [8, 9].

Это значит, что если квантовые частицы не обмениваются информацией и ведут себя статистически, случайным образом, то такой информацией должны обмениваться измерительные приборы. Не иначе, как с больной головы - на здоровую. Но и это допущение не позволяет избавиться от обмена информацией, то есть материальным носителем со сверхсветовой скоростью и на любые расстояния. Доказательство Белла не отвергает наличия сверхсветовых сигналов.

Если внимательно рассмотреть выкладки Белла, то можно обнаружить, что их действительная сущность заключена в несколько ином. В парадоксе ЭПР принималось, что две запутанные частицы являются полностью независимыми друг от друга, а их согласованное поведение определяется своеобразной абсолютно случайной "договоренностью" между ними, которую они вплоть до использования сохраняют в некоторых элементах физической реальности. Согласно положениям специальной теории относительности после разделения никакого пространственно подобного влияния друг на друга частицы оказать не могут.

Однако, во множестве ситуаций корреляция, совпадение случайного поведения частиц является достоверно опреде-

ленным и эти ситуации известны изначально. Очевидно, что случайное совпадение *всегда* менее вероятно, чем совпадение достоверное, поэтому для таких известных ситуаций выкладки Белла выглядят довольно странно, чрезмерно. Можно сравнить их с доказательством того, что выпадение монеты одной стороной вверх, а другой вниз всегда более вероятно, чем её падение одновременно обеими сторонами. Реально неравенства Белла означают доказательство *меньшей вероятности совпадения случайных событий по сравнению с событиями зависимыми*. И, тем не менее, такая зависимость отрицается, поскольку противоречит теории относительности.

С другой стороны, и модель с использованием дополнительных параметров, элементов физической реальности Эйнштейна тоже имеет некоторый тайный смысл. Если рассматривать спин, как некое направление вращения квантовой частицы, то в какой элемент физической реальности этой частицы можно поместить направление её вращения? Проведём традиционную аналогию между спином и вращающимся волчком. Можно ли вообразить какой-то элемент волчка, элемент физической реальности, который содержит информацию о направлении его оси вращения? Это направление, очевидно, должно быть однозначно связано *только* с параметрами волчка – его массой, формой, скоростью вращения. Если такой элемент возможен для волчка, то, несомненно, не противоречиво его наличие и у квантовой частицы, электрона, например.

Носитель квантовой информации

Итак, между запутанными квантовыми частицами явно просматривается некоторое информационное взаимодействие. Это взаимодействие имеет свои явно выраженные черты, отличные от четырёх других известных взаимодействий: гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого ядерных взаимодействий. Частицы, ответственные за эти четыре взаимодействия, известны. Это гравитоны, фо-

тоны, бозоны и глюоны. И все они, несомненно, переносят некоторую информацию. Но это не единственная их функция. К явлению запутанности ни одна из этих частиц явно не причастна, и нет данных об их регистрации в этом явлении. Следовательно, передачу квантовой информации следует закрепить либо за тахионом, либо за какой-то особой частицей, официально дополнив Стандартную модель фундаментальных частиц и взаимодействий ещё одной разновидностью частиц, информационной.

Можно предложить варианты её названия и зону "ответственности". Она может называться, например, информино или информинион и отвечать за пятое, информационное взаимодействие. Суть этого взаимодействия – передача некоторых особых, не классических видов информации. Этого вряд ли удастся избежать. Только таким образом можно объяснить явление запутанности, квантовой нелокальности без мистики: допустив существование некоего материального носителя квантовой информации.

У такого носителя очевидны следующие свойства. Он движется со скоростью, которая на порядки превышает скорость света, что выделяет его в ряду других переносчиков взаимодействия – фотонов, глюонов и других. Он обладает высокой проникающей способностью, практически не взаимодействует с веществом, что также отличает его от других частиц и затрудняет обнаружение. Неизвестно, взаимодействует ли он с другими непарными частицами, то есть не являющимися парой к запутанной частице - источнику. Хотя есть информация о наблюдении интерференции между несвязанными частицами, что вполне допускает нелокальное взаимодействие.

Этот носитель отчетливо проявляет себя именно в квантовом информационном взаимодействии частиц, поэтому ему можно дать другое название, более подходящее, чем информино или информинион. Это могут быть, например, такие названия: квантон, квантинион или квантино. Автором последнего названия, вероятно, является Вейник, неоднократно

упоминавший эту частицу в своих работах:

"скорость квантино ... может изменяться от нуля до бесконечности... Кванты, или мировые постоянные, излучают и поглощают поле (квантино)" [32].

Удобно остановиться на последнем названии – квантино. Сложность обнаружения квантино сопоставима со сложностью регистрации других слабо взаимодействующих частиц - нейтрино, $w\text{imp}$ и тех же тахионов. В проведенных попытках обнаружить тахион (квантино) иногда делаются выводы об их обнаружении, которые, как и следовало ожидать, не подтверждаются. Тем не менее, отрицать существование таких частиц нельзя.

Обнаружение квантино и разработка средств их регистрации имеет далеко идущие перспективы. Это создание систем передачи информации с невообразимо высокой скоростью. Это создание устройств транспортировки (перемещения) материальных объектов - телепортация, в частности, межзвёздная. Во всяком случае, всё это не противоречит рассмотренным положениям квантовой физики.

Напомним, что одним из первых упоминаний и исследований сверхсветовых частиц и движения следует, видимо, считать работу Зоммерфельда [16], в которой он исследует электрон, движущийся со сверхсветовой скоростью. Но в физике современности прижилось название, которое можно назвать обобщенным для всех сверхсветовых частиц, – тахион, предложенное в 1967 году Фейнбергом [154, с.136]. Очевидно, каким бы ни было название сверхсветовой частицы, все они относятся к единому классу тахионов. Именно эту частицу можно считать символом, олицетворяющим все сверхсветовые сигналы. Хотя до настоящего момента он не был обнаружен ни в одном эксперименте, можно с уверенностью рассматривать его в качестве главного участника любых мысленных экспериментов, связанных со сверхсветовыми сигналами. Более того, нет никаких противоречий и в том, чтобы считать именно его переносчиком, носителем и квантовой информации, сведений о состоянии запутанных

частиц, феномена нелокальности. В некоторых экспериментах была предпринята попытка определить скорость, с которой эти частицы передают друг другу такую информацию и которая оказалась на много порядков выше скорости света [18].

Подчеркнем, что было бы крайне ненаучно считать сверхсветовые частицы участниками магического сеанса. Наличие некоего сверхсветового материального носителя информации, частицы, наподобие фотонов, логически является наиболее простым, хотя пока экспериментально и не подтвержденным объяснением. Поэтому любое упоминание тахиона явно или неявно подразумевает любые сверхсветовые сигналы, носители, частицы. Хотя в научной среде считается, что к тахионам применим формализм специальной теории относительности, такое мнение следует считать ошибочным: к тахионам она неприменима.

Чему равна скорость тахиона?

Как отмечено, считается, что положения специальной теории применимы к объектам, движущимся быстрее света, к тахионам. Однако, если применить к сверхсветовому объекту преобразования Лоренца, неизбежно возникает противоречивая ситуация. Например, скорость тахиона в соответствии с этими преобразованиями зависит от скорости ИСО, из которой за ним наблюдают, что во всех случаях приводит к неизбежному и неустранимому "путешествию в прошлое" и нарушению причинности. Однако, никакое движение в прошлое невозможно, это нефизичное, абсурдное явление.

Следует уточнить, что во всех случаях, когда говорится о сигналах в прошлое, на самом деле речь идет о сигналах в "чужое прошлое". Но формально движением в прошлое это считаться не может. Если часы моего собеседника отстают, это не значит, что я попал в прошлое. Однако, существующие трактовки предполагают в специальной теории относительности прямое и непосредственное сверхсветовое перемеще-

ние в прошлое объекта или сигнала в его неизменной форме. Из этого, как легко заметить, прямо следует возможность вечного двигателя. Достаточно просто перемещать в прошлое небольшое количество топлива. Оно всегда будет возвращаться в будущее вместе с имеющимся там топливом. Такому вечному двигателю будет нужно, разве что, только техническое обслуживание, хотя и это не обязательно: сам двигатель можно тоже отправлять в прошлое. И он всегда будет новым.

Понятно, что при этом законы сохранения и возрастания энтропии по факту отвергаются. Но такое опровержение ничуть не хуже, и даже с практической точки зрения намного привлекательнее, полезнее недоступных для наблюдения космологических инфляционных мультиверсов Линде и альтерверсов многомировой интерпретации Эверетта.

Как отмечал Фейнман, всегда существует такая ИСО, в которой любой тахион имеет бесконечно большую скорость. Этот эффект вынуждает СТО делать новые взаимоисключающие, абсурдные предсказания. Найдём скорость такой ИСО, в которой скорость тахиона будет равна бесконечности. Согласно правилу сложения скоростей, скорость тахиона равна

$$V = \frac{u + v}{1 + uv}$$

Здесь:

V – скорость тахиона в системе покоя наблюдателя;

v – скорость движущейся ИСО;

u – скорость тахиона в движущейся ИСО.

Мы используем систему измерений, в которой скорость света равна единице. Легко заметить из уравнения, что парадокс возникает только в случае разнонаправленного движения двух систем, то есть искомая ИСО движется со скоростью v в отрицательном направлении, поэтому:

$$V = \frac{u - v}{1 - uv}$$

Скорость тахиона окажется равной бесконечности, если ско-

рость v этой системы отсчета будет равна:

$$v = \frac{1}{u}$$

$$V = \frac{u - v}{1 - uv} = \frac{u - v}{1 - 1} = \infty$$

При этом скорость тахиона u в исходной системе отсчета может быть любой, лишь бы больше скорости света, пусть даже на незначительную величину. Например:

$$u = 1,1c$$

$$v = \frac{1}{u} = 0,9c$$

$$V = \frac{u - v}{1 - uv} = \frac{u - v}{1 - 1} = \infty$$

Эти аналитические выкладки можно наглядно изобразить на динамических диаграммах Минковского:

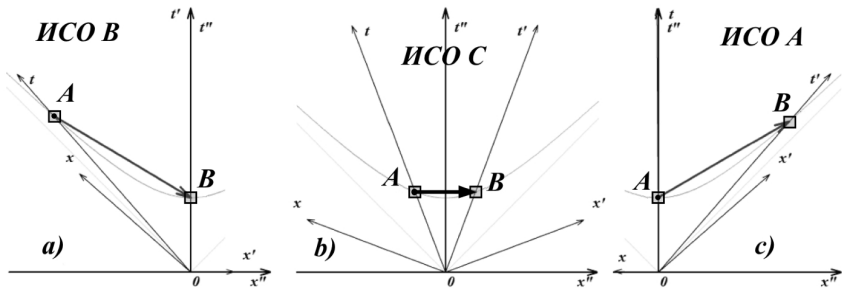


Рис.3.2. Кадры динамической диаграммы Минковского [20]

На диаграмме изображены три ИСО – излучающая, получающая тахион и средняя, лабораторная, условно неподвижная. При некоторых скоростях обменивающихся ИСО тахион движется в обратном направлении времени – в прошлое. Мы можем выбрать такую лабораторную систему, в которой скорость тахиона будет равна бесконечности. Скорость тахиона в исследуемой, исходной системе отсчета на диаграмме взята незначительной – около 1,5 скоростей света. Все события рассматриваются в моменты времени различных лабораторных системах отсчета, когда тахион пересекает их.

Обратим внимание на то, что концы тахиона скользят по гиперболе – изохроне. Изохрона – это линия, отсекающая на всех ИСО равные моменты времени от начала движения. Следовательно, такое скольжение означает, что излучение и поглощения тахиона с любой точки зрения произошло в системах А и В в одно и то же время по их собственным часам. Понятно, что иначе и быть не может: из какой бы системы отсчета мы не смотрели, по собственным часам А и В события излучения и поглощения имеют единственное время.

Каждой системе отсчета соответствуют свои относительные скорости систем А и В. Можно сказать и так: мы перескакиваем из одной лабораторной системы в другую, считая, что изменяется именно скорость этой лабораторной системы. Диаграмма разбита на три диапазона относительных скоростей, или, что то же самое, скоростей лабораторной системы отсчета. Первый диапазон – это системы отсчета, с точки зрения которых тахион движется нормально из прошлого в будущее. Второй интервал, вернее, это даже и не интервал, а единственная система покоя, в которой скорость тахиона равна бесконечности. Мировая линия тахиона в этой системе покоя отображена жирной горизонтальной стрелкой. Как видно на диаграмме, этому случаю соответствуют равные и противоположно направленные скорости обменивающихся тахионом ИСО А и В. В этом случае лабораторная система является для них средней или симметричной. К третьему интервалу скоростей относятся все лабораторные ИСО, в которых тахион имеет нефизические параметры движения.

Как видим, помимо сверхсветовой скорости тахион ещё и движется в прошлое. Явление движения в прошлое присуще исключительно специальной теории относительности. Только её математика в применении к сверхсветовым объектам неизбежно приводит к мгновенной связи и к нефизичному явлению – движению в прошлое. Однако, представить себе реальное устройство, посылающее сигнал в прошлое, невозможно.

Кроме того, бесконечно большая скорость вынуждает

специальную относительность в очередной раз делать абсурдные выводы. Для любой ИСО, кроме изображенной на рисунке средней лабораторной системы и ей подобных, скорость тахиона будет отличной от бесконечности, от мгновенной передачи. Однако, предположим, что сигнал был отправлен через всю Вселенную. С точки зрения рассмотренной лабораторной системы отсчета – мгновенно, от планеты на одном краю Вселенной к планете на другом. В идеале, отправлены прямое из А в В и ответное из В в А письма. Это легко проверить в системе покоя на средней, лабораторной диаграмме, просто перехватив часть этих посланий. Как видно из диаграмм, существуют такие ИСО, в которых скорость этого тахиона (письма) лишь ненамного превышает скорость света, но не мгновенная. Следовательно, такая ИСО, например, вблизи одной из двух упомянутых планет не сможет объяснить подобный обмен письмами. В том числе и те, что изображены на диаграмме. С их точки зрения потребуются миллиарды лет (в их системах покоя тахион движется всё-таки быстрее света), чтобы письмо дошло до адресата, а ответ – до отправителя. Системы отсчета перестают быть равноправными, как того требует теория относительности.

Парадокс дуальности скорости

Если рассматривать тахион как релятивистский объект, то можно обнаружить у него интересную особенность. Скорость тахиона зависит от скорости наблюдателя. В сущности, это не удивительно, ведь в теории относительности все скорости зависят от наблюдателя и складываются по особым, релятивистским правилам. Но для тахиона, как отмечено, эта особенность проявляется в том, что всегда есть такая система, в которой его скорость равна *бесконечности*.

Выше мы отметили, что тахион имеет различную скорость в зависимости от наблюдателя. Это полностью соответствует формализму специальной теории относительности. С одной из точек зрения, как оказалось, скорость тахиона равна бесконечности, то есть происходит мгновенная пере-

дача информации между системами. Такими свойствами обладает так называемый изохронный тахион. У такого тахиона начало мировой линии (эмиссия) и её конец (поглощение) находятся на одной изохроне, то есть время излучения и поглощения по собственным часам эмитирующей и поглощающей систем отсчета равны. Кроме того можно найти такую систему отсчета, в которой скорость тахиона максимально близка к скорости света, что видно на кадрах из анимированных диаграммах Минковского (рис.3.2).

Каждый кадр динамических диаграмм Минковского, представленных на рисунке, соответствует какой-то одной системе-наблюдателю t'' . Показания собственных часов систем А и В всегда одни и те же и соответствуют изохроне, то есть тахион является изохронным.

Для досветовых объектов разброс скоростей в зависимости от наблюдателя не приводит к каким-либо противоречиям. Но для сверхсветовых скоростей тахионов такое их соотношение приводит к новому парадоксу теории относительности – парадоксу дуальности скорости тахиона. Как видно на диаграммах, в одной из систем-наблюдателей скорость тахиона равна бесконечности. Сразу же видна суть парадокса дуальности скорости. Согласно теории относительности у тахиона помимо прочих наблюдаются две граничные скорости: незначительно превышающая скорость света и бесконечно большая. Однако, это невозможно.

Рассмотрим вновь ситуацию: системы А и В находятся на большом расстоянии друг от друга, пусть это будет размер Вселенной. Если скорость тахиона равна бесконечности, то, следовательно, системы А и В могут мгновенно обмениваться сигналами: как от А к В, так и от В к А. Скажем, ничто не препятствует провести между ними пятиминутный телефонный разговор. Но с точки зрения любой другой системы-наблюдателя такие переговоры невозможны. Например, наблюдатель в крайнем положении диаграмм будет утверждать, что сигнал от одной системы к другой будет передаваться почти удвоенное время жизни Вселенной, то есть со

скоростью, лишь незначительно превышающей скорость света.

Возникает вопрос: с точки зрения собственных наблюдателей систем А и В был телефонный разговор или нет? С точки зрения специальной относительности оба взаимоисключающие ответа правильные: разговор был и разговора не было. Действительно, с точки зрения среднего наблюдателя (рис.3.3а) такой разговор должен был быть зафиксирован. А с точки зрения систем, обменивающихся сигналами?

С точки зрения некоторой средней системы отсчета С (то есть, движущейся с равными скоростями от А и В) скорость тахиона от системы А к системе В равна бесконечности. Сигнал проходит *мгновенно*. Очевидно, что с других точек зрения этого нет. Если С явно видит, что две системы ведут телефонно-телевизионную связь, мгновенно обмениваясь потоком информации, то ни А, ни В этого утверждать не смогут. А наблюдатель в системе С, настроившись на соответствующую волну связи, отчетливо слышит и видит, как А и В делятся новостями. Но с точки зрения А и В скорость тахиона лишь ненамного больше скорости света и, разумеется, сигналу нужны миллиарды лет, чтобы пройти расстояния между ними.

По аналогии с толменовским анти-телефоном это можно назвать парадоксом анти-видео-телефона. Покажем описанную ситуацию на динамических диаграммах Минковского. Здесь мы примем, что шкала расстояний измеряется в миллионах световых лет. То есть, в конце движения между системами А и В будет расстояние около 140 миллионов световых лет с точки зрения системы С.

На диаграмме показаны только отдельные, очень редкие сеансы связи через каждые 12 миллионов лет. Это исключительно для наглядности, поскольку более частые сеансы на рисунке будут просто сливаться в одну линию. Сигналы от А к В изображены красными штриховыми линиями со стрелками на конце. Обратные сигналы от В к А – зелеными линиями. Так удалось показать две сливающиеся друг с другом

ЛИНИИ.

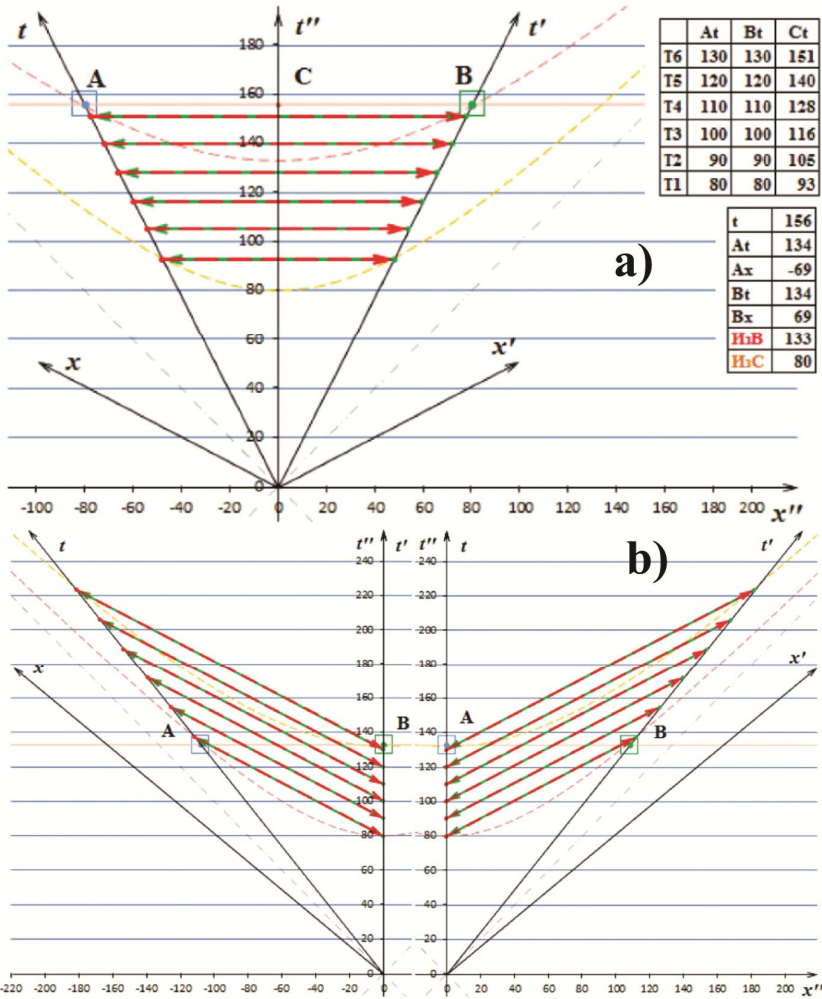


Рис.3.3. Многократный обмен сверхсветовыми сигналами с точки зрения средней системы и систем покоя A и B [20].

Как видно на диаграмме, время отправки и получения сигнала по собственным часам систем A и B одно и то же. То есть, система A отправила сигнал, например, в 80 миллионов лет по своим часам и в этот же миг получила ответный сигнал. Система B, соответственно, отправила сигнал в A в 80 мил-

лионов лет по своим часам и тут же получила ответный сигнал. Система С, находясь на полпути между А и В, в 93 миллиона лет по своим часам зафиксировала и прямой и ответный сигналы между А и В. Всё строго логично и ничуть не противоречит ни одной физике: релятивистской и классической. В специальной относительности нет ограничений на скорость тахиона, тем более, что она получается, как показано выше, из её уравнений и диаграмм автоматически.

Итак, мы описали картину с точки зрения системы покоя С, в которой реально зафиксирован обмен сигналами. В частности, мог быть такой диалог:

А: Мои часы показывают 80 миллионов лет;

В: Какое совпадение, мои часы тоже показывают 80 миллионов лет;

А: Удивительно, ведь от начала движения прошло как раз 80 миллионов лет;

В: Да, верно, у меня тоже прошло 80 миллионов лет от начала движения;

А: Странно, ведь твои часы шли медленнее...

В: Действительно, странно. Ведь медленнее шли твои часы!

Слушая этот диалог, наблюдатель С тоже удивится: чего же тут странного? В строгом соответствии со специальной теорией относительности его часы показывают 93 миллиона световых лет, а их часы, как и положено, отстали по отношению к часам С. С точки зрения системы покоя С, таким образом, мы явно наблюдаем диалог между А и В. Но совершенно иная картина наблюдается с точки зрения систем покоя А (правая часть рис.3.3b) и В (левая часть).

Здесь мы уже не имеем никакой возможности утверждать, что диалог был. Рассмотрим систему покоя А (правая часть рисунка), поскольку, как видим, диаграммы симметричны и всё сказанное о системе покоя А с зеркальной точностью относится к системе покоя В. Начнем с начального кадра обмена сигналами на этих динамических диаграммах.

В 80 миллионов лет наблюдатель А отправил сигнал в

систему В. Это в точности соответствует началу диалога на предыдущих диаграммах. Но... Скорость тахиона, как мы видим, лишь ненамного превышает скорость света – около 2с. Следовательно, расстояние примерно в 120 миллионов световых лет до системы В, каким оно является в системе покоя А, этот медленный тахион пройдёт почти за 60 миллионов лет. Ни о каком мгновенном сеансе связи здесь не может быть и речи. Та же самая специальная теория относительности выше нам сказала: сеансов связи на протяжении 60 миллионов световых лет состоялось громадное количество, их достоверно наблюдали трое участников. В этом же случае та же самая специальная теория относительности говорит противоположное: никаких сигналов связи пока ещё не было. Более того, на диаграммах Минковского мы видим: до момента времени, когда наблюдатель А перестал отправлять сигналы в систему В, ни один из них так её и не достиг. То есть, на протяжении 50 миллионов лет ни один сигнал из системы А не поступил в систему В. Соответственно, ждать ответных сигналов не следовало.

Но что в этом случае означают зелёные стрелки из системы В? Они означают, вообще-то, ответный сигнал! Но как может быть ответный сигнал, если не был получен прямой? Как можно себе представить описанный выше диалог? Во-первых, наблюдатель В должен телепатически угадать, что будет содержать сигнал от А, который придёт к нему через 50 миллионов лет; во-вторых, скорость обратного тахиона, судя по диаграммам, вообще-то, не мгновенная. Да, он движется в обратном направлении времени, *в прошлое*. Но что в этом случае тогда должна означать скорость тахиона? С какой скоростью можно двигаться в прошлое? Ведь для наблюдателя любое прошлое – уже наступило! Он мгновенно может "обратить взгляд" в любую точку времени прошлого. И, наоборот, что означает для наблюдателя А приход сигнала из будущего? Как это вообще может выглядеть? Если, условно говоря, ко мне летит голубь из будущего, то как я это буду наблюдать? Однозначно: голубь появится передо мною

мгновенно, не пересекая никакого пространства. Что можно сказать о скорости голубя из будущего? Он вылетел позже, чем прилетел ко мне. Вот вам и причинный парадокс. Если его сейчас съест соседская кошка (в прошлом), то как он сможет вылететь (из будущего)?

Эти забавные рассуждения означают лишь одно: два предсказания специальной теории относительности одного и того же события – сеанса связи являются взаимно исключающими. Спросим наблюдателей А и В: был или не был сеанс связи? Согласно теории относительности ответов будет два: "сеанс был" и "сеанса не было". Предсказания теории относительности для сверхсветовых сигналов являются взаимоисключающими, теория не может дать на них однозначного ответа, она неспособна дать такой ответ.

Заметим, что в данном случае речь идёт не о движении во времени или возникновении причинно-следственных парадоксов. Здесь противоречие иного рода: любой тахион, отправленный из одной движущейся системы отсчета в другую, с точки зрения получателя-релятивиста одновременно и *был* получен, и *не был* получен.

Единственной причиной парадокса является игнорирование обстоятельства, что скорость инварианта (скорость света) является предельной скоростью движения (сигнала), что *в специальной теории относительности не существует скоростей выше скорости света*. При этом следует указать, что противоречащая относительности гипотетическая (то есть, не существующая) частица тахион получила вполне логичное подтверждение своего существования: обмен квантовых запутанных частиц некоей квантовой информацией. Для того чтобы устранить это новое противоречие с относительностью, квантовую механику наделили мистическими свойствами: нелокальностью. Как ни называй агента (переносчика) этой квантовой информации – тахионом, квантино, информьоном, ньютинио – нет никаких иных разумных объяснений поведению запутанных частиц. Нелокальность – это либо цирковой фокус, то есть обман, либо

мистика и всякие связанные с нею потусторонние и "тонкие" миры, либо всё-таки обмен какой-то материальной сверхсветовой субстанцией. Досветовые скорости – это граница применимости специальной относительности.

Трансцендентный тахион

Итак, рассмотрев предложенные диаграммы, мы обнаружили на них тахион с бесконечно большой скоростью движения, иначе говоря, трансцендентный тахион. Сразу же возникает недоуменный вопрос – если скорость тахиона бесконечно большая в одной из систем отсчета, то чему она равна в других? Ни одна система отсчета не движется быстрее скорости света, поэтому следовало бы ожидать, что тахион заведомо быстрее любой из них и во всех них должен двигаться с этой же бесконечно большой скоростью. Но на диаграммах мы видим иную картину. Поскольку тахион излучается *движущейся* ИСО, пересчитаем его скорость по релятивистской формуле сложения скоростей. В нашей задаче в неподвижной системе отсчета (лабораторной ИСО) тахион движется с бесконечно большой скоростью. Для определенности возьмем её равной $10^{100}c$. Примем скорость ИСО-эмитента тахиона по отношению к неподвижному получателю равной $0,813c$ (рис.3.3b), поэтому:

$$V_1 = \frac{-V + v}{1 - \frac{Vv}{c^2}} = \frac{-10^{100}c - 0,813c}{1 - \frac{10^{100} \times 0,813c^2}{c^2}} \cong \frac{1}{0,813}c = \frac{1}{v}c \approx 1,2c$$

В этих преобразованиях принято, что $V \gg v$. Отбросив малые величины, мы обнаруживаем интересную закономерность: скорость тахиона определяется исключительно скоростью подвижной ИСО, в которой он эмитируется. Новая, "просуммированная" скорость тахиона вообще не зависит от его собственной скорости, а зависит только от скорости ИСО. Получается, что крошечная скорость излучающей ИСО "съедает" несравненно более быстрое движение тахиона!

Так-то оно как бы так... Только появляются некоторые

сомнения. Этот результат можно сравнить с такой ситуацией. Неподвижный стрелок выстреливает в мишень, и пуля вылетает из ствола со скоростью, например, 600 метров в секунду. Затем стрелок садится в неторопливую конную повозку и вновь производит выстрел против хода движения. Пуля вылетает из ствола практически со скоростью повозки. Мягко говоря, это странно.

В чём же дело? Почему громадная скорость тахиона практически ликвидируется всего лишь незначительным обстоятельством - тахион испускается медленной (по сравнению с ним) ИСО? Ответ очевиден. Формула релятивистского сложения скоростей, которую мы применили, исходит из предположения, что складываются скорости двух ИСО. Но почти все теоретики тахионного релятивизма считают, что с тахионом не может быть связана никакая ИСО с часами и осями координат. Такая ИСО потребовала бы, чтобы внутри неё свет двигался с той же инвариантной скоростью. Но это явный абсурд: если мимо нас движется со сверхсветовой скоростью тахионная ИСО, то свет в ней просто напроосто пролетит мимо нас с той же тахионной скоростью. Следовательно, формула сложения релятивистских скоростей неприменима к тахиону в той же мере, как и привязка к нему ИСО. И наоборот, если настаивать, что формула сложения применима, то следует допустить привязку к тахиону и системы отсчёта!

Рассчитаем оставшиеся скорости тахионов. Для второй диаграммы мы получаем такое же уравнение, поскольку это те же две ИСО, движущихся относительно друг друга:

$$V_2 = \frac{-V - v}{1 + \frac{Vv}{c^2}} = \frac{-10^{100}c - 0,813c}{1 + \frac{10^{100} \times 0,813c^2}{c^2}} \cong -\frac{1}{0,813}c = -\frac{1}{v}c \approx -1,2c$$

Наконец, в лабораторной ИСО – эмитент и получатель тахиона движутся со скоростью 0,514c (по условиям нашей задачи). Следовательно, скорость тахиона по отношению к неподвижной системе отсчета равна (рис.3.3а):

$$V_3 = \frac{-V + v'}{1 - \frac{Vv'}{c^2}} = \frac{-10^{100}c + 0,514c}{1 - \frac{10^{100} \times 0,514c^2}{c^2}} \cong \frac{1}{0,514}c = \frac{1}{v'}c \approx 1,9c$$

Полученный результат выглядит весьма странно. Два первых уравнения хотя бы приблизительно соответствуют диаграммам. Но третье уравнение – нет. На диаграмме рис.3.3а скорость тахиона графически равна бесконечности. Но вычисленная по уравнениям специальной относительности, она имеет довольно незначительную величину. Почему такое расхождение? Давайте рассмотрим ситуацию, когда тахион движется внутри неподвижной ИСО с принятой скоростью $V=10^{100}c$. С точки зрения этой ИСО тахион преодолеет её именно с этой скоростью, фактически мгновенно. Если же какая-либо четвертая подвижная ИСО находится между источником и приемником и движется со скоростью $v'''=0,866c$, то к ней тахион должен двигаться, как показано, с существенно меньшей скоростью. Получается, что тахион должен прийти до конечной точки раньше, чем до промежуточной, находящейся на пути его следования! В момент, когда подвижная ИСО находится примерно посередине между источником и получателем, тахиону нужно преодолеть это расстояние со скоростью $1,2c$, а до конечной точки он будет двигаться со скоростью $10^{100}c$.

Таким образом, выходит, что сверхсветовая скорость тахиона не подчиняется релятивистскому правилу сложения скоростей. Уравнения специальной относительности для сложения скоростей и диаграммы Минковского неприменимы для определения скоростей тахиона, они дают несопоставимые значения его скоростей. Более того, видно, что скорость тахиона тем ближе к скорости света, чем ближе к ней и скорость ИСО. В пределе тахион относительно ИСО назначения будет двигаться со скоростью света. Никакой мгновенности, никакой бесконечно большой скорости здесь не видно.

Тем не менее, вопрос остаётся открытым. Чему же

всё-таки равна бесконечно большая скорость в этой задаче? На диаграммах мы видим три значения этой скорости, хотя постулятивно мы задали её значение 10^{100} с. Какая из них верна? Для выяснения этого вопроса необходимо рассмотреть ситуацию в конкретно сконструированном (мысленном) эксперименте.

Попытка решения парадокса дуальности

Как и парадоксы причинности, парадокс дуальности скорости тахиона – это свойство специальной теории относительности. Поэтому попробуем решить его, используя рассмотренный выше принцип реинтерпретации. Вспомним формулировку этого принципа. Если в своей системе покоя наблюдатель А видит излучение тахиона, то из движущейся системы наблюдатель В будет видеть поглощение антитахиона. Из формулировки принципа сразу становится очевидным, что заменять (реинтерпретировать) поглощение тахиона на излучение антитахиона при решении парадокса дуальности не имеет никакого смысла. В парадоксе дуальности такая замена – обстоятельство второстепенное. Противоречие (парадокс) состоит в сопоставлении одного и того же факта – получения наблюдателем сигнала – с двух точек зрения. Эти две точки зрения предоставляет специальная теория относительности. В первом случае сигнал получен (по мнению неподвижного наблюдателя), во втором случае – нет (наблюдатель – получатель). Что поглощено, а что излучено – тахион или антитахион – неважно. Важен сам факт излучения или поглощения. Но ответа на этот вопрос принцип реинтерпретации дать не может, поскольку он не предназначен для решения антагонизма между мгновенной передачей сигнала и передачей с ограниченной скоростью. Подмена излучения поглощением (и наоборот) ничего не говорит ни о скоростях движения, ни о наличии или отсутствии взаимодействия.

Другое решение может быть основано на мнении о том, что тахион является коротко живущей частицей и распадается раньше, чем возникают проблемы причинности, обратного

движения во времени и прочие. Другими словами, сверхсветовые частицы живут настолько мало, что не успевают создать проблемы, связанных со сверхсветовой коммуникацией. Собственно говоря, этот вариант решения следует отнести к будущим решениям, поскольку реально тахион пока не зарегистрирован, он считается гипотетической частицей, и говорить о сроках его жизни нет оснований. Напротив, следует исходить из наиболее сложного варианта и считать его стабильным и долгоживущим, иначе никакого обмена информацией вообще не может быть. Но в этом случае и принцип реинтерпретации и основанная на нём тахионная механика не способны решить ни один из возникающих парадоксов.

Вместе с тем, есть веские основания считать реальностью существование сверхсветовых частиц. Результаты экспериментов, свидетельствующие о сверхсветовом обмене квантовой информацией, хорошо известны. Это явление нелокальности, квантовая информация запутанных частиц, между которыми достоверно зафиксирована сверхсветовая корреляция их состояний. Чем бы ни обменивались эти частицы, переносчик квантовой информации обладает теми же сверхсветовыми свойствами, что и тахион. Следует считать нелепыми утверждения, что квантовые частицы ничем не обмениваются, но строго коррелируют свои состояния.

Собственно, иллюзорность тахиона не является исключительной особенностью специальной теории относительности. Скорость его движения, превышающая скорость света, автоматически приводит к появлению миражей и в классической физике, не требующей никаких преобразований наподобие релятивистских. Действительно, мы никогда не наблюдаем какой-либо объект непосредственно. В наши глаза поступает свет, отраженный от объектов. Допустим, что таким отражающим или излучающим объектом является тахион. Правильнее сказать, что в этом случае тахион уже не частица, а некий объемный объект. Когда тахион стремительно пролетает мимо наблюдателя, то свет от него начинает поступать к наблюдателю лишь после того, как сам тахион уже

удалился.

Например, Википедия описывает эту ситуацию следующим образом [134]. Рассматривается тахион, "наивно уподобленный обычному "шарику", который можно наблюдать визуально в отраженном свете.

Поскольку тахион движется быстрее света, он обгоняет отражённый от него свет, поэтому достигает наблюдателя раньше, чем собственное изображение. Лишь после этого наблюдатель увидит свет, отражённый от тахиона, то есть увидит сам тахион. Тахион как бы возникает перед наблюдателем из ничего. При этом наблюдателю вместо одной будут видны две разлетающиеся в разные стороны частицы – тахионы. Одна продолжает двигаться в первоначальном направлении, вторая – в том направлении, откуда тахион появился. При этом время на тахионе будет видеться наблюдателю текущим в обратном направлении. Это объясняется тем, что изображения тахиона от точки испускания будут достигать наблюдателя в обратном порядке: сначала он увидит последние кадры тахиона, затем предыдущие и так далее.

Кстати, рассмотренная картина не является чем-то экзотическим. Похожий эффект можно обнаружить и в сверхзвуковом движении. Если мимо наблюдателя пролетит сверхзвуковой истребитель, то точно так же наблюдатель услышит его, когда тот с ним поравняется. Затем продолжится звук истребителя, удаляющегося в разные стороны от наблюдателя. Как и в случае с тахионом, обгоняющим испускаемый им свет, истребитель обгоняет звук, который сам издаёт.

Рассмотрим, как выглядит процесс движения такого объемного тахиона на динамических диаграммах Минковского. Для начала рассмотрим случай, когда скорость тахиона в 3 раза выше скорости света, рис.3.4а.

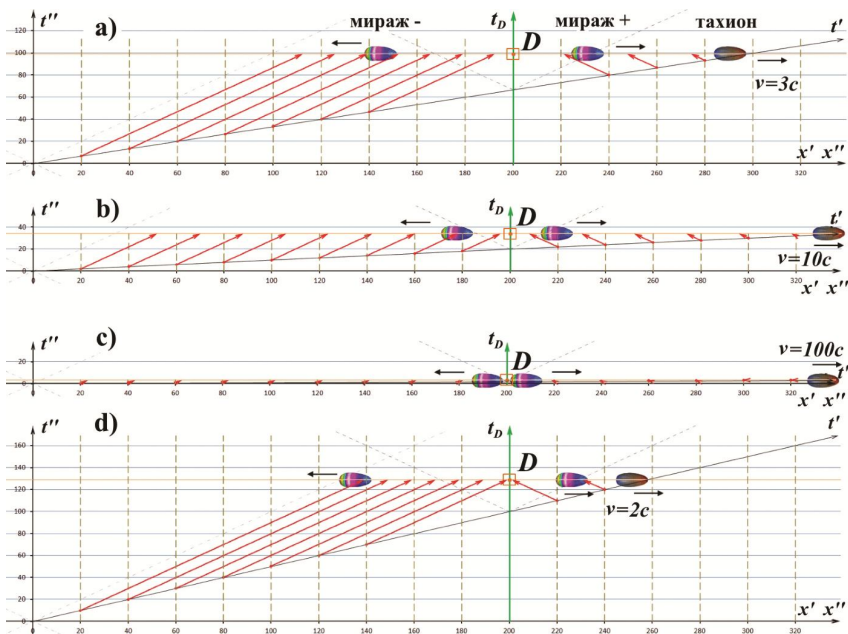


Рис.3.4. Кадры из динамических диаграмм Минковского: движущийся тахион вызывает появление двух визуальных миражей, движущихся в противоположных направлениях. Кадры из анимаций [20]

В системе покоя диаграммы изображен наблюдатель D , находящийся на удалении 200 единиц от начала координат. Мировая линия t_D наблюдателя D изображена зеленым цветом. Все происходящие на диаграммах события находятся на одной горизонтали, линией настоящего (времени) системы покоя. Всё, что ниже этой линии – уже произошло, всё, что выше неё – может произойти в будущем. В начальный момент времени из начала координат излучается тахион, имеющий в рассматриваемом случае скорость $3c$ – три скорости света. На его пути через каждые 20 единиц размещены регистрирующие устройства, которые изображены штриховыми вертикальными отрезками. Когда тахион достигает каждого из этих регистраторов, он либо зажигает на нём лампу, либо включает

всю свою бортовую иллюминацию, либо подаёт какой-то другой сигнал со скоростью света. Самого тахиона наблюдатель D не видит, он видит только излучаемые тахионом сигналы из этих контрольных точек.

В момент времени 66,7 единиц в рассматриваемом случае (рис.3.4b) тахион достигает наблюдателя. В этот момент и начинается процесс регистрации наблюдателем D сигналов, инициированных тахионом. Поскольку скорость тахиона велика, он быстро проскакивает точку встречи и, удаляясь, более не оказывает никакого влияния на процесс. К наблюдателю начинают поступать сигналы из точек регистрации: со стороны излучения и со стороны, куда тахион удалился. Эти сигналы на диаграммах изображены красными наклонными светоподобными стрелками. Нижний конец стрелки (отмечен точкой) связан с моментом излучения сигнала, а верхний, стрелка – показывает место в настоящем пространства-времени, где находится носитель сигнала (фотон). В тот момент, когда очередной носитель сигнала – стрелка достигает наблюдателя D, наблюдатель фиксирует вспышку или картинку тахиона, соответствующую его положению в момент времени, когда была инициирована эта вспышка. То есть, наблюдатель как бы будет видеть тахион в этой точке пространства, как это показано на диаграмме в виде изображений тахиона. Но, напомним, тахиона там нет, это лишь свет (сигнал) пришедший от тахиона, когда он там находился. Тахионы, изображенные на диаграммах как две более красочные его копии, являются на самом деле миражами.

Очевидно, что мираж-минус, удаляющийся в сторону излучения, влево, виден наблюдателю как лицевая сторона тахиона ("лицо" тахиона). Напротив, мираж-плюс, удаляющийся в сторону движения тахиона, вправо, виден наблюдателю со стороны его "затылка".

На диаграмме наклонными штриховыми линиями изображены мировые линии света. Видна интересная закономерность: возвращающийся мираж тахиона, движущийся

влево, имеет скорость, превышающую скорость света, но меньшую чем сам тахион. А вот мираж, движущийся вслед за тахионом, вправо, имеет скорость меньшую, чем скорость света. Возможно, это связано с достаточно низкой скоростью тахиона? Посмотрим диаграммы, на которых тахион имеет скорость в 10 скоростей света на рис.3.4b.

На этой диаграмме, как и на предыдущей, мираж тахиона, движущийся вслед за ним, также движется над мировой линией света, то есть его скорость и в этом случае меньше скорости света. Точкой видимости на мираже тахиона является его "затылочная" часть, именно она оказывается выше мировой линии света. Для того чтобы окончательно убедиться в обнаруженной закономерности, рассмотрим ещё одну диаграмму, на которой скорость тахиона превышает скорость света уже в 100 раз, рис.3.4c.

На диаграмме мировая линия тахиона почти слилась с горизонтальной осью, а сам тахион на динамической диаграмме пролетает настолько быстро, что его почти не видно. Здесь уже можно окончательно убедиться, что скорость миража тахиона, движущегося вслед за ним, меньше скорости света. Получается, что увеличение скорости тахиона приводит к увеличению скорости миража до скорости света. Второй, возвращающийся мираж, как видно на диаграммах, наоборот, уменьшил свою скорость, также максимально приблизив её к скорости света. На этой диаграмме также видимой частью возвращающегося миража является его лицевая сторона, и она практически скользит по мировой линии света. Это и означает, что его скорость близка к скорости света. Напомним, что скорость самого тахиона, вызвавшего эти миражи, превышает скорость света в 100 раз.

В заключение логично рассмотреть и обратную ситуацию, случай, когда скорость тахиона близка к скорости света. Слишком маленькую скорость брать неудобно, поскольку вся картина быстро уходит за пределы диаграммы. Поэтому возьмём скорость, равную двум скоростям света, рис.3.4d.

Как и следовало ожидать, скорость догоняющего ми-

ража стала ещё меньше, а скорость возвращающегося миража – увеличилась.

На рассмотренных диаграммах тахионных миражей мы не использовали математику специальной теории относительности. Единственное, что присутствует здесь от неё – это динамические диаграммы Минковского, которые в данном случае демонстрируют свою высокую наглядность и, можно сказать, универсальность.

Необходимо указать, что траектории движения миражей были рассчитаны из очевидных логических соображений и интуитивно найденных соотношений. Для вычисления скоростей антитахиона – возвращающегося миража и догоняющего миража были использованы уравнения:

$$v_e = \frac{v}{v-1}$$

$$v_d = \frac{v}{v+1}$$

где:

v_e – скорость "возвращающегося" миража;

v_d – скорость "догоняющего" миража;

v – скорость тахиона.

Из уравнений явно следует, что скорость миражей приближается к скорости света при увеличении скорости тахиона. Мировая линия возвращающегося миража приближается к мировой линии света снизу, всегда оставаясь больше скорости света, а скорость догоняющего – сверху, всегда оставаясь меньше скорости света.

Итак, скорость тахиона определяется только скоростью системы отсчета и может иметь величину от минимально превышающей скорость света до бесконечности. Применение теории относительности к тахионам приводит к нарушению причинности, то есть превращает специальную теорию относительности и её модификации наподобие тахионной механики в лженаучные теории.

Теорема об изохронном тахионе

Такое трансцендентное поведение тахиона, когда его скорость может быть и бесконечно большой, вплоть до мгновенности, так и незначительно превышающей скорость света, является неизбежным следствием уравнений Лоренца, математики специальной теории относительности. Наиболее наглядно оно проявляется в случае, когда ИСО обмениваются изохронными тахионами ИСО. Изохроной называется гиперболическая кривая на диаграмме Минковского, пересекающая мировые линии всех ИСО в точках с равными показаниями часов. Тахион, мировая линия которого связывает две точки на одной изохроне и две соответствующие им системы отсчета, называется изохронным тахионом. Докажем теорему о скорости тахиона:

Теорема. Скорость изохронного тахиона определяется только скоростями движущихся ИСО и не зависит от значения времени изохроны.

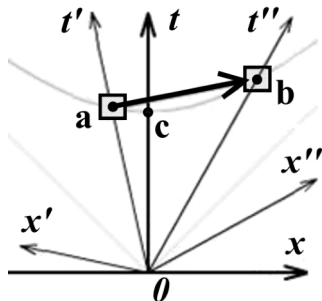


Рис.3.5. Обмен изохронным тахионом между двумя системами t' и t'' (A и B).

Доказывается теорема прямым вычислением.

Традиционно вычисления ведём в системе измерения, в которой скорость света равна единице. Координаты точки излучения тахиона — $[x_A; t_A]$ Уравнение мировой линии ИСО A:

$$t_A = \frac{x_A}{v_A} = \frac{x_A}{tg\alpha_A}$$

где:

α_A – угол наклона мировой линии системы А к оси времени t;

$v_A = tg\alpha_A$ – скорость ИСО А.

Уравнение мировой линии изохроны:

$$t_{izo} = \sqrt{T_{izo}^2 + x_{izo}^2}$$

где T_{izo} – время изохроны.

Изохрона и мировая линия ИСО А пересекаются в точке с координатами:

$$t = t_{izo} = t_A = \sqrt{T_{izo}^2 + x_{izo}^2} = \frac{x_A}{tg\alpha_A}$$

$$x = x_{izo} = x_A$$

Подставляем значения из второго уравнения в первое и находим:

$$\sqrt{T_{izo}^2 + x^2} = \frac{x}{tg\alpha_A}$$

$$T_{izo}^2 + x^2 = \frac{x^2}{tg^2\alpha_A} \Rightarrow T_{izo}^2 = \frac{x^2}{tg^2\alpha_A} - x^2$$

$$x^2 \left(\frac{1}{tg^2\alpha_A} - 1 \right) = T_{izo}^2 \Rightarrow x^2 = T_{izo}^2 / \left(\frac{1}{tg^2\alpha_A} - 1 \right)$$

$$x^2 = T_{izo}^2 / \left(\frac{1 - tg^2\alpha_A}{tg^2\alpha_A} \right) \Rightarrow x^2 = T_{izo}^2 \frac{tg^2\alpha_A}{1 - tg^2\alpha_A}$$

$$x = \frac{T_{izo} tg\alpha_A}{\sqrt{1 - tg^2\alpha_A}}$$

Из уравнения мировой линии ИСО А находим второе уравнение параметрической системы уравнений. В результате получаем систему параметрических уравнений с параметром T_{izo} :

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{T_{izo} \operatorname{tg} \alpha_A}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_A}} \\ t = \frac{x_A}{\operatorname{tg} \alpha_A} \end{array} \right.$$

Запишем окончательно систему в принятых выше обозначениях:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_A = \frac{T_{izo} \operatorname{tg} \alpha_A}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_A}} \\ T_A = \frac{T_{izo}}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_A}} \end{array} \right.$$

Таким же образом находим систему параметрических уравнений для второго конца мировой линии тахиона – точки поглощения. Координаты точки поглощения тахиона в ИСО В – X_B и T_B . Вторая система параметрических уравнений имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_B = \frac{T_{izo} \operatorname{tg} \alpha_B}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_B}} \\ T_B = \frac{T_{izo}}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_B}} \end{array} \right.$$

где:

α_B – угол наклона мировой линии системы В к оси времени t ;

$v_B = \operatorname{tg} \alpha_B$ – скорость ИСО В.

Запишем все уравнения координат начала и окончания мировой линии тахиона:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_B = \frac{T_{izo} \operatorname{tg} \alpha_B}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_B}}; \quad T_B = \frac{T_{izo}}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_B}}; \\ X_A = \frac{T_{izo} \operatorname{tg} \alpha_A}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_A}}; \quad T_A = \frac{T_{izo}}{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_A}}; \end{array} \right.$$

Тангенс угла β наклона траектории изохронного тахиона к оси t'' определяем из уравнения:

$$tg\beta = \frac{X_B - X_A}{T_B - T_A}$$

Подставляем в уравнение найденные выше значения координат:

$$\begin{cases} X_B - X_A = \frac{T_{izo} tg\alpha_B}{\sqrt{1 - tg^2\alpha_B}} - \frac{T_{izo} tg\alpha_A}{\sqrt{1 - tg^2\alpha_A}}; \\ T_B - T_A = \frac{T_{izo}}{\sqrt{1 - tg^2\alpha_B}} - \frac{T_{izo}}{\sqrt{1 - tg^2\alpha_A}}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_B - X_A = \frac{T_{izo} tg\alpha_B \sqrt{1 - tg^2\alpha_A} - T_{izo} tg\alpha_A \sqrt{1 - tg^2\alpha_B}}{\sqrt{1 - tg^2\alpha_B} \sqrt{1 - tg^2\alpha_A}}; \\ T_B - T_A = \frac{T_{izo} \sqrt{1 - tg^2\alpha_A} - T_{izo} \sqrt{1 - tg^2\alpha_B}}{\sqrt{1 - tg^2\alpha_B} \sqrt{1 - tg^2\alpha_A}}; \end{cases}$$

Вычисляем тангенс угла β наклона его мировой линии к оси времени как зависимость от параметра T_{izo} :

$$tg\beta = \frac{X_B - X_A}{T_B - T_A} = \frac{T_{izo} tg\alpha_B \sqrt{1 - tg^2\alpha_A} - T_{izo} tg\alpha_A \sqrt{1 - tg^2\alpha_B}}{T_{izo} \sqrt{1 - tg^2\alpha_A} - T_{izo} \sqrt{1 - tg^2\alpha_B}}$$

$$tg\beta = \frac{tg\alpha_B \sqrt{1 - tg^2\alpha_A} - tg\alpha_A \sqrt{1 - tg^2\alpha_B}}{\sqrt{1 - tg^2\alpha_A} - \sqrt{1 - tg^2\alpha_B}}$$

Тангенс наклона мировой линии движущейся системы численно равен её скорости в долях от скорости света, следовательно:

$$v_T = \frac{v_B \sqrt{1 - v_A^2} - v_A \sqrt{1 - v_B^2}}{\sqrt{1 - v_A^2} - \sqrt{1 - v_B^2}} \quad (3.1)$$

Как видим из уравнения, скорость изохронного тахиона определяется только скоростями движущихся ИСО и не зависит от значения времени изохроны, что и требовалось до-

казать.

Анализ уравнений

Рассмотрим частный случай уравнения, когда одна из систем отсчета неподвижна, например, $v_A = \operatorname{tg} \alpha_A = 0$:

$$v_T = \frac{v_B}{1 - \sqrt{1 - v_B^2}}$$

Теперь для примера вычислим значения скоростей тахиона для нескольких частных случаев "круглых" скоростей движения ИСО В – 0,6с и 0,8с:

$$v_T = \frac{0,6}{1 - \sqrt{1 - 0,6^2}} = \frac{0,6}{1 - 0,8} = \frac{0,6}{0,2} = 3$$

$$v_T = \frac{0,8}{1 - \sqrt{1 - 0,8^2}} = \frac{0,8}{1 - 0,6} = \frac{0,8}{0,4} = 2$$

Скорость тахиона в этих случаях точно равна, соответственно, трём и двум скоростям света. Найдём теперь скорость тахиона в предельном случае, когда обе ИСО находятся в покое, то есть $v_A = v_B = v = 0$. Для разрешения неопределенности деления 0/0 найдём обратную величину этого отношения (скорости тахиона):

$$\begin{aligned} \frac{1}{v_T} &= \lim_{v \rightarrow 0} \frac{1 - \sqrt{1 - v^2}}{v} = \lim_{v \rightarrow 0} \left(\frac{1}{v} - \frac{\sqrt{1 - v^2}}{v} \right) = \\ &= \lim_{v \rightarrow 0} \left(\frac{1}{v} - \sqrt{\frac{1}{v^2} - 1} \right) = \lim_{v \rightarrow 0} \left(\frac{1}{v} - \sqrt{\frac{1}{v^2}} \right) = \lim_{v \rightarrow 0} \left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v} \right) = 0 \end{aligned}$$

Следовательно, скорость тахиона v_T в этом случае стремится к бесконечности. Следует заметить, что это не совсем верно – как такового обмена тахионов в этом случае нет, поскольку обе системы слились в одну. В этом случае правильнее говорить о двух равных изохронах, но в разных системах отсчета, разнесённых пространственно. В этом случае между двумя покоящимися системами тахион должен двигаться с бесконечно большой скоростью, чтобы показания

часов были равными.

Второй предельный случай – скорость движущейся ИСО равна скорости света. Скорость тахиона в этом случае будет также равна скорости света:

$$v_T = \frac{1}{1 - \sqrt{1 - 1^2}} = \frac{1}{1 - 0} = \frac{1}{1} = 1$$

Итак, теорема утверждает, что для заданных скоростей обменивающихся систем все мировые линии изохронных тахионов параллельны друг другу. Наглядно показать это можно на динамических диаграммах Минковского:

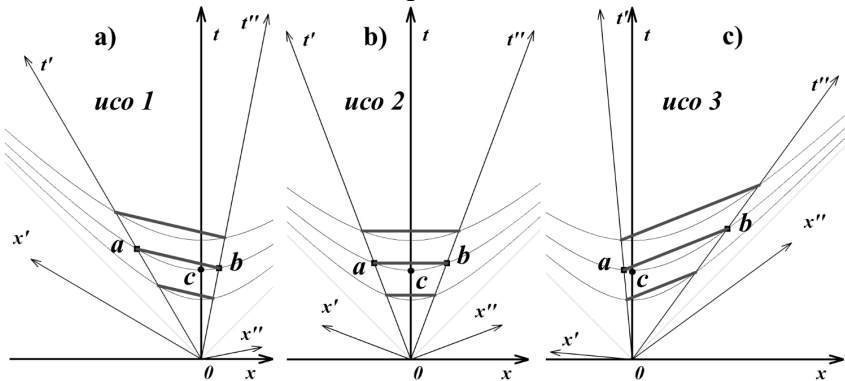


Рис.3.6. Обмен изохронными тахионами в три разные моменты времени. Каждый кадр диаграммы соответствует своей паре систем t' и t'' (А и В) [20].

Изохроны показаны тонкими гиперболическими кривыми. Светоподобные линии, наклоненные под углом 45° , означают мировые линии света. Жирными линиями показаны мировые линии изохронных тахионов, соответствующие каждой из изохрон. Точки a и b – начало и конец мировой линии одного из тахионов в одноименных ИСО А и В. Точка c – время соответствующей изохроны T_{izo} . Каждый кадр диаграмм Минковского относится к соответствующей паре движущихся систем отсчета. На крайних кадрах скорости изохронных тахионов имеют скорости, близкие к скорости света. На среднем кадре диаграммы (симметричное положе-

ние систем отсчета) скорости систем отсчета разнонаправленны и равны друг другу. В этом случае мировые линии изохронных тахионов горизонтальны и их скорости, согласно (3.1) равны бесконечности:

$$v_T = \frac{v_B \sqrt{1-v_A^2} - v_A \sqrt{1-v_B^2}}{\sqrt{1-v_A^2} - \sqrt{1-v_B^2}} = \frac{v \sqrt{1-v^2} - v \sqrt{1-v^2}}{\sqrt{1-v^2} - \sqrt{1-v^2}} = \frac{v-v}{1-1} = \frac{0}{0}$$

В числителе разность стремится к нулю, в знаменателе она равна нулю точно (более высокий порядок малости). Решить неопределённость можно, как и выше, вычислением обратной величины скорости:

$$\frac{1}{v_T} = \frac{1-1}{v-v} = \frac{1}{v-v} - \frac{1}{v-v} = 0$$

Откуда делаем вывод, что скорость тахиона равна бесконечности. Интересен случай, когда обе скорости ИСО стремятся к какому-либо определенному значению, не равному нулю или скорости света (единице). В этом случае, мировая линия тахиона стремится к касательной к изохроне в точке пересечения её мировыми линиями ИСО. Мировая линия такого тахиона является хордой на изохроне. Поэтому при сближении мировых линий ИСО хорда вырождается в касательную. Уравнение касательной нас интересует только в части её наклона, который равен производной от уравнения изохроны:

$$t'_{izo} = \left(\sqrt{T_{izo}^2 + x_{izo}^2} \right)' = \frac{1}{2} \frac{2x_{izo}}{\sqrt{T_{izo}^2 + x_{izo}^2}} = \frac{x_{izo}}{\sqrt{T_{izo}^2 + x_{izo}^2}}$$

Точка, в которой мы вычисляем наклон касательной, это точка пересечения мировых линий ИСО (они совпадают) и изохроны:

$$x = \frac{T_{izo} v_0}{\sqrt{1-v_0^2}}$$

Подставляем это значение в уравнение производной в искомой точке:

$$t'_{izo} = \frac{\frac{T_{izo}v_0}{\sqrt{1-v_0^2}}}{\sqrt{T_{izo}^2 + \frac{T_{izo}^2v_0^2}{1-v_0^2}}} = \frac{T_{izo}v_0}{\sqrt{1-v_0^2}\sqrt{T_{izo}^2 + \frac{T_{izo}^2v_0^2}{1-v_0^2}}} = \frac{v_0}{\sqrt{1-v_0^2}\sqrt{1 + \frac{v_0^2}{1-v_0^2}}}$$

Заканчивая преобразования, получаем:

$$t'_{izo} = \frac{v_0}{\sqrt{1-v_0^2}\sqrt{1 + \frac{v_0^2}{1-v_0^2}}} = \frac{v_0}{\sqrt{1-v_0^2 + (1-v_0^2)\frac{v_0^2}{1-v_0^2}}} = \frac{v_0}{\sqrt{1-v_0^2 + v_0^2}} = v_0$$

Значение производной мы нашли как зависимость времени t от расстояния x . Скорость же тахиона является обратной величиной, то есть:

$$v_T = \frac{1}{t'_{izo}} = \frac{1}{v_0}$$

Это значит, что скорость тахиона между двумя ИСО, движущимися с одинаковой скоростью, имеет значение, обратное по величине скорости этих ИСО. Если, например, обе ИСО неподвижны, то, как показано выше, скорость тахиона будет равна бесконечности. Для ИСО, движущихся со скоростью света (близкой к ней), скорость тахиона также будет равна скорости света (незначительно превышать её). Отметим, что эти результаты являются предельными, поскольку при равенстве скоростей этих систем отсчета они сливаются, и как такового обмена тахионами между ними быть не может, мировая линия тахиона вырождается в мировую точку.

Доказанную теорему можно сформулировать и в ином виде. Теорема: на семействе гиперболических кривых вида $y^2 = x^2 + a^2$ хорды, отсечённые симметричными центральными лучами, параллельны.

Измерение скорости тахиона

Теоретические и логические построения определенно

допускают беспредельно высокие скорости сверхсветовых частиц, тахионов. Но возможны ли такие скорости в реальности? Согласно экспериментам Алена Аспекта какие-то сигналы, подобные тахионам, действительно передаются между запутанными частицами со сверхсветовой скоростью. В феврале 1999 года исследователи группы прикладной физики Университета Женевы провели экспериментальную проверку нелокальных квантовых корреляций в релятивистской конфигурации. Была определена скорость передачи сигнала коллапса (квантовой информации) между запутанными частицами [18]. В эксперименте использовалась волоконно-оптическая линия длиной около 10 км. Полученные результаты показали, что скорость, с которой передаётся квантовое состояние от одного фотона к другому, превышает скорость света почти на семь порядков:

"This sets a lower bound on the speed on quantum information to 10^7c , i.e. seven orders of magnitude larger than the speed of light" [18].

Измерения проводились в двух ИСО, одна из которых имитировала релятивистское движение – быстро вращающийся алюминиевый диск с зачерненной поверхностью. В этом эксперименте скорость переноса квантовой информации исследовалась с позиции специальной теории относительности. Поскольку перенос какой-либо информации требует соответствующего носителя этой информации, то для определённости и краткости примем, что этим "носителем", сверхсветовым агентом является тахион. Это вполне обоснованное предположение. Действительно, все физические взаимодействия осуществляются элементарными частицами: бозонами, глюонами, фотонами, за наличие массы у частиц отвечает бозон Хиггса. Очевидно, что носителем квантовой информации так же должна быть какая-либо частица. Не ставя под сомнение полученные результаты о скорости передачи квантовой информации, отметим, что тщательный анализ свойств её носителя неизбежно ведет к заключению о его несовместимости с математикой теории относительности.

Кроме того, сам факт сверхсветовой скорости не требует имитации движущихся ИСО. Поэтому можно рассмотреть вариант эксперимента для определения скорости переноса информации о состоянии запутанных частиц в рамках стационарной установки, в границах единственной лабораторной условно неподвижной системы отсчета. В этом случае вопрос об инвариантности вообще не поднимается, и нет необходимости использовать математику специальной теории относительности. В основу создания экспериментальной установки положены следующие предположения:

1. В момент коллапса волновой функции запутанные фотоны обмениваются квантовой информацией, скорость передачи которой превышает скорость света, но имеет конечное значение. Измерить скорость, близкую к бесконечной, физически невозможно.

2. Для определенности считаем, что передача квантовой информации производится, как принято и выше, тахионом, который движется, вероятно, по прямой линии, соединяющей источник и получатель, не испытывая задержек в среде независимо от её состава. В момент коллапса волновой функции фотон, вызвавший коллапс, посылает своему парному фотону посредством тахиона информацию о направлении своей поляризации. Второй фотон приобретает поляризацию в соответствии с этой информацией.

3. После коллапса волновой функции, но до момента, когда произойдет обмен квантовой информацией, обе частицы могут иметь *разные* поляризации. Это вполне очевидно, поскольку смысл передачи квантовой информации означает, что изначально этой информации у приёмника нет, а после передачи - есть. Только после достижения первым из тахионов своей частицы, она принимает окончательное значение поляризации. То есть, подразумевается, что при одновременном измерении частиц они обе принимают свои локальные собственные состояния и одновременно посылают информацию о них парной частице. Другими словами, предполагаем, что два запутанных фотона в момент коллапса волновой функции

могут одновременно на протяжении некоторого времени иметь независимые друг от друга состояния, если они измерены одновременно, то есть, формально оба являются причиной коллапса. Пока без рассмотрения оставляем замысловатые ситуации: посылают ли оба фотона друг другу тахион; почему своё состояние меняет только один из них, хотя тахион с информацией от пары получил каждый из них; почему отбрасывается более свежая, поздняя информация, а используется состояние фотона, который первым прошёл через поляризатор (видимо, скорость тахиона такова, что он достигает второго фотона раньше, чем тот пройдёт через свой поляризатор).

На рисунке изображена экспериментальная установка для определения скорости переноса квантовой информации, скорости тахиона.

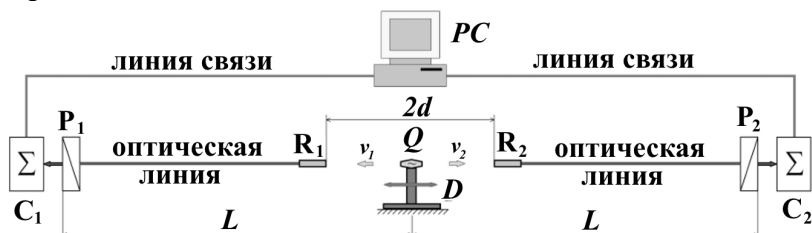


Рис.3.7. Экспериментальная установка для определения скорости переноса квантовой информации.

Установка состоит из источника запутанных фотонов Q , закреплённого на подвижной платформе D с микрометрическим винтом (на рисунке не показан), позволяющим позиционировать платформу с высокой точностью. Подвижная платформа размещена приблизительно в центре установки. Симметрично от центра установки неподвижно закреплены два приёмника фотонов R_1 и R_2 , соединённые оптоволоконным кабелем с поляризаторами P_1 и P_2 .

Поскольку платформа D может перемещаться между приёмниками, она может изменять эффективную длину каждого из оптических путей L фотонов таким образом, что

при увеличении левой ветви, уменьшается правая и наоборот. При этом общее расстояние между поляризаторами остаётся неизменным. Это тот путь, который проходит сверхсветовой носитель квантовой информации тахион в момент коллапса волновой функции запутанных фотонов.

На выходах поляризаторов P_1 и P_2 установлены регистраторы фотонов со счётчиками C_1 и C_2 . В исходном состоянии излучатель Q расположен вблизи центра установки на одинаковом расстоянии от поляризаторов. Счётчики C_1 и C_2 производят подсчёт фотонов, прошедших через поляризаторы P_1 и P_2 , соответственно. Результаты подсчёта передаются в компьютер РС, в котором производится анализ результатов. Также в компьютер передаётся информация с микрометрического винта о положении платформы с излучателем Q относительно нейтрального положения и о количестве испущенных пар фотонов (на рисунке эти сигналы не показаны).

Процесс измерения

Источник Q излучает пары фотонов с такой периодичностью, чтобы гарантировать наличие в волоконно-оптических линиях не более одной пары фотонов. Это необходимо для того, чтобы любая задержка при счёте фотонов, передаче и анализе информации на РС всегда была однозначно связана с каждой парой фотонов. Например, если длина линий равна $L = 10\ 000$ м, то фотон проходит через неё приблизительно за $t = L/c = 0,00003$ секунды. Поэтому частота следования фотонов должна быть не выше $f = 1/t = 30\ 000$ Гц. Ограничимся частотой 1 000 Гц. В анализатор РС с такой частотой будут поступать показания счётчиков C_1 и C_2 . Показания для упрощения схемы могут быть накопительными, то есть счётчики никогда не обнуляются. Подсчитанное число фотонов за конкретный интервал времени, например, за 1 секунду определяется как разница показаний счётчиков на конец и на начало интервала измерения.

Главной задачей эксперимента является одновременное измерение обоих фотонов, чтобы каждый из них со своей

стороны явился инициатором коллапса волновой функции. Реально одновременность измерения может быть достигнута лишь с некоторой точностью. Поэтому разница по времени между измерениями фотонов должна быть достаточной, чтобы фотоны прошли через свои поляризаторы независимо от состояния парного фотона. Проще говоря, после измерения первого фотона, второй должен полностью пройти через свой поляризатор (или поглотиться им) раньше, чем к нему поступит квантовая информация. Пройдя поляризатор, фотон может изменить своё состояние под парный фотон, раньше прошедший свой поляризатор, но теперь уже не сможет вернуться назад, чтобы выбрать "правильное" поведение при прохождении поляризатора. То есть, на выходе своего поляризатора фотон может иметь поляризацию, которая не совпадает с направлением поляризатора, что формально можно трактовать так, будто фотон прошёл через поляризатор вопреки своей поляризации, как бы туннелировал. Если же после прохождения поляризатора второй фотон и примет квантовую информацию, перейдя в состояние первого фотона, то это никак не скажется на результате измерения: счётчик не анализирует его состояние.

Сама процедура измерения производится следующим образом. В некоторый момент времени источник Q испускает очередную пару фотонов ν_1 и ν_2 . Если это начало очередного замера, то на компьютере РС запоминается текущее состояние счётчиков. Экспериментальная установка отрегулирована таким образом, что первый фотон ν_1 проходит через свой поляризатор раньше, чем второй фотон ν_2 - через свой. Поэтому первый фотон вызывает коллапс волновой функции. С вероятностью $1/2$ этот фотон проходит через свой поляризатор и увеличивает на единицу показания счётчика C_1 . Если второй фотон успевает принять квантовую информацию от первого, то он тоже проходит через свой поляризатор и увеличивает показания счётчика C_2 на единицу. Если первый фотон не проходит через свой поляризатор, то не проходит и второй. В этом случае показания счётчиков не изменяются.

Таким образом, если квантовая информация успевает своевременно дойти до второго фотона, показания счётчиков всегда увеличиваются на единицу одновременно. В этом случае коэффициент корреляции $E = 1$. За период измерений, скажем, 1 секунда в нашем примере через оба поляризатора пройдут почти ровно по 500 фотонов.

Если сдвинуть платформу D в центр системы, так что длины траекторий обоих фотонов от источника Q до своих поляризаторов будут одинаковыми, то измерение обоих фотонов будет одновременным (с определённой точностью). В этом случае оба фотона могут считать себя причиной коллапса волновой функции и независимо от своей пары примут на некоторое время свои индивидуальные поляризации. Если скорость передачи квантовой информации меньше некоторой пороговой величины, то этого времени может оказаться достаточным для того, чтобы фотон прошёл через свой поляризатор или был бы им поглощён. Вероятность пройти через свой поляризатор у каждого фотона одна и та же – $1/2$. Поэтому после получения квантовой информации о состоянии своего парного фотона, этот фотон уже не сможет вернуться обратно и будет зарегистрирован счётчиком, если пройдёт. Понятно, что уровень корреляции будет ниже, ведь фотоны будут взаимодействовать со своими поляризаторами независимо друг от друга и проходить через них с вероятностью $1/2$.

Для того чтобы вычислить скорость передачи квантовой информации, мы будем для каждого интервала измерения перемещать платформу D с источником Q между приёмниками R_1 и R_2 к центру и от него. То есть, перемещение будет производиться "по шагам": один раз в секунду перед каждым измерением порции из 1 000 пар фотонов. При этом в компьютер будут поступать показания двух счётчиков и координата платформы. По ним компьютер вычислит корреляцию для каждого односекундного интервала и привяжет их к положению платформы. Результирующая информация будет выводиться в виде графика на экран или принтер. Ожидается,

что на графике будет интервал с минимальным значением корреляции.

Анализ результатов

Рабочими положениями излучателя фотонов является интервал от средней точки между поляризаторами до положений, более близких к левому поляризатору P_1 . В этом случае мы уверены, что причиной коллапса волновой функции всегда является левый фотон ν_1 . Если угол между поляризаторами равен нулю, то каждому прохождению фотона ν_1 будет соответствовать прохождение фотона ν_2 . И наоборот, если фотон ν_1 не пройдет через свой поляризатор, то и фотон ν_2 тоже не пройдет через свой. Вероятность такого исхода определяется законом Малуса:

$$P_{++} = \frac{1}{2} \times \cos(a, b) = \frac{1}{2} \times \cos(0) = \frac{1}{2}$$

где: P_{++} - вероятность парного прохождения двух фотонов через свои поляризаторы, имеющие направления \mathbf{a} и \mathbf{b} , угол между которыми равен нулю.

То есть, через оба поляризатора будут проходить одновременно ровно половина всех пар фотонов, испущенных источником Q , если он не находится ровно в середине оптического пути фотонов. В этом случае показания счётчиков C_1 и C_2 будет равны. Для избранной частоты испускания фотонов, компьютер вычислит коэффициент корреляции:

$$E = \frac{C_1}{C_2} = \frac{500}{500} = 1$$

Это полная корреляция. Однако, главной целью эксперимента является получение минимальных значений корреляции. Полная корреляция означает, что к моменту измерения второго фотона они успели обменяться квантовой информацией. Наоборот, отсутствие корреляции может быть только в том случае, если фотоны не успели передать друг другу свои состояния. Чем больше длина L , тем больше вероятность получить такое значение, поскольку для передачи состояния

от фотона к фотону требуется большее время, и оно может оказаться в пределах чувствительности измерительных приборов установки.

Действительно, нулевое (или минимальное) значение корреляции означает, что в момент измерения двух фотонов одновременно, они получают каждый своё индивидуальное собственное состояние, которое не зависит от парной частицы. Это связано с тем, что тахион, ответственный за перенос квантовой информации, ещё не успел достичь парной частицы из-за конечности своей скорости.

В этом случае, второй фотона ν_2 будет проходить через свой поляризатор независимо от поляризации первого фотона. То есть, независимо друг от друга два фотона будут проходить через свои поляризаторы с вероятностью $1/2$. Вероятность парного прохождения фотонов в этом случае определяется как вероятность совместного наступления двух независимых событий:

$$P_{++} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{500}{1000} \times \frac{500}{1000} = \frac{1}{4}$$

Это минимальное значение корреляции для случая независимого прохождения двух фотонов. Следовательно, значение корреляции ожидается в диапазоне от 1 до $1/4$ в зависимости от положения источника фотонов. Для наглядности компьютер вычисляет корреляцию и выводит её на экран в соответствующей позиции d , то есть, ожидается форма графика, как показано на рис.3.8.

По вертикальной оси откладывается степень корреляции, а горизонтальная ось - это положение s источника запутанных фотонов влево от центра 0 установки. На рисунке показана только левая половина графика. График имеет симметричную форму, поэтому нет необходимости сдвигать платформу вправо от центра.

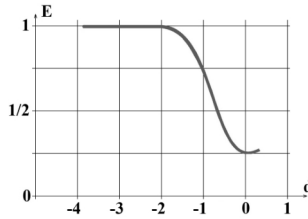


Рис.3.8. Ожидаемые результаты измерения на экспериментальной установке для определения скорости переноса квантовой информации.

Если перемещением платформы не удастся получить явно выраженное минимальное значение корреляции, то есть, значение, которое заметно отличается от корреляции в других положениях, то эксперимент следует считать неудавшимся. Либо фотон после запоздалого получения квантовой информации возвращается обратно и повторно проходит через поляризатор (чего, понятно, быть не может), либо скорость тахиона настолько велика, что второй фотон успеваеет принять квантовую информацию от первого на том интервале, который он проходит после коллапса волновой функции до поляризатора.

То есть, в этом случае возможны только два вывода:

1. Скорость тахиона настолько велика, что быстродействия измерительных приборов недостаточно, чтобы зафиксировать разницу во времени перехода частиц в собственные состояния.

2. Длина базы установки $2L$ недостаточна, чтобы обеспечить получение необходимой для регистрации задержки по времени при прохождении тахионом этой базы.

Если будет найдено положение платформы, в котором корреляция минимальна, то смещение платформы в сторону от этой точки до получения максимальной корреляции, позволит вычислить скорость тахиона. Обратимся вновь к рисунку 1. Время, необходимое тахиону для передачи квантовой информации от одной частицы к другой, равно:

$$T_L = \frac{2L}{v}$$

где v – скорость тахиона.

Это время, в течение которого фотоны могли бы иметь независимые друг от друга собственные состояния. Если в течение этого времени второй фотон ν_2 успеет пройти через поляризатор, то он уже не сможет изменить результат регистрации счетчика C_2 , даже получив прямо перед этим "правильную" поляризацию. У фотона есть время T_L , чтобы пройти через свой поляризатор и получить независимую поляризацию (или поглотиться поляризатором). Процесс выглядит следующим образом:

Когда первый фотон ν_1 получил своё собственное состояние, он посылает второму фотону ν_2 тахион. Платформа с источником всегда находится в таком положении, что второй фотон получает состояние позже первого фотона. Для того чтобы пройти поляризатор и получить собственное, независимое состояние, второму фотону нужно до прибытия к нему тахиона пройти дополнительное расстояние $2s$ - удвоенное расстояние от излучателя фотонов до центра установки:

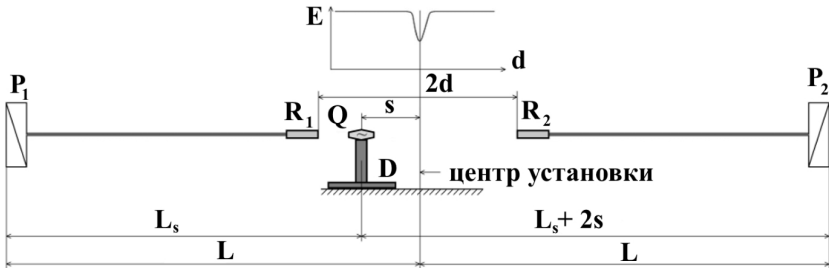


Рис.3.9. Смещение излучателя влево на расстояние s делает путь правого фотона длиннее на $2s$, чем путь левого фотона. В центральном положении излучателя ожидается снижение корреляции.

Если фотон успеет пройти это расстояние до прибытия тахиона, то он уже не сможет при прохождении своего поляризатора использовать состояние, вызванное коллапсом от

первого фотона. Через свой поляризатор он пройдёт, имея состояние, независимое от состояния первого фотона. Таким образом, время на прохождение этой зоны $2s$ и, следовательно, время ожидания вторым фотоном прибытия тахиона равно:

$$T_1 = \frac{2s}{c}$$

Соответственно, чтобы передать второму фотону квантовую информацию о состоянии первого фотона, у тахиона есть время, которое должно быть не более этого времени, иначе второй фотон пройдёт через свой поляризатор, и изменение его поляризации уже не будет влиять на показания счётчика C_2 и значение корреляции:

$$T_L = T_1 = \frac{2L}{v} = \frac{2s}{c}$$

Отсюда, скорость тахиона должна быть равна или выше:

$$v = \frac{L}{s} c$$

Очевидно, для возможности измерения более высокого значения скорости тахиона необходимо использовать как можно более тонкие поляризаторы и максимально возможную длину базы L . Оценим возможный предел измерения скорости. Допустим, $L = 10\,000$ метров; смещение излучателя фотонов от центра $s = 0,001$ метра, интервал, на котором корреляция изменяется от максимального значения до минимального. Тогда доступная для измерения скорость тахиона в пределах чувствительности прибора будет не менее:

$$v = \frac{L}{s} c = \frac{10^4}{0,001} c = 10^7 c, \quad (3.2)$$

то есть, превысит скорость света на семь порядков. Очевидно, что для точного позиционирования платформы с источником необходимо обеспечить высокую точность равенства длин волоконно-оптических линий. В работе [18] длины двух линий оптического волокна длиной от 5 до 18 км

различались на 1 мм. Кроме того, на таких больших дистанциях существенным становится изменение характеристик линий и приборов, вследствие разницы температур в разных концах установки. Но это преодолимые трудности, поскольку длительность процесса измерения невелика, буквально минуты, и в течение этого времени характеристики оборудования допустимо стабильны. Интервал движения платформы $2d$ позволяет быстро и точно найти среднюю точку оптической оси системы. Измерения затем производятся вблизи этой точки с высокой дискретностью позиционирования излучателя.

Из уравнения (3.2) видно, что увеличение точности позиционирования платформы до легко достижимых 0,1 мм и более повышает верхний предел измерения скорости тахиона до 10^8 с. Очевидно, нестабильность во времени характеристик волоконно-оптических линий и приборов, сложность обеспечения прямолинейности оптического канала затрудняют нахождение точного положения центра канала. Поэтому диапазон смещений платформы должен быть достаточно широким, чтобы гарантировать наличие в нём этого центра. Можно установить, например, $2d = 2$ метра. Сканирующим перемещением платформы между приёмниками определяют приблизительное положение этого центра, после чего находят его более точно с помощью микрометрического винта. Для сканирования удобно использовать звуковую индикацию. Для этого можно задать частоту испускания фотонов более высокой, например, 10 000 Гц. Выходы счётчиков C_1 и C_2 подключают к устройству совпадения и далее – к звуковому синтезатору. На вход синтезатора в этом случае будут поступать сигналы, имеющие одну из двух частот: 5 000 Гц (при полной корреляции) или 2 500 Гц (при отсутствии корреляции). Этот сигнал фильтруется и поступает на звуковые колонки. Операторы производят быстрое перемещение платформы между приёмниками фотонов, например, со скоростью 1 метр в минуту и слушают звук синтезатора. Предполагается, что на этом интервале будет точка, в которой тональность

звука будет кратковременно снижаться с 5 000 до 2 500 Гц. Это и есть искомый геометрический центр, относительно которого требуется точное, тонкое смещение платформы.

В качестве носителя квантовой информации для определенности принят тахион, поскольку это название наиболее точно отражает его главную характеристику - сверхсветовую скорость движения. Тахион - это, фактически, единственная известная в физике, хотя и гипотетическая частица, движущаяся быстрее света. Возможно, существуют и другие виды тахионов, выполняющие другие функции. Если признать, что у квантовой информации существует какой-то сверхсветовой носитель, то, несомненно, он может быть одной из таких разновидностей тахиона. Но это не принципиально, ведь других общепризнанных названий сверхсветовых носителей не известно.

4. Сверхсветовые парадоксы СТО

Можно заметить, что ряд свойств тахиона и особенности его поведения напрямую не связаны с формализмом теории относительности. В частности, все авторы явным образом признают возникновение в СТО парадоксов при рассмотрении сверхсветовых сигналов только в случае *движущихся* систем отсчета. При обмене тахионами между такими ИСО главным и очевидным парадоксом признаётся движение в прошлое. Следствием этого является образование петель времени и причинно-следственные парадоксы, нарушение причинности. Следует прямо заявить, что теория, которая предсказывает такие явления, не может считаться научной. В данном случае это относится к специальной теории относительности, распространенной на сверхсветовые сигналы. Для неё область сверхсветовых движений – запретная зона.

Вместе с тем в литературе описание парадоксов самого формализма теории относительности приводится в довольно миролюбивой, снисходительной форме. Но ведь это нарушение уравнений Лоренца, главных, фундаментальных выводов теории. В частности, это означает недействительность, крушение одной из самых, пожалуй, священных догм теории - относительности одновременности. Вследствие регистрации сверхсветовых сигналов сразу же обнаруживается, что движущиеся часы идут синхронно.

Действительно, рассмотрим две ИСО А и В, удаляющиеся друг от друга, и часы в которых были синхронизированы в момент начала движения. Обмен информацией между ними возможен в трех вариантах:

а) ИСО обмениваются обычными световыми, фотонными сигналами. Это классический вариант и в нем никаких парадоксов не возникает;

б) Каждая из ИСО излучает чистый, истинный информационный сверхсветовой сигнал, распространяющийся с

бесконечно большой скоростью, то есть, они общаются посредством сверхсветового телефона;

в) Обе ИСО обмениваются сигналами, возникающими между запутанными частицами, фотонами, то есть, так называемой квантовой информацией. Запутанные фотоны излучает средняя ИСО S , поэтому очевидно, что сами фотоны не несут информации от A к B и обратно, поскольку там они никогда не были.



Рис.4.1. Симметричные ИСО обмениваются квантовой информацией

Очевидно, что с точки зрения симметричной лабораторной ИСО S показания часов A и B тождественны вследствие симметрии движения. Симметричная ИСО S – это такая ИСО, по отношению к которой ИСО A и ИСО B движутся с одинаковыми, но противоположно направленными скоростями. Следовательно, в варианте б) показания часов передачи и приема сигналов в обеих ИСО тождественно равны, сколько бы времени ни прошло от начала движения. Оба наблюдателя Алиса в ИСО A и Боб в ИСО B смогут разговаривать друг с другом, в результате чего они однозначно обнаружат, что их часы идут синхронно.

Однако, сигнал не обязательно должен быть чистым, классическим информационным. Он может быть и некой условной меткой, например, нелокальной корреляцией запутанных частиц варианта в). Каждый из наблюдателей Алиса и Боб просто фиксирует момент получения фотона. С точки зрения симметричной лабораторной ИСО S оба эти момента происходят при одинаковых показаниях часов A и B . Если наблюдатели будут записывать моменты получения сигналов, то в их записях эти моменты всегда будут иметь одинаковые значения времени по собственным часам. Вернувшись в исходную точку, наблюдатели обнаружат этот факт, что ин-

тервалы между сигналами и время их регистрации тождественно равны в обеих ИСО.

Но согласно релятивистским законам Алиса считает, что Боб еще не получил своего фотона из запутанной пары, а Боб, соответственно, считает что свой фотон еще не получила Алиса, поскольку с их точек зрения удаляющиеся часы идут медленнее и время получения соответствующего фотона по ним не наступило.

Но это не так. С точки зрения лабораторной ИСО С измеренные Алисой и Бобом фотоны перешли в собственные состояния мгновенно одновременно, поэтому показания часов Алисы и Боба в этот момент были равны. Следовательно, измерив свою частицу, Алиса должна сразу же сделать вывод, что именно в этот же момент, абсолютно одновременно свою частицу измерил и Боб. Казалось бы, частица еще только где-то на полпути к Бобу. Но Алиса точно знает, что частица Боба перешла в свое собственное коррелированное состояние именно в данный момент. Частица больше не находится в запутанном состоянии. Это состояние частица Боба приобрела мгновенно, в момент измерения Алисой своей частицы. Хотя Алиса и считает, что частица находится далеко от измерителя Боба, она, тем не менее, обязана признать, что это ошибочное мнение. Частица Боба приобрела мгновенно свое собственное состояние не на удалении от Боба, а строго в его измерительном приборе. Это так, поскольку с точки зрения лабораторной ИСО S, являющейся объективной, частица Боба приобрела свое состояние именно в поляризаторе Боба. Одно и то же событие, хотя и может иметь разное время наступления с точки зрения разных ИСО, но оно ни при каких условиях не может иметь разные *места* наступления. Если метеорит упал на Луну, то не существует в природе ни одной ИСО, с точки зрения которой этот метеорит упал на Марс.

Таким образом, и Алиса и Боб вынуждены признать, что их измерения были абсолютно одновременны, точно так же, как они одновременны и с точки зрения лабораторной ИСО S. Проведя несколько измерений подряд, они в последующем

анализе обнаружат, что интервалы между этими измерениями у них одинаковые, а время регистрации событий по их собственным часам равны.

Конечно, этот мысленный эксперимент прямо опирается на предположение, что эффект запутанности и нелокальности имеет силу независимо от расстояния, времени и скорости движения ИСО. Пока нет свидетельств нарушения этого эффекта до расстояний порядка нескольких сотен километров. Проведены опыты, подтверждающие его сохранение и между относительно движущимися ИСО.

Прямым следствием синхронности хода часов является не только нарушение относительности одновременности, но и всех преобразований Лоренца - сокращение отрезков и замедление темпа хода часов.

Как возникает петля времени

Синхронность хода часов и разрушение преобразований Лоренца непосредственно не демонстрируют никаких парадоксов причинности, путешествий в прошлое и петель времени. Возникновение абсурдных ситуаций с путешествием в прошлое и образованием акаузальных петель времени лучше всего рассмотреть на примере "парадокса взрывателя", являющегося менее криминальным вариантом известного "парадокса дедушки". На следующем рисунке показаны две ИСО А и В (далее кратко - А и В):

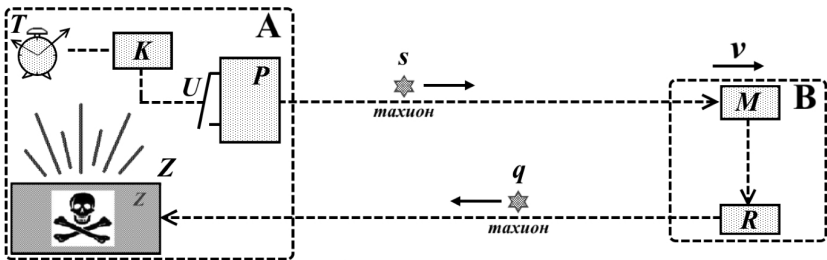


Рис.4.2. Схема установки для демонстрации "парадокса взрывателя"

В условное время ровно 00 часов по часам обеих систем В начинает удаляться от А со скоростью $0,87c$. Такая скорость, как и выше, взята для простоты расчетов, поскольку при такой скорости движения часы в удаляющейся ИСО замедляются ровно в два раза по отношению к неподвижным часам. Считаем также, что системы движутся без ускорений.

Пусть ровно через 2 часа после начала движения в системе отсчета А по таймеру Т срабатывает реле К, которое контактами U включает передатчик Р, который посылается сверхсветовой (мгновенный) сигнал s на удаляющуюся платформу В. Характер сигнала не важен: это может быть любой сверхсветовой носитель информации - тахион, квантино, информион и так далее. В соответствии с СТО часы на платформе В с точки зрения отправителя А за время движения отстали и показывают только 1 час, поскольку и А и В двигались 2 часа, а на В часы шли в два раза медленнее. Полученный на платформе В сигнал s с помощью реле М запускает ретранслятор R, который посылает в сторону А ответный сверхсветовой сигнал q .

Как мы определили, с точки зрения теории относительности В получил сообщение в 1 час по своим часам, следовательно, он находился в пути ровно 1 час. Здесь появляется первый "подводный камень" сверхсветового движения. Ровно 1 час – это показания часов В с точки зрения А в момент получения на платформе В сигнала s . Эти показания мы вычислили по правилам теории относительности, в которой сверхсветового движения, вообще-то, нет. То есть, время 1 час в В мы получили по указанию, требованию, предсказанию СТО. В свою очередь, с точки зрения В по часам А прошло также ровно в 2 раза меньше времени. Действительно, по требованию СТО мы принимаем: поскольку В как бы получил сигнал в 1 час, то на А, по его мнению, прошло 30 минут. И вновь принимаем во внимание приведённое выше замечание о сверхсветовых сигналах, которых в СТО нет. Итак, А получит ответный сигнал q , по мнению В и требованиям СТО, именно в 30 минут от начала разлёта.

Далее по полученному на платформе А сигналу q взрывается заряд Z , который уничтожает таймер T , реле K с контактами U и передатчик P , распыляет их до атомарного состояния. Произошло это, как показано, в 00:30 минут по часам платформы А, как это считает В. Но тогда, следовательно, получается, что в 2 часа на платформе А не может сработать таймер T , не может включиться реле K и своими контактами U запустить передатчик P . Следовательно, не может быть отправлен сигнал s , поэтому не будет включено реле M на платформе В и не будет запущен ретранслятор R , который не сможет отправить обратный сигнал q на платформу А, при отсутствии которого не сработает взрывное устройство Z и не уничтожит передатчик P . Это абсурд. Сигнал на уничтожение получен с В, поскольку об этом была дана команда с А в 2 часа таймером T и остальными элементами схемы. Но таймер T на А был уничтожен ещё в 00:30 минут, за полтора часа до его предполагаемого срабатывания. А если таймер не сработал, то на В не мог быть отправлен сигнал-команда на его уничтожение. Следовательно, таймер T не мог быть уничтожен! А раз он не был уничтожен, то он был уничтожен?!

Замкнутый порочный круг, парадокс причинно-следственной связи, который никак не может быть урегулирован выбором системы координат для изменения временного порядка обмена сверхсветовыми сигналами:

"Зависимость временного порядка событий от выбора системы координат порождает различные акаузальные эффекты: возможность будущему влиять на прошлое, циклические петли последовательностей событий и т. д." [23].

Это верно лишь отчасти: акаузальность присутствует независимо от системы отсчета. Рассмотренная схема мысленного эксперимента специально сконфигурирована таким образом, чтобы эти акаузальные эффекты присутствовали во всех без исключения системах координат, что делает недействующим принцип реинтерпретации (переключения), поскольку парадокс будет наблюдаться всегда. Принцип реин-

терпретации не решает проблему включения сверхсвета в СТО; напротив, он фактически отвергает причинность, меняя местами причины и следствия. Механизм реинтерпретации можно назвать толерантным, политкорректным определением беспричинности.

Действительно, давайте попробуем решить рассмотренную проблему замкнутой петли времени с помощью принципа реинтерпретации. В этой попытке мы сразу же наталкиваемся на неизбежный абсурд. Согласно принципу мы можем рассматривать излучение тахиона s с положительной энергией как поглощение s -антитахиона с отрицательной энергией. Поскольку нам нужно разорвать абсурдную цепочку обратных во времени последовательностей, то мы должны сделать это, в том числе, и в передатчике Р.

В этом случае передатчик, согласно реинтерпретации, не может излучить тахион, поскольку он поглощает антитахион. Следовательно, возможна только обратная последовательность, которая предусматривает спонтанное срабатывание контактов U реле К. Спонтанное – это синоним беспричинного. Если мы и можем допустить, что контакты как бы сами собой замкнулись, то спонтанное, самопроизвольное, ничем не вызванное появление напряжения на катушке реле К допустить просто невозможно. Это тем более невозможно, ведь передатчик Р был уничтожен перед получением анти-тахиона.

Может быть, принцип реинтерпретации что-то прояснит в точке излучения q -антитахиона взрывным устройством? Звучит, в общем-то, приемлемо: взрывается устройство (спонтанно!) излучает антитахион. Лёгкое насилие над здравым смыслом и мы получаем "причинно-следственную" последовательность. Устройство, которое не предназначено для излучения антитахионов - приёмник во взрывном устройстве - посылает его устройству, которое не предназначено для их приёма, а, наоборот, предназначено как раз для излучения (тахионов). Более того, оно ещё умудряется управлять контактами реле М, причём в результате замыкания

контактов реле в катушке этого реле появляется напряжение.

Как видим, принцип реинтерпретации не даёт разумного размыкания созданной нами петли времени. Получается, что сверхсветовой сигнал не мог двигаться обратно во времени, а всякие принципы реинтерпретации - это досужий вымысел релятивистских реформаторов, стремящихся расширить её формализм за рамки области её применимости. Этот принцип по самой своей сути является ошибочным, источником парадоксов и несуществующих событий. То, что в отдельных случаях он как-то позволяет прояснить ситуацию с петлями времени, означает только одно. В этих случаях причинно-следственные отношения не являются жёсткими, отчётливыми. В них парадокс есть, просто он завуалирован, незаметен.

С учётом сказанного следует в очередной раз сделать заключение: сверхсветовые коммуникации (перенос вещества, передача информации) *несовместимы* с теорией относительности, поскольку приводят к абсурду. Специальная теория относительности справедлива *только* в рамках своих постулатов. Сами формальные, математические выводы о движении сверхсветовых сигналов в прошлое являются исключительным и неотъемлемым свойством теории относительности, когда в её математический аппарат привносится сверхсветовое движение. Путешествие в прошлое - это специфическое свойство именно теории относительности, только её математика, искаженная сверхсветовым движением, даёт такое предсказание.

Казалось бы, теория относительности может спокойно обойтись без сверхсвета и обоснованно запретить всякие отклонения от её базовых постулатов, очерчивающих область её применимости. Признание постулатов истинными делает в математическом смысле саму СТО безусловно истинной и не опровержимой никакими мысленными экспериментами. Любой такой эксперимент либо явно, либо, зачастую весьма искусно завуалированно, приостанавливает действие принципа постоянства скорости света. На словах демонстрируется

приверженность постулатам СТО, но на деле он неявно отвергается.

Но здесь можно сделать оговорку. Известно, что реальных физических процессов, связанных со сверхсветовым перемещением в пространстве в настоящий момент не зарегистрировано. Поэтому обычно они рассматриваются как гипотетические, мысленные конструкции. А отсутствие таких реальных сверхсветовых носителей, которые могли бы привести теорию к абсурду, по факту не делает теорию абсурдной. Таких процессов в природе пока не найдено. Однако, известно явление сверхсветового нелокального переноса квантовой информации. Особенность этой информации состоит в том, что она не является классической, она не переносит классической информации и не позволяет зарегистрировать сам факт своего переноса. Лишь косвенные измерения показывают сверхсильную мгновенную корреляцию между удалёнными объектами, нелокальную связь между ними. Поскольку нет переноса классической информации, считается, что нет и противоречия между квантовой механикой, нелокальностью и теорией относительности.

Но это заблуждение. Нелокальность, сверхсветовая квантовая информация позволяют в реальном физическом эксперименте продемонстрировать, по крайней мере, что часы в движущихся относительно друг друга ИСО идут синхронно!

Тахионные парадоксы – свойство СТО

Решению причинных парадоксов уделили внимание многие релятивисты, но чаще всего они и сами отмечают слабость, неполноту таких решений. И лишь немногие из них обратили внимание на принципиальную неприменимость специальной относительности к сверхсветовому движению.

Тем не менее, попытки спасти специальную относительность от сверхсветовых парадоксов не прекращаются. По меньшей мере, это означает признание того, что, действи-

тельно, сверхсвет представляет для неё реальную угрозу. Попытки спасения имеют различные направления.

Как ни странно, но одно из этих направлений - удар по причинно-следственным отношениям [154]. Более или менее явно они отвергаются. А нет отношений - нет и их нарушения. Еще один способ понижения значимости причинно-следственных отношений - использование принципа (беспричинной) реинтерпретации. Однако, и такие отвержения всегда приводят, мягко говоря, к недоразумениям.

Можно заметить, что сама по себе сверхсветовая скорость тахиона прямо не ведёт к парадоксу причинности. Всегда можно сконфигурировать такие условия обмена тахионами (их скорость), при которых причинная петля, петля времени в теории относительности явно не видна. Но на самом деле она лишь маскируется, обрезается. Движение в прошлое само по себе тоже прямо не ведёт к парадоксу причинности, поскольку, например, можно не взрывать передатчик. Кроме того, движение в прошлое без видимых парадоксов возможно, если это прямо или косвенно чужое прошлое. Мы можем, например, посетить отсталый народ, живущий в "прошлом веке". Но никогда, ни при каких условиях мы не сможем попасть в свой собственный "прошлый век" и даже во вчерашний день.

Что касается специальной относительности, то в ней "чужое прошлое" имеет свой специфический оттенок. Утверждая, что мы попали в прошлое, мы фактически обманываем себя. Для нас на самом деле это точно такое же прошлое, как и прошлое в доме, в который мы пришли и обнаружили там остановившиеся или отставшие часы. Релятивистские предсказания отставания времени рассыпаются в пух и прах при сверхсветовом перемещении или сигнализации, в точности, как это предсказал Мандельштам.

Сверхсветовая граница СТО

При внимательном рассмотрении доводов в пользу

сверхсветовой применимости теории относительности можно обнаружить серьёзные противоречия. Чтобы увидеть, как возникают абсурды "машин времени", рассмотрим еще один мысленный эксперимент с тремя инерциальными системами отсчёта А (Алиса), В (Боб) и С (Синди):

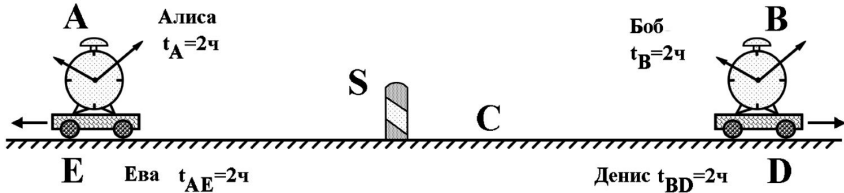


Рис.4.3. Алиса поравнялась с Евой, а Боб с Денисом. Что видят на часах Алисы и Боба все участники?

Система отсчета С – это лабораторная, условно неподвижная ИСО, относительно которой движутся две другие ИСО – А и В. Для чистоты эксперимента, исключения влияния на измерения этапов разгона и торможения создадим "предысторию" движения - будем считать, что изначально системы А и В находились в системе С на одной оси с некоторой точкой S в неподвижном состоянии на каком-то удалении друг от друга. В какой-то момент времени они начали ускоренное движение по направлению друг к другу: А – с правой стороны рисунка, В – с левой. По достижении постоянной относительной скорости $0,866c$ они продолжили равномерное прямолинейное движение.

Такая скорость выбрана для простоты выкладок, поскольку лоренцев коэффициент в этом случае равен 2 и все лоренцевы эффекты вычисляются простым делением на 2. То есть, двукратными оказываются замедление времени и сокращение отрезков. В некоторый момент времени системы А и В встречаются в точке S неподвижной системы С. В этот момент все три системы синхронизируют свои часы, обнуляя их показания. Затем системы А и В продолжают своё движение, теперь уже удаляясь друг от друга и от неподвижной в системе С точки S.

Предположим, что через 2 часа от начала разбегания системы А и В поравняются с неподвижными наблюдателями Е (Ева) и D (Денис), соответственно. В этот момент Боб из системы В отправляется с помощью тахионов сверхсветовой тахионный сигнал Алисе в систему А. Примем, что скорость этого сигнала (скорость тахионов) равна 10^{100} с. Опишем обстоятельства этого события, являющиеся очевидными.

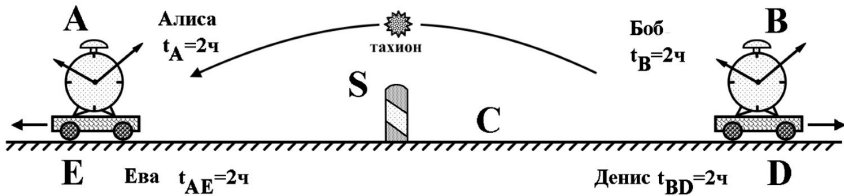


Рис.4.4. Боб отправляет Алисе сверхсветовой сигнал. Что видят на часах Алисы и Боба все участники?

Поскольку система симметрична относительно точки S, для Евы и Дениса показания часов Алисы и Боба тождественны. Это так, поскольку, во-первых, они находятся на одинаковых расстояниях от S и, во-вторых, А и В находились в движении одинаковое время как по их собственным часам, так и по часам лаборатории С, Евы и Дениса. Это значит, что Алиса и Ева смотрят на одни и те же часы А, следовательно, показания они видят одинаковые: $t_A = t_{AE}$, где t_A – показания часов Алисы с её точки зрения; t_{AE} – показания часов Алисы с точки зрения Евы. Соответственно, наблюдатели Боб и Денис тоже смотрят на одни и те же часы В и видят на них одни и те же показания: $t_B = t_{BD}$, где t_B – показания часов Боба с его точки зрения; t_{BD} – показания часов Боба с точки зрения Дениса.

Отсюда следует, что в этот момент времени по часам С лаборатории, когда поравнялись наблюдатели Алиса с Евой и Виктор с Денисом, наблюдатели Алиса и Виктор видят каждый на своих часах одни и те же показания. Эти показания равны времени нахождения в пути каждого из них, то есть ровно 2 часа по их собственным часам (А и В). В сущности, это стандартная, тривиальная ситуация как с позиций специ-

альной теории относительности, так и с позиций классической, ньютоновой физики. Алиса (и Боб) двигалась до встречи с Евой (Денисом) 2 часа, поэтому её часы и показывают это время. Поскольку Алиса и Ева (или, соответственно, Боб и Денис) оказались в одной точке пространства и смотрели на одни и те же часы Алисы (Боба), то, естественно, они видели на них одни и те же показания - 2 часа.

С другой стороны, согласно формализму теории относительности, с точки зрения Алисы и Боба время в движущейся относительно них противоположной системе отсчета – В и А, соответственно, течёт с замедлением в 2 раза, согласно условиям нашей задачи. То есть:

- с точки зрения Боба в системе Алисы прошел только 1 час времени и Алиса видит на своих часах время 1 час в момент, когда Боб поравнялся с Денисом. При этом, с той же точки зрения Боба, Алиса ещё не поравнялась с Евой.

- с точки зрения Алисы, напротив, только 1 час времени прошел в системе Боба и теперь уже Боб видит на своих часах время 1 час в момент, когда Алиса поравнялась с Евой. С точки зрения Алисы, точно также, Боб ещё не поравнялся с Денисом.

С учетом этих обстоятельств, Боб уверен, что посланный им сверхсветовой сигнал придет к Алисе, когда её часы будут показывать 1 час. В этом и состоит фундаментальная причина передачи сигнала в прошлое, ведь по часам Боба прошло 2 часа, а сигнал поступил в точку пространства, где находится Алиса, во время 1 час по её часам.

Однако, наблюдатели Ева и Денис также присутствовали при отправке Бобом и получении Алисой сверхсветового сигнала. Наблюдатель Денис видел, что сигнал Бобом отправлен в 2 часа по собственным часам Боба. Точно в это же время по часам лаборатории С наблюдатель Ева увидела, что наблюдатель Алиса получила сверхсветовой сигнал от Боба, и показания часов Алисы при этом были равны 2 часам. Другими словами, наблюдатели Алиса и Ева согласованно утверждают, что сверхсветовой сигнал из В от Боба прибыл в

А к Алисе ровно в 2 часа по часам Алисы. Тем не менее, математики СТО описывают эту передачу сверхсветового сигнала именно как движение обратно во времени. Для наглядности этот факт изображается с помощью специальных пространственно-временных диаграмм:

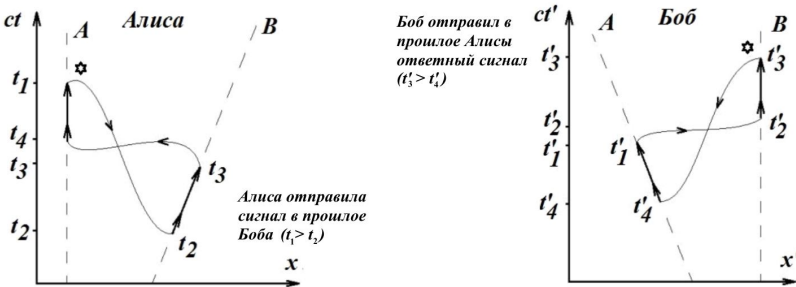


Рис.4.5. Обмен сверхсветовыми сигналами на диаграммах Минковского

На диаграммах показаны две системы отсчета А (Алиса) и В (Боб), аналогичные рассмотренным выше (рис.3.1). На левой диаграмме показана картина с точки зрения системы Алисы, а на правой – Боба. В момент времени t_1 по своим часам Алиса отправляет сверхсветовой сигнал Бобу, затем Боб в момент времени t_3 по своим часам отправляет ответный сверхсветовой сигнал Алисе. Как видим, возникает двусмысленная, странная ситуация. В проведенном выше анализе мы увидели, что Алиса получила сигнал в 2 часа, а не в 1 час, как считает Боб согласно диаграммам и приведенным выше рассуждениям. Выходит, что мнение наблюдателя В является иллюзией, ошибкой. Соответственно, и утверждение его о том, что сигнал был послан в прошлое наблюдателя А – тоже ошибка, иллюзия. Более того, наблюдатель В был уверен, что по часам А прошел только 1 час времени, поскольку его часы шли медленнее. То, что в момент времени 2 часа по часам В сверхсветовой сигнал (мгновенно) поступил к А, и на тех часах были показания 2 часа, означает не что иное, как то, что часы А вовсе даже и не отстали от часов В, что бы тот ни думал по этому поводу!

Более того. На диаграммах рис.4.5 показан замкнутый цикл обмена сверхсветовыми сигналами. То есть, в ответ на полученный сверхсветовой сигнал от Алисы Боб посылает ей такой же сверхсветовой ответный сигнал. В образовавшемся замкнутом цикле есть переход в прошлое! То есть, возникает так называемый "парадокс дедушки" или петля времени. Парадокс - это мягко говоря. Для физики это явный абсурд: Алиса получает ответ от Боба на свой сверхсветовой сигнал до того, как она его отправила. Другими словами, Алиса получила ответ на своё послание, которого она не посылала. Но это только, если опираться на формализм теории относительности. Выше мы ясно видели: события происходили при одинаковых показаниях часов Алисы и Боба.

Есть и ещё одна проблема. На диаграммах рис.3.3 и рис.3.4 показаны мировые линии тахионов, тангенс угла наклона которых равен скорости тахиона в долях от скорости света. Мы задали скорость тахионов почти мгновенную, но на диаграммах их скорость имеет существенно меньшие значения, причём разные для обеих систем отсчета. Почему так произошло? Всё дело в неприменимости диаграмм Минковского и уравнений специальной относительности к сверхсветовому движению. На диаграммах мы видим ошибочные величины скоростей. Если вычислить эти скорости с помощью релятивистских формул сложения скоростей (тахиона и его системы отсчета), мы также не получим "быстрые" скорости. Причём, они будут отличаться и от скоростей, вычисленных на диаграммах. Но откуда такая уверенность, что именно диаграммы и формулы дают ошибочные результаты?

Во-первых, диаграммы и формулы относятся к одной и той же теории. Сам факт, что теория даёт различные результаты расчетов для одного и того же параметра, является признаком её ошибочности, неприменимости к этим расчетам. Во-вторых, в нашем мысленном эксперименте есть объективно зафиксированные параметры. Ева и Денис могут с достоверностью определить скорость движения сигнала (тахионов). Часами и линейкой. Мнение Алисы и Боба в данном

случае спорно, поскольку они обязаны учитывать релятивистские эффекты, которые, как указано, противоречивы. В-третьих, чтобы исключить такие разночтения, Алиса и Боб могут использовать для сигнализации внешние тахионы, то есть тахионы, испущенные неподвижными в ИСО С источниками. Поравнявшись с таким источником, Боб нажимает на нём кнопку и отправляет сигнал. В этом случае учитывать релятивистские эффекты нет смысла: сигнал отправлен по часам Боба из точки пространства, где он находился в этот момент. Отсюда неизбежный вывод: скорость тахионного сигнала в этом эксперименте в точности равна заявленной – 10^{100} с, а противоречивые расчеты специальной относительности должны быть отброшены как ошибочные (диаграммы и формулы).

Как распутать квантовую запутанность

Следует заметить, что первый постулат СТО принят, как и положено для постулатов, практически на веру. Доказательств (проверки) его для релятивистских скоростей нет. Косвенное доказательство с мюонами вряд ли можно считать доказательством того, что в ракете, движущейся с околосветовой скоростью, все биологические процессы будут такими же, как и на Земле. Мы просто верим в это. Это, как говорится, минус для теории относительности.

С другой стороны, сверхсветовые корреляции квантовых частиц противоречат теории относительности тоже с достаточно большой долей слепой веры. В экспериментах сверхсветовая квантовая информация зарегистрирована на довольно-таки небольших расстояниях, максимум – 200-300 километров. К тому же между приборами, находящимися в одной и той же системе отсчета. Будет ли наблюдаться такая же корреляция между приборами, удаляющимися друг от друга с релятивистской скоростью? Будет ли наблюдаться такая же корреляция, если между приборами будет расстояние космических масштабов? Можно ли разнести запутанные

частицы на такое расстояние без разрушения запутанности не вследствие влияния окружения (декогеренции), а исключительно из-за удаленности? Вопрос пока открытый и это для теории относительности плюс.

Однако, люди любят чудеса и верят в них. Хотя и говорят, что чудес на свете не бывает, но они порой обнаруживаются там, где их, уж, никак не ожидаешь - в физике. Одной из важнейших обязанностей любой физической теории является предсказание новых явлений, которые не были известны до создания этой теории. Такие предсказания, подтвержденные впоследствии экспериментами, являются наиболее убедительным доказательством истинности теории, её права на существование. Самым превосходным образом эту свою обязанность исполняет квантовая механика. Среди множества предсказанных ею явлений есть невероятные, удивительные явления, смысл которых воспринимается с трудом. Одним из самых удивительных таких предсказаний квантовой механики и является запутанность, нелокальность. На её основе впоследствии было сделано ещё одно, пожалуй, более широко известное предсказание: телепортация. Не вымышленная телепортация из фантастических рассказов, а реальное физическое явление. Википедия явлению квантовой запутанности дает такое описание:

"Квантовая сцепленность (англ. *entanglement* "запутанность, спутанность, перепутанность") — квантовомеханическое явление, при котором квантовое состояние двух или большего числа объектов должно описываться во взаимосвязи друг с другом, даже если отдельные объекты разнесены в пространстве. Вследствие этого возникают корреляции между наблюдаемыми физическими свойствами объектов.

...то, что понимается под информацией в классическом смысле, не может быть передано через сцепленность из-за статистического характера передаваемой информации".

Это достаточно полное описание. Однако в нём не видно того, что квантовая запутанность является парадоксальным, подобным чуду, прямо-таки мистическим явлением. Сама по

себе как физическое явление она не вызывает никаких особых вопросов. Непривычное, даже странное название, не более того. Но в современной физике таких странных названий и терминов - хоть отбавляй. Как и явлений, понять которые непросто даже в описательном смысле. Не в глубоком физическом, не взглядом профессионала, а в образном смысле, как же это выглядит, как это проявляется. Приведём такой образный пример. Фраза "односторонняя монета" может звучать забавно и странно. Сразу же возникают различные ассоциации, требующие пояснений:

- Наверное, у монеты обе стороны одинаковые?
- Нет! У монеты только одна сторона!
- Может быть, монета имеет шарообразную форму?
- Нет! Это обычная плоская монета.
- Тогда она, видимо, имеет форму ленты Мёбиуса?
- Нет же! Это самая обычная монета!
- Какая обычная? Круглая? Вроде пятака?
- Да, именно!
- И у этого круглого пятака только одна сторона?!
- Да, именно так.
- Но этого же не может быть!

Примерно так можно сказать и про явление запутанности: этого не может быть. Рассмотрим его подробнее на упрощённой, схематичной модели.

Допустим, у нас есть два фотона - квантовые частицы. Для простоты представим их в виде двух одинаковых монет. Скажем, однокопеечных. Назовём "решку" этих монет "спином" (направлением спина в сторону решки).



спин = 1

Испытание №12



спин = 0

Рис.4.6. Слева монета, изображающая первый фотон, лежит "спином вверх", справа монета, изображающая второй фотон, лежит "спином вниз" по итогам 12-го подбрасывания [20].

Если монета лежит решкой вверх, то это означает, что у фотона (который эта монета олицетворяет) спин, соответственно, тоже направлен вверх. Далее неким хитрым способом "запутаем" эти два фотона. Для монет это будет, предположим, их совместное встряхивание в стакане. Для реальных фотонов этот процесс связан с их совместным испусканием, например, специально обработанным кристаллом.

Теперь у нас есть две "запутанные" (сцепленные, перепутанные) монеты (два фотона в состоянии квантовой запутанности). Произведём "измерение" поляризации этих двух монет (фотонов). Измерение фотонов производится с помощью поляризаторов, а "измерение" монет произведём их бросанием на стол. Каков результат этого эксперимента? Сколько бы мы ни измеряли запутанные фотоны, сколько бы, соответственно, мы ни подбрасывали монеты, мы всегда получаем один и тот же результат: если спин одного фотона направлен вверх, то спин второго направлен вниз. Соответственно, если одна монета упала решкой вверх, то вторая обязательно упала решкой вниз. И наоборот. Такой эксперимент и демонстрирует явление квантовой запутанности. Конечно, монеты никогда не ведут себя так хитро: если одна упала решкой вверх, то другая - обязательно решкой вниз. А вот запутанные фотоны - ведут.

Такое поведение запутанных частиц в 1935 году поставили под сомнение Эйнштейн, Подольский и Розен. Изложенные ими взгляды получили название "ЭПР-парадокса" [153]. В 1965 году другой исследователь - Белл математически показал ошибочность взглядов Эйнштейна [8, 9], а в 1981 году известный физик Ален Аспект подтвердил доводы Белла экспериментально [2 - 6]. Оказалось, что, действительно, запутанные фотоны вели себя в точности так, как мы выше это обрисовали: многочисленные пары фотонов поляризовались таким удивительным образом, будто мгновенно чувствовали друг друга. Вот в этом и состоит удивительное свойство квантовой запутанности. Когда одна из квантовых частиц (первый фотон) получает в результате измерения некоторую

поляризацию, зависящую от измерительного прибора - поляризатора, так в тот же момент другая квантовая частица получает противоположную поляризацию, что подтверждает второй измерительный прибор. Обе эти поляризации "рождаются" одновременно. Как только первая частица поляризовалась, так сразу же, мгновенно, независимо от расстояния поляризуется и вторая частица. На монетах это выглядело бы так: на северном полюсе монета упала решкой вверх, на южном в тот же самый момент другая монета упала решкой вниз. И так при каждом подбрасывании, сколько бы их ни было.

О явлении запутанности стали говорить, что оно нелокально, то есть частицы ведут себя синхронно, но между ними нет связи. Сказав это, мы, собственно, ещё не видим явного парадокса, хотя уже догадываемся, что поведение частиц как-то плохо увязывается с положениями теории относительности об ограниченности скорости передачи взаимодействия. Вроде бы частицы взаимосвязаны, вроде бы состояние от одной к другой передаётся мгновенно, но нелокальность отвергает это: нет связи, и поэтому ничего не передаётся. Надо признать, что одной лишь констатации "нелокальность" недостаточно. Хочется всё-таки прояснить, что конкретно за нею скрывается. Ведь мы явно видим: поведение второй частицы предопределено поведением первой.

В популярной литературе есть попытки как-то аллегорически объяснить такую "несвязанную связь". Обычно приводится пример с парой перчаток. Пара перчаток, понятное дело, это одна правая и одна левая, то есть выглядит как своеобразная "запутанность". Предположим, что одну из перчаток "втёмную" отправили в Лондон, а вторая осталась в Париже. Когда в Лондоне вскрывают посылку и видят правую перчатку, то тут же, мгновенно становится известно, что в Париже осталась левая! Чем не явление нелокальности?! И правая - левая проявилось, и к тому же мгновенно. Очевидно, что "правая - левая" сформировалось в момент разделения пары перчаток. А что, если и квантовые частицы в момент

запутывания тоже сформировались и затем просто сообщили измерительным приборам свои состояния? Возможно, ЭПР-парадокс появился исходя из подобных же соображений. Действительно, при его создании Эйнштейн ввёл понятие "элементов физической реальности", которые несли в себе информацию о поляризации и проявляли её при измерении частиц. Впоследствии вместо этих элементов стали говорить о "дополнительных переменных" или "скрытых параметрах". А теории, использующие эти взгляды, назвали "теориями с дополнительными переменными (параметрами)".

Но, как мы упомянули выше, Белл математически показал, что такие теории не в состоянии объяснить всю полноту поведения запутанных частиц. Они вели себя более зависимо, коррелированно, чем это допускали скрытые параметры. Более того, из квантового формализма известно, что частицы не только не имели predetermined поляризаций, они вообще их не имели. Это свойство частиц называется суперпозицией состояний. Продемонстрируем это свойство на примере "запутанных" шаров. Допустим, у нас есть ящик, в котором лежат два шара - чёрный и белый. Если мы вынимаем один из них, то видим, что он белый. Следовательно, в ящике остался чёрный. Не глядя разложим шары по ящикам и расставим их в разные стороны. Мы можем сказать: в одном из ящиков чёрный шар, в другом - белый. Но это неверно. Каждый из шаров *одновременно* чёрный и белый. Если мы достанем один из шаров, то только в этом случае он *станет* либо чёрным, либо белым. И тут же, мгновенно второй из шаров станет белым или чёрным (противоположно первому). Это и есть правильное описание квантовой запутанности. Если один шар стал чёрным, то другой стал белым. Пока один шар не стал чёрным, то и другой не стал белым. Как только один – чёрный, так другой сразу же – белый. Про перчатки такого сказать нельзя. Ситуацию можно описать формулой "ЕСЛИ один шар стал чёрным, ТО другой шар стал белым". То, что один из шаров стал чёрным – это независимое событие. Шар равновероятно мог стать либо чёрным, либо белым. То есть веро-

ятность того, что шар станет чёрным, равна $1/2$. А вот вероятность того, что второй станет противоположно белым зависит строго от состояния (цвета) первого шара. То есть, это однозначно определённое событие. При этом для того, кто вынимает этот второй шар, он будет либо белым, либо чёрным с той же вероятностью $1/2$. В квантовой механике такая корреляция называется полной. Однако в реальности можно обеспечить и более мягкие условия, в которых второй шар может получить такой же цвет, что и первый.

Скажем, если первый шар стал чёрным, то второй станет белым не с достоверностью, а с некоторой конечной, отличной от единицы вероятностью. Установим вероятность того, что второй шар станет белым, когда первый шар стал чёрным, равной $\cos^2(\varphi)$, где φ – некоторый произвольный заранее заданный параметр. Из этого условия следует, например, что если $\varphi = \pi/4$, то $\cos^2(\varphi) = 1/2$. Это значит, что если первый шар получил цвет чёрный, то второй шар равновероятно может получить цвет как белый, так и чёрный. Соответственно, если первый шар получил цвет белый, то второй шар равновероятно получит цвет либо чёрный, либо белый. Фактически это означает, что оба события – получение каждым из шаров определённого цвета – являются как бы независимыми. Ведь первый шар получает цвет равновероятно чёрный или белый. Независимо от этого второй шар тоже как бы равновероятно получает цвет либо белый, либо чёрный. Мы не можем даже с минимальной определённостью предсказать цвет каждого из шаров. Известно только, что при выемке первого шара второй сразу же приобрел какой-то цвет.

Так вот, сделанное нами допущение в точности совпадает с формализмом квантовой механики. Выбранное соотношение в ней имеет название закона Малуса:

$$P(\mathbf{w}, \mathbf{b}) = \frac{1}{2} \cos^2(\varphi) \quad (4.1)$$

Уравнение показывает, что вероятность $P(\mathbf{w}, \mathbf{b})$ получения вторым шаром белого (\mathbf{w}) или чёрного (\mathbf{b}) цвета равна

произведению двух независимых событий: с вероятностью $1/2$ (получение первым шаром чёрного цвета) и с вероятностью $\cos^2(\varphi)$ того, что второй шар получит противоположный цвет. Рассмотрим крайние значения этого уравнения $\varphi = 0$ и $\varphi = \pi/2$.

$$P(\mathbf{w}, \mathbf{b}) = \cos^2(0) = 1$$

Из уравнения следует, что вероятность получения вторым шаром противоположного цвета равна 1. То есть во всех измерениях (испытаниях) всегда второй шар будет иметь противоположный цвет. Если же мы зададим значение параметра $\varphi = \pi/2$, то вероятность будет:

$$P(\mathbf{w}, \mathbf{b}) = \cos^2\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$$

Это означает, что вероятность получения вторым шаром противоположного цвета равна нулю. То есть во всех измерениях (испытаниях) второй шар всегда будет иметь цвет, совпадающий с цветом первого шара. При этом в обоих случаях вероятность получения первым шаром одного из цветов всегда равна $1/2$, то есть равновероятно шар будет либо белым, либо чёрным.

Это уравнение мы задали произвольно, априори, не накладывая на процесс никаких других условий. Посмотрим, что следует из этого уравнения. Мы умышленно представили его как произведение двух величин:

$$P(\mathbf{w}, \mathbf{b}) = \frac{1}{2} \times \cos^2(\varphi)$$

Если обратиться к формализму классической теории вероятностей, то можно заметить, что это уравнение фактически имеет вид теоремы умножения вероятностей, которая гласит, что "вероятность совместного появления событий равна произведению вероятности одного из них на условную вероятность другого, когда первое событие уже наступило". И это описание полностью отвечает условиям нашего эксперимента с шарами. Действительно, первый сомножитель - это вероятность обнаружения первого шара с некоторым опре-

делённым цветом. Он либо белый, либо чёрный с вероятностью $1/2$. На второе измерение мы наложили условие: второй шар будет иметь противоположный цвет к первому с вероятностью $\cos^2(\varphi)$. Следовательно, это уравнение в нашем случае однозначно может трактоваться как теорема умножения вероятностей классической теории вероятностей.

Однако уточним всё-таки, действительно ли события являются условно независимыми. Сначала определим чётко эти события. Событие первое: "Первый шар приобретает чёрный цвет". Очевидно, что эта вероятность однозначно определена и равна $1/2$. Понятно, что шар равновероятно получит либо чёрный, либо белый цвет. Это событие является независимым. Какой бы цвет впоследствии ни получил второй шар, вероятность получения первым шаром чёрного или белого цвета неизменна.

Событие второе: "Второй шар приобретает белый цвет, когда первый шар получил чёрный цвет". Наложённое нами выше условие делает это событие зависимым от первого. Если первый шар приобрёл чёрный цвет, тогда и только тогда второй шар может приобрести белый цвет. Если первое событие не наступило, то вероятность получения вторым шаром белого цвета либо не определена, либо цвет будет равновероятно чёрным или белым. То есть вероятность наступления второго события зависит от события первого. По правилам классической теории вероятности:

"Два события А и В называются зависимыми, если появление одного из них изменяет вероятность появления другого" [80].

Получается, что два события по выемке шаров в нашем случае являются все-таки зависимыми. Как было сказано выше, это уравнение совпадает и по внешнему виду, и по описанию [2 - 6] с квантовым уравнением (4.1) закона Малуса

$$P_{++}(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \frac{1}{2} \times \cos^2(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \quad (4.2)$$

где:

$P_{++}(\mathbf{a}, \mathbf{b})$ - вероятность обнаружить частицы в синхронном состоянии. Для запутанных фотонов, например, - это обнаружение состояния, когда фотоны имеют одинаково направленные спины;

(\mathbf{a}, \mathbf{b}) - угол между поляризаторами.

В этом уравнении параметры (\mathbf{a}, \mathbf{b}) имеют конкретное физическое значение. Это угол между осями измерительных поляризаторов. Можно заметить, что это уравнение определенно имеет отношение и к квантовой информации и к теории вероятностей. Действительно, по внешнему виду (4.1) и (4.2) представляет собой формулу теории вероятностей для определения вероятности совместного наступления двух *зависимых* событий. То есть, события "измерение 1-го фотона" и "измерение 2-го фотона" являются зависимыми. Эта зависимость событий и означает передачу какой-то информации. Нет и быть не может зависимости событий без передачи информации между этими зависимыми событиями.

Тем не менее, что интересно, в противоположность рассмотренному нами эксперименту с шарами, в квантовой механике события, описываемые законом Малуса, считаются независимым. Соответственно, при вычислении вероятности наступления совместных событий используется не классическая теория вероятности, а так называемая квантовая теория вероятности:

"Сложение волновых функций (амплитуд вероятностей), а не вероятностей (определяемых квадратами модулей волновых функций) принципиально отличает квантовую теорию от классической статистической теории, в которой для независимых событий справедлива *теорема сложения вероятностей*" [101, с.8].

Этот довод при объяснении ЭПР-парадокса можно услышать довольно часто. Отрицая зависимость событий, которая неявно требует обмена сигналами, утверждается, что вероятности вычисляются по другим, квантовым правилам. То есть события в ЭПР-парадоксе изначально объявляются

независимыми и квантовому правилу сложения амплитуд вероятностей (дающим, к слову, верный результат) противопоставляется правило сложения вероятностей классической теории. Однако указанное правило классической теории совершенно непригодно для использования в нашем эксперименте с шарами. Оно звучит так:

"Вероятность наступления в некоторой операции какого-либо одного (безразлично какого именно) из результатов A_1, A_2, \dots, A_n равна сумме вероятностей этих результатов, если каждые два из них несовместимы между собой".

Это неправильное применение к парадоксу ЭПР классической теории вероятностей, ведь в парадоксе ЭПР результаты наступают не "какой-либо один", а оба одновременно. Причём, более того, несовместимые события - это события вообще никогда одновременно не наступающие! Поэтому правило сложения вероятностей здесь совершенное неуместно. Но цель этого противопоставления очевидна: обосновать нелокальность. Она явочным порядком отрицает положения традиционной теории вероятности на зависимые и независимые события и обосновывает новые положения – квантовую вероятность, квантовые правила вычисления вероятности событий (сложение амплитуд вероятностей). Только так можно сохранить лоренц-инвариантность и исключить конфликт квантовой механики со специальной теорией относительности. Но, во-первых, подобный компромисс служит почвой для возникновения мистических взглядов на природу (нелокальность имеет все признаки паранормального, мистического явления), и, во-вторых, похоже, что отстоять лоренц-инвариантность не удалось. Главным арбитром в этом вопросе признан знаменитый физик-экспериментатор Аллен Аспект. В процессе исследования явления нелокальности (это наша трактовка, поскольку, в сущности, эксперименты были направлены именно на это) Аллен Аспект приводит аналитические обоснования на примере мысленного эксперимента Эйнштейна-Подольского-Розена (эксперимента ЭПР). Схе-

матично установку для проведения этого эксперимента можно изобразить следующим образом:

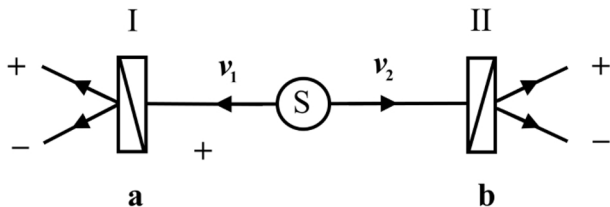


Рис.4.7. Мысленный эксперимент ЭПР с фотонами.

Это оптический вариант мысленного эксперимента Эйнштейна-Подольского-Розена в версии Бома [2 - 6]. Два фотона ν_1 и ν_2 , испускаемые источником S в состоянии $|\Psi(1,2)\rangle$, проанализированы линейными поляризаторами I и II в направлениях **a** и **b**. Можно измерять вероятности одинарного или парного обнаружения в каналах поляризаторов. Предположим, что вектор состояния поляризации, описывающий пару:

$$|\Psi(\nu_1, \nu_2)\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \{|x, x\rangle + |y, y\rangle\}$$

где $|x\rangle$ и $|y\rangle$ - линейные состояния поляризации. Это состояние замечательно: не может быть разложено на два состояния, привязанных к каждому фотону, так что мы не можем приписать никакого определенного состояния каждому фотону. В частности мы не можем назначать никакую поляризацию для каждого фотона. Такое состояние, описывающее систему нескольких объектов, о которых можно думать только глобально, является *запутанным состоянием*.

Мы производим линейные измерения поляризации на этих двух фотонах анализаторами I и II. Анализатор I в направлении **a** имеет два выхода, снабженные датчиками и дает результаты + или - на соответствующем датчике, если встречена линейная поляризация параллельная или перпендикулярная к **a**. Анализатор II в направлении **b** действует аналогично.

Как и для шаров рассмотрим характерные (крайние)

значения угла между поляризаторами. Если угол (\mathbf{a}, \mathbf{b}) между измерительными осями поляризаторов равен нулю, то на их выходе фотоны всегда будут иметь одинаковую поляризацию с единичной вероятностью, то есть всегда будут регистрироваться пары соответствующими датчиками+ на обоих анализаторах:

$$P_{++}(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \cos^2(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \cos^2(0) = 1$$

Это значит, что если первый фотон из пары принят датчиком+ анализатора I, то второй фотон обязательно будет принят датчиком+ анализатора II, и наоборот. Если же первый фотон из пары принят датчиком- анализатора I, то и второй фотон будет принят датчиком- анализатора II, и наоборот.

Когда угол между поляризаторами равен $\pi/2$, то на их выходах фотоны никогда не будут иметь одинаковую поляризацию и всегда будут регистрироваться в противоположных каналах своих поляризаторов, и на одноименных выходах датчиков+ анализаторов никогда не будут регистрироваться фотоны одновременно:

$$P_{++}(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \cos^2(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \cos^2\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$$

Такое сходство квантовых уравнений для фотонов не случайно совпадает с изобретёнными выше уравнениями для наших черно-белых "квантовых" шаров. Это два тождественных процесса. Поэтому, как и выше, здесь мы тоже имеем полное право допустить, что квантовые частицы – фотоны, подчиняющиеся закону Малуса, описываются классической теорией вероятности как два *зависимых* события.

Однако в квантово-механическом описании этих процессов принято считать эти события независимыми. Насколько обоснованно наше заключение, противоречащее квантово-механическому, что события в эксперименте с запутанными фотонами следует считать зависимыми? Такая зависимость событий друг от друга хорошо заметна. Действительно, поляризация второго фотона зависит от поляризации первого. Ален Аспект так описывает это явление:

i. Фотон ν_1 , который не имел явно определенной поляризации перед ее измерением, получает поляризацию, связанную с полученным результатом, во время его измерения: это не удивительно.

ii. Когда измерение на ν_1 сделано, фотон ν_2 , который не имел определенной поляризации перед этим измерением, проектируется в состояние поляризации, параллельное результату измерения на ν_1 . Это очень удивительно, потому что это изменение в описание ν_2 происходит мгновенно, безотносительно расстояния между ν_1 и ν_2 в момент первого измерения" [2 - 6].

Недвусмысленно, однозначно, предельно определено: "Когда сделано", тогда "проектируется". Налицо причинно-следственные отношения. Причина: "сделано измерение", следствие: "проектируется". "Как только сделано" первое, так сразу же наступает второе - "проектируется". Тем не менее, квантовая механика в лице её ведущих физиков упорно утверждает: события являются независимыми. Главной причиной констатации этой независимости является лоренц-инвариантность, которую, понятное дело, никто из квантовых физиков сомнению не подвергает. Напомним, что квантовый формализм даёт верные предсказания в этих экспериментах. Казалось бы, всё просто замечательно, и беспокоиться не о чем. Однако неизбежной платой за спасение лоренц-инвариантности стало введение понятия нелокальности, которая должна была окончательно снять все вопросы о зависимости событий "когда сделано - тогда проектируется". Тем не менее, вопрос остался: как же всё-таки объяснить это самое никуда не девшееся "когда сделано - тогда проектируется"?! Нелокальность в этом случае получила явные признаки мистического, паранормального явления: визуальная зависимость имеется, но формально её нет. Присмотримся к этому противоречию более внимательно. Начнём с того, что попробуем конкретизировать, о каких же событиях, собственно, идёт речь? Еще раз обратимся к уравнению закона Малуса (4.2), верно описывающему явление запутанности:

$$P_{++}(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \frac{1}{2} \times \cos^2(\mathbf{a}, \mathbf{b})$$

В этом уравнении виден ещё один довод в пользу квантово-механической трактовки процесса как независимых событий. Мы видим, что справа от знака равенства стоит произведение двух величин. Случайно или нет, но оно выглядит как произведение двух вероятностей (события А и события В). Из классической теории вероятностей известно:

"Если для событий А и В выполняется равенство $P(AB)=P(A)P(B)$, то эти события независимы".

Иногда эту теорему называют обратной теоремой умножения вероятностей, иногда признаком того, что события являются независимыми. "Что такое независимые события в жизни - понятно каждому. Это значит, что между событиями отсутствует причинно-следственная связь, осуществление одного никак не влияет на другое". Казалось бы, приведённое уравнение явно подпадает под это определение. Действительно, вероятность события А "регистрация фотона датчиком+ анализатора I" - это $P(A) = 1/2$; вероятность события В "регистрация фотона датчиком+ анализатора II" - это $P(B) = \cos^2(\mathbf{a}, \mathbf{b})$; результирующая вероятность "совместная регистрация фотонов датчиками+ анализаторов I и II" - это $P(AB)$. О чём теперь можно спорить?! Есть о чём.

Дадим словесное описание этого уравнения в виде, удобном для нашего анализа. Вероятность $P(AB)$ - это "вероятность того, что фотоны будут зарегистрированы одновременно в + каналах поляризаторов, которая зависит от угла между поляризаторами". Обратим внимание, что в этом описании угол между поляризаторами подразумевает как расстояние между ними, так и время между измерениями. Действительно, когда фотоны разлетелись, ничто не мешает нам повернуть эти поляризаторы (что, кстати, проделывал и Алэн Аспект). И любой поворот в любое время будет учтён в момент прохождения поляризаторов фотонами (эксперименты Аспекта это подтвердили)! Угол определяется обоими поля-

ризаторами независимо от расстояния и времени полёта вопреки утверждению Эйнштейна, что пространственно отдаленные системы не могут влиять друг на друга [152].

В момент второго измерения об изменении положения первого поляризатора сразу же становится известно второму поляризатору. Другими словами, этот угол (положение удалённого поляризатора) может постоянно изменяться, но в момент прихода фотонов он становится однозначно определённым. В момент прохождения второго фотона через свой поляризатор, этот второй фотон примет свою поляризацию, которая однозначно определяется положением первого поляризатора (углом с ним)! Этот второй фотон получит не какую-то, неизвестно откуда взявшуюся поляризацию, а поляризацию, которая зависит от положения удалённого от фотона первого поляризатора.

Как можно произвести решение уравнения Малуса традиционным способом? Мы определяем (фиксируем, вычисляем, измеряем) угол близлежащего к нам (второго) поляризатора. Затем получаем (по почте, по телефону, по радио или глядя в телескоп) угол (положение) удалённого (первого) поляризатора и вычисляем как разницу результирующий угол. После чего подставляем его значение в уравнение закона. Результат наших вычислений зависит от получения положения удалённого поляризатора. В описанных обстоятельствах отрицать зависимость событий в экспериментах Аспекта (в парадоксе ЭПР, в законе Малуса) - полный абсурд.

С учетом сказанного, попробуем дать другое определение событиям, которые описываются квантовой нелокальностью в этом эксперименте и которые входят (похоже, незаметно для многих) в уравнение закона Малуса. Очевидно, первым событием А остаётся событие "Регистрация первого фотона в + канале регистратора". Это автономное, независимое событие, имеющее вероятность наступления $1/2$. Нет никаких указаний на то, что это значение вероятности может быть изменено каким-либо способом. Ничто не может влиять на исход первого измерения. При любом измерении

эта величина вероятности остаётся неизменной, то есть на неё в принципе не оказывается никакого влияния. Либо это такое "влияние", которое никак не изменяет результат.

Но этого нельзя сказать о втором измерении. Его результат *явно* зависит от результата первого измерения. Второе событие (событие В) никогда *не наступит*, пока не наступит первое! А в чем состоит оно, это второе событие? Правильным следует считать такое определение второго события: "Регистрация второго фотона в + канале регистратора, который повернут под углом к первому регистратору при условии, что первый фотон был зарегистрирован в + канале регистратора", то есть, когда событие А наступило. В такой формулировке событие В является условно зависимым от события А. Вероятность этого события равна:

$$P_A(B) = \cos^2(\theta)$$

где:

θ – угол между поляризацией фотона и поляризатора, который с учетом условий нашего эксперимента в точности равен углу между поляризаторами.

Невозможно представить себе *совместное* обнаружение фотонов, если один из регистраторов не обнаружил фотона. Это означает, что наступление второго события возможно тогда и только тогда, когда наступило событие первое. Классическая теория вероятностей это объявляет признаком *зависимости* событий.

Если второе событие не наступило, то вероятность совместного обнаружения фотонов - событие недостоверное:

"Два события считаются независимыми, если вероятность одного из них не зависит от появления или не появления другого события".

Если второе событие наступило - то вероятность совместного обнаружения фотонов становится определённой величиной. То есть, мы твёрдо убеждены, что описанные два события, входящие в выражение закона Малуса - *зависимые*. Но как же быть с определением независимости событий,

приведённым выше? Возникает двусмысленность? Нет. В той же классической теории вероятностей есть такое определение:

"Теорема умножения вероятностей. Вероятность произведения двух событий (совместного появления этих событий) равна произведению вероятности одного из них на условную вероятность другого, вычисленную при условии, что первое событие уже наступило: $P(AB) = P(A)P_A(B)$ ".

Кроме того есть определение, проводящее связь между приведёнными формулировками теорем умножения:

"Определение. Событие В называется независимым от события А, если появление события А не изменяет вероятности В, то есть $P_A(B) = P(B)$ ".

Что следует из приведённых доводов? Главное: события при измерении двух удалённых фотонов являются *зависимыми*. А это означает, что между ними имеется какая-то связь, которая противоречит лоренц-инвариантности. То есть, квантово-механическая запутанность противоречит теории относительности Эйнштейна. С позиции релятивистской теории не могут два удалённых объекта взаимодействовать, передавать друг другу какую-либо информацию быстрее скорости света. Налицо противоречие между явлением нелокальности квантовой механики и специальной теорией относительности. Противоречие это возникло при попытке отказаться от мистической квантово-механической нелокальности и использовании для объяснения явления запутанности положений классической теории вероятности. От нелокальности мы отказались, но взамен получили противоречие с лоренц-инвариантностью. Нелокальность - это мистическое синхронное поведение объектов при отсутствии между ними какой бы то ни было связи. Трактовка с позиции классической теории вероятности - это признание сверхсветовой связи между объектами. Этакое абсурдное воплощение эйнштейновского локального реализма, "призрачного дальнего действия" по Эйнштейну.

Однако, мы не склонны считать это подменой одного мистического явления другим. Сверхсветовой синхронизм поведения - физический факт. Более того. Следует ожидать, что этот факт должен проявиться и в чём-либо ещё. И такое проявление имеет под собой весьма веские основания, позволяя поставить под вопрос истинность специальной теории относительности.

Противоречие между квантовой механикой и СТО

Предельная величина скорости передачи информации, равная скорости света, является прямым и корректным выводом специальной теорией относительности. Никакой сигнал не может быть передан от одного объекта к другому быстрее, чем световой сигнал. Однако в квантовой механике экспериментально было зафиксировано явление, проявляющееся в том, что состояние одной квантовой частицы как бы передаётся другой квантовой частице практически мгновенно, или со скоростью, многократно превышающей скорость света. Это явление связано с коллапсом волновой функции запутанных частиц и обычно обозначается как нелокальность.

До настоящего времени не зафиксировано наличие какого-либо сигнала, с помощью которого квантовые частицы обмениваются информацией. Тем не менее, явление запутанности, нелокальности позволяет в принципе, как показано выше в мысленном эксперименте с самолетами, организовать проведение реального физического эксперимента, который явным образом может трактоваться как демонстрация информационной сверхсветовой связи между частицами, что в свою очередь позволяет показать синхронность хода часов, движущихся друг относительно друга. Формально это означает, что утверждение СТО о замедлении хода движущихся часов противоречит явлению нелокальности.

В общенаучном смысле понятие нелокальности непосредственно связано с понятием "локального реализма Эйнштейна", основа которого была заложена так называемым

ЭПР-парадоксом [153]. Суть парадокса сводится к непризнанию нелокальности квантовой механики, которой и противопоставлен локальный реализм. Суть этого противопоставления хорошо сформулировал российский физик С.И.Доронин [43, 44]:

"Насчет того, что понимать под нелокальностью в КМ, то в научной среде, я считаю, сложилось некоторое согласованное мнение на этот счет. Обычно под нелокальностью КМ понимают то обстоятельство, что КМ противоречит принципу локального реализма (его еще часто называют принципом локальности Эйнштейна).

Принцип локального реализма утверждает, что если две системы А и В пространственно разделены, тогда при полном описании физической реальности, действия, выполненные над системой А, не должны изменять свойства системы В".

Отметим, что главным положением локального реализма в приведенной трактовке является отрицание взаимного влияния друг на друга пространственно разнесенных систем со скоростью быстрее света. Введенное в работе ЭПР понятие элемента физической реальности послужило толчком для появления так называемых теорий с дополнительными параметрами, призванными объяснить явление связи состояний запутанных частиц (нелокальности):

"...для наших целей нет необходимости давать исчерпывающее определение реальности. Мы удовлетворимся следующим критерием, который считаем разумным. Если мы можем, без какого бы то ни было возмущения системы, предсказать с достоверностью (т.е. вероятностью, равной единице) значение некоторой физической величины, то существует элемент физической реальности, соответствующий этой физической величине" [153, с. 605].

Из этого непосредственно следует, что после разделения какой-либо системы на составляющие, измерение в одной из них никак не может отразиться на состоянии другой, достаточно удаленной от неё.

"Никакое разумное определение реальности не должно, казалось бы, допускать этого" [там же, с. 611].

Это весьма важное предположение:

"Весомость последнего предложения многие авторы, пытающиеся сохранить копенгагенскую интерпретацию, принципиально недооценивают или вообще ее не понимают и не осознают" [40].

Следует отметить, что Эйнштейн не отрицал зависимости состояний запутанных частиц, но считал, что эта зависимость формируется в момент запутывания частиц, после чего они сохраняются до конца опыта. То есть, коррелированные состояния частиц формируются случайным образом в момент их разделения. В дальнейшем они сохраняют полученные при запутывании состояния, и "хранятся" эти состояния в неких элементах физической реальности, описываемых "дополнительными параметрами", поскольку измерения над разнесенными системами не могут влиять друг на друга:

"Но одно предположение представляется мне бесспорным. Реальное положение вещей (состояние) системы S_2 не зависит от того, что проделывают с пространственно отделённой от неё системой S_1 " [152, с.290].

"...так как во время измерения эти две системы уже не взаимодействуют, то в результате каких бы то ни было операций над первой системой, во второй системе уже не может получиться никаких реальных изменений" [153, с.608].

Однако, в 1965 году Джон Белл провел обобщенный математический анализ теорий с дополнительными параметрами, основанных на этом выводе Эйнштейна. В наше время эти исследования известны как "теорема Белла" или "неравенства Белла". В корректных математических выкладках показано, что квантовые корреляции вопреки теориям с дополнительными параметрами не могут быть статистическими, вероятностными, случайными, что проявляется в нарушении неравенств Белла. Но если не частицы имеют сверхсветовую связь, то тогда функцию сверхсветового передатчика должны взять на себя измеряющие устройства (стр.140)! Без сверх-

световой связи, как видим, объяснить корреляцию не удастся. Теорема Белла, если быть строго последовательными, не отрицает наличие эйнштейновских элементов физической реальности, а доказывает, что состояния связанных частиц не являются вероятностными. Заметим, что если два измерения совпадают не случайно, то между ними обязательно имеется связь.

Как говорится, точку в этом споре поставили эксперименты, проведенные в 1981 году Аленом Аспектом, который пришел по их результатам к важным выводам: в процессе измерения поляризации двух запутанных фотонов состояния второго фотона становится тождественным состоянию первого сразу же после измерения первого фотона, мгновенно и безотносительно расстояния между ними. Полученная картина, согласно его выводам, не согласуется с теорией относительности [2 - 4].

Таким образом, математические доказательства получили экспериментальное подтверждение. Но это означает, с одной стороны, что нелокальность предполагает некоторую связь между разделенными частицами, а с другой стороны такой связи нет в релятивистском смысле. Хотя влияние друг на друга измерений запутанных частиц распространяется со сверхсветовой скоростью, но при этом как таковой нет никакой передачи информации между частицами. Получается, что влияние измерений друг на друга есть, но передачи этого влияния нет. На основании этого делается вывод, что нелокальность, в сущности, не противоречит специальной теории относительности. Передаваемую условную информацию между ЭПР-частицами для определенности назвали "квантовой информацией".

Итак, нелокальность – это явление, противопоставленное эйнштейновскому локальному реализму. При этом для локального реализма как данность принимается лишь одно: отсутствие традиционной (релятивистской) информации, передаваемой от одной частицы к другой. Иначе следовало бы говорить о "призрачном дальнем действии", как его назвал

Эйнштейн. Присмотримся к этому дальнодействию, насколько оно противоречит специальной теории относительности и самому локальному реализму. Мы должны согласиться с тем, что, во-первых, призрачное дальнодействие принципиально ничем не отличается от квантово-механической нелокальности. Действительно, ни там, ни там нет как таковой передачи релятивистской (досветовой) информации. Поэтому дальнодействие так же не противоречит специальной теории относительности, как и нелокальность. Во-вторых, призрачность дальнодействия не более призрачна, чем квантовая нелокальность. В самом деле, в чем состоит суть нелокальности? В выходе на другой уровень реальности? Но это ни о чем не говорит, а лишь допускает различные мистические и божественные расширенные толкования. Никакого сколь-нибудь разумного и развернутого физического описания (а тем более, объяснения) нелокальность не имеет. Имеется лишь простая констатация факта: два измерения *коррелированы*. А что можно сказать об эйнштейновском призрачном дальнодействии? Да ровно то же самое: нет никакого сколь-нибудь разумного и развернутого физического описания, такая же простая констатация факта: два измерения *связаны* друг с другом. Вопрос фактически сводится к терминологии: нелокальность или призрачное дальнодействие. И признанию, что ни то, ни другое специальной теории относительности формально не противоречит. Но это означает не что иное, как непротиворечивость и самого локального реализма (локализма). Главное его утверждение, сформулированное Эйнштейном [152, с.290], безусловно, остается в силе: между системами S_2 и S_1 нет никакого взаимодействия, гипотеза о призрачном дальнодействии не вносит в локальный реализм Эйнштейна ни малейших противоречий. Следовательно, попытка отказа от призрачного дальнодействия в локальном реализме логически требует такого же отношения к ее квантово-механическому аналогу – нелокальности. В противном случае это становится двойным стандартом, ничем не обоснованным двойным подходом к

двум теориям. Вряд ли такой подход заслуживает серьезного рассмотрения.

Таким образом, гипотезу о локальном реализме Эйнштейна следует сформулировать в более полном, уточненном виде: "Реальное состояние системы S_2 в *релятивистском смысле* не зависит от того, что предельвают с пространственно отделённой от неё системой S_1 ". С учетом этой небольшой, но важной поправки теряют смысл все ссылки на нарушения неравенств Белла, как доводы, опровергающие локальный реализм Эйнштейна, который нарушает их с тем же успехом, что и квантовая механика.

Мысленный эксперимент – исходные положения

Рассмотрим более тщательно противоречие между квантовой механикой и СТО еще в одном мысленном эксперименте, который, опираясь на данные реальных физических экспериментов Аспекта, показывает, что часы в движущихся друг относительно друга ИСО идут синхронно вопреки положениям СТО. Соберём экспериментальную установку из трёх ИСО: лабораторной (неподвижной) и двух ИСО А и В, движущихся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями относительно неподвижной ИСО.

Движение двух ИСО А и В с точки зрения неподвижной ИСО происходит в сторону источника запутанных фотонов S с одинаковой удаленности от него таким образом, что фотоны ν_1 и ν_2 из каждой пары достигают каждой своей ИСО одновременно. На рисунке ракетные двигатели у платформ ИСО А и В показаны условно, чтобы продемонстрировать их движение. После разгона платформ двигатели отключаются, и платформы движутся равномерно прямолинейно.

Мы производим линейные измерения поляризации этих двух фотонов анализаторами I и II. Анализатор I в направлении а (движение фотона влево) снабжен двумя датчиками и дает результаты + или -, если встречена линейная поляризации параллельная или перпендикулярная к а. Анализатор II в направлении b (движение фотона вправо) действует анало-

гично. Принцип действия анализаторов основан на изменении направления движения фотона в канал плюс или минус в зависимости от поляризации фотона. На выходе каналов стилизованно изображены датчики с пометками плюс и минус. Не трудно заметить, что установка в общих чертах соответствует мысленному эксперименту Эйнштейна-Подольского-Розена-Боба с фотонами, приведенному в статье Алена Аспекта.

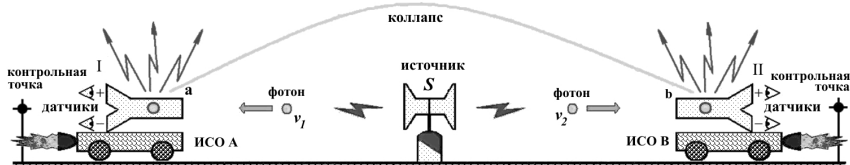


Рис.4.8. Две движущиеся инерциальные системы с точки зрения неподвижной ИСО.

Источник запутанных фотонов неподвижен и фотоны из каждой пары приходят в движущиеся ИСО одновременно. Строенные стрелки-молнии указывают на точки, в которых находились фотоны в момент коллапса волновой функции.

Допустим, что скорость сближения двух ИСО равна приблизительно $0,86c$, что соответствует релятивистскому замедлению времени в 2 раза. Расстояние между ИСО А и В выбираем таким, что каждая из ИСО достигнет источника фотонов S через 2 часа. Каждый из фотонов v_1 и v_2 достигает соответствующего измерителя I или II, в котором происходит его измерение, в результате чего волновая функция $\Psi(1,2)$ системы запутанных фотонов коллапсирует. Дуговой линией коллапс на рисунке условно показана нелокальная связь частиц, условный путь передачи так называемой квантовой информации. При этом частицы приобретают собственные состояния (на рисунке это условно показано строкеными молниями). При этом невозможно определить, какая из частиц первой приобретает собственное состояние вследствие взаимодействия с измерителем, а какая – вследствие полученного сигнала от другой.

Измерения

В момент, когда каждая из ИСО А и В поравнялись с контрольными точками в неподвижной ИСО, изображенными по краям рис.4.8 жирными точками с крестиком, показания их таймеров (часов) сбрасываются в ноль – этот момент считается началом отсчета. При этом с точки зрения, например, ИСО В показания часов А становятся равны 1 часу (то есть, установлены в будущее), рис.4.9а:

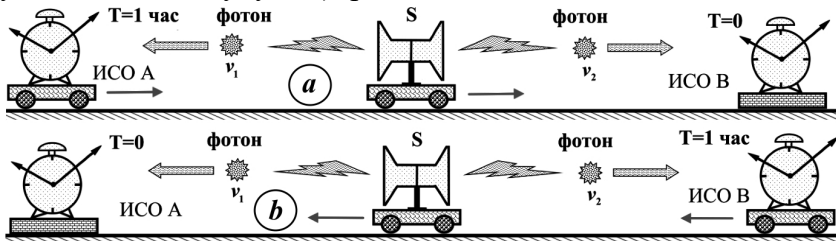


Рис.4.9. а) - вид с точки зрения ИСО В. Она неподвижна, а часы в движущейся ИСО А установлены в 1 час; б) - вид с точки зрения ИСО А. Она неподвижна, а часы в движущейся ИСО В установлены в 1 час.

Напротив, в соответствии со специальной теорией относительности, с точки зрения ИСО А в момент синхронизации часов при совмещении с контрольной точкой в неподвижной ИСО в показания 1 час установлены часы ИСО В.

Поскольку каждая ИСО находится на удалении от источника фотонов S в 2-часах пути, то есть с точки зрения каждой из этих ИСО она будет находиться в пути ровно 2 часа. При этом с точки зрения этих же ИСО часы другой из них идут медленнее в 2 раза, поэтому показания таймеров (часов) в этих движущихся ИСО равны, соответственно, 1 час (исходное время). В момент встречи они покажут $+1$ час (время в пути с учетом замедления темпа хода часов) = 2 часа. То есть, нет никаких расхождений в показаниях часов, всё соответствует положениям СТО.

В процессе движения в каждой из ИСО производятся измерения поступающих от источника S запутанных фотонов.

При этом результаты измерений заносятся условно на бумажную ленту в три колонки. В первой колонке записывается результат измерения канала "плюс" собственного измерителя, во второй колонке – результат измерения канала "минус", в третьей колонке – показания таймера (часов), когда была сделана запись. Если фотон был зарегистрирован в соответствующем канале, то делается запись "плюс", если фотон не зарегистрирован в этом канале (но зарегистрирован в противоположном канале), то запись "минус". Для второй колонки (второго канала), соответственно, наоборот. То есть, в каждой строке всегда будет присутствовать один знак плюс и один знак минус, поскольку фотон может быть зарегистрирован только в одном из каналов.

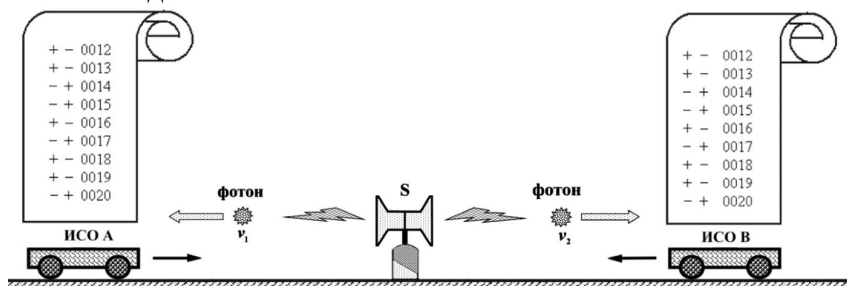


Рис.4.10. Сигнатуры (на рулонах бумаги), в которых отображены данные датчиков и показания часов с точки зрения неподвижной ИСО.

Будем использовать запутанные частицы в состоянии Белла, когда в результате коллапса обе квантовые частицы будут находиться в тождественных состояниях. В этом случае в соответствии с квантово-механическим формализмом и экспериментально подтверждёнными свойствами запутанных частиц две записи: на ленте А и на ленте В будут тождественными. То есть первая и вторая колонки на ленте А будет соответствовать тождественно таким же колонкам ленты В, поскольку оба фотона запутанной пары имеет одинаковую поляризацию.

А каковы будут при этом записи в третьих столбцах, колонках лент? Эти показания также будут в точности одинаковыми. Первой причиной является симметрия системы. С точки зрения неподвижной ИСО каждый фотон из запутанной пары приходит в ИСО А и ИСО В одновременно. То есть с её точки зрения, когда фотон ν_1 зарегистрирован измерителем I, в такой же самый момент будет зарегистрирован измерителем II и фотон ν_2 . При этом для каждого момента времени по часам неподвижной ИСО с её точки зрения показания часов ИСО А и В тождественно равны. Следовательно, в каждой из двух ИСО будет зарегистрирован фотон, время регистрации которого по часам этих ИСО будет одним и тем же. Таким образом, мы приходим к выводу, что записи на каждой из лент А и В будут тождественны.

Анализ результатов

Когда две ИСО сойдутся в точке размещения источника запутанных фотонов S, будут получены две ленты с записями наблюдателей А и В. Как было показано, эти ленты являются тождественными. Это означает, что с точки зрения каждой из ИСО были получены соответствующие фотоны из пар в одно и то же время с точки зрения каждой из этих ИСО.

Сразу же бросается в глаза кажущееся противоречие с СТО. Рассмотрим его суть с позиции ИСО А. Как видно из ленты, каждый из фотонов пары поступал в датчик I с интервалом в 1 секунду. Но с таким же интервалом второй фотон поступал и в ИСО В. На первый взгляд может показаться, что это означает одинаковый темп хода часов в ИСО А и ИСО В с точки зрения ИСО А. На самом же деле СТО даёт этому простое объяснение: хотя часы в ИСО В идут в два раза медленнее, но и фотоны прибывают в неё в два раза реже, поскольку интервалы в ИСО В также сокращены в два раза. Поскольку расстояния в ИСО В с точки зрения ИСО А укорочены в два раза, то в интервал между двумя фотонами помещается два отрезка ИСО В, что соответствует в два раза более редкому поступлению фотонов в ИСО В. Но поскольку

часы ИСО В с точки зрения ИСО А идут также в два раза медленнее, то и показания часов, фиксирующих прибытие фотонов, будут такими же, как и в ИСО А. То есть, формально равенство записей лент А и В здесь не противоречит СТО.

Рассмотрим полученные результаты с учетом положений квантовой механики. С позиции неподвижной ИСО S оба фотона ν_1 и ν_2 из пары прибывают в измерители А и В одновременно. Поэтому коллапс волновой функции пары происходит "по вине" одного из фотонов, которым может быть любой фотон из пары.

В соответствии с СТО в момент, когда с точки зрения ИСО А один из фотонов пары был первым зарегистрирован её измерителем, другой фотон находился на большом удалении от ИСО В. Действительно, с её точки зрения ИСО В находится на большем удалении от источника S (в два раза), чем ИСО А, поскольку двигалась меньшее время (в два раза), поэтому и достигнет он её в два раза позднее. Это означает, что когда фотоны получили собственные состояния, один из них находился в измерителе ИСО А (точка коллапса I), а другой – на подлете к ИСО В (точка коллапса IV):

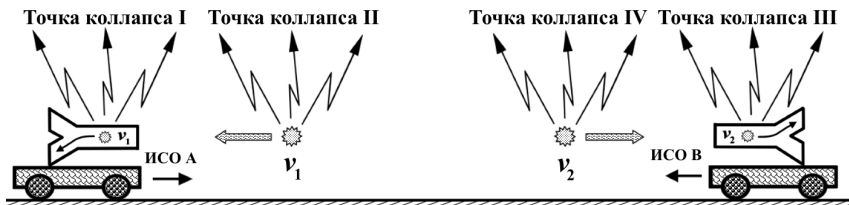


Рис.4.11. Точки в пространстве, где коллапсируют фотоны с разных точек зрения

На первый взгляд никакого противоречия нет: фотон ν_1 получил своё состояние вдали от ИСО В (точка коллапса IV), затем прибыл в неё и был зарегистрирован в соответствующем канале измерителя В. В этом случае будет наблюдаться описанная выше картина на лентах А и В – тождество (или симметрия). Тем не менее, возникает парадокс. Оказывается,

фотон не может получить своё состояние нигде, кроме как вблизи от измерителей – в точках коллапса I и III.

Парадокс коллапса волновой функции

Рассмотрим теперь описанную картину с точки зрения неподвижной ИСО S. Вследствие симметрии системы мы явно наблюдаем: оба фотона получили своё состояние вблизи от своих измерителей. Только там и нигде более, это очевидное обстоятельство. Что означает "вблизи"? В экспериментах по квантовой нелокальности точность фиксации местоположения фотона достигала от долей до единиц метров. Этого более чем достаточно для наших целей.

Но эти рассуждения проделаны для неподвижной, средней ИСО S. Справедливы ли они для ИСО A и ИСО B? Рассмотрим событие "Проецирование фотона в собственное состояние". Это событие имеет две особенности. Первая: не существует никаких физических средств выяснить, в каком состоянии находится фотон. Второе: собственное состояние фотон приобретает либо в процессе измерения, либо при измерении своей запутанной пары. То есть момент времени, когда фотон получает своё состояние, может быть однозначно зафиксирован. Процесс измерения фотона – это зависимое от места событие. Выше мы умышленно привязывали это событие не просто к месту в Пространстве-Времени, а к другому событию – измерению. Измерение фотонов происходит в измерителях A или B. То есть, два события: упомянутое "Проецирование фотона в собственное состояние" и "Измерение фотона в измерителе A или B" - это два события (из четырех), пространственное расстояние между которыми равно нулю, они происходят в одной точке пространства. А из этого следует вывод СТО: если два события произошли в одном и том же месте с точки зрения одной ИСО, то это справедливо и для любой другой ИСО. Можно сказать и проще: если событие произошло в некотором физическом месте, связанным с каким-либо материальным телом, то это справедливо для любой ИСО. Вопрос относительности од-

новременности в данном случае значения не имеет, поскольку речь идет именно о *месте* состоявшегося события. В принципе существуют ИСО, в которых это событие ещё не наступило, но когда наступит, то произойдет оно именно в этом месте.

С учетом этих обстоятельств мы приходим к парадоксу: наши рассуждения в рамках СТО показывают, что событие проецирования фотона в собственное состояние для разных ИСО произошло в разных местах (рис.4.11). С точки зрения ИСО А, фотон ν_2 , зарегистрированный впоследствии измерителем в движущейся ИСО В, получил собственное состояние в точке коллапса IV. А с точки зрения неподвижной ИСО фотон ν_2 получил своё собственное состояние в точке коллапса III. Получается, что СТО *даёт два взаимоисключающих предсказания*. Справедливости ради необходимо подчеркнуть, что эти два взаимоисключающих предсказания получились из предположения, что коллапс волновой функции происходит мгновенно независимо от расстояния между объектами. А мгновенная передача сигнала в СТО невозможна. Но с другой стороны, собственно передачи сигнала не зарегистрировано, и, более того, в квантовой механике введено понятие "нелокальность", чтобы подчеркнуть, что поведение запутанных частиц не связано с передачей классической информации. Для определенности просто ввели новое понятие – квантовая информация.

Еще раз рассмотрим ленты А и В, зарегистрировавшие результаты измерений, с позиции ИСО А. В ИСО А интервал времени между любыми соседними событиями равен 1 секунде. При этом наблюдатели в этой ИСО знают, что мгновенно, на любом расстоянии от них произошли парные события: регистрация вторых фотонов из пар. Причём интервал времени между этими событиями ввиду их мгновенности тоже равен 1 секунде. Наблюдатели в ИСО В уже со своей точки зрения зафиксировали по собственным часам тот же самый интервал – 1 секунду. Но с точки зрения СТО для наблюдателя в ИСО А часы в ИСО В идут медленнее в два

раза, поэтому интервал в ИСО В "видится" наблюдателю в ИСО А в два раза короче. Измерения же определенно показывают: интервалы равны! То есть мгновенно переданный из ИСО А в ИСО В сигнал зафиксировал синхронность хода часов этих ИСО. Причём, используя сигнатуру, то есть уникальную, редко повторяющуюся последовательность сигналов на лентах А и В мы обнаружим, что абсолютное время их регистрации в точности совпадает для ИСО А и ИСО В. Это означает, что часы этих двух ИСО идут не только синхронно, но и нет никакого лоренцева смещения их показаний. При первичной установке в ноль часов по контрольным точкам лабораторной ИСО показания часов обеих ИСО были равны. Не было смещения показаний движущейся ИСО в будущее по отношению к показаниям часов неподвижной ИСО.

Такие выводы следуют, если принять мгновенность передачи состояния между запутанными частицами. Если признать, что это взаимодействие происходит со скоростью света, то парадокс для СТО исчезает. Но возникает противоречие с квантовыми экспериментами Алена Аспекта, которые показали, что влияние между частицами происходит со сверхсветовой скоростью. Слабым выходом из положения могло бы быть признание того, что релятивистские эффекты являются математическим формализмом, кажущимися явлениями, а экспериментально наблюдаемые релятивистские эффекты вызваны другими причинами. Это относится главным образом к явлению замедления темпа хода часов. В литературе нет описаний наблюдения чистого (классического) СТО-эффекта замедления хода часов. Вывод о его наличии делается на косвенных основаниях, которые, надо признать, не только логичны, последовательны, но и прекрасно вписываются в экспериментальные результаты. Что касается сокращения длин отрезков, то эксперименты, в которых были зафиксированы инструментально, также не известны: сокращение отрезков - всего лишь вынужденный вывод, логические следствия, которые, тем не менее, прекрасно объясняют многие явления.

То, что описанный мысленный эксперимент, который можно провести как чисто физический, в реальных условиях, противоречит математической теории, является существенным основанием для ограничения применимости теории к реальному миру. Поэтому есть необходимость проведения экспериментов по проверке выполнения в реальности принципа инвариантности скорости света. Поскольку существование сверхсветовой частицы отрицать невозможно, следует ожидать, что такой эксперимент подтвердит нарушение второго постулата СТО в физической реальности, к которой теория относительности неприменима, то есть, она является чистой математической задачей.

Логика и философия нелокальности

Собственно говоря, что представляет собой эта загадочная, мистическая нелокальность? Как известно, в 1935 году Эйнштейном, Подольским и Розеном был поднят вопрос о полноте квантовой механики, который был впоследствии решён в пользу квантовой механики. В результате возникло понятие "нелокальность", отражающее сверхсильные корреляции, превосходящие классические. Такие сильные вероятностные корреляции Эйнштейн называл "пугающим дальним действием". Суть её простыми словами можно выразить так: запутанные квантовые частицы не передают друг другу информацию, но ведут себя так, будто они эту информацию передают, причем мгновенно и на любое расстояние, повторяя, отражая, как в зеркале, свои состояния. К такому противоречивому выводу квантовая теория пришла неизбежно, поскольку стремилась сохранить приверженность теории относительности. Но это не совсем корректная позиция. Действительно, теория относительности – это совершенно другая теория, не являющаяся разделом квантовой теории. Мгновенная передача информации самой квантовой механике не противоречит, не приводит внутри неё ни к каким парадоксам. Мгновенная передача противоречит теории относи-

тельности. Но причём здесь квантовая механика? Это проблема не квантовой механики, это проблема теории относительности! Сейчас мы не будем рассматривать этот вопрос, а просто примем нелокальность (запутанность частиц) как установленный факт со всеми её свойствами, а расстояние, на котором они проявляются, будем считать неограниченным. И решить этот антагонизм двух теорий может только независимый арбитр, стоящий над этими теориями.

Формальная логика не допускает истинности высказываний типа "связь есть, но её нет". В квантовой теории, казалось бы, нашли выход из этого тупика: между частицами передаётся так называемая "квантовая информация", которая отличается от информации классической. Но сама фраза "передаётся нечто" уже требует наличия этого "нечто". Неважно, как его называть "квантовая информация" или как-либо иначе, вопрос сразу же переходит в философскую плоскость материальности этого "нечто". Можно закрыть глаза на это, не вдаваться в эти философские тонкости, но они никуда не исчезают. При любых достаточно глубоких рассуждениях материальность носителя "квантовой информации" неизбежно выходит на передний план. От ответа на этот вопрос о материальности носителя "квантовой информации" уйти невозможно.

Можно привести немало примеров противоречивости нелокальной формулы. Например, предположим, что две монеты всегда выпадают одной и той же стороной. Это нелокальность. Без признания наличия связи между ними невозможно дать логически разумное объяснение такому поведению, только мистическая нелокальность. Или игральные кубики, которые всегда выпадают одинаковым числом вверх. Разумеется, все числа на кубиках выпадают равновероятно, но всегда одинаковые. Можно смело заявить, что не существует разумного логического объяснения этому явлению, если отрицать передачу сигналов от одного объекта к другому.

Квантовая механика не предлагает никакого объяснения

явлению такой высокой корреляции (нелокальности), только описывает её проявления. В сущности, нелокальность не является частью квантовой теории, она за пределами этой теории. Поэтому квантовой механике нет никакого дела до того, мистика это или за ней скрываются какие-либо реальные физические процессы.

Между запутанными частицами явно просматривается информационная связь, которая *в принципе* не может существовать без физического носителя. Квантово-механическое, математическое описание этой связи верное, но *никакая информация не может быть передана без физического носителя*, будь то частица, поле, волна или почтовые голуби. Только выявление этого носителя и создание способов его регистрации может позволить использовать запутанность для передачи информации и дать возможность Бобу без использования классических (досветовых) каналов связи определить, какие действия со своим поляризатором совершала Алиса или какую частицу телепортировала. На роль такого носителя сверхсветовой информации как нельзя лучше подходит тахион – гипотетическая частица, обнаружить которую пока не удалось.

Квантовые "нелокальные кубики"

В рассмотренных выше квантовых мысленных экспериментах сверхсветовой сигнал не был представлен каким-либо конкретным физическим агентом, носителем, частицей. Однако, существует реальная возможность представить этот эфемерный носитель в явном материальном виде. Вне всякого сомнения, он на самом деле не является эфемерным, просто в настоящее время не существует не только экспериментальных возможностей его обнаружить, но даже нет сколько-нибудь приемлемого формального, теоретического его описания. Поэтому можно рассмотреть иной вариант его материализации, так сказать, "вложить" его в некий материальный носитель. Для этого в рассмотренном выше мысленном эксперименте (стр.224) воспользуемся парой

своеобразных игральных костей, названных квантовыми "нелокальными кубиками". При их использовании наблюдатели E и D увидят, что одни и те же "границы" кубиков одновременно выпадают в обеих ИСО - A и B. Если вести в этих ИСО записи последовательных выпадений граней кубиков через одинаковые интервалы времени, то будет видно: в ИСО A и в ИСО B в одно и то же время по их внутренним часам выпадают одинаковые грани. То есть, интервалы времени между одинаковыми результатами "бросания квантовых кубиков" будут одинаковыми. Рассмотрим подробнее, что это за нелокальные кубики. Для наглядности возьмем два 8-гранных "нелокальных кубика", которые изобразим как показано на рис.4.12. Каждый из кубиков изготовлен из октаэдра. Кубиками они названы условно, по аналогии с обычными игральными кубиками (костями), поскольку у этих кубиков не 6, а 8 граней. Его грани могут быть раскрашены в разные цвета, на них могут быть нанесены либо арабские цифры от 1 до 8, либо, как на обычных кубиках, точки - от одной до восьми. При бросании такого кубика на его верхней грани окажется одна из этих цифр или цветов. Но это относится к кубикам, изготовленным из обычных материалов - кости, дерева, пластмассы. Наши же кубики особые. Брошенные в разных местах, они всегда выпадают одной и той же стороной. Очевидно, что "костяных" кубиков с такими свойствами пока изготовить мы не можем. Но мы можем создать квантово-механическую модель этих кубиков на основе явления запутанности. Именно по этой причине и выбраны 8 граней: в этом случае для имитации очень наглядного кубика на основе запутанности можно взять 3 запутанные пары фотонов. Если взять 2 запутанные пары, то это соответствовало бы простенькому игральному тетраэдру. Если взять 4 запутанные пары, то получится менее наглядный 16-гранный кубик. А вот если взять только одну пару, то получится другой, простейший вариант - "орел-решка" с помощью такой же "нелокальной монеты". Напротив, как другую крайность, можно взять традиционный байт - 8 запутанных пар фотонов.

В этом случае получится совершенно невозможный "кубик" с 256-ю гранями.

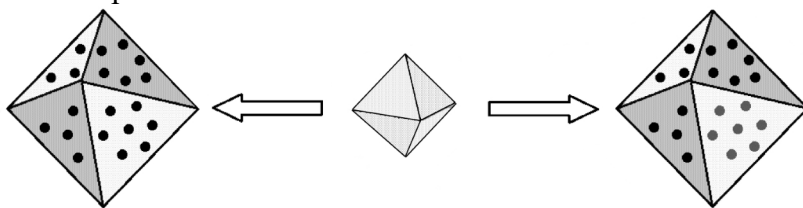


Рис.4.12. Два восьмигранных игральных кубика (игральные кости), сделанные из октаэдров

Итак, модели наших игральных кубиков всегда выпадают одинаковым числом вверх. Разумеется, все числа от 1 до 8 на каждом из кубиков выпадают равновероятно, но при этом всегда одинаковые. Можно смело заявить, что не существует разумного логического объяснения этому явлению, пусть даже оно и называется нелокальностью, если отрицать передачу сигналов от одного объекта к другому. В основу модели таких кубиков положена антилогичная, мистическая трактовка сущности нелокальности. На рисунке схематично изображена схема рассматриваемых квантовых "нелокальных кубиков". Источник запутанных фотонов S испускает в двух противоположных направлениях одновременно "пачками" по 3 последовательные пары запутанных фотонов $\nu_1 \dots \nu_3$, которые поступают на соответствующие поляризаторы Π_1 и Π_2 . С выходов поляризаторов фотоны последовательно поступают на дешифраторы с индикаторами $ДИ_1$ и $ДИ_2$ на сторонах каждого из участников.



Рис.4.13. Квантовые "нелокальные кубики" (игральные кости)

В дешифраторах последовательные фотоны "пачек" преобразуются в электрические импульсы, дешифрируются и подаются на индикатор. Индикатор может быть выполнен как

грань "кубика", оказавшаяся сверху. То есть, он может изменять свой цвет, или высвечивать цифру от 1 до 8, или отображать рисунок в виде некоторого числа точек как на гранях кубика. До тех пор, пока кубик "не брошен" и не остановился, на индикаторе ничего не отображается. Последовательности из трех фотонов позволяют высветить на индикаторах числа от 1 до 8, причём, вследствие запутанности фотонов, на обоих индикаторах, кубиках всегда высвечиваются одинаковые числа. Действительно, волновая функция каждой пары фотонов из "пачки" в нашем случае имеет вид "ЭПР-состояния" Белла:

$$|\phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$$

Три фотонные пары в пачках полностью независимы друг от друга, поэтому для результирующего измерения мы можем рассматривать их совместную (факторизованную) волновую функцию на входе поляризатора в следующем виде:

$$\begin{aligned} |\psi\rangle &= |\phi_1^+\rangle \otimes |\phi_2^+\rangle \otimes |\phi_3^+\rangle = \\ &= \frac{1}{\sqrt{8}}(|0_1 0_1\rangle + |1_1 1_1\rangle) \cdot (|0_2 0_2\rangle + |1_2 1_2\rangle) \cdot (|0_3 0_3\rangle + |1_3 1_3\rangle) \end{aligned}$$

Уравнение отражает вероятность совместного наступления трёх бинарных независимых событий в соответствии с теорией вероятности. Раскроем скобки и запишем все слагаемые уравнения:

$$\begin{aligned} |\psi\rangle &= \frac{1}{\sqrt{8}}|0_1 0_1 0_2 0_2 0_3 0_3\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|0_1 0_1 0_2 0_2 1_3 1_3\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|0_1 0_1 1_2 1_2 0_3 0_3\rangle + \\ &+ \frac{1}{\sqrt{8}}|0_1 0_1 1_2 1_2 1_3 1_3\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|1_1 1_1 0_2 0_2 0_3 0_3\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|1_1 1_1 0_2 0_2 1_3 1_3\rangle + \\ &+ \frac{1}{\sqrt{8}}|1_1 1_1 1_2 1_2 0_3 0_3\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|1_1 1_1 1_2 1_2 1_3 1_3\rangle \end{aligned}$$

Нижними индексами обозначены номера фотонов в каждой из пачек (троек фотонных пар). Как видим, получено

уравнение волновой функции из восьми слагаемых. Это означает суперпозицию восьми равновероятных состояний системы. Если произвести измерение, то, согласно формализму квантовой механики, с вероятностью $|1/\sqrt{8}|^2=1/8$ мы получим одно из этих состояний, например:

$$|\psi\rangle = |0_1 0_1 1_2 1_2 0_3 0_3\rangle$$

Для "нелокальных кубиков" это означает выпадение стороны с двумя точками сверху на каждом из кубиков. Здесь одинаковые индексы относятся, соответственно, к правому и левому кубикам. Поскольку кубики абсолютно равноценные, то можно записать для них одно общее, более наглядное уравнение, не забывая, что оба кубика всегда дают одинаковый результат:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{8}}|000\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|001\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|010\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|011\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|100\rangle + \\ + \frac{1}{\sqrt{8}}|101\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|110\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}|111\rangle +$$

На поляризаторы и регистраторы фотоны поступают последовательно, друг за другом, поэтому на входы дешифраторов поступают бинарные числа (последний фотон из "пачки" с номером 3 соответствует младшему биту), которые будут преобразованы в десятичные числа, точки или цвета и затем выведены на индикатор. Например, если через поляризаторы пройдут фотоны из приведенного выше примера, то бинарный и десятичный коды будут иметь следующие значения:

$$-v_2- \Rightarrow |0_1 0_1 1_2 1_2 0_3 0_3\rangle = 010_2 = 2_{10}$$

В уравнении фотоны, не прошедшие через поляризаторы, показаны прочерком (левый член уравнения). После знаков равенства показаны эти же результаты в двоичной форме (индекс 2) и в десятичной (индекс 10). Поскольку поляризаторы коллинеарные, то вследствие попарной запутанности фотонов через них всегда будут парные прохождения: либо оба фотона пары пройдут через свои поляризаторы, либо

оба будут ими поглощены. Это означает, что показания обоих индикаторов всегда будут одинаковыми. Все "пачки" независимы друг от друга, поэтому числа на индикаторах всегда будут случайными. Другими словами, мы имеем два удалённых друг от друга числовых табло, на которых появляются случайные числа, но всегда одинаковые на обоих табло, своеобразные цифровые игральные кубики с 8 гранями. Эта установка позволяет имитировать действительно "нелокальный кубик", в отличие от обычных кубиков или монет, нелокальную связь между которыми установить классическим средствами невозможно. Эти квантовые "нелокальные кубики" могут быть разнесены на сотни километров и сохранят мгновенную корреляцию.

Помимо трех пачек фотонов в уникальном 8-гранном кубике мы можем как крайность, использовать традиционный байт - 8 запутанных пар. В этом случае получится совершенно невообразимый "кубик" с 256-ю гранями, поскольку набор из восьми фотонов позволяют высветить на индикаторах числа от 0 до 255, причём, вследствие запутанности фотонов, на обоих индикаторах, кубиках всегда высвечиваются одинаковые числа. Схематично такую пару кубиков можно изобразить следующим образом:



Рис.4.14. Квантовые нелокальные кубики с 256 гранями

Источник запутанных фотонов S испускает в двух противоположных направлениях одновременно 8 пар запутанных фотонов $v_1...v_8$, которые поступают на 8 соответствующих вращаемых поляризаторов $\Pi_1... \Pi_8$. На выходах поляризаторов установлены, соответственно, по 8 регистраторов, пре-

образующих прошедшие через поляризаторы фотоны в 8 электрических импульсов на каждой стороне установки. Эти импульсы поступают на двоичные дешифраторы полученного двоичного кода в десятичный и индикаторы, на которых выводятся полученные числа. Каналы на 8 бит позволяют высветить на индикаторах числа от 0 до 255. Поляризаторы строго синхронно вращаются, в любой момент времени располагаясь под одинаковыми углами к горизонту. Вращение создает дополнительное изменение базиса запутанных частиц. Две измерительные установки с индикаторами можно назвать квантовыми нелокальными кубиками (игральные кости). Волновая функция каждой пары фотонов из "пачки" в нашем случае имеет вид "ЭПР-состояния" Белла, поэтому волновая функция всей системы фотонных потоков, поступающих на кубики, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 |\phi^+\rangle^{\otimes 8} &= \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \right)^{\otimes 8} = \\
 &= \frac{1}{128}(|00\rangle + |11\rangle) \otimes (|00\rangle + |11\rangle) \otimes (|00\rangle + |11\rangle) \otimes \\
 &\otimes (|00\rangle + |11\rangle) \otimes (|00\rangle + |11\rangle) \otimes (|00\rangle + |11\rangle) \otimes \\
 &\otimes (|00\rangle + |11\rangle) \otimes (|00\rangle + |11\rangle)
 \end{aligned}$$

Слагаемых после преобразования будет слишком много (256 штук), поэтому покажем только три из них:

$$\left(|\phi^+\rangle \right)^{\otimes 8} = \frac{1}{128} \left(\begin{array}{l} |00000000\rangle |00000000\rangle + \dots + \\ |01010101\rangle |01010101\rangle + \dots + \\ |11111111\rangle |11111111\rangle \end{array} \right)$$

Слагаемые показаны в виде 8-разрядных сомножителей из соображения наглядности: каждый из сомножителей относится к одному из каналов, кубиков – правому или левому. Эти слагаемые могли быть изображены и в других, тождественных видах, например:

$$\begin{aligned}
|01010101\rangle &\equiv |0101\rangle|0101\rangle \equiv |01\rangle|01\rangle|01\rangle|01\rangle \equiv \\
&\equiv |0\rangle|1\rangle|0\rangle|1\rangle|0\rangle|1\rangle|0\rangle|1\rangle \equiv |0101\rangle \otimes |0101\rangle \equiv \\
&\equiv |01\rangle \otimes |01\rangle \otimes |01\rangle \otimes |01\rangle \equiv \\
&\equiv |0\rangle \otimes |1\rangle \otimes |0\rangle \otimes |1\rangle \otimes |0\rangle \otimes |1\rangle \otimes |0\rangle \otimes |1\rangle \equiv \\
&\equiv |0101\rangle \cdot |0101\rangle \equiv |01\rangle \cdot |01\rangle \cdot |01\rangle \cdot |01\rangle \equiv \\
&\equiv |0\rangle \cdot |1\rangle \cdot |0\rangle \cdot |1\rangle \cdot |0\rangle \cdot |1\rangle \cdot |0\rangle \cdot |1\rangle \equiv \\
&\equiv |01\rangle|010101\rangle|01\rangle \equiv \dots
\end{aligned}$$

Также слагаемые могут быть записаны и в таком виде (кубики А и В):

$$\begin{aligned}
|01010101\rangle|01010101\rangle &= |0101010101010101\rangle = \\
&= |0_{A^1}1_{A^2}0_{A^3}1_{A^4}0_{A^5}1_{A^6}0_{A^7}1_{A^8}0_{B^1}1_{B^2}0_{B^3}1_{B^4}0_{B^5}1_{B^6}0_{B^7}1_{B^8}\rangle
\end{aligned}$$

После прохождения через поляризаторы и регистраторы на вход дешифраторов поступают бинарные числа (фотон с номером 8 соответствует старшему биту), которые будут преобразованы в десятичные и выведены на индикатор. Например, если через поляризаторы пройдут показанные ниже фотоны, то бинарный и десятичный коды будут иметь следующие значения:

$$v_8 - v_6 - v_4 - v_2 v_1 \Rightarrow 10101011_2 = 171_{10}$$

В уравнении фотоны, не прошедшие через поляризаторы, показаны прочерком. После знаков равенства показаны эти же результаты в двоичной форме (индекс 2) и в десятичной (индекс 10).

Поскольку все поляризаторы коллинеарны, то независимо от угла их поворота и вследствие попарной запутанности фотонов через одноименные поляризаторы всегда будут парные прохождения: либо оба фотона пары пройдут через свои поляризаторы, либо оба будут ими поглощены. Это означает, что показания двух десятичных индикаторов всегда будут одинаковыми. Все пары независимы друг от друга, между разными парами нет никакой связи, поэтому числа на

индикаторах всегда будут случайными. Другими словами, мы имеем два удалённых друг от друга числовых табло, на которых появляются случайные числа, но всегда одинаковые на обоих табло, своеобразные цифровые игральные кубики с 256 гранями. Эта установка позволяет имитировать действительно "нелокальный кубик", в отличие от обычных кубиков или монет, нелокальную связь между которыми установить фактически невозможно. Эти квантовые "нелокальные кубики" могут быть разнесены на сотни километров и будут демонстрировать мгновенную корреляцию.

Как можно объяснить, почему два удалённых друг от друга индикатора в любой момент времени и на любом расстоянии показывают одно и то же случайное число? Логика, здравый смысл и материалистическая философия не допускают никакой мистики – такое совпадение возможно, только если между индикаторами есть связь. Всегда, без исключений, когда на одном индикаторе, например, 15, то на втором – обязательно 15. Если на первом – 63, то и на втором – тоже 63. И так для любого числа от 0 до 255. Все эти числа случайны, нет никаких закономерностей их появления, кроме одной: всегда оба индикатора показывают одинаковые числа. Логически можно предположить два объяснения. Первое: это совершенно удивительное совпадение, но, как говорится, так не бывает. Второе: это зависимость одного индикатора от другого, то есть между ними есть связь, передача информации от одного индикатора (поляризатора, дешифратора, фотонов) к другому, на другой стороне.

Но мы пытаемся найти объяснение без сигналов, которыми обмениваются фотоны или индикаторы. Тогда всё-таки потрясающее совпадение? Все фотоны имеют абсолютно случайные состояния. Вращение поляризаторов приводит к тому, что фотоны достигают их каждый раз в случайном положении. Это должно быть очень сильным совпадением: каждый раз одно и то же число на двух не связанных друг с другом индикаторах. Но теория вероятности отрицает такое совпадение. При увеличении числа измерений вероятность

случайных совпадений уменьшается и стремится при наших условиях к близкой нулю величине (2^{-16}). В нашем же случае – всегда полное совпадение показаний индикаторов: на них всегда без исключения высвечиваются одинаковые числа. Следовательно, случайность вновь исключена.

Тогда, может быть, фотоны при генерации всего лишь запоминают свои состояния и при измерении просто их демонстрируют? Такое решение предлагают квантовые теории дополнительных переменных. По сути, это вариация на тему передачи информации. Но Белл показал, что для сохранения статистических (то есть, случайных) результатов индивидуальных измерений необходим сверхсветовой механизм влияния друг на друга удалённых измерителей. То есть, если не фотоны обмениваются друг с другом сигналами, то ими должны обмениваться измерители. Но в чём тогда разница? Что позволено измерителям, должно быть позволено и фотонам! Результат индивидуального измерения одного фотона, несомненно, статистический, случайный. Поэтому на соответствующем индикаторе нашей экспериментальной установки высветится непредсказуемое, абсолютно случайное число. Этот результат передаётся второму фотону, у которого свой результат измерения полностью коррелирует с первым фотоном, на втором индикаторе высвечивается это же самое число, что и на первом индикаторе, но при этом автоматически этот результат становится точно таким же *статистическим, вероятностным, случайным*. Если мы, вопреки логике, отказываемся от информационной связи между фотонами, то вывод остаётся только один – мистическая нелокальность.

Итак, имея теперь такие квантовые нелокальные кубики, мы можем проверить один из основных выводов теории относительности: замедление темпа хода часов. Почему это возможно, ведь мы не можем зарегистрировать квантовую информацию, которая лежит в основе предлагаемых нелокальных кубиков? Ответ очевидный. Да, квантовая информация пока неуловима, но её очень легко использовать для синхронизации. Действительно, две квантовые запутанные

частицы синхронизируют свои состояния с помощью этой неуловимой квантовой субстанции. А вот состояние этих двух синхронизированных частиц уже может быть легко переведено в классическую информацию. Мы не знаем, что произошло между частицами в процессе измерения, но мы точно знаем, что мгновенно они приняли синхронные состояния, которые мы видим. Нелокальные кубики это с полной очевидностью демонстрируют.

Мы можем больше не вдаваться в детали: что и как вызывает их синхронное поведение. Но мы неизбежно обязаны признать: кубики мгновенно согласовывают свои результаты "бросаний". Нам не нужно ждать, когда результат одного кубика будет "доставлен" другому кубику. Сразу же после "бросков", в тот же момент эти результаты равны. Необходимо пояснить, что как такового "бросания" кубиков нет. Нет ни стакана, в котором кубики встряхиваются, ни стола, на который они затем выбрасываются из стакана – кубики всегда лежат на столе, будто их встряхнули и выбросили из стакана. На самом деле "игроки" просто считывают показания кубиков в строго определённое время. Это моменты времени, когда кубики обменялись квантовой информацией и, так сказать, "упали" соответствующими гранями. При этом не обязательно считывать подряд все сгенерированные кубиками результаты, исходы бросков. Необходимо лишь следить за тем, чтобы с кубиков одновременно считывались показания в одном и том же "сеансе обмена квантовой информацией". Понятно, что в промежутках между этими сеансами состояния кубиков неизменны, они "лежат" так, как "упали". Например, периодичность поступления на кубики троек фотонных пар может быть 1 минута. В течение этой минуты кубики отображают текущий исход "броска". Затем показания меняются и сохраняются следующей минуте. При этом можно считывать не все показания, а, например, каждые 5 минут, лишь бы это были одновременные для обоих кубиков считывания.

Очевидно, не смотря на обмен квантовой информацией, передать обычную, доступную регистрации информацию кубики не позволяют. Они лишь демонстрируют нам абсолютную и мгновенную одновременность. Вот эту абсолютную одновременность мы и можем продемонстрировать в рамках теории относительности в противовес "относительности одновременности".

Мысленный эксперимент с нелокальными кубиками

Вернёмся еще раз к ситуации рассмотренного мысленного эксперимента. На этот раз разделим между Алисой и Бобом пару нелокальных кубиков. Задача их - бросать кубики, например, каждый час и записывать результат и время его получения. Отметим особо: броски совершаются каждый час по *собственным* часам участников. Часы участников, напомним, были синхронизированы в момент начала движения. Тройки фотонных пар с квантовой информацией поступают к кубикам каждую минуту, то есть Алиса и Боб должны в течение минуты прочитать исход броска своего кубика, иначе результат будет изменен.

По завершению, скажем, 100 бросков возьмём записи Алисы и Боба и сведём их в единую таблицу. Для этого, очевидно, нам нужно будет дождаться, когда эти записи нам привезут, ведь в процессе эксперимента Алиса и Боб удалятся друг от друга очень далеко. Ниже показана эта таблица записей значений бросков нелокальных кубиков. В строке 1 указаны номера записей (бросков). Во 2 и 5 строках - время проведения измерения по часам (таймерам) Алисы и Боба. Очевидно, что эти времена совпадают, поскольку они заданы условиями эксперимента. Но почему в строках 3 и 6 оказались одинаковые значения? С точки зрения специальной теории относительности в этом, на первый взгляд, нет ничего удивительного. Действительно, кто бы первым (согласно теории) Алиса или Боб ни бросил кубик, на втором кубике затем выпадет точно такое же значение. Более того, каждый из участников, согласно теории относительности, вполне обос-

нованно будет считать, что именно он первым бросил свой кубик.

№ броска	1	2	3	4	5	6	7
Время броска кубика Алисы (час)	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
Исход броска кубика Алисы (2)	2	3	7	6	8	2	5
Исход броска кубика Алисы (1)	3	1	2	6	4	8	8
Время броска кубика Боба (час)	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
Исход броска кубика Боба	2	3	7	6	8	2	5

Второй кубик "приготовился" перейти в такое же состояние и, когда вторые часы показали нужное время, он "упал" нужной стороной. Однако, если бы Алиса следовала мнению Боба и производила измерения "одновременно с Бобом", как это ему казалось, то результат был бы иной - из 4 строки. Вот здесь и скрыта сверхсветовая проблема теории относительности. Такая равноправная ситуация возможна только с досветовой скоростью связи между кубиками. С нелокальными кубиками, обменивающимися сверхсветовой квантовой информацией, у теории относительности возникает абсурдная ситуация, взаимоисключающие предсказания.

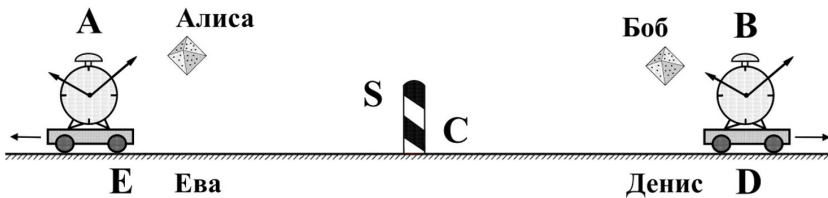


Рис.4.15. Алиса и Боб бросили нелокальные кубики

Рассмотрим эту ситуацию, изображенную на рисунке, подробнее. Для удобства будем считать, что в эксперименте Боб находится на 1 метр ближе к источнику фотонов для "нелокальных кубиков", поэтому измерение в какой-то мере

производит раньше Алисы, например, с точки зрения неподвижной системы отсчета.

Итак, скажем, в 2 часа по таймеру (столбец 3 в таблице) Боб подбрасывает свой кубик и смотрит: выпало 7. Боб записывает эти данные в свою таблицу и задумывается. Он точно знает, что свой кубик Алиса ещё не бросила, поскольку время 2 часа для её броска ещё не наступило, ведь её часы идут медленнее. Но кубик Алисы уже "приготовился" показать число 7 (то есть, получил квантовую информацию от кубика Боба). А поскольку время Алисы ещё не настало, значит, она ещё не приблизилась к соответствующей точке броска. Отметим это обстоятельство особо: теория относительности здесь предсказывает, что кубик Алисы "получил" квантовую информацию за некоторое время, например, за 10 минут до точки броска (2), то есть совершенно в другой точке пространства (1), например, за 1000 километров до точки (2).

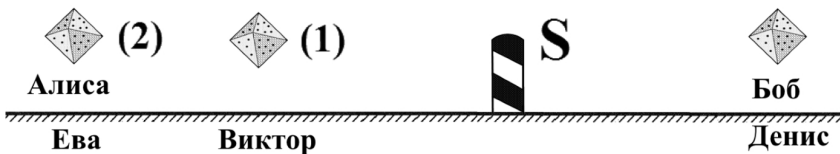


Рис.4.16. Где находился кубик Алисы, в точках (1) или (2) в момент бросания кубика Боба?

Рассмотрим теперь эту же ситуацию с другой позиции - из неподвижной системы отсчета. Поскольку система симметрична (разница всего 1 метр), то Ева и Денис, оказавшиеся рядом с Алисой и Бобом, увидели, что Алиса и Боб бросили свои кубики одновременно (по часам неподвижной системы отсчета). Это отличается от мнения Алисы и Боба. Однако, теория относительности говорит нам, что это всё нормально, так и должно быть, ведь у каждой системы отсчёта свой собственный взгляд на одновременность. То, что одновременно для Евы и Дениса, не обязательно одновременно для Алисы и Боба. Согласимся с этим. Но попросим объяснить вот какое "недоразумение". Ева и Денис видели одновременный бросок

кубиков. Следовательно, они точно знают: кубик Алисы "узнал" о результате кубика Боба в момент броска Алисы, когда она однозначно находилась рядом с Евой. Даёт такое предсказание теория относительности? Разумеется. Пока Боб не бросил свой кубик, кубик Алисы "не знает" его результата. Узнает он его, когда окажется рядом с Евой в точке (2), но не раньше.

Но тогда как быть с предыдущим предсказанием теории относительности, что кубик Алисы "узнал" результат кубика Боба в точке (1) за 1000 километров до этой точки (2)? По мнению Боба одновременное с ним измерение Алисы должно происходить именно в точке (1), но тогда результат её измерений будет тот, что указан в четвертой строке таблицы. Однако, одно и то же событие не может произойти в разных точках пространства.

Но, может быть, с точки зрения Боба, когда он бросил свой кубик, кубик Алисы ещё ничего не получил? И получит только когда достигнет точки броска Алисы? Но и это нелепость: кубики обмениваются информацией мгновенно и на любом расстоянии. Переданная кубиком Боба информация мгновенно достигла кубика Алисы именно с точки зрения Боба. Но Ева и Денис утверждают: это произошло именно в момент броска кубика Алисой одновременно с броском Боба. Если бы Алиса считывала показания кубика в точке (1), то это были бы результаты, не совпадающие с результатами измерения Боба. Действительно, по мнению Боба, в момент считывания с кубика часы Алисы показывали время 1 час 50 минут (согласно нашему выше указанному предположению). Следовательно, именно в это время Алиса считывала свои показания, и именно в это время показания кубиков Боба и Алисы обязаны были совпасть, по мнению Боба. Однако, когда это время наступило по часам Алисы, она находилась в другой точке пространства (1) и её кубик показал значения, не вызванные броском Боба в 2 часа по его часам. Это два совершенно некоррелированных броска. Это могут подтвердить Виктор и Денис. Когда на часах Алисы было время 1:50, к её

кубику поступила тройка фотонов, не связанная с тройкой фотонов, полученных Бобом в 2:00 по его часам. Эти тройки фотонов некоррелированы, поскольку испущены источником S в разное время: сначала тройка, которую получила Алиса, и только через некоторое время тройка, которую получит Боб, поскольку в момент "бросков" своих кубиков Алиса находилась ближе к источнику, чем Боб. Действительно, одновременно испущенные фотоны не могли прийти синхронно в точки, находящиеся от источника на разном расстоянии. Таким образом, одновременное "бросание" кубиков показало разные результаты на них, хотя, по мнению Боба, они должны были быть одинаковыми – вследствие квантовой запутанности.

Получается, что нелокальность нарушена? Нет. В других строках таблицы явно видны полностью совпадающие результаты бросков. Но они произведены не одновременно с точки зрения теории относительности в лице Боба. Как было сказано выше, каждый из участников был уверен, что он первым бросил кубик. Более того, прежде чем второй участник сделал свой ответный "бросок", кубики несколько раз произвели дополнительные обмены "квантовой информацией", и та корреляция, совпадающие исходы были многократно перезаписаны, изменены. В этих условиях никакой мгновенной корреляции, совпадения результатов вообще быть не может, только обычная, досветовая, когда каждый обмен корреляционной информацией между кубиками движется в пространстве вместе с другими, "испущенными" до и после него, и пока не достигшие получателя. Но это полностью отвергается квантовой механикой, поскольку квантовая информация, "корреляционный сигнал" достигает получателя мгновенно.

В чем же тогда причина? Почему в таблице оказываются записи, полностью совпадающие у двух удалённых участников? Случайное совпадение? Нет, не случайное. Если рассмотреть броски кубиков в неподвижной системе, лабораторной, то её наблюдатели скажут однозначно: каждая из

троек фотонных пар "принесла" свою квантовую информацию получателям – кубику Алисы и кубику Боба одновременно. Да, разумеется, это *только* с точки зрения лабораторной системы отсчета С. Только в этой системе отсчета сигналы пришли одновременно к обоим кубикам. И были в них преобразованы в показания кубиков. Обращаем на это самое пристальное внимание: информация преобразована *в кубиках*. Ни раньше, ни позже, а именно в кубиках. Это очевидно, поскольку эти два события имеют помимо одновременности во времени, однозначно определенное место свершения. Не может никакое событие иметь два разных места свершения. С какой бы точки зрения мы их не наблюдали, место для всех систем одно и то же. Время может быть разным по собственным часам наблюдателей, но место – только одно для всех. Отсюда неизбежный вывод: в момент измерения своего кубика Боб обязан принять, что точно в это же время по его часам измерение кубика произвела и Алиса. Это безусловно так, поскольку *одновременные одноместные* события (произошедшие одновременно в одной точке пространства) являются *одновременными одноместными* событиями с точки зрения *любой* системы отсчета.

Какой из этого сразу же следует вывод? С обеих точек зрения - Боба и, вследствие симметрии, Алисы второй из участников произвел измерение одновременно с ним. Но нам известно время проведения измерений каждым из участников и, что сейчас является самым главным, интервал между измерениями – 1 час в нашем эксперименте. То есть, время, прошедшее между двумя измерениями у Боба равно 1 часу и ровно 1 часу с точки зрения Боба равно время между двумя измерениями Алисы. Два интервала времени между двумя одноименными событиями в двух системах, находящихся в относительном движении, оказались равными. Мы не обнаружили никакого релятивистского замедления времени. Более того, при мгновенной корреляции измерений исчезает и релятивистская *относительность одновременности*. Если мы используем для измерений сверхсветовой обмен даже при-

зрачной "квантовой информацией", то исчезают все релятивистские эффекты.

Специальная теория относительности рушится при попытке использовать квантовую информацию, она неприменима к сверхсветовым движениям и сигналам. Математика специальной теории относительности верна только в рамках своих постулатов, только для досветовых сигналов и движений. Запрет специальной теории относительности на сверхсветовые коммуникации вызван возникновением причинных парадоксов и парадоксов времени. А, собственно говоря, что это даёт? Ну, не способна теория относительности и её расширения решить сверхсветовые парадоксы. Да, она вынуждена давать ложные предсказания для сверхсветовых обменов сигналами. А какая польза от развенчания её всеобъемлющей применимости? Видимо, главное – это возможность как таковых сверхсветовых сообщений. Это, так сказать, новый слой реальности, не описываемой специальной относительностью, но прекрасно вписывающейся в физику Ньютона. Любая коммуникация возможна только при наличии соответствующего носителя сигнала. Следовательно, тахион и его подобия – это материальные, реально существующие объекты, частицы. А в этом случае есть веские основания надеяться, что они будут найдены.

Использование сверхсветовых частиц позволит решить важную практическую и научную задачу дальней (космической) связи. В настоящее время нет ни практических инструментов, ни теоретических оснований для измерения фактического спина частицы. При любом измерении спин изменяется под используемый измеритель. В явлении запутанности наблюдается обмен частиц сверхсветовой квантовой информацией. Если удастся зарегистрировать носителя (частицу) этой информации, то есть вероятность найти связь между этим носителем и приобретенным спином частицы.

И совсем уж фантастической выглядит возможность телепортации уже не только квантового состояния, а реального физического объекта или даже живого существа.

5. Тахионная механика и реинтерпретация

Решению причинных парадоксов теории относительности всегда уделялось и уделяется много внимания. Одним из инструментов для таких решений должна была стать так называемая тахионная механика (кинематика), которая продвигается соавторами на правах продолжателя принципов СТО. Соответствующие исследования авторского коллектива в составе Маккароне и Эразмо Реками в физической литературе появились в 80-х годах 20-го века [11]. Позднее, в 1995 году и затем в 2014, в arXiv [14] были опубликованы статьи, в которых тахионная механика была применена к решению давнего парадокса "антителефона". В указанных работах утверждается, что разработан новый механизм специальной теории относительности, являющийся ее логическим развитием и корректно распространяющий ее на сверхсветовые сигналы.

Как главный принцип тахионной механики Реками с соавторами при решении тахионных задач (парадоксов), по сути, активно применяет процедуру переключения (switching procedure - SWP) Штюкельберга, Фейнмана и Сударшана, известную также как принцип реинтерпретации Штрума, принцип, которому фактически присвоен статус ещё одного основного постулата специальной теории относительности, принятый на вооружение как эффективное средство разрешения парадоксов теории относительности, вызванных её расширением на сверхсветовые движения. Принцип рассматривается как показатель универсальности СТО, её способности решать более широкие задачи, чем изначально в неё заложенные.

Но насколько обоснованы претензии на преимущество тахионной механики специальной теории относительности в вопросе сверхсветовой передачи информации? Действительно ли она позволяет снять все проблемы с причинностью? Чтобы проверить это, рассмотрим доводы тахионной

механики более тщательно, для чего просто произведём конкретные числовые расчеты.

Основной работой, в которой изложены принципы "Тахионной механики", судя по ссылкам, приводимым в работах Реками, предположительно является статья с его соавторством "Two-Body Interactions through Tachyon Exchange" ("Двухчастичные взаимодействия через обмен тахионом"):

"В работе ... можно найти описание основ тахионной кинематики" [11, 14].

"... когда формулируется проблема о тахионах, необходимо придерживаться правил тахионной механики: подобно тому, как при формулировании текста обычной проблемы необходимо соблюдать законы обычной физики (в противном случае, проблема сама по себе "неправильная") [11].

Во введении к указанной работе "Two-Body Interactions..." говорится:

"Исходя из возможных применений к физике частиц и проблемам причинности, мы приводим анализ кинематики (классического) обмена тахионами между двумя телами А, В для всех возможных относительных скоростей" [11].

Тахионная механика предлагается как обязательная методика, имеющая непосредственную связь со специальной теорией относительности. Авторы утверждают, что:

1) любое корректное решение тахионных причинных парадоксов должно прибегать к явным расчетам, основанным на механике тахионов;

2) такая тахионная механика недвусмысленно и однозначно происходит от СТО, относя пространственно-подобные объекты к классу обычных, только досветовых наблюдателей (то есть, без необходимости введения сверхсветовых систем отсчета)" [11].

Цитируемые статьи ориентированы явным образом на решение так называемого парадокса антiteleфона. Автором парадокса считается Толман, впервые описавший парадокс передачи сверхсветовой информации в прошлое в 1917 году [17], едва ли не сразу же после выхода в свет основополага-

ющей работы Эйнштейна по теории относительности. Мы воспользуемся формулировкой парадокса в версии Реже и его решением средствами тахионной механики Реками, приведёнными в работе [14]. Рассмотрим, действительно ли тахионная механика решает этот парадокс, и какова роль принципа реинтерпретации в этом решении.

В современной формулировке парадокса рассматриваются два сигнала. Из неподвижной системы А посылается тахион 1 в систему В, движущуюся со скоростью u [$u^2 < 1$]. Сразу после получения тахиона 1, из системы В обратно в систему А отправляется ответный тахион 2. Вследствие сверхсветовой скорости тахионов, ответный тахион попадает в прошлое системы А раньше, чем был отправлен первый тахион. В основу парадокса положено выведенное Толменом [17], уравнение следующего вида (скорость света мы приняли равной единице):

$$\Delta t' = \frac{1 - uv}{\sqrt{1 - v^2}} \Delta t$$

где

t и t' - время в неподвижной и движущейся системах, соответственно;

u - скорость тахиона;

v - скорость движения системы t' .

В рассматриваемой статье парадокс решается на основе принципа переключения (реинтерпретации). Как следует из уравнения, парадокс и необходимость в переключении возникает только при условии $uv > 1$.

Сразу же отметим, что парадокс является абсолютным, неразрешимым в самой своей формулировке. Не имеет никакого значения, как можно описать такую петлю времени, в любом случае ответный тахион можно использовать для уничтожения передатчика, вследствие чего инициирующий тахион отправлен не будет. Это классический "парадокс дедушки". И этот парадокс не имеет и не может иметь в прин-

ципе логического, научного решения, свободного от мистики и фантастики.

Сам факт образования петли времени означает: наука здесь неприменима. Заявления типа "не трогай дедушку" годятся лишь для жанра фантастики. *Принципиальная* возможность устранить причину, делает *невозможной* и следствие в петле времени. Весь процесс становится невозможным. Ни в научной литературе, ни в философской или художественной научно-фантастической литературе мы не сможем найти даже близкого подобия решения этого парадокса без нарушения логики. Поэтому обычно предлагаются уклончивые решения, связанные чаще всего с параллельными измерениями, мирами. Но все эти параллельные миры являются еще одним четким свидетельством того, что движение в *собственное* прошлое является антинаучной гипотезой, отвергаемой логикой. Для художественной литературы, вне всякого сомнения, это хорошая идея – параллельные миры. Обосновать путешествие в собственное прошлое можно, только старательно пряча, замалчивая неизбежные и неразрешимые парадоксы.

При этом отметим, что картина такого движения имеет крайне забавный вид. Физически для некоторого наблюдателя А тахион прибывает из будущего. Что это означает и как можно вообще представить себе траекторию движения объекта из будущего в прошлое? При нашем нормальном, естественном движении в будущее, траектория такого объекта будет выглядеть довольно странно. Во-первых, в некоторый момент времени этот объект просто-напросто возникнет из ничего. И тут же начнет от нас удаляться и/или "молодеть" вплоть до момента в будущем, когда он как бы начал свое движение. Причем отметим особо: мы к возникновению этого объекта не имеем никакого отношения. Его материализация является необъяснимым, фантастическим, мистическим фактом. Никакой атомный распад, никакая индукция или научно-фантастическая телепортация не могут обосновать причину возникновения этого объекта. То есть, сам переход

статье некоторые параметры движения, что позволит произвести конкретные числовые вычисления. Прямым измерением (линейкой) на рисунке произвольного масштаба находим координаты точки В и вычисляем тангенс угла наклона её мировой линии t' . Получили $\text{tg}B=0,813$, что численно равно скорости системы В в долях от скорости света. Наклон оси x' такой же, но к оси x . На всякий случай проверяем наклон мировой линии света - на рисунке он оказывается с достаточной степенью точности, как и положено, равным 45 градусам. Такими же прямыми измерениями на рисунке определяем скорости тахионов, время их прибытия в неподвижную систему и удаленность системы В от А. Далее нам необходимо выбрать какую-либо реперную точку, чтобы наложить на рисунок определенный масштаб времени. Для этого примем, что тахион 1 испущен из А ровно в 120 минут от начала движения. Теперь все числовые значения определены: время в минутах, расстояния в световых минутах (расстояние, пройденное светом за 1 минуту), скорости в долях скорости света. Эти значения и все упомянутые вспомогательные линии наносим на рисунок, подобный рисунку из статьи. Заметим, что второй рисунок в статье Реками в принципе полностью повторяет первый, поскольку на нем есть лишь одно небольшое дополнение: система отсчета A_1 перенесена ниже линии "настоящего" системы В.

В соответствии с принципами теории относительности мы имеем полное право и все возможности рассмотреть изображенную ситуацию с различных точек зрения, из разных систем отсчета, что в нашем случае будет очень удобно. Именно для этого и была разработана математическая модель, которая затем внесена в компьютер и с её помощью получены другие необходимые рисунки.

Также для удобства последующих рассуждений на рисунки добавлены вспомогательные гиперболические линии. В литературе у них нет общепризнанного названия, поэтому для краткости они названы изохронами. Это вполне допустимое название, смысл этой линии точно отражает такое название.

Линия отсекает на всех без исключения мировых линиях ИСО, движущихся из точки 0, отрезки равного времени, прошедшего от начала движения. Понятно, что изохрон на диаграмме Минковского может быть бесчисленное множество - по величине времени, отсекаемого на мировых линиях ИСО. На приведённом рисунке одна изохрона (время 80 минут) означает, что во всех ИСО, мировые линии которых дошли до неё, прошло ровно 80 минут от начала движения. В нашем случае точке пересечения мировой линии системы В и этой изохроны соответствует времени получения тахиона 1 и отправки тахиона 2 по её собственным часам. Но, что примечательно, такому же времени соответствует и время получения тахиона 2 системой А по её внутренним часам. Это означает, что можно найти такую систему отсчета, в которой скорость тахиона 2 будет равна бесконечности, хотя на данной диаграмме она имеет конечное значение. Напомним, что диаграмма построена с учетом пропорций рисунка 1 в статье.

Как видно на рисунках, все изохроны располагаются ветвями вверх и вдоль вертикальной оси (движение в будущее) или вниз (движение из прошлого). К изохронам ортогонально могут располагаться соответствующие гиперболы, которые можно назвать изотрасами - ветвями вправо (удаление от неподвижной ИСО вправо) или влево (удаление от ИСО влево). Изотрасы – это линии, отсекающие на мировых линиях расстояний отрезки равных дистанций (трасс), то есть, показывающие одинаковое расстояние от начала координат во всех движущихся ИСО.

Посмотрев на рис.5.1, сразу же замечаем, что тахионы имеют разную скорость движения, что, вообще-то, настораживает: почему в системе отсчета наблюдателя А отправленный тахион 1 - быстрый (скорость порядка $6c$), а обратный 2 - медленный (скорость порядка $2c$)? Кроме того, в некоторой третьей системе отсчета эта скорость вообще будет равна бесконечности. Эту особенность, различие скорости тахионов с точки зрения разных систем отсчета в рассматриваемом процессе устранить невозможно. Действительно, тахион 1,

которых определенных значениях скорости тахиона. Попробуем выяснить эти значения, для чего перейдем в систему отсчета наблюдателя В, что нам легко позволит наша компьютерная (математическая) модель рисунка. Теперь уже скорость его системы отсчета равна нулю, а скорость системы отсчета наблюдателя А - $0,813c$. На диаграмме рис.5.2 легко обнаружить, что антiteleфон не возникает, если скорости тахионов 1 и 2 в системе наблюдателя В совпадут. То есть, скорость отправляемого тахиона должна быть равна скорости принимаемого и ответный сигнал придёт к отправителю в тот же момент, что и прямой (совпадут точки A_1 и A_2).

Само по себе это условие кажется разумным: почему бы тахиону не иметь одну и ту же скорость? То есть, сверхсветовая скорость тахиона не является определяющим условием возникновения причинных парадоксов. Это условие возникновения эффекта антiteleфона является граничным. Для устранения эффекта антiteleфона достаточно, чтобы в системе покоя В скорость излучаемого из А тахиона была выше скорости ответного тахиона из В. На диаграмме это соответствует менее крутому наклону мировой линии тахиона 1, а точка его излучения A_1 при этом окажется ниже точки A_2 , причём не обязательно ниже линии VA' - "настоящее" В. Никаких петель времени и причинных парадоксов в этом случае не возникает. Более того, если скорость тахиона 1 окажется выше скорости тахиона 2, то наблюдатель А получит тахион 2 позже отправки своего тахиона 1, спустя какое-то время.

Но нас интересует именно случай возникновения парадокса. Этому условию отвечает отправка ответного более быстрого тахиона 2. В пределе - это бесконечно большая скорость. В этом случае, как видно на диаграмме, точка прибытия ответного тахиона окажется в "прошлом" наблюдателя А, до момента отправки первичного тахиона.

То, что такая скорость может быть отражена на диаграмме, можно обнаружить, анализируя параметры движения систем. Оказалось, что в симметричной лабораторной системе отсчета скорость обратного тахиона 2 равна бесконечности:

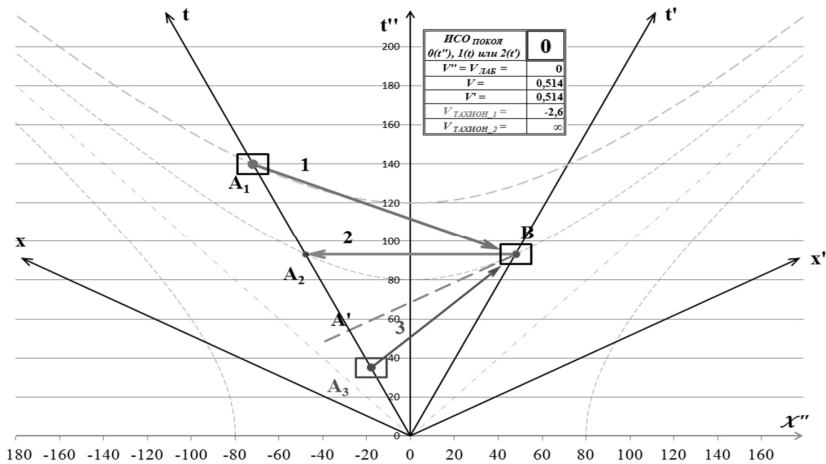


Рис.5.3. Парадокс антителефона с точки зрения симметричной ИСО С.

Симметричная система - это система, по отношению к которой обе системы А и В имеют одинаковую скорость, но противоположные направления, которая всегда находится симметрично по отношению к двум только что рассмотренным ИСО, ровно посередине между ними. Изобразим это на диаграмме Минковского. На ней мировая линия t'' относится к этой срединной неподвижной ИСО С. Две другие расходятся от неё вправо и влево, что изображено их мировыми линиями t и t' . Для ограничения областей допустимых мировых линий здесь также изображены мировые линии лучей света, движущихся влево и вправо. Поскольку система симметрична, обе ИСО имеют одинаковые скорости, отличающиеся только знаком. Это значит, что они также имеют одинаковый угол наклона к вертикальной оси.

Отличие от предыдущей диаграммы состоит в том, что, согласно математике СТО, скорости, особенно релятивистские, складываются по специальной формуле. Это значит, что скорости этих двух ИСО относительно неподвижной не равны половине их скорости относительно друг друга. Эту скорость найдём из условия:

$$0,813 c = \frac{u+u}{1+\frac{u^2}{c^2}} = \frac{2u}{1+u^2}$$

Здесь мы учли, что скорости u заданы в долях скорости света, а $c = 1$. Преобразуем это выражение и получаем квадратное уравнение:

$$u^2 - 2,46 u + 1 = 0$$

Корнями уравнения являются: $x_1 \approx 1,95$, $x_2 \approx 0,514$. Первое решение - сверхсветовое, поэтому мы его отбрасываем и получаем скорость средней ИСО равной $0,514c$.

Следует уточнить, что в рассматриваемой статье на самом деле скорость тахиона 2 была всё-таки несколько меньше бесконечности. Но для наглядности мы немного, совсем незначительно подкорректировали параметры движения систем (изменили время происхождения события A_2 , сместив его назад во времени примерно на 10 минут). В результате этого скорость тахиона по отношению к лабораторной системе отсчета стала бесконечно большой. На рис.5.3 мы видим, что с точки зрения лабораторной ИСО С сигнал - тахион 1 в В приходит из будущего, а ответный сигнал - тахион 2 отправлен в сторону А с бесконечно большой скоростью. Событие A_3 - это переименованное событие A_2 (с рисунка 2 в анализируемой статье) чтобы не смешивать их. Как видно, сигнал из точки A_3 приходит к В из прошлого, что автоматически размыкает любую петлю времени, поскольку В не имеет никакой физической возможности отправлять сигналы в прошлое.

Итак, какое же решение парадокса антiteleфона Толмена предлагает тахионная механика Реками? В соответствии с принципом реинтерпретации, базовым принципом тахионной механики утверждается, что событие A_2 в системе А проявляется как испускание антитахиона 2'. Вот, в сущности, и всё! Движения в прошлое более нет, у следствия в прошлом (испускание антитахиона) нет причины в будущем (излучение тахиона). Далее идут детали.

В предложенном решении парадокса Реками делает риторическое предположение, что традиционные сторонники парадокса (видимо, те, кто считают, что этим утверждением парадокс не решён) заявят: при таком решении продвигаемый тахионной механикой принцип реинтерпретации не действует! Ведь вся работа выполнена в системе А: и отправка тахиона 1 и отправка антитахиона 2' (как подмена получения тахиона в прошлом). Но, заявляет Реками, это не так. То, что в A_2 излучается антитахион, не означает, что наблюдатель В получит его, этот антитахион. Нет, наблюдатель В по-прежнему считает, что именно он эмитировал тахион 2. Звучит, конечно, забавно: оба участника послали друг другу лоб в лоб по частице. При этом в системе А не осталось ни одного следствия, зато есть две причины. Более того, согласно этой же тахионной механике, точно такой же "переворот" происходит и с тахионом 1. Теперь уже не наблюдатель А излучает тахион 1 с точки зрения В, а он сам, наблюдатель В излучает антитахион 1'. То есть, не только А, но и В вообще не поглощают тахионов в собственных системах покоя, а только их излучают (сначала соответствующий антитахион, затем тахион). С полной определенностью в статье утверждается, что "предложенная цепь событий *не* включает в себя поглощение тахионов устройством В (в его системе покоя)":

"In conclusion, the proposed chain of events does *not* include any tachyon absorption by В (in its rest frame)" [14, с.6].

Таким образом, в приведённом решении причинно-следственные связи фактически ликвидированы. Остаётся только удивляться и гадать, как устройство А догадалось испустить антитахион 2' именно в точке A_2 , не раньше и не позже. Причинно-следственная связь между этими двумя частицами - тахионом 1 и антитахионом 2' при таком подходе не предусмотрена, её нет и быть не может. То же самое относится и к устройству на В. Оно ничего не поглощает, а только излучает: сначала антитахион 1', затем тахион 2. Принцип реинтерпретации традиционно предлагает здесь логическую подмену понятий. Действительно, на самом деле

в системе отсчета А в момент времени A_2 *никто* не отправлял антитахионов! Этот момент времени прошёл, и к нему нет возврата. Тогда, может быть, в момент отправки тахиона 1 наблюдатель А "вдруг вспомнил", что в момент времени A_2 он, оказывается, отправил антитахион? Или, может быть, это за него сделало само устройство? Но с чего бы это "тахионо-приёмник" вдруг начал тахионы (анти) излучать? Кто автор, конструктор, разработчик и изготовитель этого дефектного устройства?

При любом самом благосклонном, дружелюбном рассмотрении ситуации, у нас нет абсолютно никакой зацепки, даже крошечной, утверждать, что в момент времени A_2 произошло какое-то событие, связанное с тахионами. Ну, конечно же, кроме фантастической - машины времени с вытекающим из неё "парадоксом дедушки", или мистической с привлечением духов. Считать такой подход научным, нет никаких оснований. Здесь принцип реинтерпретации (и тахионная механика) демонстрируют свою явную антинаучную, мистическую сторону.

Кроме того, вернёмся к выше озвученному заявлению Реками: то, что в A_2 излучается антитахион, не означает, что В получит его, этот антитахион, что В по-прежнему считает, что именно он эмитировал тахион 2. Но это чрезмерное и недостаточно обоснованное допущение. В этом случае не возникает не только никакого причинно-следственного парадокса, но даже и обратного движения во времени, поэтому ничто не мешает наблюдателю В получить этот антитахион! Если наблюдатель (устройство) А излучил антитахион, то нет никаких разумных доводов против того, чтобы наблюдатель В этот антитахион получил. Нет таких доводов! Действительно, по условиям задачи и согласно принципу реинтерпретации в точке A_2 рис.5.1 событие "получение тахиона 2 от В" может быть реинтерпретировано как событие "отправка из А антитахиона 2' к В". Какие есть основания для изменения параметров антитахиона: энергии, скорости, направления кроме как на противоположные (симметричные)? Таких оснований

быть не может: антитахион 2' имеет точно такую же (противоположную) скорость, точно такую же (противоположную) энергию и точно такое же (противоположное) направление, что и тахион 2. Следовательно, он будет двигаться точно по той же самой траектории и с той же скоростью в сторону В. Следовательно, он обязательно прибудет в ту же самую точку пространства-времени, из которой был испущен тахион 2. Если исключить аннигиляцию тахиона с антитахионом, то наблюдатель В обязан зарегистрировать прибывший к нему антитахион. Но о такой регистрации не сказано ни слова. Куда делся антитахион? Исчез? Аннигилировал с тахионом?

"Возможность компенсирующих аннигиляционных процессов означало бы, что Вселенная должна быть наполнена тахионным излучением. Это - важное, хотя и весьма удивительное, следствие принципа реинтерпретации" [23, с.136].

Нет, аннигиляцию мы обязаны исключить: логически мы не можем установить место её осуществления. Рассмотрим это, допустив, что скорость тахиона конечна. Следовательно, местом аннигиляции можно предположить точку между испусканиями тахиона и антитахиона. Но это невозможно, поскольку антитахион не выйдет из своей точки зарождения, пока не прибудет тахион. Значит, точкой аннигиляции должна быть точка зарождения антитахиона. Но это тоже невозможно, поскольку антитахион может быть испущен только после регистрации тахиона. Сначала тахион 2 зарегистрирован (то есть, по сути, ликвидирован прибором регистрации) и только затем излучатель антитахионов может излучить ответный антитахион. Другими словами, в точке регистрации тахиона не может быть аннигиляции, поскольку по условиям задачи антитахион 2' явно улетел в сторону В.

Таким образом, нет никаких оснований к тому, чтобы антитахион не прибыл в В. А раз он туда прибыл, то наблюдатель В должен был его зарегистрировать. Что на этот счет говорит нам принцип реинтерпретации? Ничего.

Впрочем, в эти доводы положено не очень обоснованное

предположение, что антитахион *возникает* вследствие прибытия тахиона. Хотя об этом прямо заявляется в статье, но остаётся и реинтерпретационная возможность, фактически ставшая традицией, трактовать эмиссию антитахиона как спонтанную, случайную, беспричинную. Какие могут быть причинно-следственные связи у беспричинности? Если так, то мы неизбежно приходим к выводу, что специальная относительность основана на принципах беспричинности, поэтому ничего предсказать она не может. Правильнее всё-таки сказать, что беспричинной является не специальная относительность, а тахионная механика Реками и принцип беспричинной реинтерпретации.

Выводы Реками

В контексте сказанного можно выявить сущность требования "никогда не следует смешивать описания (явления) данные разными наблюдателями" или тех самых граничных (начальных) условий, которые необходимо "задавать с осторожностью". Очевидно, этого требует принцип реинтерпретации для перевода замкнутых цепочек причинно-следственных связей в разряд спонтанных событий. Мы просто закрываем глаза на эти связи, декларативно объявляя их случайными, спонтанными. Вместо одной замкнутой цепи образуются две, которые запрещается рассматривать во взаимосвязи. В этом и состоит главная сущность принципа реинтерпретации и его начальных условий или "не смешанных" описаний.

При таких условиях, предпочтениях принцип реинтерпретации, безусловно, прекрасно выполняет оставшуюся ему долю функций решения причинных парадоксов. В том числе и ситуаций, заведомо не содержащих их. Такая ситуация изображена на рисунке 3 статьи Реками. Правда, непонятна идея, по которой он перешёл к этой ситуации. На этом рисунке изображено всё то же самое, только... наоборот. События A_1 и A_2 автор просто меняет местами. Зачем? В этой ситуации нет

парадокса антiteleфона, решению которого, как видно из названия, и предназначена статья. Вывод для этого рисунка делается соответственно изображенной ситуации. Устройство В, настроенное на излучение тахиона, действительно эмитирует тахион 2 как только оно получит тахион 1. То есть, событие A_2 и на самом деле произойдет после события A_1 . Но почему мировые линии тахионов вдруг поменялись местами? Хотя можно подумать, что и не поменялись даже, а удвоились, поэтому на наших рисунках нанесены обе эти мировые линии, автор этого не делал и, возможно, не согласится с предложенной трактовкой. Собственно говоря, оба рисунка относятся к одной и той же ситуации, изображенной на нашей диаграмме Минковского, к одной и той же неподвижной системе отсчета А, поэтому мы имеем полное право все мировые линии перенести на одну из них, объединить. При этом одного и того же тахиона 1 на одной диаграмме появились две *разные* мировые линии, такое своеобразное "раздвоение личности"! Чтобы как-то их различать, этому добавленному событию присвоен номер A_3 .

Повторим, что автор, конечно, этого не делал и рисунки у него разные. Но в тексте описания упоминаются обе мировые линии, и не видно никаких указаний, что они либо тождественны, либо одна из них ошибочная, и потому удалена. Просто осуществлен переход от мировой линии A_1 на рисунке 1 к мировой линии A_1 на рис.5.2. Поэтому разумнее считать, что автор просто перешёл к другой версии парадокса. Если вторая мировая линия A_1 (A_3) - это полноценная замена первой линии A_1 , а не совместное их сосуществование, то это означает переход от одной задачи - парадокса антiteleфона - к другой. Но ведь в этой другой задаче парадокса нет! Выше уже было отмечено, что сверхсветовая скорость тахиона не является достаточным условием для возникновения эффекта антiteleфона. Решать, собственно говоря, нечего. Действительно, при новых условиях, когда точка A_3 смещена по своей мировой линии вниз, устройство А эмитирует тахион 1 (то есть, тахион 3), как и положено, в собственное будущее (левая

сторона диаграммы на рис.5.3). В момент получения тахиона 1, устройство В имитирует тахион 2, как и положено, также в собственное будущее (правая сторона диаграммы на рис.5.3). И на левой части диаграммы мы видим, что в систему А тахион 2 приходит позже события испускания ею тахиона 1 (то есть, тахион 3). Как и положено. Здесь нет никакого парадокса и никакие принципы реинтерпретации и тахионные механики здесь *не нужны*.

Озвученные здесь выводы по решению парадокса Реками в статье формулирует в заключение в более явном виде. Он обращает внимание читателя на то, что в случае на первом рисунке статьи оба наблюдателя не считают события A_1 и A_2 причинами друг друга. То есть, эти два события не связаны причинно-следственными отношениями. Они беспричинны. В случае же на втором рисунке они оба согласны считать событие A_3 причиной события A_2 в соответствии с релятивистским законом запаздывающей причинности. Выше это обстоятельство уже было отмечено: эти два случая - разные и друг с другом никак не связаны. В первом случае явление антiteleфона и парадокс есть, но его решение не состоялось. Во втором начальные условия обмена сигналами исключают возникновение парадокса, и решать там нечего. Такое использование принципа реинтерпретации невозможно принять как решение парадокса причинности. Поэтому слабой и необоснованной выглядит "мораль истории":

"когда предлагается проблема о тахионах, необходимо придерживаться правил тахионной механики..." [14].

Причинно-следственные парадоксы сверхсветового движения - это принципиальная проблема специальной относительности и всех её клонов типа тахионной механики. Механизм специальной относительности не имеет средств для решения парадоксов сверхсветового движения, поскольку она опирается на базовые принципы, постулаты *досветовой* передачи сигналов. В рамках этих постулатов математика теории неуязвима и неопровержима. Попытки использовать её для сверхсвета очень неизбежно ведут к парадоксам при-

чинности. А для решения этих парадоксов причинности явно слышатся предложения отказаться от принципа причинности, детерминизма. Однако, как их не переформулируй, уложить сверхсвет в прокрустово ложе второго постулата не удастся.

Критика тахионной механики

Для большей наглядности изобразим ситуацию на динамических диаграммах Минковского, в движении участников. Для этого вновь продублируем схематично иллюстрацию из статьи и добавим точку зрения системы покоя В:

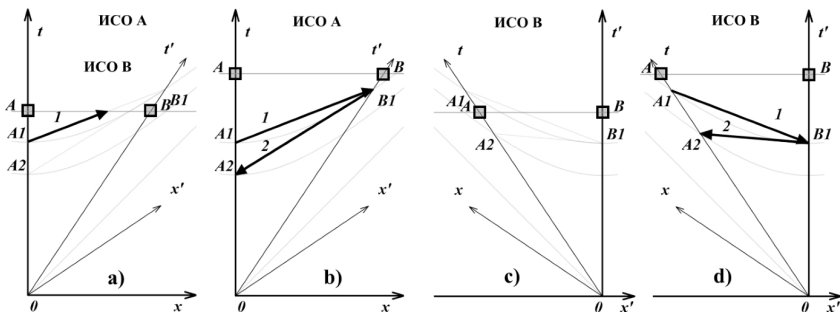


Рис.5.4. Парадокс антiteleфона с точки зрения ИСО А и ИСО В. Кадры из анимации [20]

На левой половине рисунка изображены системы покоя А, на правой - В. Наклонные под 45° линии как обычно обозначают мировые линии света. Гиперболические тонкие линии обозначают изохроны, соответствующие времени излучения-поглощения тахиона 1 и поглощения тахиона 2. Горизонтальная линия, соединяющая ИСО – это линия настоящего (времени) ИСО А и В, соответственно. Линии со стрелкой, входящие и исходящие из ИСО обозначают, соответственно, тахион 1 и тахион 2. Тонкие линии, совпадающие с линиями тахионов, обозначают их будущие мировые линии. События А1 – излучения, А2 - поглощения тахиона 1 и В1 - поглощения тахиона 2.

В некоторый момент времени из точки A_1 на оси времени диаграммы а) в сторону движущейся системы В излучается тахион 1. В системе покоя А он движется, как и положено, в будущее этой системы, хотя и со сверхсветовой скоростью. Но в системе покоя В оказывается, что он противоестественно движется в прошлое, как показано на диаграмме д). Более того, на этой диаграмме тахион появляется сразу же, мгновенно после того, как его линия настоящего пересечет событие A_1 . До этого момента ни прямого, ни обратного тахионов нет, как показано на диаграмме с). Казалось бы, в системе покоя В ответный тахион 2, эмитированный в точке B_1 , должен двигаться нормально в будущее, пусть и со сверхсветовой скоростью. Однако, на диаграмме d) видно, что он появляется на ней полностью и мгновенно одновременно с ответным тахионом. В системе А ответный тахион 2, диаграмма б), также появляется мгновенно и на всю протяженность, поскольку в ней он движется в прошлое.

Рассмотрим процессы в динамике. На диаграмме б), соответствующей рисунку 1 рассматриваемой статьи по тахионной механике, линия настоящего системы покоя А достигает точки A_2 на оси времени.

Согласно принципу реинтерпретации, мы должны считать, что в этот момент A_2 в системе А был эмитирован антитахион 2, диаграмма а). Действительно, согласно этому принципу, тахион, движущийся в прошлое и имеющий вследствие этого отрицательную энергию, может рассматриваться как антитахион, движущийся нормально в будущее и имеющий положительную энергию. Однако, на нашей динамической диаграмме трасса тахиона лишь намечена бледной линией, самого тахиона или антитахиона на диаграмме нет. Нет его по причине отсутствия оснований ему там быть. В этот момент времени ещё не произошло событие излучения тахиона 1 и, соответственно, ответного тахиона 2. В этой точке времени нет никаких оснований для того, чтобы А излучил антитахион. Кроме того, по условиям задачи ни в этот момент, ни в какой другой в системе А вообще не заплани-

ровано излучение антитахионов и не установлено никаких устройств для такого излучения. Ни по времени, ни по оснащённости системы А никакого антитахиона быть не может. Пока ещё нет ничего, что "могло бы рассматриваться" согласно реинтерпретации.

Так продолжается до момента времени точки А1 по часам А. В этот момент происходит то, что задано в условиях задачи: излучение тахиона 1, диаграмма а). Как можно увидеть на диаграмме, тахион эмитирован и движется в сторону системы В. По диаграмме можно увидеть, что скорость тахиона равна примерно $6c$, то есть в шесть раз превышает скорость света. Но это не бесконечно большая скорость, поэтому на динамической диаграмме видно, как этот тахион движется по своей мировой линии, всегда находясь в настоящем времени системы покоя А.

Через некоторое время, диаграмма б), тахион 1 достигает системы В, в которой в этот момент с точки зрения системы покоя А часы показывают время, равное времени излучения тахиона. Это можно увидеть, например, по изохроне. Изохрона – это гиперболическая линия, отсекающая на всех мировых линиях отрезки равного времени от начала движения. В данном случае время А1 равно времени В1. На диаграмме она изображена тонкой гиперболической линией.

В момент достижения тахионом 1 системы В происходит новое событие – излучение в точке В1 тахиона 2. Но здесь возникает релятивистский эффект: оказывается, этот тахион движется в обратном направлении времени. Строго говоря, мы не имеем никакого права изображать мировую линию с таким наклоном – в прошлое, такое движение не имеет физического смысла. Но здесь, диаграмма б), мы изображаем эту фантомную мировую линию, поскольку знаем, что в системе покоя В этот тахион движется нормально, в будущее. Однако, изобразить *движение* тахиона 2 на этом отрезке мы не можем, поэтому сразу наносим всю его трассу так, будто он по ней уже прошёл. Действительно, в момент излучения тахиона 2 он сразу же должен оказаться в точке А2, ведь она уже им

пройдена в прошлом, да и вся история тахиона 2 уже в прошлом. То есть, в момент своего, в общем-то, нормально излучения – в один из моментов настоящего, тахион скачком, мгновенно оказывается в прошлом. Но, что странно, этот "мгновенный" скачок имеет вполне определённую скорость – примерно 2 скорости света. Но в прошлое. Итак, процесс обмена сигналами в системе покоя А завершился.

В системе покоя В процесс выглядит так же парадоксально, диаграммы с) и d) на рис.5.4. В момент времени В1 по часам В он, как мы видели на предыдущих диаграммах, эмитирует тахион 2 в сторону системы А. Но на диаграмме с) в этот момент ничего не показано. А какие есть основания для того, чтобы в момент В1 по часам В показать на диаграмме излучение тахиона? Такое излучение может быть только исключительной инициативой наблюдателя В, никак не связанной с условиями задачи. По условиям задачи он должен излучить свой тахион 2 *только после того*, как получит тахион 1 из системы А. А этого тахиона наблюдатель В ещё не получил. Откуда и следует, что в момент времени В1 по своим часам у наблюдателя В нет никаких оснований для излучения тахиона. И, соответственно, антитахиона.

Далее, до момента времени А2 в системе покоя В ожидалось, что тахион достигнет системы А. Но тахиона нет, и в систему А в момент А2 по её часам вообще ничего не поступало, диаграмма с).

И только в момент времени А1 по часам В в системе А происходит событие А1 по её часам – излучение тахиона 1, диаграмма d). В системе покоя А, по мнению В, до этого момента часы А показывают время меньшее, чем часы В, что видно по изохроне. Как мы только что видели, до этого момента по часам системы покоя В ни А, ни В ничего не получали и не излучали, диаграмма с).

И только теперь, диаграмма d), эмитированный в А тахион 1 мгновенно (но со скоростью 1,3 скоростей света; как это можно объяснить?) оказывается в прошлом – в В1 по часам системы В, а оттуда эмитирован мгновенно (но со ско-

ростью 2с) тахион 2. Однако, если вспомнить – в этот момент в системе В ничего не происходило. Здесь же мы видим, что вдруг, ни с того, ни с сего оказалось, будто в этот момент В1 в системе покоя В были получен и излучен тахион. И в такое же время А2 по часам А или В, соответственно, в системе А был получен тахион 2. Выглядит это, как если бы у наблюдателя В был провал в памяти, а тут он вдруг очнулся и вспомнил, что, оказывается, какое-то время назад он получил тахион 1 и отправил тахион 2.

Решение этих парадоксов с помощью принципа реинтерпретации не делает их менее парадоксальными. В момент В1 наблюдатель В, согласно принципу, излучил и тахион 2 и антитахион 1, ничего при этом не получив. Но при плавном движении времени мы явно видели: ничего такого в системе В не происходило: не было у него оснований для двух этих эмиссий, условиями задачи это не предусмотрено. Это ничем не обоснованное заявление. Точно это же мы видим и на диаграмме в системе покоя А. В момент времени А2, согласно принципу реинтерпретации, нам следует считать, что наблюдатель А эмитировал антитахион 2. Но двигаясь по оси времени, в этот момент А2 ничего такого мы не видели, не было никаких оснований для излучения антитахиона. Это такое же директивно навязанное, ничем не обоснованное мнение, подталкивающее к предположению о неладах с памятью у наблюдателя А.

Таким образом, при сверхсветовом обмене сигналами мы явно видим нарушение принципа специальной теории относительности о равноправии всех систем отсчета. Здесь событие "получение тахиона наблюдателем В в В1" произошло с точки зрения системы А и не произошло с точки зрения системы В.

Как следствие движения в прошлое, противоречащего специальной относительности, мы видим на диаграммах, и причинно-следственный парадокс. В системе покоя А ответный тахион 2 получен раньше своей причины – тахиона 1.

Ещё раз обратимся к решению, предлагаемому в рас-

сматриваемой статье тахионной механикой и принципом реинтерпретации. Если в своей системе покоя наблюдатель А видит излучение тахиона, то из движущейся системы наблюдатель В будет видеть поглощение антитахиона. Если наблюдатель А видит "внутреннюю эмиссию" тахиона, то это не означает, что наблюдатель В увидит у себя "собственное поглощение". Напротив, у себя наблюдатель В будет наблюдать "внутреннюю эмиссию" антитахиона. Другими словами, из этого решения явно следует, что эмитированный в системе А тахион 1 не достиг системы В.

Возникает правомерный вопрос: куда делся тахион 1? Представим себе реальную физическую обстановку, поскольку тахионы летают не по бумаге. Две системы А и В движутся строго по одной линии. Пусть это будут планета Земля и космический корабль, удаляющийся от неё. Между ними мы можем провести прямую линию, по которой, собственно говоря, и происходит обмен тахионами. Ни вправо, ни влево тахион не смещается – только строго по прямой линии. И со скоростью, выше скорости света. Сразу же видны основания для поставленного вопроса об исчезновении тахиона. Мы считаем тахион материальным, физическим объектом. А таким объектам как-то не принято присваивать мистические свойства "исчез – возник". Тахион движется в сторону системы В и никуда не может отклониться. Следовательно, рано или поздно он неизбежно догонит систему В. Кроме того, для контроля мы можем разместить вдоль линии его движения наблюдателей в системе покоя Земли. Они будут следить за движением тахиона и сразу же заметят, если он вдруг исчезнет. Это была бы крайне странная ситуация, если задуматься, в какой именно точке своей траектории тахион исчез? Чем эта точка отличается от остальных? Почему тахион исчез именно здесь? Ответ очевиден: такой точки быть не может, и тахион неизбежно достигнет системы В. И неизбежно должен быть ею поглощён. Как видим, логически решение тахионной механики является, по меньшей мере, странным, не завершённым. Она утверждает, что для системы

В не было никакого тахиона, но почему система В всё-таки вынуждена поглотить этот несуществующий тахион эта механика не объясняет.

Впрочем, реинтерпретация утверждает, что наблюдатель В видит не излучение тахиона, а поглощение в системе А антитахиона. Если буквально толковать эту фразу в работах Реками, то следует заметить: наблюдатель В вообще ничего не может увидеть в системе А. Слишком далеко она. А что пришло в голову наблюдателю В о событиях в системе А – это не может быть доводом или доказательством. Наблюдатель В может достоверно судить только о событиях, происходящих в его системе покоя, всё остальное – домыслы. Поэтому остаётся только один довод тахионной механики: наблюдатель В видит у себя не "внутреннее поглощение", пришедшего к нему из системы А тахиона, а "внутреннее излучение" собственного антитахиона в сторону системы А. Это логически допустимое предположение принципа реинтерпретации. Но тогда сразу же, помимо исчезновения тахиона, новый вопрос: почему в системе В эмитирован антитахион именно в этот момент? Мог ли наблюдатель В не делать этого, не эмитировать антитахион? Или сделать это в другом месте? Ответ однозначный: нет, не мог. Легко показать, что этот момент времени однозначно определён временем излучения тахиона в системе А. Не наблюдатель В выбрал время излучения своего антитахиона, а наблюдатель А назначил ему это время. Причём этот антитахион, якобы "внутренне эмитированный" наблюдателем В имеет свойства, в точности соответствующие свойствам тахиона, эмитированного наблюдателем А. Пусть тахион будет, условно говоря, телеграммой. С текстом "Это тахион из системы А" и цифровой подписью. Все наблюдатели системы покоя А, расставленные вдоль трассы тахиона, подтвердят: телеграмма была вручена адресату. Согласно принципу реинтерпретации наблюдатель В должен заявить, что это он эмитировал анти-телеграмму с текстом "Это тахион из системы А". И цифровую подпись тоже он сделал?

Сказанное выше относится к прямому сигналу – тахиону

1 из системы А в систему В. Но по условиям задачи наблюдатель В отправил ответный сигнал – тахион 2. Согласно принципу реинтерпретации, наблюдатель А будет видеть, что в системе В произошло два поглощения: тахиона из системы А и анитахиона, эмитированного системой В. Ещё раз отметим: это навязанные наблюдателю А домыслы, поскольку он ничего не может видеть в системе В. Видеть он может только события в собственной системе отсчета. Тахионная механика не отрицает, что наблюдатель А отправил телеграмму – тахион в систему В. Но далее в тахионной реинтерпретации начинаются новые странности. Утверждается, что до отправки тахиона 1 наблюдатель А отправил туда же анитахион 2. Считая его такой же телеграммой, мы обязаны указать в ней текст "Это ответный тахион из системы В". Это неизбежно так, поскольку текст этой телеграммы не зависит от наблюдателя А, он задан наблюдателем В. Из будущего. И этот анитахион 2, якобы созданный наблюдателем А, как брат-близнец похож на тахион, эмитированный из системы В. А похож он потому, что он и на самом деле является тахионом 2 из системы В, а вовсе не эмитирован наблюдателем А. Действительно, наблюдатели системы В, также расставленные вдоль трассы тахионов, однозначно подтвердят: наблюдатель В отправил в сторону системы А тахион – телеграмму именно с таким текстом. И она была вручена адресату – наблюдателю А. Со своей стороны курьер, движущийся вместе с телеграммой – тахионом, будет фиксировать таблички с номерами на груди наблюдателей А и В вдоль трассы: десять, девять, восемь, семь... Вот и адресат... Нет никаких доводов отрицать, что именно телеграмма как физический объект, эмитированная наблюдателем В, была доставлена наблюдателю А. Однако, согласно принципу реинтерпретации наблюдатель А, вопреки всякой логике и здравому смыслу, должен заявить, что это он эмитировал себе самому ответную анти-телеграмму с текстом "Это тахион из системы В". Однако, условиями задачи чётко определено: каждый из наблюдателей излучает тахион и ни слова не сказано, что они

излучают антитахионы. Не было этого. Наблюдателю А навязывается своеобразная реинтерпретационная забывчивость. До момента излучения тахиона он ничего не знает о том, что когда-то излучил антитахион. А в момент излучения тахиона он вдруг вспоминает, что когда-то в прошлом он всё-таки излучал антитахион.

Далее, как и выше, из этого реинтерпретационного решения явно следует: тахион 2 эмитированный в системе В не долетел до системы А. И вновь возникает резонный вопрос: куда в этом случае он делся, тахион 2, эмитированный системой В? Кстати, такие же вопросы возникают и в отношении антитахионов:

- антитахион 1 эмитированный в системе В и не достигший системы А (или какой другой);
- антитахион 2 эмитированный в системе А и не достигший системы В (или какой другой).

Куда делить эти антитахионы? Тоже исчезли? Все эти частицы – тахионы и антитахионы – двигались по одной и той же линии, поэтому они неизбежно должны были достичь наблюдателей, также движущихся по этой линии. Кроме того, к этим двум антитахионам тахионной механике в рассматриваемом примере с телеграммами следовало бы добавить еще массу антитахионов, эмитированных каждым из наблюдателей вдоль трассы тахионов, которые столь же бесследно исчезнут.

Итак, под вывеской решения парадокса антителефона тахионная механика и принцип реинтерпретации незаметно предложили ряд новых парадоксов, имеющих, скорее, признаки цирковых трюков:

- исчезновение тахионов и антитахионов в неустановленных местах трассы;
- излучение антитахионов, которых никто не излучал;
- загадочная амнезия наблюдателей – инициаторов обмена тахионами.

В заключение статьи по тахионной механике автор резюмирует решение парадокса. Повторяет рассмотренные

здесь выкладки о том, что оба наблюдателя только излучают, ничего не получая взамен. Сначала антитахион, как две капли воды похожий на соответствующий тахион напарника, затем собственный тахион, который, как оказывается, до напарника не доходит. Причинно-следственные отношения между двумя системами А и В оказываются в этом случае разорванными. Между этими двумя системами нет никакого осмысленного обмена информационными сигналами.

Наконец, автор указывает: для того, чтобы ответный тахион 2 был, как этого требует задача, следствием прямого тахиона 1, необходимо, чтобы этот тахион 1 эмитировался в А раньше линии настоящего В. Что и реализует на рисунке 3 в статье. Да, да, именно так! Просто путём изменения условий задачи: исходный тахион просто перемещается во времени в удобное место. Это даже не подгонка *решения* под известный ответ, это ещё фундаментальнее. Подгонка *исходных условий* задачи под имеющийся ответ. Правда, в этом случае уже нет никакого парадокса и никакие принципы реинтерпретации и тахионные механики здесь *не нужны*.

Возвращаясь к решению парадокса антителефона тахионной механикой, мы видим, что принцип реинтерпретации предсказывает несуществующие события. И вновь на первый взгляд такая замена разумна: вместо неясно откуда взявшегося, прилетевшего из будущего тахиона, наблюдатель в системе А *сам*, единолично, вполне конкретно посылает реальный антитахион. Затем этот антитахион вполне обычным путем движется из прошлого в будущее, не нарушая никаких физически возможных законов. Теперь на диаграммах Минковского не появляются мгновенные стрелки из будущего в прошлое, а отправка антитахиона имеет отчетливую причинно-следственную историю. Но ведь этих событий в соответствующие моменты времени *не было*. Назвать логичными такие рассуждения невозможно.

До распространения СТО на сверхсветовые сигналы, в исходном виде она является строго последовательной и логичной теорией, которую невозможно уличить в причин-

но-следственных парадоксах, никакими мысленными экспериментами. Но с введением тахионной механики и принципа реинтерпретации (переключения) теория начала делать явно ошибочные предсказания о несуществующих событиях.

Глядя на диаграмму Минковского рис.5.4а, мы четко видим, что в этот текущий момент времени наблюдатель А никакого антитахиона не отправлял, что бы там ни говорил принцип реинтерпретации. Этого события *не было*. Ни с положительной, ни с отрицательной энергией до этого момент из системы А *ничего не отправлялось*.

Точно так же на диаграмме б) видно, что до момента времени В1, когда тахион 1 из системы А прибыл в систему В, в системе А ничего не было известно и об антитахионе 2. Эти сведения появились вдруг, неожиданно, словно из провалов памяти у наблюдателя А лишь после того момента, когда его тахион 1 достиг системы В.

Такая же нелогичная картина возникает и с точки зрения наблюдателя В, на диаграмме д). В момент времени В1 наблюдатель В излучает частицу 2. Но на каком основании? Он еще не получал иницирующей частицы 1 из системы А, которая по его часам будет испущена из А только в момент времени А1, что видно на диаграмме с).

Однако, согласно принципу реинтерпретации утверждается, что в моменты времени А2 и В1, соответственно, по собственным часам наблюдателя А и В каждый испустили античастицу, диаграммы а) и с), хотя в эти моменты времени в этих системах *таких событий не было*.

Принцип реинтерпретации не может считаться научным, поскольку требует рассматривать события, которых не было. Соответственно этот принцип и тахионная механика, основанная на нем, не являются научным расширением специальной теории относительности, а явно превращают ее в ошибочную теорию.

6. Космология

Как известно и скрыть это невозможно, к противоречиям с теорией относительности приводят любые сверхсветовые коммуникации – сверхсветовые частицы, тахионы, сверхсветовая передача информации и движение объектов. Явными признаками такого сверхсветового движения в космологии обладает космологическая инфляция. Сверхсветовым агентом в этом случае является довольно эфемерная субстанция – пространство-время. Её действие как сверхсветового носителя материальных образований, галактик и их скоплений может быть зарегистрировано корректными, достоверными астрономическими наблюдениями. Правда, специфика такого движения не позволяет использовать его для передачи сигналов и, тем самым, исключает сверхсветовые парадоксы. Кроме того, это сверхсветовое движение теории относительности как бы выводит из области своих парадоксов, подменяя собственно движение изменением масштабного фактора.

Однако, если разобраться, это довольно замысловатая игра слов. Масштабный фактор обозначает изменение расстояния между объектами, но без их движения. Легко заметить схожесть с нелокальностью, в которой связь есть, но сигналов этой связи нет. И, тем не менее, горизонт видимой Вселенной определенно поднимает вопрос сверхсветового движения. Свет от источников, находящихся за горизонтом не может достичь нас, поскольку мы *удаляемся* от них быстрее скорости света! Кроме того, ускоренное расширение пространства-времени создает еще более сложные проблемы для теории относительности, вводя некую силу, *раздвигающую* галактики. Такая сила определенно подразумевает реальное *движение*, а не условное увеличение интервалов.

Современная физика все более наполняется всякими загадочными мрачными субстанциями. Тёмная материя, тёмная энергия, тёмный поток, Черные дыры с ненасытным чревом

сингулярности, нелокальность с её тонкими, читай: потусторонними, мирами. Все это свидетельствует о сложности познания, невозможности рационального объяснения каких-то явлений. Как следствие, такое незнание ведёт к недоверию: что-то не то с их логическим обоснованием, граничащим с мистикой, магией. Впору такую космологическую логику назвать космологикой, как антагониста логики формальной.

Происхождение Вселенной

Двигаются галактики и их группы или нет, но астрономические наблюдения определенно показывают, что они как бы раздвигаются в пространстве, как бы удаляются друг от друга. Об этом, как общепризнано, свидетельствует космологическое красное смещение. И все это опирается на общую теорию относительности Эйнштейна, которая и предсказывает и описывает эти явления разбегания. Описывает, но в широком смысле этого слова *не объясняет*. Математическое описание разбегания галактик через изменение масштабного фактора провозглашает соответствующее изменение расстояния между галактиками в процессе их удаления друг от друга. Бесспорно, галактики "разбегаются". Бесспорно, величина их удалённости соответствует масштабному фактору. Но *почему* галактики становятся с течением времени всё дальше и дальше друг от друга? И общая теория относительности, и все её сторонники, и, кстати, противники тоже, утверждают, что собственно *движения* галактик нет. Галактики *не перемещаются* в пространстве Вселенной. Но при этом в каждый момент времени становятся всё дальше и дальше друг от друга, и проявляется это предельно однозначно как механическое движение.

Вряд ли можно считать полноценным физическим описанием заявление, что галактики удаляются друг от друга потому, что между ними *расширяется само пространство*. В литературе, в дискуссиях обычно о расширении пространства говорят с осторожностью. Никто определенно не может ска-

зать, что означает "расширение пространства", в чём оно состоит, как оно проявляется. Что именно расширяется при расширении пространства?

К более-менее определённым выводам можно прийти, если признать, согласиться, что пространство или пространство-время, как и вещество, имеет дискретную, следовательно, атомарную структуру:

"некоторые свойства пространства-времени предполагают наличие у него своего рода ячеистой структуры - мозаики "атомов" пространства-времени, а быть может, и иного результата не имеющей аналогов филигранной работы. ... предполагаемые "атомы" пространства должны быть элементарными единицами длины: их размер должен быть порядка 10^{-35} метра, что гораздо меньше величины, различаемой на самых мощных современных приборах, - 10^{-18} м. Следовательно, у ученых возникает вопрос, может ли вообще считаться научной гипотеза об "атомарности" пространства-времени? ... некоторые исследователи приступили к поиску возможностей обнаружения структуры пространства-времени косвенными методами".

"Согласно предсказаниям ... теории, петлевой квантовой гравитации, пространство-время состоит из "атомов" и обладает ограниченной возможностью вмещать в себя материю".

"квантовая теория гравитации предсказывает существование "атомов" пространства-времени" [131].

"петлевая квантовая гравитация, полагает, что пространство есть решетка из крошечных "атомов" (сферы). Диаметр таких "атомов" (линии) - так называемая планковская длина, расстояние, на котором гравитационные и квантовые эффекты сравнимы по силе" [28].

Объяснения расширения пространства и разбегания галактик за счёт этого процесса практически неизбежно требуют представления об атомарности пространства. Например, странно было бы говорить, что некая абстракция - пространство просто "вытягивается" как резиновый лист. Что именно вытягивается в пространстве? Аллегории пространства как

поверхности надувающегося (воздушного) шарика тоже никак не проявляют такого вытягивания. Более того, "резиновые" представления о пространстве самым прямым образом указывают на его атомарность. То есть, любые заявления о расширении пространства явным образом указывают на его атомарность. Никаких других объяснений расширения пространства не видно: любое "вытягивание" означает изменение расстояний между составляющими элементами вытягиваемого объекта. Но какими составляющими?

Представления об атомарности пространства практически неизбежны. В этом случае для описания расширения пространства видны некоторые гипотезы. Как происходит расширение атомарного пространства? Что означает само выражение "расширение пространства"? Как считается, пространство - это основа, поле, на котором находится вещество. Но это наделяет его довольно неопределенными свойствами. Более логично представить пространство, его протяжённость как подсчитанное количество атомов пространства между, например, двумя вещественными метками. Если между этими метками есть 100 атомов пространства, то это и есть пространство протяжённостью, длиной в 100 единиц. Из этого следует, что простое изменение расстояния *между* атомами пространства не изменяет пространственной удаленности между вещественными метками. Более того, само выражение "расстояние между атомами пространства" следует считать абсурдным. Пространство - это и есть расстояние. И это расстояние представляет собой простое количество атомов пространства. Следовательно, расширение пространства - это не что иное, как простое увеличение числа этих атомов между вещественными метками. Расширение области пространства - это увеличение количества атомов пространства в этой области. Поэтому космологическое расширение пространства, приводящее к разбеганию галактик, означает увеличение числа атомов пространства между этими галактиками. Соответственно, ретроспективное во времени сближение галактик означает удаление этих когда-то добавленных между галак-

тиками атомов пространства.

Как принято считать, при ретроспективном сжатии Вселенной все галактики окажутся в исходных точках, из которых они начали своё разбегание. Но что это за точки? Гипотеза Большого взрыва утверждает - это точка сингулярности. Но в инфляционной её версии это *ошибочное* утверждение. Точка сингулярности существовала *до инфляции* пространства-времени Вселенной. Инфляция и расширение пространства - это два последовательных процесса. Сначала Вселенная расширилась инфляционно до каких-то размеров, и только после этого началось разбегание галактик, расширение пространства. Это два разных процесса - инфляция и расширение пространства. Можно, конечно, рассматривать их базовый механизм как один и тот же, но параметры этих процессов, очевидно, принципиально разные.

Такой подход однозначно указывает на то, что ретроспективное сжатие пространства Вселенной приведёт галактики не в точку сингулярности, а в точку окончания инфляционного расширения Вселенной. То есть в положение, в котором галактики явно не находятся в одной точке. Расширение пространства Вселенной началось по завершению процесса инфляции, когда размеры Вселенной уже были несопоставимо больше точки сингулярности. Поэтому следует неизбежный вывод: возраст Вселенной 13,7 миллиарда лет, то есть время, прошедшее после инфляции, и размеры Вселенной 13,7 миллиардов световых лет - это числа, друг с другом не связанные. И если возраст Вселенной имеет веские логические основания, то размер Вселенной взят из довольно шатких соображений.

По сути, гипотеза инфляции превращается в чисто умозрительное, плохо обоснованное объяснение некоторых противоречий наблюдаемым фактам основной гипотезы - Большого взрыва. Инфляционные решения уравнений общей относительности Эйнштейна указывают лишь на время расширения Вселенной, но не указывают её *начального* размера, в результате чего постинфляционные размеры, то есть, раз-

меры после завершения инфляции у разных авторов - разные.

Но почему именно инфляция вызвала такое раздувание? И была ли она вообще, эта инфляция? Ведь для объяснения нынешнего расширения Вселенной она, в сущности, не нужна. Она, понятно, в некоторой степени необходима гипотезе Большого Взрыва. Но могут ли быть какие-то другие объяснения исходных размеров Вселенной без инфляции?

Рассмотрим материальные, материалистические представления о бытии. Первоосновой всего сущего является вечная и бесконечная Материя. Следует понимать, что в теле первоосновы всего - Материи как таковые отсутствуют пространство и время в нашем представлении, в представлении вещественного мира. По этой причине ни одна физическая теория нашего мира, если она содержит в своём математическом аппарате параметры пространства или производные от них и параметры, использующие время, не может описать мир Материи, процесс перехода её в вещественную форму, её веществолизации.

Для определенности и исключения неизбежных противоречий объявим Материю однородной, *недискретной* газоподобной средой. Почему такая Вечная и Бесконечная среда должна быть неоднородной? Кто и с какой целью "взболтал" бы её до образования неравномерностей? Это довольно сомнительный момент. Разумнее, логичнее считать исходную Материю однородной. Всё в окружающем нас наблюдаемом мире стремится к однородности, к покою, к тепловой смерти, наконец. А Вечная Субстанция - чем плохой кандидат на такой покой? Поэтому однородность Материи Вселенной (в отличие от нашей вещественной Вселенной) – это более вероятное состояние, чем комковатые, угловатые или вихреватые состояния. В такой Материи царит своеобразный покой. Если же этот покой начал нарушаться, как бы это ни выглядело, то почему более правдоподобным должно казаться нарушение в отдельно взятой точке, чем равномерное по всему телу Материи или некоторому её объёму? Впрочем, это даже и не так важно. Пусть возникло нарушение, возму-

щение в какой-то одной точке. Если Материя была в каком-либо напряженном - перегретом, переохлажденном, перенасыщенном и так далее состоянии, то возмущение вызовет цепную реакцию наподобие кристаллизации или закипания воды. И здесь, как говорится, приведите хоть один довод, почему эта реакция должна была остановиться на расстоянии 13,7 миллиардов световых лет. Почему не 5? Почему не 500? А потому, что она и не остановилась. Вся Материя бытия перешла (и/или продолжает переходить) из равновесного состояния в возбужденное, деформированное под названием "вещество", создав Вселенную с пространством и временем. Этот переход мог выглядеть по-разному. Например, как кристаллизация, замерзание переохлажденной воды или взрывоподобное закипание воды перегретой:



Рис.6.1. Как получить лед моментально? Кристаллизация переохлажденной воды в чашке [56]

В этом клипе, автор в предыдущих кадрах коснулся пальцем поверхности воды, после чего начался процесс кристаллизации. Закончился процесс замерзанием всей воды в чашке. Возникает некое подобие Большого Взрыва в толще воды. Во все стороны от "эпицентра" - места касания пальцем разбегается волна замерзающей воды.

Похожая ситуация наблюдается в клипе [93] - момен-

тальный лед, кристаллизация переохлажденной воды в бутылке. Автор фильма слегка ударил бутылку о подоконник, после чего за несколько секунд вода в бутылке замерзла. Обратный процесс с перегретой жидкостью показан в следующем клипе. Вода в колбе была нагрета до температуры выше 100 градусов. Но она не закипела. После того, как лектор добавил в колбу щепотку мела, вода мгновенно взрывоподобно закипела:



Рис.6.2. Взрыв перегретой жидкости [108]

И еще один клип с закипанием: взрывающаяся вода [34]. Вода в стакане была нагрета до температуры выше 100 градусов без закипания. После того, как в стакан опустили обычную столовую вилку, вода мгновенно взрывоподобно закипела.

Клипов, подобных приведённым, немало: замерзание переохлажденной воды, взрывное закипание перегретой воды. В интернете или в какой-то телепередаче как-то встретилось упоминание о ещё более интересном процессе, который впоследствии, к сожалению, найти не удалось. Это

быстрое замерзание воды в переохлажденном озере. В воду бросили камень, и прямо на глазах вода всего озера превратилась в лёд, повторяя волнистость всей его поверхности.

Все приведённые видеоклипы показывают, как мог бы выглядеть процесс образования вещества из материи. В некоторой точке пространства Материи, которое принципиально отличается от пространства вещества, произошло нарушение состояния равновесия. Из этой начальной точки, которую мы можем считать точкой некоторого подобия Большого Взрыва, во все стороны начала расходиться волна возбуждения – превращения материи в вещество, порождающее Пространство (вещества) и Время (вещества) наподобие процессов в приведённых клипах. Этот процесс преобразования материи в вещество назван веществолизацией материи. Время в Пространстве материи – это принципиально иное время, чем то, которое мы наблюдаем в Пространстве вещества. Собственно, и само Пространство вещества также отличается от пространства материи. То, что мы называем нашей реальностью, бытиём – это пространство и время вещественного мира. Часы вещественного мира и его метры были запущены в процессе овеществления материи. В самой же материи идут совершенно другие часы, отмеряются совсем другие расстояния. То, что в материальном пространстве происходит с небольшой собственной скоростью по меркам материи, в порождённом материей вещественном мире может происходить мгновенно. Так, например, может передаваться квантовая информация между запутанными частицами. В нашем материальном мире эта передача называется нелокальностью и не имеет физического объяснения. Просто от одной частицы мгновенно и на любое расстояние передаётся некая информация о состоянии частиц и всё! Таким образом, происходит что-то наподобие инфляции, но имеющее более физический характер, не требующий сверхсветового разбегания вещественных образований, они с этой скоростью *возникают* каждое на своем постинфляционном месте. Никаких традиционных противоречий стандартной гипотезы Боль-

шого Взрыва при этом не возникает: плоскостность, изотропность и так далее.

Гипотеза о веществолизации материи в значительной степени похожа на теорию стационарной Вселенной группы астрофизиков под руководством Фреда Хойла:

"Главная идея этой теории заключается в следующем: по мере того как галактики удаляются друг от друга при хаббловском расширении, в увеличивающемся пространстве между ними образуется новая материя" [136].

Однако теория стационарной Вселенной Хойла постулировала явно ошибочный процесс. Образовавшаяся новая материя, а правильнее сказать, вещество по этой теории:

"со временем самоорганизуется в галактики, которые, в свою очередь, будут удаляться друг от друга, высвобождая пространство для образования новой материи. Таким образом, наблюдаемое расширение было согласовано с понятием "стационарной" Вселенной, сохраняющей свою общую плотность и не имеющей единственной точки образования (наличие которой предполагает теория Большого взрыва)" [136].

Это положение довольно скоро было отвергнуто: в точных лабораторных опытах не удалось воспроизвести образование вещества, а микроволновой фон не нашёл в ней приемлемого объяснения. Кроме того, из наблюдений выяснилось, что все наиболее удалённые галактики представляют собой молодые, ещё не сформировавшиеся системы, что противоречило теории стационарности, но хорошо согласовывалось с теорией Большого взрыва.

Гипотеза о веществолизации материи свободна от недостатков теории стационарной Вселенной Хойла. При веществолизации материи и последующем расширении Вселенной образуются новые "атомы пространства", и ничего не утверждается об их переходе в вещество и последующей самоорганизации в галактики. Более того, эта гипотеза прямо объясняет механизм расширения Вселенной, чего нет ни в теории Большого взрыва, ни в общей теории относительности.

сти, ни в решениях её уравнений. Там, как известно, лишь объявляется процесс изменения масштабного фактора, который сам по себе не является физическим объектом и никак не объясняет, не описывает ни собственно процесса своего изменения, ни сущности процесса удаления галактик друг от друга. Вместе с тем, следует отметить, что гипотеза о веществеволизации не имеет явно сформулированного математического аппарата, поэтому она является гипотезой скорее философской, нежели физической.

Рождение новых "атомов пространства" может происходить, например, путём деления имеющихся атомов наподобие клеточного деления в живых организмах. Однако, такой вариант не выглядит убедительным. Более вероятным может быть процесс, схожий как с появлением точки сингулярности (она же откуда-то появилась?), так и основным процессом веществоволизации. Точно так же, как материя перешла в "искаженное" состояние в виде вещества, точно так же в дальнейшем она продолжает "деформироваться", создавая новые атомы пространства. Ни одна теория возникновения и расширения Вселенной не может обойти молчанием этот вопрос о механизме расширения пространства.

Другая проблема теории стационарной Вселенной, связанная с микроволновым фоном и формированием молодых галактик, также отсутствует у гипотезы о веществоволизации. Гипотеза об инфляции вещества Вселенной из сингулярности предполагает, что по истечении срока инфляционного расширения Вселенной (примерно через 10^{-35} секунд после Большого взрыва) во Вселенной:

"Произошел *фазовый переход* вещества из одного состояния в другое в масштабах Вселенной — явление, подобное превращению воды в лед. И как при замерзании воды ее беспорядочно движущиеся молекулы вдруг "схватываются" и образуют строгую кристаллическую структуру, так под влиянием выделившихся сильных взаимодействий произошла мгновенная перестройка, своеобразная "кристаллизация" вещества во Вселенной" [52].

Как видим, процесс фазового перехода в процессе инфляции практически полностью совпадает с описанием процесса веществолизации материи. Различие заключается в том, что инфляция связана с *механическим* расширением плотно сжатого вещества до разреженного состояния, а веществолизация рассматривается как некое подобие "кристаллизации" по некоторому объему, но не вещества, а материи. При веществолизации материи образуется вещество изначально в разреженном, "постинфляционном" состоянии. Поэтому все сопутствующие окончанию инфляции признаки присущи и окончанию процесса веществолизации: наличие микроволнового фона и процессы образования галактик. Если есть такое совпадение, то чем инфляция хуже веществолизации? А тем, что при веществолизации материи отсутствует как таковое Сотворение Мира. Большой взрыв, сингулярность не возникают из Ничего. Из *ничего* может возникнуть только *ничто*. Кроме того, размеры Вселенной не устанавливаются в какое-то определенное, но непонятное, довольно искусственное значение. Вселенная при веществолизации имеет, вероятно, бесконечные размеры или размеры, увеличивающиеся с невообразимо большой скоростью (скорость фронта волны веществолизации). Это увеличение не связано с текущим, современным расширением пространства во Вселенной, это предшествующий ему процесс. Следовательно, любая информация об удалённых галактиках (свет от них) старше 13,7 миллиарда лет будет информацией о состоянии Вселенной на момент её возникновения: не существует излучения от галактик, испущенного раньше этого срока - 13,7 миллиарда лет назад.

Кроме первичного инфляционного раздувания Вселенной, в стандартной теории Большого Взрыва можно обнаружить некоторые противоречия с общей теорией относительности, связанные с ускоренным расширением. Космологическая постоянная, призванная аналитически объяснить такое ускорение, в сущности, означает, что расширение происходит под действием некоторой силы, механически раздвигающей

галактики. Но тогда возникает сверхсветовой парадокс, поскольку отдаленные галактики, получается, удаляются от нас не условно, а самым настоящим образом, буквально по закону Ньютона. Смысл темной энергии, несомненно, должен соответствовать понятию энергии, то есть, это механическое давление на них. Удаляясь друг от друга, галактики притягиваются с всё меньшей гравитационной силой. Темная энергия, тем самым, совершает вполне определенную работу против силы притяжения в соответствии с определением энергии как способности совершать работу.

Как бы ни называлось изменение расстояния между галактиками, пусть это будет традиционно принятое расширение *пространства*, но игнорировать факт совершения работы просто невозможно. Даже если и не принимать во внимание увеличение общей массы Вселенной (в ограниченном объеме) за счет добавления темной энергии. Как известно, плотность её при расширении Вселенной остается неизменной.

Вместе с тем, согласно гипотезе о веществолизации, наличие такой механической, ускоряющей силы не требуется, а сама расталкивающая галактики темная энергия оказывается визуальным эффектом. Ускоренное расширение, трактуемое как увеличение значения постоянной Хаббла, также может рассматриваться как визуальный эффект. Действительно, каждая галактика со временем удаляется от нас со всё возрастающей скоростью. В каждый момент она находится от нас всё дальше и дальше, поэтому её скорость, согласно закону Хаббла, становится больше. Увеличение скорости – это ускорение. Кроме этого, с течением времени, в результате *равномерного* расширения пространства, скорость каждой галактики возрастает всё сильнее. Это уже ускорение ускорения, что, видимо, и соответствует увеличению постоянной Хаббла.

Другими словами, можно предположить, что *тёмная энергия – это всего лишь мнимая, иллюзорная, не существующая субстанция, имитируемая процессом расширения пространства Вселенной*. Пространство расширяется и это

выглядит так, будто на галактики действует какая-то расталкивающая сила (энергия). Разбегающиеся галактики не изменяют своих координат, а изменение расстояния вызвано тем, что между ними появляется новое, дополнительное пространство. Изменение расстояния и проявляется, выглядит как движение, разбегание галактик в пространстве. Это движение галактик ускоренное, следовательно, к ним приложена некая сила. Однако, на самом деле на галактики никакие реальные физические "расталкивающие" силы не действуют, тем не менее, ускоренное движение приписывают темной энергии. Но, в свою очередь энергия не может существовать сама по себе, она может быть только атрибутом какой-либо материальной субстанции. Эта субстанция представляет собой некое довольно экзотическое тело, обладает антигравитационными свойствами и, видимо, имеет одноименное название "темная энергия". Субстанция, судя по всему, распределена по Вселенной и вызывает взаимное отталкивание галактик без возникновения при этом сил, действующих на них. Если и признать наличие такой субстанции, то лучшим кандидатом на эту роль, очевидно, является Материя, постоянно порождающая всё новые и новые "атомы пространства".

Тёмная энергия – гипотеза о происхождении

Попробуем выяснить, следует ли тёмную энергию считать реальной физической субстанцией, или же это иллюзия, мнимая, кажущаяся субстанция, реально не существующая? Сначала следует отметить, что понятие энергии до настоящего времени вообще точно не определено:

"Важно понимать, что физике сегодняшнего дня неизвестно, что такое энергия" [140].

Конечно, было бы странно считать, что речь идет о формальном, энциклопедическом, словарном определении этого понятия, а не о его физическом содержании. И ещё одно частное мнение о понятии "энергия":

"пока энергия попросту лишена в физической теории

какого-либо глубинного обоснования" [84].

Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона, определяя термин, также отмечает трудность его непосредственного определения:

"Энергия есть способность данной системы тел, находящихся в данных условиях, совершить некоторое, вполне определенное количество работы. ... Понятие Энергии трудно определить непосредственно; оно определяется лишь косвенно по тем законам, которым Энергия повинуетя" [160].

Да, понятие "энергия" трудно определить, но это не препятствует его повсеместному использованию. Считается, что термин "энергия" принадлежит Юнгу:

"Термин "энергия" появился в начале 19 века и был введен в механику английским физиком Т.Юнгом, под этим термином он понимал величину пропорциональную механической работе" [141].

Наиболее распространенным и удобным определением понятия можно считать определение, данное в Научно-техническом энциклопедическом словаре:

"Энергия в физике - способность производить работу" [157].

С более полным философским обобщением определение энергии приводится в Философском энциклопедическом словаре:

"Энергия - одно из фундаментальных понятий совр. физики, обычно определяемое как способность материальных систем совершать работу при изменении своего состояния" [159].

Для наших целей, преследуемых в данной работе, можно использовать определение, данное в Толковом словаре Ушакова:

"Энергия – одно из основных свойств материи – способность производить работу (физ.)" [158].

Из приведённых определений видно главное: сама по себе энергия не существует как некая субстанция, это *свойство*. То есть понятие "темная энергия" не может быть само-

стоятельной, независимой сущностью, в обязательном порядке она требует уточнения – энергия чего? Что является носителем этой энергии? В обязательном порядке она должна иметь хоть какой-то материальный носитель, энергия сама по себе – это абсурд. И только материальный носитель может обладать этой "энергетической способностью" – совершать работу. В частности знаменитая формула Эйнштейна $E = mc^2$ означает своеобразное тождество энергии и массы. Однако, под энергией в этой формуле, несомненно, должна подразумеваться какая-то реально существующая, физическая субстанция. Обычно говорят об энергии физического вакуума.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что возможность сверхсветового разбегания галактик формально не противоречит постулату об инварианте скорости света – как такового, механического движения нет. Тем не менее, свет от сверхсветовых галактик в принципе не может достичь нас, что создаёт полную иллюзию такого движения.

Рассмотрим аналитически, как вариант, каким образом энергия вакуума может расталкивать галактики, или как возникает явления расширения пространства и в чем, собственно, состоит его *ускоренное* расширение. Сразу же заметим, что даже беглого взгляда на закон Хаббла достаточно, чтобы заметить – галактики и так движутся ускоренно.

В чём, собственно, состоит расширение пространства? Как могут два тела удаляться друг от друга, оставаясь координатно неподвижными? Боле-менее разумными описаниями можно считать три. Представим себе резиновую линейку с делениями. Если мы будем растягивать эту линейку, то количество делений на ней, координатная длина не изменится, просто между делениями будет более широкий интервал. Это первая модель расширения пространства: его элементарные ячейки вытягиваются. Но у этой модели есть недостаток. Теоретически мы должны были бы, видимо, заметить реальное изменение свойств пространства в разных областях: в обычной (гравитационно связанной) и вытянутой (межгалактической).

Вторая модель - это своеобразное деление элементарных ячеек пространства. Так делятся клетки в живых организмах. Каждая из "клеточек пространства" с определенной периодичностью делится на две и суммарное количество ячеек пространства между материальными объектами, расстояние увеличивается. Это тоже довольно экзотическая модель, для которой трудно придумать приемлемый механизм деления. Третий вариант более предпочтителен. Удобно принять модель "веществолизации" материи, то есть создания материей - первоосновой всего сущего вещественных образований, в том числе и подобных физическому вакууму или собственно пространству. Слово материя переводится, как вещество, но их следует рассматривать как разные субстанции. Этой модели не нужны сингулярность, Большой Взрыв из Ничего и инфляция. Условно переохлажденная материя как бы кристаллизуется, образуя вещество. Наглядным примером этого процесса может служить кристаллизация переохлажденной воды рис.6.1 и рис.6.2 (кадры из клипов в предыдущей главе). Как в приведённых клипах, волна веществолизирющейся материи создаёт область Вселенной, Пространство и Время как свойства вещества. В дальнейшем это свойство материи веществолизироваться продолжает создавать отдельные кристаллики, атомы пространства, которые и проявляются в нашем вещественном мире как расширение пространства. В гравитационно связанных областях такая веществолизация, видимо, тоже происходит, но в несопоставимо меньших размерах, ведь там уже всё, что могло веществолизироваться, уже превратилось в вещество.

Следует отметить, что в интернете, в его русскоязычном сегменте не очень охотно говорят о расширении *пространства* Вселенной. Чаще говорят о масштабном факторе, который фактически означает увеличение длины некоего пространственного эталона, отрезка в двух эпохах развития Вселенной:

"В основе большинства моделей расширяющейся Вселенной лежит ОТО и её геометрический взгляд на природу

гравитации. Изотропно расширяющуюся среду удобно рассматривать в системе координат, расширяющихся вместе с материей. Таким образом, расширение Вселенной формально сводится к изменению масштабного фактора всей координатной сетки, в узлах которой "посажены" галактики. Такую систему координат называют *сопутствующей*. Начало же отсчета обычно прикрепляют к наблюдателю" [92].

В космологии и общей теории относительности на эту тему можно найти и другие не менее определенные утверждения. Увеличение расстояния между объектами во Вселенной объясняют не их *непосредственным физическим движением*, а неким увеличением расстояния между ними, выражающимся в масштабном факторе:

"При расширении пространства физическое расстояние $a(t)dl$ между галактиками увеличивается, хотя их сопутствующие координаты остаются неизменными" [70].

Однако, есть утверждения, что и сам Эйнштейн никогда не говорил о расширении пространства, что "расширение пространства" придумали журналисты. Действительно, в работах Эйнштейна удалось найти лишь пару фраз "пространство расширяется", причём в косвенном употреблении, как о чём-то очевидном, не требующем пояснений. Однако даже использование понятия "масштабный фактор" не позволяет избежать при его объяснении явления расширения пространства.

"Положение тела в пространстве расширяющейся Вселенной определяется с помощью координатной сетки, растягивающейся вместе со Вселенной.... Две из этих космических координат характеризуют положение галактики на небосводе, третья (обозначим ее X) — удаленность от нас; подчеркнем, эта координата жестко привязана к данной галактике и не меняется со временем. Для определенности положим ее численно равной расстоянию до галактики в настоящий момент t_0 . Тогда расстояние в любой момент времени определяется как

$$r(t)=X \cdot a(t),$$

где $a(t)$ — величина, называемая масштабным фактором. Она показывает, насколько было сжато пространство в момент t . Если в настоящее время $a(t_0)=1$, то в прошлом $a(t<t_0)<1$ " [63].

Тем не менее, можно встретить и инерционную трактовку расширения пространства после Большого Взрыва:

"Гравитационные силы отталкивания в инфляционный период разгоняют частицы, а дальше они движутся по инерции. Так формируется хаббловский закон расширения" [71].

Но это, как отмечено выше, неверно. Объекты во Вселенной не движутся (в смысле её расширения). Движутся, если можно так выразиться, интервалы между ними, расстояния, которые удлиняются, растут. Как бы мы ни жонглировали названиями, наиболее верным будет всё-таки назвать эти "увеличивающиеся расстояния" расширяющимся пространством. Именно пространство увеличивается, растёт, расширяется, разбухает. Считается, что космологическое красное смещение является подтверждением расширения пространства, а не физического, механического движения галактик:

"...Какие факты указывают на то, что разбегание галактик не является движением собственно галактик, а именно движением вследствие расширения пространства...?"

"Собственно, космологическое красное смещение. ... если волновой пакет распространяется в расширяющейся Вселенной, то расширение пространства обуславливает расширение волнового пакета, а значит, и изменение длины волны, соответствующей этому пакету" [122].

Итак, примем, что пространство Вселенной евклидово (плоское и бесконечное) и в нём действуют законы Ньютона. Рассмотрим процесс в одном произвольном направлении, для чего выберем некую галактику (группу галактик), находящуюся от нас на расстоянии r_0 , считая её точкой в масштабах Вселенной. В соответствии с законом Хаббла она движется со скоростью:

$$v = r_0 H \quad (6.1)$$

здесь H - постоянная Хаббла.

Скорость v означает, что галактика движется (удаляется от нас). Но удаляется она не в буквальном смысле, а за счет увеличения интервала (пространства) между нею и нами. То есть за каждый интервал времени t_0 расстояние между нами и галактикой увеличивается примерно на vt_0 . Следовательно, координата галактики в нашей системе координат изменяется согласно уравнению:

$$x = r_0 + vt$$

Скорость v в этом уравнении не реальная (пекулярная) скорость, а, как сказано выше, скорость фактического увеличения расстояния до галактики за счёт расширения пространства.

Для большей наглядности проведем анализ формально с использованием аллегории железнодорожных путей со шпалами. Пусть расстояние между двумя объектами измеряется количеством шпал между ними. Примем, что исходное расстояние при $t=0$ составляет одну шпалу $r_0=1$.

Пусть удлинение, расширение пространства происходит монотонно таким образом, что его длина увеличивается за счет удвоения каждой шпалы в единицу времени. Здесь мы введем величину, которую назовём коэффициентом пространственного расширения (чтобы не путать его с масштабным фактором), равную в данном случае 2. Поэтому в следующий момент времени шпал будет уже две:

$$t = 1 \quad r = r_0 \times 2$$

В следующий и дальнейшие моменты времени число шпал каждый раз удваивается:

$$t = 2 \quad r = r_0 \times 2 \times 2$$

$$t = 3 \quad r = r_0 \times 2 \times 2 \times 2$$

$$t = 4 \quad r = r_0 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$$

$$t = 5 \quad r = r_0 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$$

И так далее. Здесь уже можно обнаружить некоторое сходство с законом Хаббла, но для зависимости не скорости от расстояния, а расстояния от времени, поскольку очень

хорошо видна закономерность:

$$t = nt_0 \quad r = r_0 \times \underbrace{2 \times 2 \times \dots \times 2}_n \times 2 = r_0 2^n = r_0 2^{\frac{t}{t_0}}$$

Однако мы использовали довольно радикальное значение параметра расширения пространства – удвоение. Для большей общности примем его значение произвольным, для чего подставим вместо двойки некоторый параметр. Поскольку уравнение степенное, то предусмотрительно запишем этот параметр в виде степенной функции:

$$2 \rightarrow e^H \quad r = r_0 (e^H)^{\frac{t}{t_0}} = r_0 e^{H \frac{t}{t_0}} \quad (6.2)$$

Теперь дифференцированием по времени мы можем найти значение скорости в каждый момент времени

$$v = \dot{r} = r_0 H \frac{t}{t_0} e^{H \frac{t}{t_0}} \quad (6.3)$$

Замечаем, что последний множитель – это значение r , подставляем и получаем практически закон Хаббла

$$v = \frac{r_0}{t_0} Hr$$

Кажущееся отличие состоит в том, что первый множитель, дробь символизирует единичную скорость, то есть, единичное время $t_0=1$ единичного удлинения $r_0=1$, поэтому

$$v = Hr$$

Теперь уже это точно закон Хаббла (6.1), причем из (6.2) мы отчетливо видим физическую сущность постоянной H . Это безразмерная величина, равная натуральному логарифму коэффициента удлинения единичного отрезка пространства за единичное время

$$H = \ln(e^H)$$

Если найти вторую производную от расстояния (6.2), то мы найдем величину ускорения движущихся объектов в зависимости от времени

$$a = \dot{v} = \ddot{r} = r_0 H^2 \frac{1}{t_0^2} e^{\frac{Ht}{t_0}} = H^2 e^{Ht}$$

и от расстояния

$$a = \frac{r_0}{t_0^2} H^2 r = H^2 r \quad (6.4)$$

Как видим, каждая галактика согласно закону Хаббла движется с ускорением, причем это ускорение тем больше, чем дальше удалена галактика. Тогда возникает неизбежный вопрос: самые быстро удаляющиеся галактики – это более молодые галактики, которые согласно последним наблюдениям в прошлом удалялись на самом деле медленнее? Чем дальше они от нас как по расстоянию, так и по времени, тем выше их скорость, то есть с течением времени Вселенная расширяется вроде бы все быстрее.

Получив в результате изменяющуюся скорость, по тем же самым законам ньютоновой физики можно сделать вывод: если тело движется ускоренно, то, значит, к нему приложена какая-то сила. Очевидно, однако, что к нашей галактике непосредственно никаких сил не приложено: нет ни пружин, ни ракетных двигателей. Остается единственная ньютонова сила, которая может привести галактику в движение - это сила гравитации. В соответствии с законом тяготения вычислим величину этой силы:

$$F = G \frac{Mm}{r^2},$$

где

G - гравитационная постоянная;

M - некая масса, являющаяся причиной удаления галактики;

r - некое расстояние от галактики до центра этой "массы";

m - масса галактики.

По закону Ньютона находим:

$$a = \frac{F}{m} = G \frac{M}{r^2}$$

и подставляем значение вычисленного выше ускорения:

$$H^2 r = G \frac{M}{r^2},$$

Пока неясно, что же это за тело с массой M , оттягивающее (или отталкивающее) галактику от нас. Более того, нам не известно, как вообще все звёзды "расталкиваются" друг от друга, то есть эта масса вообще нигде не может быть локализована, она должна быть как бы свойством пространства вообще. Это либо загадочная средняя анти-масса пространства, либо та самая тёмная энергия. Это становится особенно хорошо заметно, если умножить обе части уравнения на c^2 и преобразовать:

$$H^2 r c^2 = G c^2 \frac{M}{r^2},$$

Вот мы и получили какую-то загадочную энергию чего-то, вроде бы расталкивающего галактики:

$$E = \frac{H^2 r^3 c^2}{G} \quad (6.5)$$

Это уравнение какой-то энергии, видимо, и описывает расширение пространства. Может быть, это и есть та самая космологическая тёмная энергия, являющаяся причиной расширения Вселенной?

Но здесь возникает вопрос: наша галактика-то на самом деле физически не движется! Что же за сила в таком случае действует на неё, не вызывая движения? И действует ли? Вероятно, разумным объяснением является только такое, что ускорение галактики - кажущееся. Поэтому и сила, действующая на неё, тоже кажущаяся. Соответственно, и энергия источника, вызывающая кажущееся движение, тоже кажущаяся. Поэтому тёмную энергию, вызывающую кажущееся ускоренное движение галактики в этом случае тоже следует признать кажущейся. Нет никакой темной энергии, это иллюзия, вызванная наблюдаемым расширением пространства.

Полученные уравнения расстояния (6.2), скорости (6.3)

и ускорения (6.4) при удалении от нас галактики являются возрастающими функциями времени. Это ускоренное удаление галактики от нас вызвано принятой моделью расширения пространства, вследствие "клеточного" деления элементарных ячеек пространства или кристаллизацией между ними материи с образованием новых ячеек вещественного пространства, физического вакуума. Это деление-кристаллизация не обязательно одновременное для всех ячеек: каждая ячейка делится независимо от других с определенной частотой, которая сама по себе является константой, чем-то напоминая ядерный распад. Это довольно любопытное явление. Не смотря на то, что скорость "деления" ячеек пространства мы задали *неизменной, константой*, скорость удаления галактики, тем не менее, при этом получилась *ускоренной*.

"Результаты казались - и некоторым кажутся и сейчас - невероятными. Далекие сверхновые оказались систематически более слабыми, чем требовал линейный закон Хаббла и это означало, что Вселенная расширяется с ускорением и космологическая постоянная не равна нулю, а имеет положительный знак" [46].

В приведенных вычислениях нигде не применялась и даже не упоминалась космологическая постоянная. Очевидно, она не нужна физике Ньютона. На основе его классических законов мы получили ускоренное расширение пространства. Правда, здесь было введено понятие, чуждое физике Ньютона - расширение Вместилища Бытия - пространства. Однако, этому пространству присвоены вещественные свойства, а ньютоновы оставлены основе, Материи. В свою очередь Материя является Бесконечной и Вечной субстанцией, основой всего сущего.

Как происходит расширение пространства

И все-таки, как выглядит процесс *ускоренного* расширения? Рассмотрим его аналитически более подробно. Вычисления проводим впервые, поэтому результат пока неизвестен. Примем, как это принято в научной литературе, что

хаббловское расширение Вселенной начинается сразу же после завершения инфляции. Некая галактика находится в этот момент на расстоянии r_0 от Земли. Согласно закону Хаббла и результатам выше сделанных выкладок (6.2) расстояние между Землей и галактикой равно:

$$r = r_0 e^{Ht}$$

Конечно, закон Хаббла выглядит иначе, но этот закон, собственно, и является следствием уравнения движения (6.3):

$$v = \dot{r} = r_0 H e^{Ht} = H r_0 e^{Ht} = H r$$

Рассмотрим, на каком фактическом расстоянии r_{14} от Земли находится рассматриваемая галактика в наши дни

$$r_{14} = r_0 e^{HT_{14}}$$

Здесь T_{14} – это время расширения Вселенной после инфляции, равное примерно 14 млрд. лет. В наши дни мы получили фотон от этой галактики. Следовательно, этот фотон двигался со скоростью света и прошел это расстояние полностью. Очевидно, что время t_1 движения фотона от излучения до поглощения на Земле равно:

$$t_1 = \frac{r_{14}}{c} = \frac{r_0}{c} e^{HT_{14}}$$

Из этого мы можем определить, на каком расстоянии r_1 от Земли этот фотон был излучен. Действительно, в пути фотон находился время t_1 , а скорость его – скорость света, поэтому:

$$r_1 = r_0 e^{Ht_1} = r_0 e^{H \left(\frac{r_0}{c} e^{HT_{14}} \right)} = r_0 e^{\left(H \frac{r_0}{c} e^{HT_{14}} \right)}$$

Сравним эти два расстояния – фактическую удаленность галактики от Земли и расстояние, на котором фотон был излучен и затем получен в наши дни:

$$r_1 = r_0 e^{\left(H \frac{r_0}{c} e^{HT_{14}} \right)} \Leftrightarrow r_{14} = r_0 e^{HT_{14}}$$

Упростим сопоставление, помня, что находится в уравнении слева, а что – справа:

$$r_0 e^{\left(\frac{H r_0}{c} e^{HT14} \right)} \Leftrightarrow r_0 e^{HT14}$$

Сокращаем и сравниваем степени

$$H \frac{r_0}{c} e^{HT14} \Leftrightarrow HT14$$

Опять сокращаем

$$\frac{r_0}{c} e^{HT14} \Leftrightarrow T14$$

Из анализа величин видно, что левая сторона меняет своё значение в зависимости от исходного положения галактики. Другими словами, расстояние, с которого галактика излучила фотон, достигший Землю *в наши дни*, зависит от её удаленности на момент начала постинфляционного расширения. Например, галактика могла находиться очень близко от Земли, то есть $r_0 \rightarrow 0$. Напротив, она могла находиться настолько далеко, что $r_0 \gg c$. В этих случаях неравенство может быть как правым, так и левым. И, следовательно, возможен вариант равенства, то есть:

$$\frac{r_0}{c} e^{HT14} \left\{ \begin{array}{l} > \\ = \\ < \end{array} \right\} T14$$

Верхнее неравенство означает, что фотон, фактически, ещё не излучен, поскольку время для этого не настало. Последний случай неравенства, наоборот, означает, что фотон был излучен и уже давно поглощен на Земле. Третий случай, равенство означает, что излученный фотон только что прибыл на Землю. Другое следствие из соотношения равенства означает, что существует единственная удаленность галактики, *самый первый фотон* от которой в точности достиг Земли, а не был поглощен ранее:

$$\frac{r_0}{c} e^{HT14} = T14$$

Отсюда находим удаленность этой галактики от Земли

на момент завершения инфляции:

$$r_0 = cT14e^{-HT^{14}} \quad (6.6)$$

Здесь и в дальнейших расчетах удобно использовать в качестве основных единиц измерения световой год (расстояния) и год (время) вместо традиционных мегапарсека и секунды, поскольку в уравнения мы будем подставлять числовые значения и возраста Вселенной (в годах), и размера Вселенной (в световых годах) и постоянную Хаббла (километры, секунды, мегапарсеки). Для сопоставимости единиц измерения разных величин здесь мы перевели значение постоянной Хаббла в новые единицы измерения. Современное значение постоянной Хаббла в обычных единицах равно $67,80 \pm 0,77$ (км/с)/Мпк. Возраст Вселенной в рамках модели Λ CDM составляет около $13,8 \cdot 10^9$ лет. Единица космологических расстояний 1 Мпк приблизительно равна $3'000'000$ световых лет, а единица расстояний 1 световой год (cg) равна $9,46 \cdot 10^{12}$ км или приблизительно 10^{13} км. Длительность года равна приблизительно 30 млн. секунд. Таким образом, используя приблизительные значения величин, найдём значение постоянной Хаббла в этих новых единицах измерения:

$$\begin{aligned} H &\approx \frac{68 \times 30'000'000}{3'000'000 \times 10^{13}} = \frac{68 \times 3 \times 10^7}{3 \times 10^{19}} = \\ &= 68 \times 10^{-12} \text{ (cg / год) / cg} \end{aligned} \quad (6.7)$$

Подставляем известные значения параметров и находим:

$$r = 1,26 \times 10^{10} e^{68 \times 10^{-12} t}$$

Уравнение означает, что галактики, находившиеся на меньшем расстоянии, уже давно видны с Земли. Галактики, находившиеся на большем расстоянии, с Земли сейчас не видны в принципе. Наконец, оно является уравнением движения самой молодой галактики, видимой ныне с Земли, то есть, в принципе мы не можем наблюдать галактики, моложе 12,6 млрд. лет после Большого Взрыва.

Собственно говоря, это достаточно очевидное обстоятельство. Поскольку возраст Вселенной 14 млрд. лет, любой

фотон мог быть в пути не дольше этого времени. Если фотон двигался к Земле из точки с удалённостью более 12,6 млрд. лет, то со скоростью света он прошёл бы это расстояние и достиг бы Земли за время жизни Вселенной только в случае, если бы Земля не удалялась. Но Земля удалялась, причём с достаточно высокой скоростью. На следующем рисунке изображена схема движения к Земле фотона от удалённой Звезды.

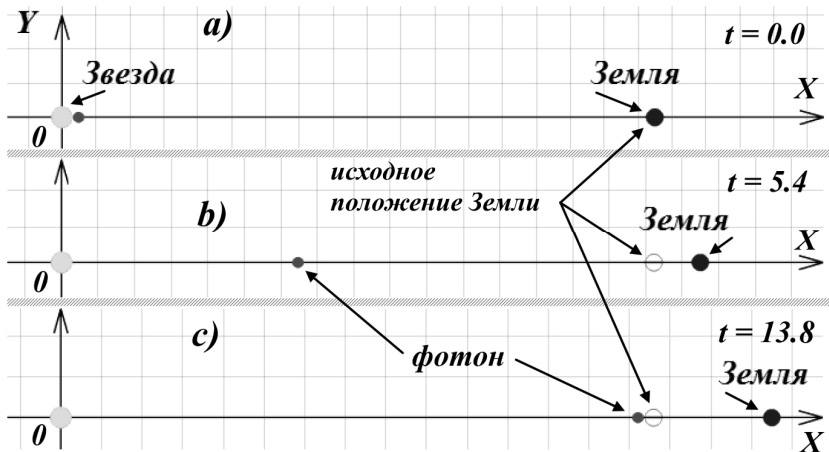


Рис.6.3. Если звезда была от Земли на расстоянии, более чем на 12,6 млрд. световых лет, то фотон не сможет её достичь за время жизни Вселенной. Кадры из анимации [20]

Поскольку Земля удаляется от Звезды, фотон за время жизни Вселенной достигнет только точки, где Земля находилась в момент его испусканий (бледный кружок) – на расстоянии 13,8 млрд. световых лет. Это очевидно, поскольку за это время в 13,8 млрд. лет Земля удалится от этой точки. Достичь Земли смогут только фотоны, удалённые от неё в момент излучения не более чем на 12,6 млрд. световых лет. Это расстояние, видимо, и следует считать наблюдаемой границей Вселенной.

Очевидно, что ускоренное расширение определяется, выявляется по двум параметрам: скорости удаления галак-

тики (красному смещению) и яркости стандартных свечей. Скорость галактик, согласно полученному выражению, равна:

$$v = \dot{r} = 68 \times 10^{-12} r_0 e^{68 \times 10^{-12} t}$$

В частности, для горизонта видимости:

$$v_0 \approx 0,1 e^{68 \times 10^{-12} t}$$

Два полученные выше аналитические выражения можно использовать для графического представления закона Хаббла:

$$r = r_0 e^{68 \times 10^{-12} t}$$

$$v = 68 \times 10^{-12} r_0 e^{68 \times 10^{-12} t}$$

Для этого мы просто задаем радиусы нескольких галактик, находившихся на разных расстояниях от Земли в начале постинфляционного периода, и определяем соотношение между яркостью стандартных свечей и их скоростей.

Из уравнений видно, что соотношение между скоростью и удаленностью прямо пропорциональное и соответствует закону Хаббла. Однако, на практике расстояние определяют не аналитически, а фактически, на основании наблюдений за яркостью стандартных свечей. Здесь уже используется иная связь – обратная квадрату расстояния яркость этих свечей. Как видим, выведенные аналитически уравнения полностью совпадают с известными и общепризнанными уравнениями космологии. Нас интересуют величины в скорости v_i и расстояния r_i в настоящий момент, поэтому упростим выражения до коэффициентов, отбросив множитель, содержащий время:

$$r_i = r_{0i}$$

$$v_i = H r_{0i}$$

Добавим уравнение для яркости стандартных свечей Ia:

$$I_i = \frac{1}{r_{0i}^2} \quad (6.8)$$

Параметр r_{0i} означает постинфляционную, первичную удаленность соответствующей галактики. Из этого уравнения мы и видим условие ускоренного расширения Вселенной. Со-

гласно наблюдениям, более далёкие галактики оказываются менее яркими, чем вычисленные по этому уравнению. Другими словами, знаменатель в уравнении (6.8) для l_i имеет как бы *большее* значение. То есть, галактика, имеющая скорость v_i , на самом деле находится на немного *большем* расстоянии, чем это предписывает закон Хаббла. Другими словами, такую скорость имеет галактика, находящаяся на немного меньшем удалении, и для такого результата этот закон можно переписать, например, так

$$v_i = H(r_{0i} - \Delta r_{0i})$$

Либо, в обратном порядке, поскольку для этой же галактики фактическая скорость оказалась немного больше

$$v_i + \Delta v_i = Hr_{0i}$$

Как видим, и то и другое уравнение означает, что более далекие галактики движутся немного быстрее закона Хаббла, чем более близкие. Но более далекие галактики, соответственно, это и более молодые. Получается, что в древности галактики двигались немного *быстрее*, чем это предписывает закон Хаббла. Если вспомнить основания, принятые здесь для аналитического вывода закона, то можно сформулировать такой вывод:

- если постоянная Хаббла за все время существования Вселенной была строго константой, и движение галактик в точности описывается общепризнанным ныне законом Хаббла, то более молодые галактики в прошлом двигались немного быстрее, чем более взрослые, поздние, а наблюдаемая яркость их стандартных свечей оказывается *меньшей*, чем это следует из традиционного закона Хаббла. Следовательно, при этих условиях, при неизменной постоянной Хаббла, признанном законе Хаббла и пониженной яркости молодых галактик *Вселенная расширяется с замедлением*.

Однако, интересно выяснить, при каком значении постоянной Хаббла такое расширение станет ускоренным. Граничным условием, видимо, является её нулевое значение, что соответствует довольно сомнительному варианту стац-

онарной Вселенной. Другой вариант соответствует все-таки ненулевому значению постоянной. Возможные узловые значения постоянной можно свести в таблицу:

Период действия	Значение
Момент инфляции	10^{59}
До начала ускорения	58-68
Нынешнее значение	68

Первое значение, определено из условия, что инфляция также происходила по закону Хаббла, и Вселенная расширилась в $10^{1'000'000'000'000}$ раз (согласно инфляционному сценарию Линде). Время инфляционного расширения взято равным 10^{-36} сек. Для сопоставимости значений время переводим в годы $1с=0,3 \times 10^{-10}$ лет:

$$r_e = r_0 e^{Ht} \rightarrow H = \frac{1}{t} \ln \frac{r_e}{r_0} = \frac{10^{12}}{t} \ln 10 \approx \frac{2 \times 10^{12}}{t}$$

Подставляем известные значения и находим:

$$H = \frac{2 \times 10^{12}}{10^{-36} \times 0,3 \times 10^{-10}} \approx 10^{59} \text{ (сг/год)}/\text{сг}$$

Значение H для периода от завершения инфляции до момента начала, как считается, ускоренного расширения взято условно в диапазоне от нынешнего значения и до значения, на 10 единиц меньше. Это очевидно: ускоренному расширению должно соответствовать меньшее в прошлом значение постоянной Хаббла. Следовательно:

$$r = r_0 e^{kHt}, \quad k < 1$$

Из этого следует теперь другая расчетная удаленность галактик, и отбрасывать коэффициенты уже нельзя

$$r_i = r_{0i} e^{kHT14}$$

В этом случае и новая расчетная яркость будет другой:

$$I_i = \frac{1}{r_{0i}^2 e^{2kHT14}} \geq \frac{1}{r_{0i}^2 e^{2HT14}}$$

Очевидно, точное значение величины k можно определить на основе полученных данных об уменьшенной свети-

мости стандартных свеч. Но и в этом случае мы вновь получим довольно странное обстоятельство. Если уменьшить значение постоянной Хаббла в прошлом, это приведет к наблюдаемому ускорению расширения, но при этом стандартные свечи будут выглядеть более яркими! Действительно, их заниженная яркость наблюдается при неизменном значении H , а увеличение яркости до нормальной требует уменьшения H в прошлом. Получается, чем *меньше* H в прошлом, тем *ярче* будут видны сверхдальние галактики. Напротив, чем *больше* H в прошлом, то есть, чем сильнее замедление расширения Вселенной, тем более слабыми будут видны сверхдальние галактики.

Покажем на графике, как изменялась H со временем:

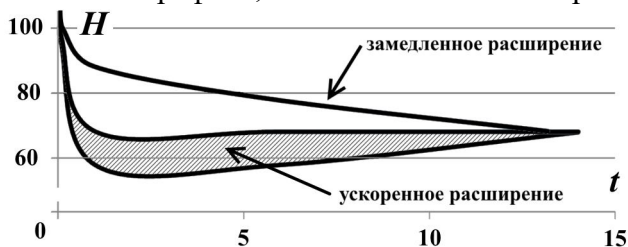


Рис.6.4. Графики изменения H при ускоренном и замедленном расширении Вселенной

Для ускоренного расширения штриховкой показана область возможных значений H . При замедленном расширении заметна тенденция к уменьшению H до нуля и далее – в отрицательные значения, то есть, расширение сменяется сжатием Вселенной.

Почему возникает такая обратная зависимость? Сейчас общепризнано, что Вселенная расширяется ускоренно, но тождественная во всем модель показывает обратное. Главной причиной является, видимо, обнаруженное явление *ускоренного* движения, пропорционального удаленности при *неизменном* коэффициенте расширения пространства, постоянной Хаббла. Судя по всему, Большой Разрыв Вселенной пока отменяется.

Основанием для создания гипотезы тёмной энергии являются, видимо, решения Фридмана. Согласно его выкладкам возможны три сценария развития Вселенной, которые определяются значением средней плотности вещества Вселенной. В частности, если эта плотность равна критической, то Вселенная плоская, что, как считается, соответствует наблюдениям. Однако, плотность барионного вещества почти в 20 раз меньше требуемой, менее 5%. Часть недостающей плотности, около 20% добавила тёмная материя. Последние 75% отнесли по остаточному принципу к тёмной энергии, обосновав это ускоренным расширением.

Но обнаруженный сценарий приводит к противоречиям. Если расширение замедленное, тогда известные основания для тёмной энергии, по всей видимости, отпадают. В свою очередь это означает, что плотность вещества во Вселенной вновь оказывается ниже критической, а из этого должно следовать ускоренное расширение, поскольку сил гравитации становится недостаточно для замедления.

Радиус видимой Вселенной

В рамках расширения Вселенной следует коснуться еще одного понятия - радиуса видимой Вселенной. Этот вопрос о размерах наблюдаемой части Вселенной является довольно интересным, и в каком-то смысле несколько противоречивым, спорным. В зависимости от подхода можно обнаружить два схожих взгляда на такой радиус или горизонт. Во-первых, это граница, на которой находятся галактики, свет от которых просто ещё физически не успел достичь нас, поскольку на момент начала хаббловского расширения, сразу после завершения инфляции они находились дальше 12,6 млрд. лет, на расстоянии, которое является фактическим горизонтом или радиусом видимой, наблюдаемой Вселенной.

Во-вторых, это граница, за которой галактики удаляются быстрее скорости света, вследствие чего свет от них в принципе не может достичь Земли. Для нынешнего значения постоянной Хаббла расстояние до горизонта, на котором

скорость объектов равна скорости света, очевидно, равно:

$$c = H \times r$$

откуда

$$r = \frac{c}{H} = \frac{1}{68 \times 10^{-12}} = 0,0147 \times 10^{12} = 14,7 \times 10^9 \text{ сг}$$

Как видим, эта величина численно поразительно близко совпадает с возрастом Вселенной – 13,8 млрд. лет. Поэтому можно сделать вывод, что всего через 1 млрд. лет мы перестанем видеть любые источники за пределами этой границы.

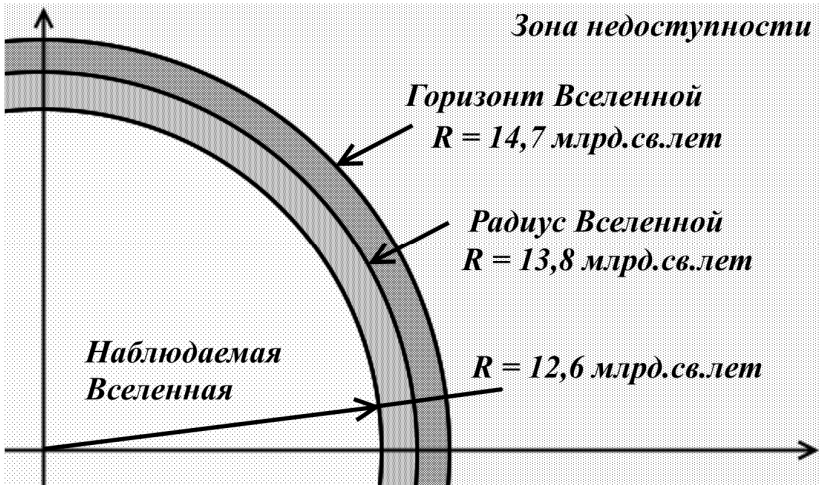


Рис.6.5. Доступные для наблюдения расстояния во Вселенной

Источники света – квазары, галактики, реликтовое излучения, находящиеся за пределами этого радиуса более не будут видны, свет от них будет удаляться от нас. Другими словами, зона "черноты" находится от нас на расстоянии 14,7 млрд. световых лет, и все близкие к ней источник света стремительно уходят в эту зону.

Особый интерес представляет поведение реликтового излучения. Оно испытывает такое же красное смещение, как и любое другое излучение. В наши дни мы фиксируем только реликтовое излучение в возрасте около 13,8 млрд. лет. Именно столько лет излучение шло до нас с момента обра-

зования Вселенной. Вместе с излучением далёкого квазара, например, в возрасте 12,6 млрд. лет до нас доходит и реликтовое излучение, имевшееся рядом с ним на тот момент. Точно также как свет от галактики в возрасте 1 млрд. лет доходит до нас вместе с таким же реликтовым излучением, оказавшимся рядом с ним на момент излучения. Почему же мы видим разницу в излучении квазара и галактики, но не видим такой же разницы в реликтовом излучении? Дело в том, что спектры галактики и квазара позволяет выделить в них характерные спектральные линии, по которым и определяется различное красное смещение, характеризующее удалённость объекта. Напротив, спектр реликтового излучения "чистый", он совпадает со спектром излучения абсолютно черного тела и не имеет таких же опознавательных "маркеров".

С каждой новой "порцией" излучения квазара или галактики мы получаем одно и то же соответствующее их скорости красное смещение. Напротив, реликтовое излучение для каждой новой порции излучения звёзд всегда новое, всё более древнее, поскольку точка расположения звезды удаляется медленнее, медленнее "стареет", чем поток фотонов реликтового излучения. С каждой новой порцией излучения звезды из этой же точки пространства к нам движутся всё более и более "старые" фотоны реликтового излучения, из всё более удаленных точек пространства. Это похоже на то, как если бы некий источник испускал фотоны реликтового излучения, сам удаляясь при этом со строго световой скоростью.

Реликтовое излучение не имеет спектральных "маркеров", но оно имеет собственную характеристику. Это температура или длина волны. Поскольку к нам приходят фотоны реликтового излучения от всё более и более удалённых точек пространства, то, очевидно, каждая новая порция фотонов должна испытать всё большее и большее красное смещение. То есть, наблюдаемое реликтовое излучение должно постоянно и непрерывно снижать свою температуру или увеличивать длины волн.

Парадокс видимости реликтового излучения

Итак, как и удаляющиеся галактики, однажды очередной фронт реликтового излучения неизбежно окажется за границей наблюдаемости. Всё, что находится дальше этой границы Вселенной, будет в принципе недоступно наблюдению, причём за эту границу будут постоянно уходить всё новые и новые самые удалённые от Земли объекты. Со временем за этой границей окажутся и все области, из которых к Земле приходят фотоны реликтового излучения.

И здесь возникает довольно любопытное обстоятельство. Допустим, что на Земле больше не будет наблюдаться реликтовое излучение. Но Земля – это не уникальное, не особое место во Вселенной. Если реликтовое излучение не наблюдается на Земле, то, вследствие равноправия всех областей Вселенной, реликтовое излучение не должно наблюдаться нигде.

Возникает парадокс, ведь само излучение при этом никуда не исчезло. Оно, конечно, испытает значительное красное смещение и вызванное этим охлаждение. Но фотоны будут по-прежнему летать по Вселенной. Почему же они будут не наблюдаемыми?

Описанный особый взгляд на темную энергию, конечно же, противоречит существующим взглядам в современной физике и будет отторгнут, а скорее, просто останется незамеченным научной общественностью как ещё одна из тщетных попыток найти противоречия в физике, космологии. Однако, в своей критической сущности эта гипотеза совсем не одинока, не единственная попытка вскрыть некоторые сомнительные положения физики. Подобных сомнительных положений в современной физике немало и все они выстраиваются в целый ряд возражений против её, фактически, схоластических догматов. На фоне этого ряда сверхсветовые парадоксы, создаваемые гипотезой о темной энергии, уже не выглядят надуманными. В подтверждение рассмотрим кратко еще несколько таких внутренне противоречивых, сомни-

тельных положений физики и космологии.

Темная материя

Сразу же, вслед за тёмной энергией следует также вспомнить и её родную старшую сестру – темную материю, которая вносит в космологию не меньше странностей.

Одним из ярких и вместе с тем, судя по всему, никем не замеченным является внутреннее противоречие гипотезы о темной материи, опирающейся, в частности, на кривые вращения звёзд галактик. Конечно, саму гипотезу о темной материи это противоречие радикально не отвергает, оно лишь вскрывает явную нелогичность одного из доводов в её пользу.

Почему-то никто не обращает внимания на то, что те самые кривые вращения галактики Млечный Путь, как одно из обоснований темной материи, противоречивы сами по себе. С одной стороны, скорости звёзд таковы, что без темной материи они должны покинуть галактику. Но, с другой стороны, с такими скоростями они просто не могут собраться в известные ныне рукава галактики. Один-два оборота галактики и от рукавов в нынешнем виде не останется ничего. В будущем они должны слиться в сплошной диск, а в прошлом должны были быть закручены в обратном направлении [119].

Как известно, кривая вращения звёзд галактики, в частности, Млечного Пути, описывает графически распределение тангенциальных скоростей этих звёзд, находящихся на соответствующих удалениях от её центра рис.6.7. Конечно, невозможно даже предположить, что разработчики под тангенциальными скоростями подразумевали угловые. По сути, движение звёзд является классической задачей небесной механики, основы которой были заложены ещё Кеплером и которая в настоящее время является общепризнанной, рабочей теорией. Выводы, законы Кеплера позволяют с максимальной точностью вычислять траектории движения любых небесных тел, предсказывать время появления периодически движущихся комет, астероидов, описывать траектории, орбиты

движения планет, спутников и тому подобного. Однако, астрономы обнаружили заметное отклонение в движении этих космических тел от законов, предписываемых им небесной механикой Кеплера.

Принято считать, что Млечный Путь и все другие галактические образования стабильны на протяжении достаточно длительного периода времени, превышающего, по всей видимости, несколько оборотов её внешней части. Из этого делается вывод, что на своих орбитах в составе галактики звёзды удерживаются этой дополнительной субстанцией – темной материей.

Хотя сущность этой субстанции совершенно неясна, тем не менее, считается, что проблема решена хотя бы в принципе, и теперь остаётся только найти эту темную материю. Но это лишь в первом приближении. Почему-то в предложенной модели осталось без внимания одно крайне важное обстоятельство. Та кривая вращения, которая сформирована на основе астрономических наблюдений, не отвечает основному предположению – стабильности галактики. Если звёзды, образующие рукава Млечного Пути, движутся приблизительно с теми скоростями, которые формируют наблюдаемую кривую вращения, то рукава галактики не могут быть стабильны даже на протяжении весьма короткого времени – двух и даже только одного оборотов галактики. Другими словами, с измеренной кривой вращения форма рукавов галактики не может быть такой, какой мы их себе представляем.

Впервые несоответствие ньютоновой механике скоростей движения галактик в скоплениях исследовал в 1933 году Цвики, наблюдавший движение галактик в скоплении Кома. Он заметил, что для движения галактик с измеренными скоростями общей массы скопления недостаточно. За недостающей массой, в несколько раз превышающей массу скопления, закрепилось название "темная материя". Позднее, в 1980 году это же явление в масштабах галактик подробно исследовала астроном Вера Рубин. В галактиках также не доставало общей массы, чтобы звёзды в них двигались с измеренными

скоростями. При вычисленных массах галактик и измеренных скоростях звёзд в этих галактиках звёзды не могли оставаться на наблюдаемых орбитах, они должны были вылететь за пределы галактики. При этом была обнаружена интересная закономерность. Независимо от удалённости звёзд от центра галактики, за исключением лишь ближайших к нему, их скорости вращения оставались приблизительно одинаковыми. Эти скорости, описываемые кривыми вращения, заметно отличались от предсказываемых законами Кеплера и общей теорией относительности. Для устранения расхождения наблюдений и вычислений была выдвинута гипотеза о наличии в галактиках, как и в их скоплениях, такой же скрытой, невидимой массы, "темной материи". Эта материя обладает весьма специфическими свойствами. Она не излучает, не отражает и не поглощает свет, поэтому визуально не наблюдаема. Но она оказывает на видимое вещество заметное гравитационное влияние. При всей странности этой субстанции, в пользу её существования, тем не менее, говорят многие косвенные явления.

Гипотеза о темной материи устроила не всех, что, по понятным причинам, не удивительно – в науке так принято. Поэтому предпринимались попытки объяснить явление отклонения кривых вращения от кеплеровских без привлечения этой "темной" гипотезы. Например, была разработана модифицированная ньютоновская динамика – МОНД. Но её решения оказались не универсальными – для каждой галактики требовалась своя модификация. Другая теория - анизотропная геометродинамика Сипарова – смогла описать некоторые наблюдаемые отклонения от кеплеровского движения, но и она имеет пробелы.

Таким образом, в научном мире, что называется, большинством голосов в настоящее время принято считать, что темная материя позволяет наиболее полно привести в соответствие теорию и наблюдения.

Тем не менее, гипотеза о темной материи не устраняет противоречий самой своей первопричины – наблюдаемых

кривых вращения. Независимо от причин формирования таких кривых, они парадоксальны сами по себе. В научно-популярных фильмах, на анимациях вращающиеся галактики изображаются фактически как твердое тело. Это означает, что угловые скорости вращения всех входящих в них звезд равны. Но кривые вращения, то есть, график линейных (тангенциальных) скоростей, показывает, что эти скорости не соответствуют одинаковой угловой скорости. Угловая скорость для периферийной её части равна примерно 300 млн. лет на один оборот и 100 млн. лет на один оборот для перемиčky и ближайших к ней звезд.

За полный оборот звезды на краю галактики вокруг её центра, ближняя к центру должна совершить большее число оборотов. То есть, галактика должна либо закручивать рукава, либо распрямлять их в зависимости от направления вращения. При этом собственно противоречие, парадокс состоит в том, что устойчивая форма рукавов оказывается заметно менее продолжительной, чем даже период вращения галактики.

Вполне естественно рассмотреть более внимательно историю развития галактики в ретроспективе, какой вид она имела в определенные моменты своего существования с наблюдаемой кривой вращения.

Для прямых наблюдений форма галактики нам не доступна. Известное в литературе изображение формы галактики Млечный Путь, если смотреть на её плоскость, получено на основе косвенных астрономических наблюдений. Выглядит наша галактика в таком ракурсе, как показано на рис.6.6.

Галактика имеет четыре четко выраженные спиральные структуры – рукава галактики. Степень их закрученности, или, так сказать, намотанности на центральную область, не превышает одного оборота или 360 градусов. Каждому рукаву или его элементу присвоены собственные имена: рукав Лебедя, рукав Персея и другие. В центре галактики заметны два яркие вытянутые образования – балджи (или бары, перемиčky). Если присмотреться, то можно также заметить, что с достаточной точностью все рукава начинаются из этих

балджей. В литературе указывается, что внешние размеры галактики, её диаметр составляет примерно 100 000 световых лет, а диаметр внутренней структуры – порядка 30 000 световых лет.

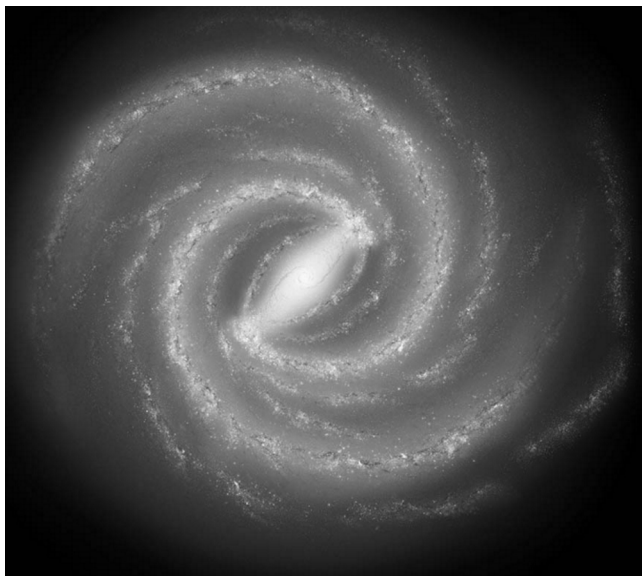


Рис.6.6. Карта галактики Млечный Путь [12]

Собственно кривая вращения галактики Млечный Путь, построенная на основе астрономических наблюдений, имеет вид рис.6.7. Сплошной линией на графике показана результирующая, сглаженная кривая вращения. Можно отметить, что изображенная кривая вращения имеет отчетливо Г-образную форму. Это значит, что, начиная с удалённости от центра галактики около 0,5 кпс и до её крайних точек ок. 16 – 18 кпс, скорости звёзд с относительно небольшим разбросом группируются вблизи значения порядка 230 км/сек. Если точнее, то разброс скоростей звёзд на периферии галактики находится в пределах 200-260 км/сек, или порядка плюс-минус 10% от среднего значения.

Радиусы траекторий звёзд (удалённости от центра) на графике представлены в килопарсеках, а периоды обращения

обычно указываются в миллионах лет, то есть пропорции несколько "разносортные", поскольку орбитальная скорость вращения приводится в километрах за секунду.

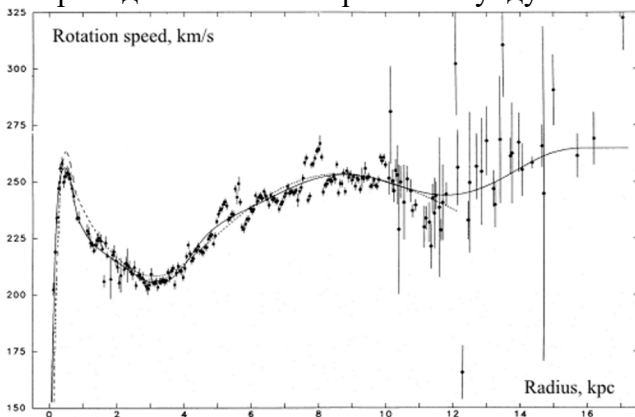


Рис.6.7. Кривые скоростей вращения звёзд галактики Млечный Путь [73, 138].

Если пересчитать орбитальные скорости звёзд в соответствующие единицы – парсеки за 1 млн. лет, то можно обнаружить, что с точностью до 2% скорость в км/сек в числовом выражении равна скорости в парсеках за 1 миллион лет, то есть, шкалы (оси) кривой скорости имеет такой же вид, если на вертикальной оси скоростей будет указана единица измерения 1 пс/млн.лет.

В разных источниках можно найти остальные параметры движения галактики Млечный Путь. В том числе, период одного оборота периферийной части галактики равен примерно 300 млн. лет и 100 млн. лет перемычки и ближайших к ней звёзд. Причем из этих данных сразу же следует очевидный вывод: рукава должны изменять степень своей закрутки, причём в пределах менее чем одного оборота периферийной части.

Это, конечно, поверхностная, беглая оценка движения звёзд. Но она послужила толчком для более объективной, аналитической оценки кривой вращения и поведения во вре-

мени формы рукавов. Для такой оценки мы принимаем литературные исходные данные как неизменные, учитывая два главных обстоятельства. Первое: кривая вращения звёзд галактики имеет форму, представленную на рис.6.7 в виде сглаженной кривой, то есть, мы принимаем её как допустимо точную. Второе: кривая вращения должна быть стабильной хотя бы на протяжении нескольких оборотов внешней структуры. Трудно представить себе условия, при которых скорости звёзд постоянно изменяются, тем более, если такое изменение носит случайный характер.

Кроме этого, мы опираемся на законы Ньютона, Кеплера и общей теории относительности. Наличие или отсутствие темной материи как причины формирования той или иной кривой вращения в данном случае не рассматривается, поскольку нас интересуют именно визуальные проявления вызванных темной материей или чем-либо ещё кинематических характеристик движения звёзд.

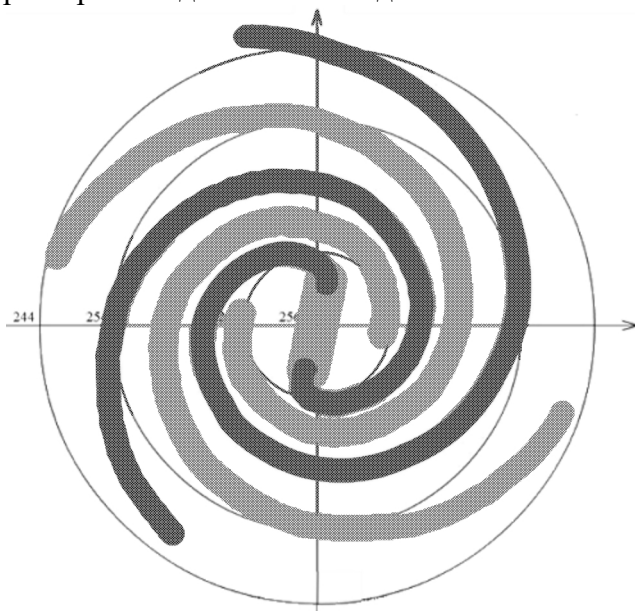


Рис.6.8. Схематичное изображение галактики Млечный Путь в виде укупненных структур. Кадр из анимации [20]

Для анализа форма рукавов галактики мы аппроксимируем её рукава аналитическими или табличными функциями, чтобы затем математически изменять их форму в разные моменты времени, анимировать. В нашем случае в результате аппроксимации получено схематичное изображение рукавов и перемычки галактики Млечный Путь рис.6.8. Один из возможных вариантов аппроксимации на основе эмпирически найденных уравнений рукавов галактики в полярных координатах имеет следующий вид:

Рукав Щита-Центавра: $R = 0,7812\varphi^2 + 9,0328\varphi + 37,739$

Рукав Лебеда: $R = 0,8326\varphi^2 + 5,1622\varphi + 23,540$

Рукав Персея: $R = 1,2434\varphi^2 + 0,7542\varphi + 20,068$

Рукав Стрельца: $R = 0,9772\varphi^2 - 0,8418\varphi + 16,568$

Такой способ изображения галактики не редкость [156, 13]. Для удобства на модели противоположные рукава выделены одинаковыми тонами: темным – Norma-Perseus+1 и Sagittarius-Carina, светлым – Scutum-Crux и Perseus.

Взятые за основу литературные данные о вращении галактики прямым сопоставлением позволяют обнаружить указанное выше странное обстоятельство. С известной нам наблюдаемой кривой вращения галактика в прошлом – всего два периода назад, около 600 млн. лет – должна была быть плотно "закручена" в обратную сторону. И, наоборот, в недалёком будущем, в течение следующих нескольких периодов вращения она также должна фактически полностью лишиться рукавов, которые равномерно рассеются, размажутся по её диску. Учитывая, что возраст галактики предполагается порядка десятка миллиардов лет, её прошлое выглядит ещё более загадочно – возникновение рукавов невозможно объяснить из-за чисто кинематических противоречий. В качестве какого-никакого оправдания можно предположить, что измеренная кривая вращения нестабильна и отражает лишь нынешнее, мгновенное состояние галактики, что в не очень далёком прошлом эта кривая вращения существенно отличалась от нынешней.

Следующий кадр анимации соответствует повороту га-

лактики Млечный Путь в прошлое на 167 млн. лет, то есть, изображает галактику такой, какой она была в это время. Картина, как и ожидалось, получилась довольно странная. Видно, что рукава при обратном вращении галактики в определенной степени распрямились и даже начали закручиваться в обратную сторону, образовав своеобразный крест.

Заметим, что эта картина соответствует состоянию рукавов галактики Млечный Путь всего половину оборота назад.

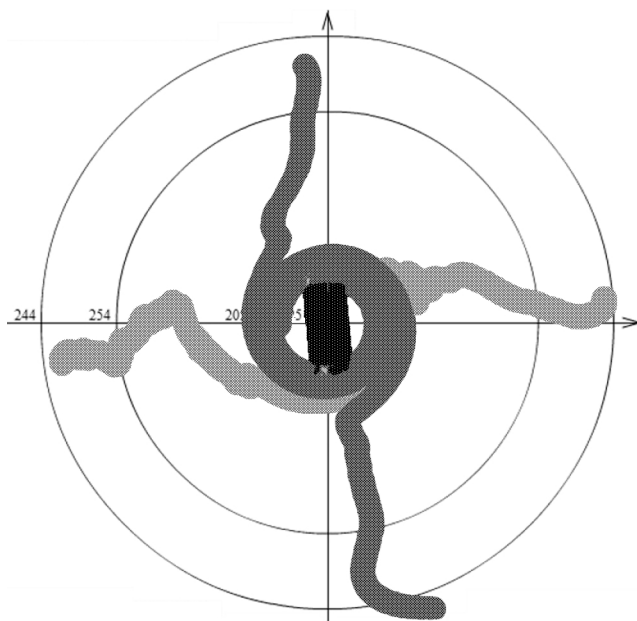


Рис.6.9. Вид галактики 167 млн. лет назад. Кадр из анимации [20]

Продолжив анимированное вращение галактики в прошлое, мы увидим, как примерно 600 млн. лет назад рукава полностью меняют направление закрутки - рис.6.10. Более того, на рисунке видно, что галактика практически выглядит вообще как сплошной диск. Время в 600 млн. лет – это время всего лишь двух оборотов галактики. Получается, что всего два оборота назад при стабильности скоростей звёзд согласно

имеющимся данным о кривой вращения галактика была просто невероятно сильно "выкручена" в обратном направлении. Такая картина, видимо, должна вызывать недоверие, представления о равномерном вращении галактики обоснованы недостаточно. Списание обнаруженных явлений на темную материю лишь наделяет её ещё более экзотическими свойствами. По какой причине галактика вращается столь странным образом? Получается, что около 600 млн. лет назад галактика была сплошным диском, но затем странным образом этот диск оказался разрезанным на нынешние рукава.

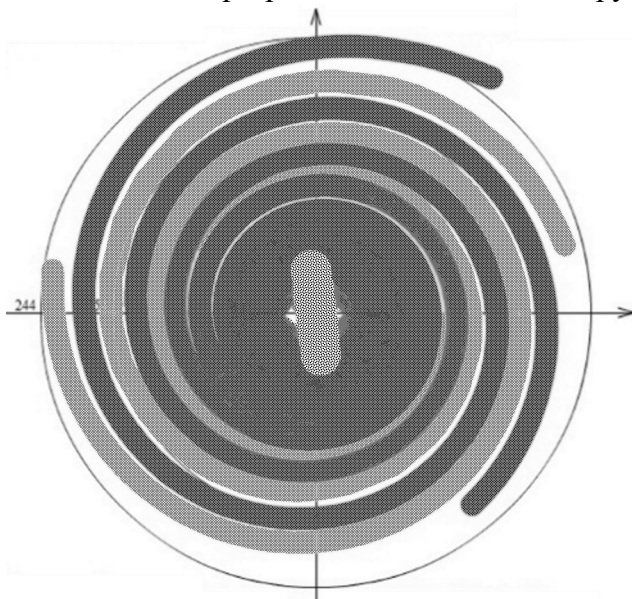


Рис.6.10. Вид галактики Млечный Путь 600 млн. лет назад. Кадр из анимации [20]

Рассмотрев различные модели эволюции галактики в прошлом, мы не можем избежать естественного вопроса: а как будет двигаться, эволюционировать наша галактика в будущем? Ответ на этот вопрос можно легко получить, просто запустив таймер анимации в будущее. Возникла не менее странная картина рис.6.11: всего через 200 млн. лет рукава

галактики фактически полностью перекроют друг друга, и галактика уже не будет выглядеть как спиральная.

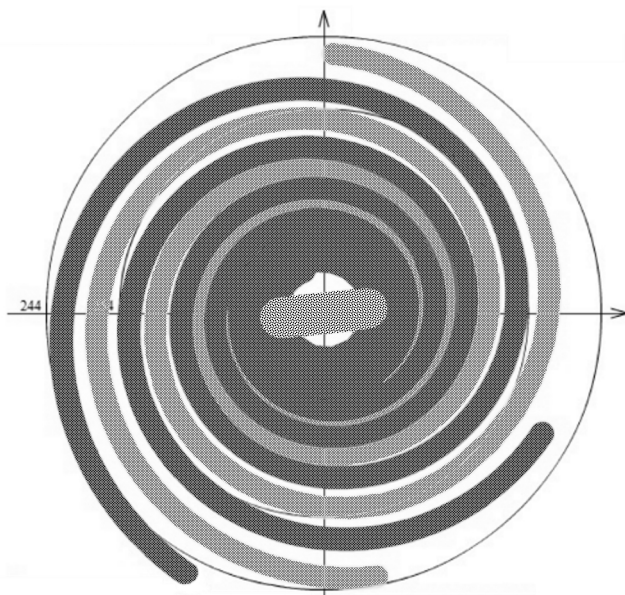


Рис.6.11. Галактика Млечный Путь через 200 млн. лет. Кадр из анимации [20]

Возможно ли такое в реальности? Неизвестно, произойдет это или нет, но алгоритм вращения, движения рукавов галактики с наблюдаемой кривой вращения явно ведет к такому исходу. Это, очевидно, плохо согласуется с предполагаемым возрастом галактики. Почему много миллиардов лет она развивалась как спиральная, а теперь, всего за какие-то пару сотен миллионов лет вдруг превратится в простую дисковую галактику?

Если бы звезды в галактике Млечный Путь двигались согласно измеренной (наблюдаемой) кривой вращения хотя бы на протяжении всего нескольких её циклов вращения, то внешний вид галактики существенно отличался бы от того, что мы видим в настоящее время. Можно сказать, что гипотеза о темной материи решает, как считается, проблему

кривых вращения, сами которые, строго говоря, сформулированы в довольно спорной форме, вызывающей недоверие к самому факту существования таких кривых.

Как видим, наблюдаемая кривая вращения, чем бы она ни была вызвана, приводит к довольно странным, противоречивым выводам об эволюции галактики Млечный Путь. Тем не менее, основанием для объяснения таких скоростей звёзд, их причиной "назначена" темная материя. По сути, её роль должна была свестись к тому, что движение звёзд с этой дополнительной материальной субстанцией должно было описываться теперь уже "правильными" законами Кеплера, Ньютона. То есть, звёзды в галактике с возросшей массой должны двигаться по известным законам небесной механики, с кеплеровской кривой вращения, однако, скорости их движения не способны сформировать наблюдаемую форму её рукавов.

Но это не единственная обнаруженная странность. Образовавшаяся при обратном вращении крестообразная форма рукавов вызвала вопрос: а может быть рукава когда-то в прошлом и действительно были прямыми? Ну, хотя бы один из рукавов?

Чтобы выяснить, это была сформирована такая искусственная кривая вращения, чтобы самый длинный рукав Лебеда вытянулся в прямую линию за условно взятое время 3 млрд. лет. Поскольку это обратная задача, то результат был очевидным – рукав распрямился. Но, что оказалось неожиданным, распрямилась и остальные рукава! Не то, чтобы в абсолютно прямые линии, но чрезвычайно в близкие к ним рис.6.12. Поэтому естественным оказался и следующий вопрос: что получится, если заменить все рукава вообще на строго прямые линии и раскрутить модель теперь уже вперед на те же самые 3 млрд. лет? Такие прямые линии логично принять, например, за две пары джетов, испущенных двумя Черными дырам в центре галактики. Как известно, парные звезды встречаются даже чаще, чем одиночные. Когда-то в центре галактики Млечный Путь, вероятно, находились две

чёрные дыры, которые почти одновременно "выстрелили" свои джеты, ставшие основой для будущих рукавов галактики. Вращаясь, эти джеты, скажем так, "подметали" окружающее пространство, собирая в себя газ и звёзды. Постепенно рукава закрутились в нынешнюю форму. Почему черных дыр две? Потому что рукавов четыре, а джеты образуются парами.

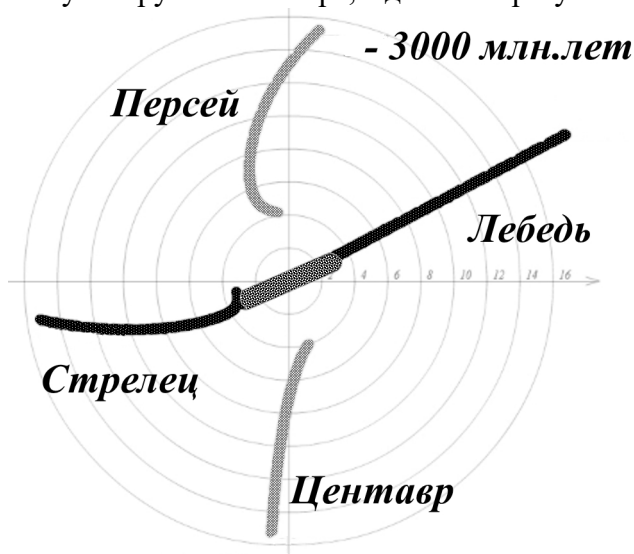


Рис.6.12. Рукав Лебедя около 3 000 млн. лет назад мог быть прямым. Кадр из анимации [20].

Для проверки такой джет-гипотезы явно требуется рассмотреть прямую эволюцию – от появления джетов и до наших дней. Примем, что в центре галактики находятся две чёрные дыры, испустившие четыре джета под углом 60 градусов между парами. Этот угол между двумя парами джетов мы просто подсмотрели в нашей галактике, прокрутив её в прошлое на принятые 3 млрд. лет с кривой вращения, которая распрямила Рукав Лебедя. В конечном счете, была сформирована картина исходного вида рукавов модели галактики, показанная на рис.6.13. Рукава галактики – джеты на данном рисунке и в модели являются строгими математическими отрезками прямых. Фактически изображенные здесь

рукава являются идеализацией рис.6.12.

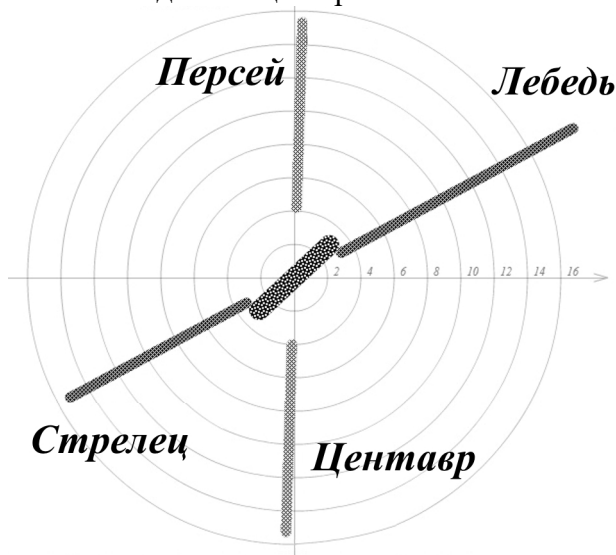


Рис.6.13. Вид рукавов галактики Млечный Путь в момент их возникновения. Кадр из анимации [20]

Будем считать, что эти идеализированные рукава успели вытянуться после "выстрела" до показанной протяженности до того, как галактика заметно повернулась, и рукава начали изгибаться. Даже со скоростью распространения джетов, близкой к скорости света, они вытянутся на всю длину галактики более чем за 50 тысяч лет (радиус галактики). Но это заметно меньше одного шага вращения галактики – меньше 1 углового градуса за миллион лет, то есть, допущение вполне правомерное.

Теперь строим анимационную модель и смотрим, что произойдет с джетами через 3 млрд. лет – рис.6.14. Слева на рисунке показан результат вращения прямолинейных джетов в течение 3 млрд. лет от образования и до наших дней с кривой вращения, спрямляющей Рукав Лебеда. Справа вид галактики, являющейся аппроксимацией действительной формы галактики в наши дни. Сразу же следует отметить, что получился несколько неожиданный результат. Конечно,

можно было предположить, что получится что-то отдаленно напоминающее вид нашей галактики в нашем нынешнем представлении о ней... Но эти две картинки – просто близнецы: вращение джетов с некоторой произвольной кривой вращения, близкой к твердому телу, фактически привело к образованию галактических рукавов.

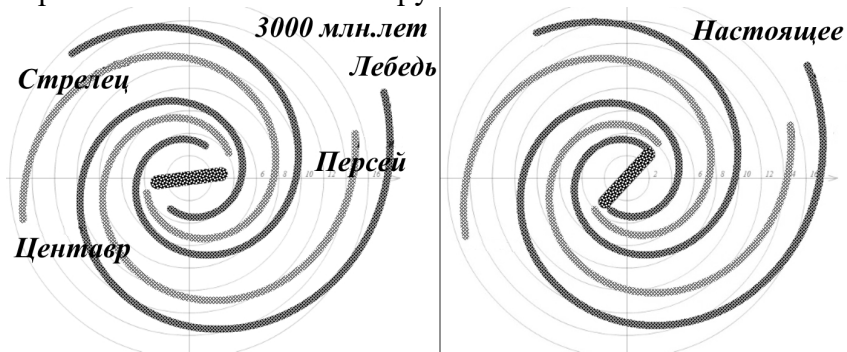


Рис.6.14. Изображение галактики Млечный Путь с рукавами, образованными за 3 млрд. лет из двух пар джетов (слева) и нынешнее её представление (справа). Кривая вращения – спрямляющая Рукав Лебеда.

Понятно, что скептик резонно возразит: ещё бы! Срок от возникновения рукавов до наших дней мы сами же и заложили в кривую вращения. Она была спроектирована именно таким образом, чтобы прямые струи джетов изогнулись в такие рукава за такое время. Это и так и не так. Кривая вращения, которую мы использовали, выпрямила рукава галактики до несколько иной формы. Мы же взяли изначально строго прямолинейные струи джетов, никак не связанные с будущей формой рукавов! В них никем и ничем не заложена программа "изогнуться именно таким образом". То есть, кривая вращения на самом деле предназначалась для другой цели, с которой она превосходно справилась. Но, может быть, такая же картина будет наблюдаться и с другими произвольными кривыми вращения? Нет, если произвести вращение джет-рукавов галактики в течение 3 000 млн. лет, ис-

пользуя наблюдаемую кривую вращения, результат не даст даже приблизительного сходства.

Но, это относится к наблюдаемой кривой вращения. С такой кривой вращения гипотеза о темной материи, как выявлено, не только не устраняет противоречий самой наблюдаемой кривой вращения нашей галактики, но, напротив, создаёт новые. Собственно, она построена за короткий исторический период времени на основании астрономических наблюдений за звёздами и, вполне вероятно, в реальности может иметь форму, несколько отличающуюся от предполагаемой.

Выше мы рассмотрели вариант формирования нынешней формы рукавов галактики за срок в 3 000 млн. лет, если исходной структурой для них послужили бы две пары джетов, испущенных при коллапсе двух черных дыр. Этот срок был выбран без каких-либо особых условий, произвольно. При этом была получена кривая вращения, приводящая в ретроспективе к выпрямлению рукавов, так называемая спрямляющая кривая вращения, более похожая на кривую вращения твердого тела, чем на наблюдаемую кривую вращения, сформированную, как считается, темной материей. В результате эволюции мы получили весьма близкую к ныне известной форме рукавов галактики.

Вместе с тем при рассмотрении семейства таких спрямляющих оказалось, что их форма зависит от срока спрямления. Для больших сроков спрямления они практически приближаются по форме к прямым линиям, близким по расположению к кривой вращения твердого тела. И, наоборот, при уменьшении срока спрямления эти кривые начинают принимать всё более искривлённую форму.

Более того, зависимость оказалась такой, что начиная примерно с 200-300 млн. лет эволюции и менее, спрямляющая кривая вращения начинает приближаться по форме к наблюдаемой кривой вращения. Если "на глазок" выбрать срок, за который рукава из джетов преобразуются в спирали, порядка 120 млн. лет, то эта кривая вращения будет выглядеть весьма

близкой по форме к наблюдаемой.

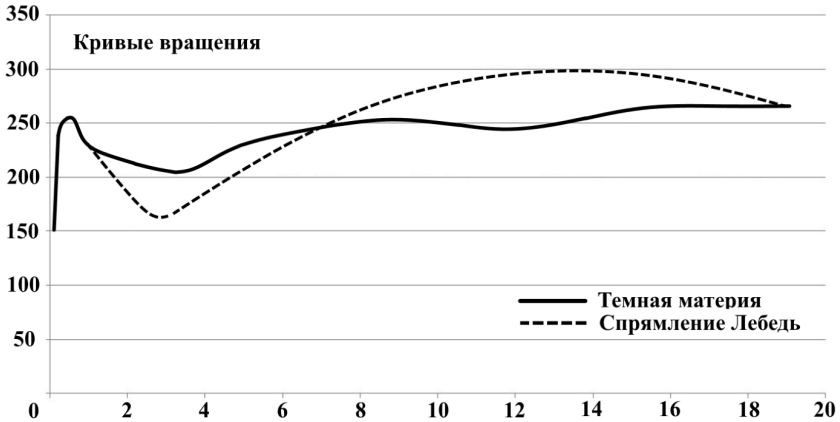


Рис.6.15. Кривые вращения – наблюдаемая и спрямляющая

На рисунке изображены наблюдаемая кривая вращения и вычисленная спрямляющая кривая вращения Рукава Лебеда при ретроспективном движении на 120 млн. лет. Можно заметить, что указанная спрямляющая вполне годится на роль наблюдаемой кривой, является в достаточной степени её подобием. Главное при этом состоит в том, что эта спрямляющая кривая вращения неплохо вписывается в наблюдаемые диапазоны скоростей звёзд, погрешности, то есть, практически согласуется с гипотезой о темной материи. На рисунке добавлен ниспадающий участок спрямляющей для перехода её на малые дистанции, поскольку для спрямления (закручивания) рукавов скорости на этих интервалах не задействованы. Запустив математическую модель с исходной формой рукавов галактики, показанной на рисунке, и заданным сроком спрямления, мы получаем результат рис.6.16. Слева а) на рисунке показано, как могли бы выглядеть рукава галактики Млечный Путь 120 млн. лет назад в результате коллапса двух звёзд и выброса ими двух пар джетов. Рукава галактики – джеты на данном рисунке идеализированы и в модели являются строгими математическими отрезками прямых.

На рисунке в центре показан результат математического

эволюционного вращения галактики с прямолинейными джетами (слева) в течение 120 млн. лет, от их образования и до наших дней со спрямляющей кривой вращения рис.6.15, справа - вид галактики, являющейся аппроксимацией действительной формы галактики в наши дни.

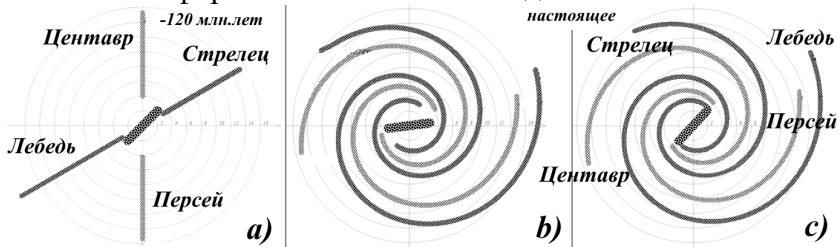


Рис.6.16. Слева - галактика Млечный Путь с рукавами из джетов. Справа – аппроксимация рукавов в наши дни. Кадры из анимации [20].

Сразу же следует отметить, что, казалось бы, получился в точности ожидаемый результат. Действительно, кривую вращения мы проектировали из обратного условия: она и должны быть такой, чтобы при обратном вращении рукава выпрямились, хотя она и максимально близка по форме к наблюдаемой кривой вращения. Поэтому вроде бы нет ничего удивительного, что эти две картинки – просто близнецы. Однако, есть некоторые тонкости. При ретроспективном вращении галактики мы, строго говоря, получили не совсем эти рукава, которые затем взяли за основу. На самом деле спрямляющая кривая вращения не совсем одинаково спрямила все четыре рукава, просто эти различия довольно незначительны. Тем не менее, мы можем сделать вывод, что:

вращение джетов под воздействием спрямляющей кривой вращения, близкой к наблюдаемой (темной материи), обязательно приводит к возникновению реалистичных спиральных галактических рукавов. Поэтому можно допустить, что спиральные рукава галактики Млечный Путь возникли таким образом.

Выходит, мы получили новое подтверждение реально-

сти темной материи? Ещё одно доказательство её действительности? И это после того, как выше мы пришли к прямо противоположным заключениям об их деградации?

Но не будем спешить с выводами. Если присмотреться к условиям, на которых темная материя и её кривая вращения смогли бы сформировать спиральные рукава галактики, то мы заметим их крайне сомнительную вероятность. В истории галактики Млечный Путь срок в 120 млн. лет – это краткий миг. Как могло случиться, что всего только миг назад рукава лишь зародились? При этом нам известно, что наша солнечная система в десятки раз старше. Если бы 120 млн. лет назад была вспышка, то джеты от неё, несомненно, накрыли бы всю солнечную систему, и последствия этого могли быть весьма плачевны, фатальны. Кроме этого, за столь короткий срок струи газа и вещества вряд ли успели бы превратиться в плотные звёздные образования, в рукава.

Таким образом, остается в силе вывод о неприемлемом противоречии между гипотезой о темной материи и возможностью возникновения рукавов наблюдаемой формы.

Голографическая Вселенная

К подобным же ненаучным фантазиям следует отнести и довольно популярную в последние годы гипотезу о виртуальной Вселенной, гипотезу, которая преподносится как прямое следствие научных открытий [126] и гласит, что вся наша Вселенная представляет собой чистую информацию, записанную на поверхности горизонта событий Черной дыры, некую голограмму. Гипотеза не только явно отвергает материалистическую философию, но и содержит серьезные логические противоречия. Истоком её можно считать выводы, полученные известным ученым Бекенштейном при исследовании Черных дыр. Одна из возможных формулировок этих выводов имеет вид:

"Энтропия черной дыры, измеренная в битах, пропорциональна площади ее горизонта, измеренной в планковских единицах" [126].

Известно, что энтропия системы имеет непосредственную связь с информацией, содержащейся в этой системе, поэтому закономерно появилось более компактное толкование тезиса Бекенштейна:

"Информация равна площади" [126].

Смысл формулировки означает, что информация, содержащаяся в Черной дыре, *равна* количественно площади её горизонта событий, измеренной в планковских единицах. Это довольно-таки загадочная связь между площадью и информацией, поскольку её носителем оказывается площадь горизонта событий Черной дыры, весьма эфемерная субстанция, не имеющая материального воплощения:

"Каким-то образом в принципах квантовой механики и общей теории относительности скрыта загадочная связь между невидимыми битами информации и кусочками площади планковского размера" [126].

Из этого также следует, что в материальном, вещественном *объёме* чёрной дыры информация отсутствует, что весьма странно, учитывая условность самого понятия горизонта. Понятно, что площадь горизонта напрямую связана с объемом черной дыры. Почему же тогда информация, так сказать, "выдавливается" на её поверхность? И вообще, что это означает? Известно, что горизонт событий Черной дыры - это материально ничем не примечательное *место* в пространстве, главной особенностью которого является лишь некоторое специфическое значение гравитационного потенциала. Действительно, пространства чуть выше или чуть ниже горизонта различаются только этим потенциалом, и свободно падающий наблюдатель вообще не сможет увидеть, почувствовать разницу между ними.

Чтобы подтвердить приведенный тезис, Сасскинд приводит несложные, выглядящие корректными, вычисления, утверждая, что

"Каков бы ни был исходный размер черной дыры, всегда выполняется правило..." [126].

то есть, правило о связи площади поверхности горизонта и информации в Черной дыре. Тем не менее, элементарный подсчет показывает, что это правило не может быть верным в принципе.

Рассмотрим две Черные дыры с массой каждой, близкой к минимальной, равной приблизительно 2,3 масс Солнца. Очевидно, что каждая из них содержит один и тот же объём информации, поскольку в противном случае любые рассуждения о её количестве просто теряют смысл. Также очевидно, что обе Черные дыры имеют одинаковую площадь горизонта событий просто потому, что это две *одинаковые* Черные дыры. Соединим эти две Черные дыры в одну. Суммарный объём информации при этом должен остаться прежним, иначе нам следовало бы объяснить, куда исчезла или откуда появилась дополнительная информация. Никаких разумных объяснений такому изменению информации, видимо, не существует

$$B_{\Sigma} = \frac{8\pi}{\ell_h^2} \left(\frac{4,6 \cdot GM_C}{c^2} \right)^2$$

Масса суммарной Черной дыры также удвоится, но площадь горизонта событий увеличится не в два раза, и, соответственно, суммарный объём информации в планковских площадях суммарной Черной дыры составит

$$B_{\Sigma_g} = \frac{4\pi}{\ell_h^2} \left(\frac{2 \times 4,6 \cdot GM_C}{c^2} \right)^2$$

Мы получили два выражения для суммарного количества информации в Черной дыре: как сумму информации двух одинаковых Черных дыр и как количество информации Черной дыры удвоенной массы. Как видим, эти две величины не равны:

$$\frac{B_{\Sigma}}{B_{\Sigma_g}} = \frac{8\pi}{\ell_h^2} \left(\frac{4,6 \cdot GM_C}{c^2} \right)^2 : \frac{4\pi}{\ell_h^2} \left(\frac{2 \times 4,6 \cdot GM_C}{c^2} \right)^2 = 2 \cdot \left(\frac{1}{2} \right)^2 = \frac{1}{2}$$

Получилось, что в нарушение упомянутого правила объем информации в битах, содержащейся в двух одинаковых Черных дырах, в 2 раза меньше, чем объем информации, содержащейся в Черной дыре удвоенной массы. Откуда взялся дополнительный объем информации, такой, будто к суммарной Черной дыре добавлена информация из ещё двух таких же Черных дыр?

Помимо выкладок Сасскинда к похожему выводу о пропорциональности приходит и Хокинг, указывая, что Черная дыра имеет энтропию, пропорциональную площади ее горизонта событий [144, с.55]. На вкладке далее он приводит соответствующее уравнение

$$S = \frac{1}{4} A$$

Очевидно, что коэффициент пропорциональности, сама величина А, как заявлено, пропорциональна площади горизонта событий, то есть

$$S = \frac{1}{4} k_R R^2 = \frac{1}{4} k_m \frac{4G^2}{c^4} m^2 = \frac{k_m G^2}{c^4} m^2,$$

откуда следует

$$A = \frac{4k_m G^2 m^2}{c^4}$$

Здесь R – гравитационный радиус Черной дыры массой m, G – гравитационная постоянная, c – скорость света, а k_R и k_m – постоянные, дополнительный коэффициент пропорциональности, учитывающий все другие, возможно, не учтенные параметры Черной дыры. И здесь мы обнаруживаем такое же загадочное, как и в случае информации, скачкообразное изменение энтропии. Две отдельные одинаковые Черные дыры, видимо, имеют в сумме энтропию

$$S_2 = 2 \times \frac{k_m G^2}{c^4} m^2$$

Если же они сливаются, то энтропия такой суммарной Черной дыры будет уже иной

$$S_\Sigma = \frac{k_m G^2}{c^4} (2m)^2 = \frac{4k_m G^2}{c^4} m^2 = 4S = \frac{1}{4}(A \times 4)$$

Конечно, энтропия возросла, что не запрещено, но коэффициент пропорциональности в рассмотренной ситуации явно стал другим, в 4 раза больше. Очевидно, что он и энтропия пропорциональны не только площади горизонта событий единичной Черной дыры, но и их количеству в составе общей Черной дыры. Причем, слияние двух Черных дыр использовано лишь для наглядности, поскольку и без него из уравнений видно, что энтропия Черной дыры пропорциональна не площади её горизонта, а её квадрату или четвертой степени её массы.

Черная дыра Керра

Одним их способов преодоления сверхсветового барьера и перемещения на пространственноподобные расстояния считаются гиперпространственные переходы, так называемые тоннели Эйнштейна-Розена. Один из вариантов таких тоннелей предлагает вращающаяся Черная дыры Керра, имеющая специфический горизонт событий. Её свойства рассматриваются в формализме ОТО с полной серьёзностью и основательностью. Однако, факт вращения Черной дыры вступает в противоречие с этим формализмом. Действительно, если Черная дыра вращается, то на её горизонте событий мы определенно должны наблюдать движение! Но это невозможно, поскольку темп хода часов на горизонте согласно той же теории относительности замедляется до их полной остановки. Как следствие, такие вращающиеся Черные дыры допускают и возможность выхода из-под горизонта событий.

Считается, что у стационарной Черной дыры нет и быть не может никаких внешних характеристик, в том числе и радиуса [147], помимо массы, момента импульса и определённых зарядов, а детальная информация об исходной материи теряется в момент коллапса. Для описания этой особенности Джон Уилер сформулировал лаконичную фразу: "У черной дыры нет волос". Под "волосами" подразумевается любое возможное проявление Черной дыры, выдающее ее происхождение.

Стационарное, осесимметричное решение для вращающейся чёрной дыры, но без заряда – решение Керра соответствует одному из четырех решений уравнений Эйнштейна. Однако, при всей строгости его получения, оно обнаруживает явные противоречия в самом формализме теории относительности, приводя к неизбежному выводу о невозможности их существования.

Как известно, *остановка* времени на горизонте событий Черной дыры следует из положений и выводов теории относительности. Возникает такой довольно странный вопрос: время останавливается *только* на поверхности, на горизонте событий или также и во *внутренней* области, под горизонтом? Негласно принято считать верным второй ответ, что, собственно и приводит к противоречию. Остановка времени означает *отсутствие* всякого движения. Ни вправо, ни влево, ни вокруг своей оси. Но момент импульса неподвижного объекта равен нулю. Отсутствие момента импульса тождественно отсутствию вращения.

С другой стороны, говоря образно, Черная дыра – это пустое пространство с массивной точкой нулевого объёма в центре. Что же вращается в этом случае? Как известно, момент импульса с нулевым радиус-вектором также равен нулю.

Получается, что согласно формализму общей теории относительности и классической физике момента импульса у Черной дыры нет и быть не может. Решение Керра не имеет физического воплощения, такие дыры не могут существовать даже теоретически.

В противном случае все художественные научно-популярные иллюстрации о падающем на Черную дыру космолете или астронавте, как следствие допущения возможности вращения, также потребуют корректировки. Если Черная дыра способна вращаться, то такой космолёт должен двигаться вместе с её поверхностью вплоть до исчезновения. Но движение космолета неизбежно требует движения и внутри космолета, в частности, стрелок его часов. Если это верно для Черной дыры без вращения, то почему это не должно быть верно для вращающейся? Но тогда вновь возникает противоречие: на горизонте событий часы не останавливаются, то есть время течёт.

Для большей определенности рассмотрим мысленный эксперимент. Пусть на вращающуюся Черную дыру вдоль оси её вращения падают стрелочные часы:

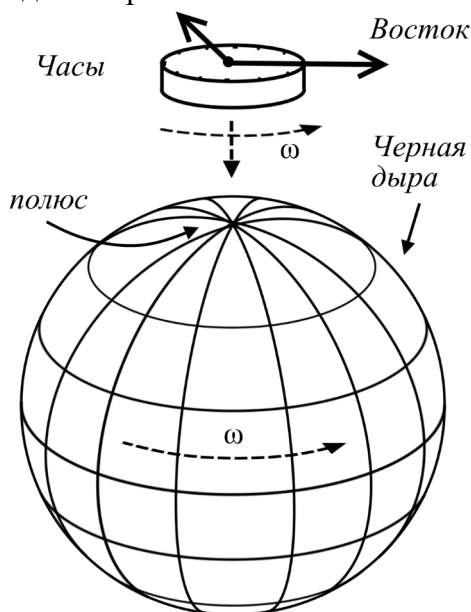


Рис.6.17. Падение часов на полюс Черной дыры

Выберем такую Черную дыру, скорость вращения ω которой равна одному обороту в час. Часы расположим так,

чтобы они вращались с той же скоростью ω , что и Черная дыра, но стрелка вращалась бы против вращения Черной дыры. В этом случае, на удалении от звезды стрелка часов будет всегда направлена в одну сторону. Назовём эту сторону, направление для однозначности востоком. Теперь дадим возможность часам упасть на полюс Черной дыры вдоль оси её вращения. Очевидно, что на полюсах звезды толщина эргосферы, образуемой вращающейся Черной дырой, равна нулю или близка к нему. Поскольку часы вращаются синхронно с Черной дырой, их минутная стрелка всегда будет направлена на восток. Когда часы далеко от звезды, это верно и для внешнего наблюдателя и для наблюдателя, падающего на звезду вместе с часами. При этом перед взором падающего наблюдателя будет пробегать внешний небосвод Вселенной, демонстрируя некое подобие суточного вращения звезды. Вплоть до падения на сингулярность эта скорость, сутки по падающим часам будут в точности равны 1 часу, а минутная стрелка часов всегда будет смотреть на восток внешней Вселенной.

Для внешнего, неподвижного наблюдателя картина будет несколько иной. По мере приближения к горизонту событий темп хода падающих часов замедляется строго в соответствии с положениями общей теории относительности. Замедление темпа хода часов проявляется в том, что относительное движение их минутной стрелки и циферблата также замедляется. Это тождественно тому, что либо стрелка часов начинает вращаться все более синхронно с циферблатом и, соответственно, отклоняясь от направления на восток, либо циферблат вместе с Черной дырой, вращаются всё медленнее.

Но мы установили, что для внутреннего наблюдателя, рядом с часами, стрелка всегда смотрит на восток. Следовательно, и для внешнего наблюдателя стрелка также должна всё время смотреть на восток. Выходит, что верен вариант с замедлением вращения Черной дыры. В данном случае часы выступают в роли датчика вращения. И этот датчик определенно показывает, что на всем пути к поверхности горизонта

Черной дыры никакого вращения быть не может. Тем более, на самом горизонте. Возникает противоречие, парадокс: либо Черная дыра не может вращаться, либо время на горизонте событий не замедляется. Снимается парадокс лишь в случае признания, что момент импульса Черной дыры может быть только нулевым, существование вращающихся Черных дыр крайне сомнительно.

Диаграммы Пенроуза

Следует отметить, что сверхсветовые парадоксы на традиционных диаграммах Минковского рис.4.5 просматриваются довольно хорошо. Фактически, они видны на них даже более отчетливо, чем в аналитических выражениях. Вместе с тем в настоящее время практически во всех работах по теории относительности и космологии используются другие диаграммы – конформные диаграммы Пенроуза. Конечно, тахионные парадоксы можно изобразить и на них, однако, их наглядность в данном случае заметно уступает традиционным диаграммам Минковского.

По сути, диаграммы Пенроуза – это обычная координатная система, на которой пространственная бесконечность сжата в квадрат ограниченных размеров [118, с.19]. Со временем исходный вариант диаграмм под предлогом повышения их наглядности, информативности модифицировали под специфические задачи. И как это нередко случается, такая модификация привела к заметным логическим нарушениям. Диаграммы стали сами по себе предсказывать некоторые эффекты, вступающие в противоречие с основными положениями теории относительности.

Одним из наиболее интересных отклонений от стандартных выводов теории относительности является предсказываемая диаграммами возможность ухода из-под горизонта событий Черной дыры. На таких диаграммах принято область Черной дыры изображать в повернутом виде, в виде треугольника, основанием которого является линия сингу-

лярности. Вершина треугольника направлена вниз, поэтому оси времени и расстояний визуально поменялись местами. Однако, несмотря на это за самими этими новыми местами сохранили их прежнее назначение. Поэтому стали говорить, что внутри Черной дыры пространство ведет себя как время, а время – как пространство.

Для лучшей детализации изобразим этот сингулярный треугольник, область Черной дыры отдельно, согласно имеющимся в литературе указаниям. А именно: пространство и время внутри Черной дыры традиционно как бы поменяем местами. Конкретно на диаграмме это проявляется в том, что координатные линии времени визуально стали вертикальными и рассматриваются как линии расстояний и наоборот. Но вопреки этому, при таком обмене теперь уже новые линии расстояний по-прежнему помечаются как 2-сферы, то есть, расстояния, а линии времени так же по-прежнему обозначают как время $t = \text{const}$.

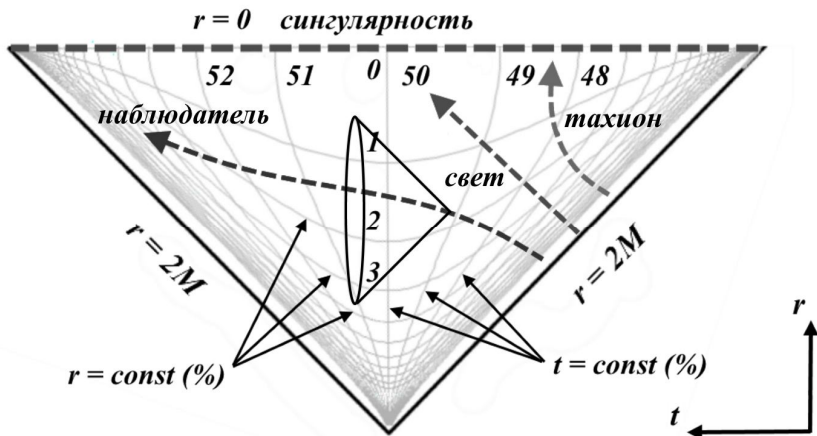


Рис.6.18. Сингулярный треугольник Черной дыры – верхняя часть диаграммы коллапса нейтронной звезды

Координатная сетка на рисунке построена на основе принципа конформного преобразования диаграмм Пенроуза. Для определенности число линий сетки выбрано равным 100,

а цифры рядом с делениями обозначают номер линии, координатное значение которых равно соответствующему проценту от абсолютного значения. Например, значение $r = 3$ соответствует $0,06M$. Значение делений по шкале времени определяется по времени свободного радиального падения тела на сингулярность. Видно, что направление течения времени справа налево, а расстояния уменьшаются снизу вверх от горизонтов $r = 2M$ до сингулярности $r = 0$. Очевидно, что сохранение конформного вида светоподобных геодезических и световых конусов внутри сингулярного треугольника приводит к конечным значениям времени и расстояний внутри него. То есть, диапазоны расстояний и времени движения равны $2M$. Бесконечное количество делений координатной сетки означает лишь их неравномерность, то есть расстояние между соседними линиями сеток на границах областей стремится к нулю. Внешняя по отношению к Черной дыре область пространства-времени не показана, она ниже.

Рассмотрим случай сверхмассивной Черной дыры, в которую падает некий наблюдатель. Приливные силы малы и он без травм пересекает горизонт событий. Согласно теории относительности его скорость не может превышать скорости света. Другими словами, уклон его мировой линии к оси времени должен быть меньше 45 градусов. На нашей диаграмме ось и линии времени направлены горизонтально, следовательно, в системе обозначения осей мировая линия наблюдателя является времениподобной и может без препятствий достичь левого горизонта $2M$.

Приведем мнение Хокинга, относящееся к другому случаю - невращающейся заряженной Черной дыры Райснера-Нордстрема:

"Во всех этих случаях сингулярность времениподобна. Это означает, что в отличие от решения Шварцшильда времениподобные и изотропные кривые всегда могут избежать встречи с сингулярностью" [146, с.178].

Легко заметить, что на данном рисунке сингулярность по смыслу, графически тоже времениподобна, хотя соответ-

ствуется решению Шварцшильда. Поэтому возражение к отмеченным в цитате отличиям от этого решения закономерно требуют признать следующие утверждения (фрагменты) ошибочными:

"... как только частица оказалась внутри $r = 2M$, она обязательно достигнет сингулярности.

... в области II, где $r < 2M$, ... значение r убывает в области II при движении снизу вверх ... поверхности $r = \text{const}$ пространственноподобны..." [146, с.174].

Область II в цитате – это область внутри шварцшильдовской Черной дыры, сингулярный треугольник, которые и изображены на рисунке. Обязательность падения частицы на сингулярность в цитате следует из предположения о пространственноподобности поверхностей $r = \text{const}$. Непосредственно это означает невозможность движения частицы вдоль такой поверхности, поскольку это означает скорость, превышающую скорость света. Но присмотримся к диаграмме. Пространственноподобность геодезической *определяется её наклоном к оси времени*. Нулевые, световые геодезические имеют уклон в 45 градусов. Это хорошо заметно по нанесенному на рисунок световому конусу. Если уклон мировой линии меньше 45 градусов, то есть, линия приближается к линии времени, то мы получаем пространственноподобную геодезическую. Здесь же угол определенно больше 45 градусов. Меньше он только в том случае, если его определять по отношению к *линии времени вне Черной дыры*. Но это выглядит весьма странно: расстояния взяты внутри Черной дыры, а время – вне неё. Если же и расстояние и время рассматривать как единое пространство-время внутри Черной дыры, то в этом случае поверхности $r = \text{const}$ определенно являются *временноподобными*. В этом случае в приведенной цитате верным остается только фраза о направлении убывания r – снизу вверх.

Картину на диаграмме можно описать так: только геодезические, направленные в сторону сингулярности, неизбежно упадут на неё, все остальные способны достичь левого

горизонта событий. Но это явно противоречит и приведенной цитате и общепризнанным положениям теории относительности.

Физически картина на диаграмме может выглядеть примерно так. Наблюдатель, попавший под горизонт Черной дыры (через правый горизонт событий), без каких-либо проблем может двигаться *по инерции как планетарный спутник сингулярности по линии $r = \text{const}$ с некоторой скоростью $v < c$* . Не затрачивая энергии, он может вечно двигаться по замкнутой орбите. Это полностью соответствует графическому изображению: скорость при таком движении заметно меньше скорости света. Правда, возникает некоторая неопределенность. И время и пространство имеют фиксированные, ограниченные значения. Что будет на диаграмме, когда пройдет время $2M$? В этот момент наблюдатель будет по-прежнему на расстоянии $r = \text{const}$ от сингулярности. Есть, пожалуй, только один осмысленный вариант. Время вновь течёт с правого края треугольника влево, что можно рассматривать как следующий оборот наблюдателя вокруг сингулярности. Однако, и без этой цикличности возникает абсурдная ситуация, противоречащая положениям теории относительности. Скорость, с которой наблюдатель движется вокруг сингулярности, меньше скорости света, хотя такая скорость на большем удалении, перед входом под горизонт событий явно была не способна удержать его от падения на сингулярность. Более того, если он включит свои двигатели, то уже ничто не может помешать ему уйти из-под горизонта. Здесь возникает новый вопрос: а куда именно он уйдёт? Если Черная дыра "захватила" его, то почему она вдруг его куда-то выпускает?

Возникла противоречивая, парадоксальная ситуация. Модифицированная диаграмма Пенроуза с явно выделенной областью Черной дыры, сингулярным треугольником демонстрирует два взаимоисключающих предсказания. Досветовая скорость делает неизбежной падение события на сингулярность и любая скорость позволяет событию избежать

падения на сингулярность. Причем помимо планетарного движения вокруг сингулярности появляется возможность за конечное время достичь (изнутри) левого горизонта событий Черной дыры. Физический смысл такого движение неясен, поскольку обычно утверждается, что за этим горизонтом находится параллельная Вселенная.

В последнем случае сложно избежать довольно фантастических интерпретаций. На полной, декартовой диаграмме коллапса – это, видимо, уход наблюдателя на минусовую бесконечность. Но это умозрительно, поскольку графически на диаграмме такое движение изобразить можно лишь удалив горизонт событий. А на полярной диаграмме возникает не менее спорная трактовка. На так называемой максимально расширенной диаграмме этот горизонт назван параллельным горизонтом, подразумевающим параллельную Вселенную, то есть, выходит, через Черную дыру можно попасть именно туда.

Такой выход из-под горизонта выглядит довольно противоречиво. Оба горизонта на диаграмме – основной (правый) и параллельный (левый) – обозначены одинаково как $r = 2M$. Тогда, например, для наблюдателя, попавшего под горизонт из нашей Вселенной, выход из-под него становится двусмысленным. В обоих случаях он выходит наружу из-под сферы радиусом $2M$, но куда именно и почему? Либо в нашу Вселенную, либо в параллельную. Графически на диаграмме выход в параллельную Вселенную выглядит более правдоподобно.

Тем не менее, предположение о том, что времениподобные события, наблюдатель из нашей Вселенной беспрепятственно достигают левого, параллельного горизонта событий и способны его пересечь, противоречиво само по себе. В этом случае он сразу же оказывается вне горизонта (параллельного) и, соответственно, должен вновь попасть под него, притягиваемый сингулярностью. Правда, при досветовой скорости движения. Но если в момент выхода из-под горизонта он выпустит луч света, то свет будет распростра-

няться в параллельной Вселенной. Но не это главное. Внутри сверхмассивной Черной дыры совершенно непротиворечиво могут встретиться два сигнала или наблюдателя: один из нашей Вселенной, другой из параллельной. Такой контакт не имеет никаких логических и математических противоречий. И эти два наблюдателя могут обмениваться любыми сообщениями. Таким образом, обмен сигналами, информацией между Вселенными через шварцшильдовскую Черную дыру возможен.

Более того, можно показать, что наблюдатель вообще может беспрепятственно покинуть пространство сверхмассивной Черной дыры. И этот наблюдатель, как видим, определенно может быть из параллельной Вселенной [118].

Парадокс Эренфеста

Непосредственно парадоксы СТО всегда выводятся из мысленных экспериментов, то есть, воображаемого эксперимента на основе положений теории. Одним из таких парадоксов по праву считается один из старейших и удивительных парадоксов – парадокс Эренфеста от 1909 года, в настоящее время часто формулирующийся как "парадокс колеса" и который по утверждениям многих авторов до настоящего времени не имеет удовлетворительного объяснения, решения.

Заметим, что на самом деле это вовсе не парадокс, это рядовая задача специальной теории относительности, сформулированная с ошибками, на основе утверждений, приписываемых теории, но которых она не делает. В литературе он приводится в различных формулировках. Например, в книге Соколовского "Теория относительности в элементарном изложении" приводится такая формулировка:

"Вначале колесо неподвижно, а затем приводится в столь быстрое вращение, что линейная скорость его краев приближается к световой. При этом участки обода ... сокращаются ... , тогда как радиальные "спицы" ... сохраняют свою длину (ведь релятивистское укорочение испытывают только

продольные размеры, т. е. размеры в направлении движения)" [133].

И далее приводится решение сформулированного парадокса:

"...когда неподвижное вначале колесо приводится в быстрое вращение: его обод стремится сократиться, а спицы — сохранить неизменную длину. Какая из этих тенденций возьмет верх — всецело зависит от механических свойств обода и спиц; но никакого укорочения обода без пропорционального ему укорочения спиц не будет (разве что колесо примет форму сферического сегмента). Очевидно, что с принципиальной точки зрения ничто не изменится также и в том случае, если колесо со спицами будет заменено сплошным диском" [133].

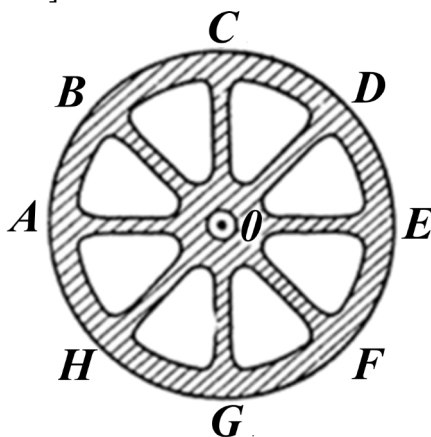


Рис.6.19. Иллюстрация к парадоксу колеса в [133]

Это ошибочное решение и суть его, как видим, состоит в том, что в зависимости от жесткости материала либо спицы обязательно сократятся, стягиваемые ободом (диаметр колеса уменьшится), либо обод вытянется, разжимаемый спицами (диаметр колеса останется неизменным). Видимо, при однородности материала сокращение должно быть взаимным: сократятся и спицы и обод, но каждый в меньшей мере.

Парадокс колеса в версии Эренфеста рассмотрен в работе "Неисправленная ошибка Пуанкаре и анализ СТО" [75]:

"Рассмотрим плоский, твердый диск, вращающийся вокруг своей оси. Пусть линейная скорость его края по порядку величины сравнима со скоростью света. Согласно специальной теории относительности, длина края этого диска должна испытывать лоренцово сокращение...

В радиальном направлении лоренцова сокращения нет, поэтому радиус диска должен сохранять свою длину. При такой деформации диск технически уже не может быть плоским.

Угловая скорость вращения уменьшается с увеличением расстояния от оси вращения. Поэтому соседние слои диска должны скользить друг относительно друга, а сам диск будет испытывать деформации кручения. Диск с течением времени должен разрушиться" [75].

Трактовка, следует заметить, весьма специфическая: разрушение связывается не со сжатием внутренних слоёв или спиц, а с их изгибом, закручиванием. Причину возникновения разности угловых скоростей автор не объясняет, ссылаясь на Эренфеста, и лишь добавляет:

"Сами релятивисты не смогли привести никаких объяснений физических причин ни для объяснения гипотезы, ни для объяснения парадокса" [75].

Однако, это единственное описание эффекта скручивания диска, которое можно найти в интернете при беглом просмотре. Википедия описывает парадокс следующим образом:

"Рассмотрим окружность (или полый цилиндр), вращающуюся вокруг своей оси. Так как скорость каждого элемента окружности направлена по касательной, то она (окружность) должна испытывать лоренцово сокращение, то есть её размер для внешнего наблюдателя должен казаться меньше, чем её собственная длина.

... изначально неподвижная жёсткая окружность после её раскручивания должна парадоксальным образом умень-

шать свой радиус, чтобы сохранить длину. По рассуждениям Эренфеста абсолютно твёрдое тело невозможно привести во вращательное движение, поскольку в радиальном направлении лоренцева сжатия быть не должно. Следовательно, диск, бывший в покоящемся состоянии плоским, при раскручивании должен как-то изменить свою форму" [104].

Здесь указывается ещё одно проявление парадокса со ссылкой на Эренфеста: абсолютно твердый диск вообще невозможно привести во вращение. Здесь, можно сказать, приводится основная, общепринятая формулировка парадокса Эренфеста, отличающаяся от распространенной формулировки парадокса колеса. В ней уже не говорится о деформации диска или спиц колеса. Просто диск будет оставаться неподвижным.

В работе "Тайны космоса" без указания ссылки на источник приведены размышления Эренфеста:

"... проведем опыт с диском. Будем вращать его, постепенно увеличивая скорость. Размеры диска... будут уменьшаться; кроме того, диск искривится. Когда же скорость вращения достигнет скорости света, он попросту исчезнет. И куда только денется?.." [49].

На приведённом далее в работе рисунке искривлённый диск изображен с четырьмя спицами, изогнувшимися в виде подобия свастики и подписью к нему:

"диск при вращении должен был деформироваться, как показано на рисунке" [124].

То есть, как и выше делается вывод о деформации спиц, при этом, очевидно, вполне обоснованно предполагается, что твёрдость обода превышает гибкость спиц.

Наконец, чтобы выяснить, какая из формулировок парадокса соответствует авторской, приведём описание парадокса, как он сформулирован в упомянутой работе Эренфеста. Приводимая ниже цитата составляет практически всё содержание той краткой заметки:

"Оба определения не абсолютной твердости являются — если я правильно понял — эквивалентными. Поэтому доста-

точно указать на простейший вид движения, для которого данное первоначальное определение уже приводит к противоречию, а именно на равномерное вращение вокруг неподвижной оси.

В самом деле, пусть имеется не абсолютно твердый цилиндр C с радиусом R и высотой H . Пусть он постепенно приводится во вращение вокруг своей оси, происходящее затем с постоянной скоростью. Назовем R' радиус, который характеризует этот цилиндр с точки зрения неподвижного наблюдателя. Тогда величина R' должна удовлетворять двум противоречащим друг другу требованиям:

а) длина окружности вращающегося цилиндра по сравнению с состоянием покоя должна сократиться:

$$2\pi R' < 2\pi R,$$

поскольку каждый элемент такой окружности движется в направлении касательной с мгновенной скоростью $R'\omega$;

б) мгновенная скорость какого-либо элемента радиуса перпендикулярна его направлению; это значит, что элементы радиуса не подвергаются никакому сокращению по сравнению с состоянием покоя.

Отсюда следует, что

$$R' = R$$

Замечание. Если считать, что деформация каждого элемента радиуса определяется не только мгновенной скоростью центра тяжести, но также и мгновенной угловой скоростью этого элемента, то необходимо, чтобы функция, описывающая деформацию, содержала кроме скорости света с еще одну универсальную размерную константу, или же в нее должно входить ускорение центра тяжести элемента" [161].

Как видим, по крайней мере, в первоначальной авторской версии парадокс прямо касается не абсолютно твердых тел. Ничего не говорится о скручивании слоёв. Ничего об "исчезновении" диска. Возможно, все эти расширения первоначальной идеи сформулированы где-то в последующих работах Эренфеста, но оставим это всё на совести цитированных авторов: проверяемых ссылок на свои утверждения

они не привели. Таким образом, мы вполне обоснованно можем рассмотреть:

Миф о парадоксе Эренфеста

Простейшей и, видимо, самой распространенной, является версия "парадокс колеса", с которой, как можно заметить, в наибольшей степени совпадает и противоречие, сформулированное в 1909 году Эренфестом. По сути, парадокс Эренфеста и является тождественно парадоксом колеса.

Рассмотрим особую конструкцию колеса, представляющую собой диск из насаженных друг на друга концентрических окружностей – ободов достаточно малой толщины и жестко скрепленные друг с другом. Обозначим радиус каждого такого обода R_i . Длина окружности каждого обода, соответственно, $2\pi R_i$. Допустим, нам удалось раскрутить диск. Угловая скорость диска ω едина для каждой точки диска и определяет линейную скорость каждого частного обода диска. Тангенциальная скорость каждой точки обода $v_i = \omega R_i$. Сокращенную длину окружности каждого обода определяем по уравнениям Лоренца:

$$L_i = 2\pi R_i \sqrt{1 - \omega^2 R_i^2} \quad (6.9)$$

Здесь мы традиционно рассматриваем задачу в системе единиц, в которой скорость света $c = 1$. Рассмотрим два обода: внешний с R_0 и один из внутренних - R_1 , пусть $R_1 = kR_0$, где $k = 0 \dots 1$. Из уравнения (6.9) получаем:

$$L_1 = 2\pi k R_0 \sqrt{1 - \omega^2 k^2 R_0^2}$$

$$L_0 = 2\pi R_0 \sqrt{1 - \omega^2 R_0^2}$$

При раскручивании диска два эти обода уменьшили свою длину. Следовательно, радиусы их новых окружностей составят:

$$\begin{aligned}
 R_{1\omega} &= \frac{L_1}{2\pi} = kR_0\sqrt{1-\omega^2k^2R_0^2} \\
 R_{0\omega} &= \frac{L_0}{2\pi} = R_0\sqrt{1-\omega^2R_0^2}
 \end{aligned}
 \tag{6.10}$$

Отношение радиусов ободов после раскрутки равно:

$$\frac{R_{1\omega}}{R_{0\omega}} = \frac{kR_0\sqrt{1-\omega^2k^2R_0^2}}{R_0\sqrt{1-\omega^2R_0^2}} = k\sqrt{\frac{1-\omega^2k^2R_0^2}{1-\omega^2R_0^2}}$$

Это выражение показывает, что отношение радиусов смежных слоёв зависит от скорости вращения. Нас должно заинтересовать, какой может быть скорость вращения, чтобы радиусы, отличающиеся в k раз в неподвижном состоянии, после раскрутки сравнялись. Видимо, это будет предельная скорость, после которой слои начнут давить друг на друга. Вычислим это отношение для указанного условия:

$$\frac{R_{1\omega}}{R_{0\omega}} = k\sqrt{\frac{1-\omega^2k^2R_0^2}{1-\omega^2R_0^2}} = 1$$

Для наглядности отбросим левое равенство и разделим всё на k

$$\sqrt{\frac{1-\omega^2k^2R_0^2}{1-\omega^2R_0^2}} = \frac{1}{k}$$

Возведём в квадрат обе части равенства, избавившись от квадратного корня

$$\frac{1-\omega^2k^2R_0^2}{1-\omega^2R_0^2} = \frac{1}{k^2}$$

Избавляемся от дробного вида

$$k^2 - \omega^2k^4R_0^2 = 1 - \omega^2R_0^2$$

Переносим влево члены с радиусами, а вправо члены без радиусов и собираем подобные члены

$$\omega^2R_0^2(1-k^4) = 1-k^2$$

Переписываем уравнение как решение для члена с радиусом

$$\omega^2 R_0^2 = \frac{1-k^2}{1-k^4} = \frac{1-k^2}{(1-k^2)(1+k^2)}$$

После сокращения находим

$$\omega^2 R_0^2 = \frac{1}{1+k^2}$$

Заменяем угловую скорость на линейную и извлекаем корень, в результате чего находим значение скорости

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{1+k^2}}$$

Очевидно, пересечение может начаться между соседними слоями, для которых почти $k = 1$. Следовательно, оно возникает при скорости внешнего обода:

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{1+1}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,7$$

Полученное решение означает, во-первых, что наше допущение о возможности раскрутить диск оказалось правомерным. Во-вторых, мы обнаруживаем, что два соседних бесконечно тонких слоя-обода будут давить друг на друга только при их скорости, составляющей более 0,7 от скорости света. А это, в свою очередь, означает, что при раскручивании каждый обод уменьшает как длину своей окружности, так и соответствующий ей радиус. Тем самым здесь же мы обнаруживаем заблуждение в отношении сокращения спиц вращающегося колеса. Все авторы при формулировке парадокса явно заявляют, что обод сокращается, а спицы – нет. Мы же обнаружили, что, наоборот, каждый обод, каждый тонкий слой колеса сокращается и уменьшает свой собственный радиус. Следовательно, он не препятствует сокращению слоя, обода, который находится выше него. Точно так же слой, обод, находящийся ниже него, не препятствует и его собственному сжатию. Поскольку рассмотренные ободы все вместе образуют сплошной диск колеса, то это колесо и в целом не испытывает никаких внутренних деформаций, препятствующих его сжатию. Утверждения всех авторов, вклю-

чая и автора парадокса – Эренфеста – ошибочны: радиус колеса будет уменьшаться без каких-либо препятствий:

"элементы радиуса не подвергаются никакому сокращению по сравнению с состоянием покоя" [161].

Но у обнаруженного сокращения, сжатия радиусов есть довольно странная особенность: это сокращение возможно только до тангенциальной скорости внешнего обода, не превышающей 0,7 скорости света. Почему именно 0,7? Откуда, из каких физических особенностей колеса возникает это число? И что будет, если колесо раскрутить ещё быстрее?

Впрочем, почему мы утверждаем, что спицы будут сокращаться, ведь в нашей модели спиц нет, колесо сплошное. А в колесе со спицами нет никаких "тонких ободов", между соседними спицами пустое пространство. Как верно указано в работе [133], нет никакой разницы между сплошным диском и диском со спицами. Лоренцеву сокращению подвержены все элементы, удалённые от центра на одинаковое расстояние. То есть, в этом случае "тонкий слой" представляет собой последовательность из "долек" спиц и пустого пространства между ними. Здесь может возникнуть недоуменное возражение: как же так, почему это каждая "долька" спицы сжимается вдоль окружности? Ведь у них рядом пустое пространство! Да, пустое. Но лоренцеву сокращению подвержены все без исключения элементы, это не реальное физическое сжатие, это сжатие, видимое внешнему наблюдателю. Как правило, при описании лоренцева сокращения всегда подчеркивается: объект с точки зрения внешнего наблюдателя уменьшил свои размеры, хотя с точки зрения самого объекта с ним ничего не произошло.

Для пояснения этого тангенциального сжатия, утончения спиц представим себе движущуюся платформу, на которой с интервалом уложены, например, кирпичи. Внешнему наблюдателю будет казаться, что платформа сократилась. А что будет с интервалами между кирпичами? Кирпичи, разумеется, сократятся, но в случае неизменности интервала между ними, они просто вытолкнут друг друга с платформы.

Однако, на самом деле кирпичи и интервалы между ними сокращаются как один единый объект. Любой наблюдатель, движущийся мимо платформы, будет видеть её уменьшенную длину, в зависимости от относительной скорости, и уменьшенную длину объекта "кирпичи с интервалами". С самой же платформой, кирпичами и интервалами между ними, как известно, ничего не произойдёт. Так и в случае с колесом со спицами. Каждый отдельный радиальный слой колеса - обод будет представлять собой "слоёный пирог", состоящий из последовательных кусочков спиц и пространства между ними. Сокращаясь по длине, такой "слоёный" обод будет одновременно уменьшать свой радиус кривизны. В этом смысле полезно представить себе, что колесо сначала раскручено, затем замедлено до остановки. Что с ним будет? Оно вернётся в исходное состояние. Уменьшение его размеров никак не связано с его физической деформацией, это размеры, видимые внешнему наблюдателю. С самим колесом при этом ничего не происходит.

Отсюда, кстати, непосредственно и следует, что колесо может быть абсолютно твердым. Никаких деформирующих усилий к нему не прикладывается, изменение его диаметра не требует непосредственного физического сжатия материала колеса. Можно колесо раскручивать, затем замедлять сколько угодно раз: для наблюдателя колесо визуальнo будет уменьшать свои размеры и вновь их восстанавливать. Но при одном условии: тангенциальная скорость внешнего обода колеса не должна превышать таинственной величины - $0,7$ от скорости света.

Очевидно, что при достижении этой скорости внешним ободом колеса, скорости всех нижележащих будут заведомо меньше. Следовательно, "волна" перекрытия начнётся с внешней части, и будет постепенно перемещаться внутрь колеса, к его оси. При этом если внешний обод будет раскручен до скорости света, перекрытие слоёв будет только до слоя, имеющего $0,7$ исходного радиуса колеса. Все более близкие к оси слои перекрывать друг друга не будут. Понятно,

что это гипотетическая модель, поскольку пока неясно, что будет происходить со слоями, находящимися от оси дальше, чем $0,7$ исходного радиуса. Напомним точное значение этой величины: $\sqrt{2}/2$.

Процесс сокращения радиусов слоёв и точка начала их пересечения показаны на диаграмме рис.6.20.

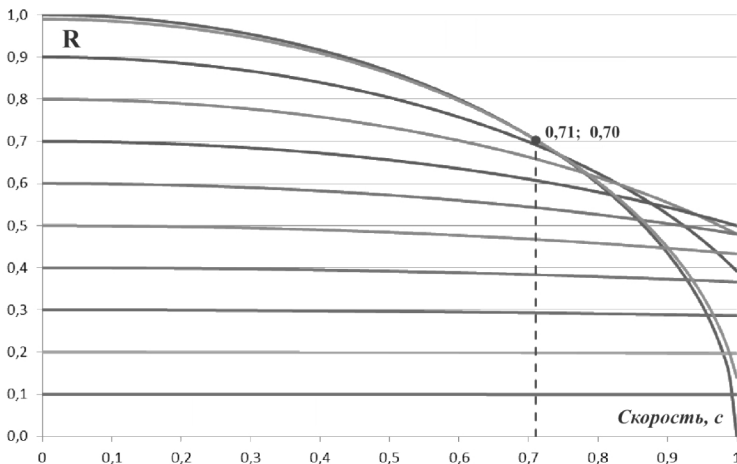


Рис.6.20. Степени сжатия радиусов ободов в зависимости от их удалённости от центра и тангенциальной скорости внешнего обода.

При увеличении тангенциальной скорости внешнего края диска, его слои (ободы) уменьшают собственные радиусы в разной степени. Сильнее всего уменьшается радиус внешнего края – вплоть до нуля. Видим, что обод, радиус которого равен десятой части от радиуса внешнего края диска, практически не изменяет своего радиуса. Это значит, что при сильной раскрутке внешний обод сократится до радиуса меньшего, чем внутренний, но как это будет выглядеть в реальности, пока неясно. Пока только очевидно, что деформация наступает лишь при скорости внешнего обода, превышающей $\sqrt{2}/2$ скорости света (ок. $0,71c$). До этой скорости все ободы сжимаются, не пересекая друг друга, без деформации плоскости диска, внешний радиус которого при этом умень-

шится до $0,7$ от исходного значения. Чтобы наглядно показать эту точку, на диаграмме приведены два смежных внешних слоя обода, имеющие почти одинаковые радиусы. Это первые "кандидаты" на взаимное пересечение при раскручивании.

Если на диск нанести равномерно concentрические окружности, через равные интервалы, то в процессе его раскручивания для внешнего наблюдателя эти окружности будут располагаться с интервалами, равномерно уменьшающимися от центра (практически исходная величина интервала) к периферии (уменьшающийся вплоть до нуля).

Для того чтобы выяснить, что произойдёт с колесом после превышения внешним ободом скорости $0,7$ от скорости света, изменим форму колеса так, чтобы слои не мешали друг другу. Сдвинем слои колеса вдоль оси, превратив колесо в тонкостенный конус, воронку. Теперь при сжатии каждого слоя под ним нет других слоёв, и ничто не мешает ему сжиматься сколько угодно. Начнём раскручивать конус из состояния покоя до скорости $0,7$ от скорости света и затем до скорости света, после чего уменьшим скорость в обратной последовательности. На следующем рисунке этот процесс показан в виде нескольких кадров из анимации. На рисунке конус (воронка) показан в двух видах: вдоль оси, как всегда изображается парадокс колеса, и перпендикулярно к оси, вид сбоку, на котором виден "профиль" конуса.

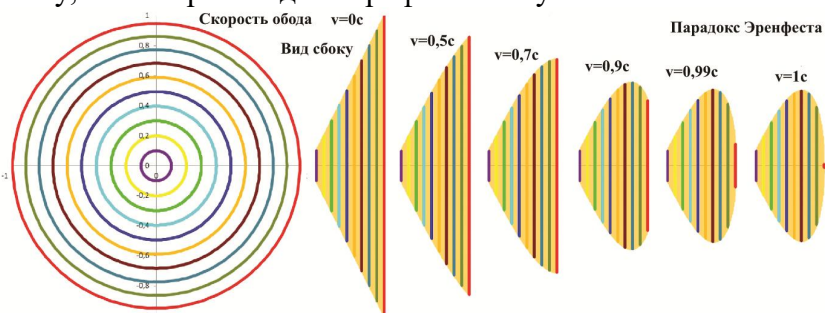


Рис.6.21. Лоренцева деформация конуса при раскручивании. Кадры из анимации [20]

На рисунке на виде сбоку мы отчетливо видим поведение каждого слоя-обода конуса, бывшего колеса. Каждый из этих слоёв изображен цветной линией, для каждой из которых построены графики на предыдущем рисунке. Это позволяет увидеть каждый обод независимо от других и то, как внешний обод уменьшает свой радиус сильнее, чем внутренние.

Следует особо отметить следующие очевидные обстоятельства. Согласно теории относительности деформации диска или рассмотренного конуса как таковой нет. Все изменения в его форме – это видимость для внешнего наблюдателя, с самим диском и конусом при этом ничего не происходит. Следовательно, он вполне может быть из абсолютно твердого материала. Изделия из такого материала не сжимаются, не растягиваются, не изгибаются и не скручиваются, они не подвержены никакой геометрической деформации. Поэтому *видимость* деформации вполне допускает и раскручивание этого диска до световой скорости.

Внешний наблюдатель будет видеть, как показано на кадрах, вполне логичную, хотя и довольно странную картину. Внешний обод конуса уменьшается до скорости $0,7c$, после чего продолжает сжиматься дальше. При этом внутренний обод, который имел меньший радиус, оказывается с внешней стороны. Однако, это вполне очевидное явление. По раскрашенным ободам на кадрах (анимации) видно, как внешние ободы приближаются к центру диска, превращая конус в своеобразный замкнутый сосуд, амфору. Но нужно понимать, что при этом собственно конус остаётся таким, как и был изначально. Если уменьшить скорость его вращения, то все слои вернуться на свои места и амфора для неподвижного наблюдателя вновь превратится в конус. Это кажущееся перемещение слоёв, ободов вследствие сжатия к центру диска с точки зрения внешнего наблюдателя никак не связано с реальной геометрической деформацией самого диска. Потому-то и нет никаких физических препятствий для того, чтобы конус был изготовлен из абсолютно твердого материала.

Но это относится к конусу. А как поведёт себя плоское колесо, в котором все слои находятся всё-таки друг над другом? И в этом случае неподвижный наблюдатель увидит весьма странную картину. После того как внешний обод диска уменьшится на скорости $0,7c$, он сделает попытку дальнейшего сжатия. При этом внутренний обод, который имел меньший радиус, будет сопротивляться этому. Здесь мы напомним очевидное условие - при любой скорости диск должен оставаться плоским.

При всей странности картины можно достаточно легко догадаться, что произойдёт дальше. Слои от нуля до $0,7$ от радиуса колеса испытали сжатие и несколько уменьшили свои размеры. Не смотря на это внешние слои их всё равно "догнали". Теперь лоренцева сжатия внутренних слоёв недостаточно, они не дают внешним продолжить собственное сжатие. Как варианты мы можем выделить три вероятных сценария дальнейшего развития событий, не принимая во внимание действие центробежных сил и тот факт, что для такой раскрутки потребуется бесконечно мощный двигатель.

Для обычного, хрупкого материала при взаимодействии слоёв-ободов внутренние слои испытывают деформацию сжатия, а внешние – растяжения. При некоторых усилиях внешние слои, что более вероятно, просто будут разорваны, и разлетятся в разные стороны. Условия для разрыва наступают после достижения предельной скорости $0,7c$.

Для абсолютно эластичного материала картина немного иная. Разрыв слоёв невозможен, но возможно их бесконечное сжатие. Следовательно, при скорости внешнего обода, близкой к скорости света, для внешнего наблюдателя колесо может превратиться в бесконечно малую точку. Это в том случае, если на сжатие будет необходимо меньшее усилие, чем на растяжение. Иначе форма колеса при равенстве этих сил будет оставаться неизменной. После прекращения вращения колесо примет свои первоначальные размеры без каких бы то ни было повреждений. В этом случае слои-ободы будут складываться в виде "гармошки", не пересекая друг друга.

Правда, в зазоре между внешним ободом и осью будет образовываться утолщение диска. Диск, очевидно, должен при сжатии принять форму бублика. При достижении скорости внешнего обода, равной скорости света, диск сожмётся в точку (вернее, в тонкую трубочку, надетую на ось).

Для абсолютно твердого материала колеса, который не сжимается, не растягивается и не изгибается, картина также будет отличаться от предыдущих. Внешние ободы не могут разорваться, а внутренние – сжаться. Поэтому, разрушения ни тех, ни других не будет, но будет стремительно возрастать сила их давления друг на друга после того, как будет достигнута предельная скорость вращения. За счет каких источников возникает эта сила? Очевидно, что за счет сил, приводящих колесо во вращение. Следовательно, внешний источник должен будет прикладывать всё большее и большее усилие вплоть до бесконечности. Понятно, что это невозможно, и мы приходим к выводу: при достижении внешним ободом абсолютно твердого колеса скорости $\sqrt{2}/2$ от скорости света дальнейшего увеличения этой скорости не будет. Приводной двигатель словно упрётся в стену. Это примерно то же самое, как бежать, например, за тракторной тележкой, прицепом. Можно бежать с любой скоростью, но при достижении тележки скорость будет сразу же ограничена её скоростью, скоростью трактора.

Итак, поведение раскручиваемого колеса имеет строго согласованные и непротиворечивые предсказания в специальной теории относительности для всех вариантов парадокса колеса. В том числе, и для варианта парадокса Эренфеста о невозможности раскрутить абсолютно твердое тело, который также является ошибочным:

"Рассуждение Эренфеста показывает невозможность приведения абсолютно твёрдого тела (изначально покоившегося) во вращение" [104].

Как показано, этот вывод не соответствует предсказаниям специальной теории относительности. Кроме того, в работе Эренфеста, которую следует считать первой форму-

лировкой парадокса, таких рассуждений нет. Считается, что само по себе абсолютно твердое тело по определению невозможно в специальной относительности, поскольку оно позволяет производить сверхсветовую передачу сигналов. Поэтому математика СТО к таким телам изначально неприемима. Тем не менее, такое тело, как мы показали, можно раскрутить до скорости более чем в две трети от скорости света. При этом никаких парадоксов СТО не возникает, поскольку для внешнего наблюдателя происходит релятивистское, визуальное сжатие круга целиком, включая его спицы. Утверждение Эренфеста и других авторов о том, что продольно спицы не сжимаются – ошибочно. Действительно, поскольку ободы движутся без проскальзывания относительно друг друга, мы можем склеить их, рассматривая их как один сплошной диск. Если теперь на таком сплошном диске мы просто нарисуем спицы, то очевидно, они будут уменьшать свою длину, следуя за уменьшением диаметров ободов. Также спицы можно выполнить как рифление на поверхности диска и даже сделав радиальные (или под углом) пропилены внутри него. Получившиеся спицы и пустые интервалы (пространство) между ними движутся как связанные друг с другом части ободов, то есть, являются объектами, которые сокращаются как единое целое. И материал спиц, и интервал между ними испытывают тангенциальное лоренцево сокращение в равной мере, что, соответственно, приводит и к такому же их радиальному сокращению.

Ошибочным является и оригинальный, распространенный в литературе, авторский вариант парадокса Эренфеста – раскручивание обычного тела: радиус колеса одновременно равен исходному и укороченному значению. Ошибка заключена в утверждении от имени теории относительности, что радиус (спицы) колеса не испытывает лоренцева сокращения. Но специальная теория относительности не делает такого предсказания. Строго согласно её предсказаниям спицы испытывают такое же *эквивалентное* лоренцево сокращение, как и обод колеса. Этот эффект можно назвать

поперечным эффектом Лоренца. Действительно, выражения (6.10) и (6.11) определенно *выглядят* как уравнения преобразований Лоренца для радиуса:

$$R_{0\omega} = R_0 \sqrt{1 - v_0^2} \quad (6.11)$$

Понятно, что это всего лишь *следствие сокращения длины окружности*, но совпадение весьма показательно, и именно этот *индуцированный* поперечный эффект Лоренца пытаются опровергнуть все известные авторы.

При этом в зависимости от материала колеса его часть, превышающая 0,7 от радиуса при раскручивании обода до световой скорости, будет либо разрушена, разорвана, если материал недостаточно эластичен, либо всё колесо целиком испытает лоренцево сжатие до бесконечно малого радиуса с точки зрения внешнего наблюдателя. Если остановить колесо до его разрушения и до достижения скорости 0,7 от скорости света, то оно примет для внешнего наблюдателя свою исходную форму без каких-либо повреждений. Упругое тело при достижении скорости выше 0,7 от скорости света может испытать некоторые деформации. Например, если в нём были вкрапления из хрупкого материала, то они будут разрушены. После остановки колеса разрушения не будут восстановлены.

Таким образом, следует признать, что ни одна из рассмотренных формулировок не позволяет говорить о парадоксе. Все виды парадокса колеса, Эренфеста являются мнимыми, псевдо парадоксами. Корректное и последовательное применение математики СТО позволяет для каждой описанной ситуации сделать непротиворечивые предсказания. Под парадоксом мы понимаем правильные предсказания, которые противоречат друг другу, но здесь этого нет.

Можно сказать, что парадокс просуществовал более 100 лет, поскольку впервые рассмотренное решение обнаружено в октябре 2015 года. После просмотра источников, который нельзя, конечно, назвать исчерпывающим, выяснилось следующее. Изложенное здесь решение парадокса Эренфеста (парадокса колеса) является, видимо, первым с момента его

формулировки Эренфестом в 1909 году корректным решением парадокса в рамках специальной теории относительности.

Варианты парадокса Эренфеста

Как отмечено, в оригинальной, исходной формулировке парадокса Эренфеста речь шла не о колесе и спицах, а о сплошном цилиндре: "... пусть имеется не абсолютно твердый цилиндр ..." [161]. Просто исторически сложилось так, что стали говорить о колесе, причем о колесе со спицами. Видимо, это более наглядно демонстрировало возникающий парадокс – обод колеса сокращался, а спицы всегда ортогональны к нему, поэтому сокращаться не должны.

Однако, это не единственный вариант формулировки парадокса. Есть менее известный вариант в виде "поезда Эйнштейна". Этот вариант показан в научно-популярном документальном фильме EBS "Физика света" [142]. Серия фильмов из 6 частей исследует истинную природу света и пытается предугадать самые невероятные теории физики, начиная рассказ с истоков - с теории относительности Альберта Эйнштейна.

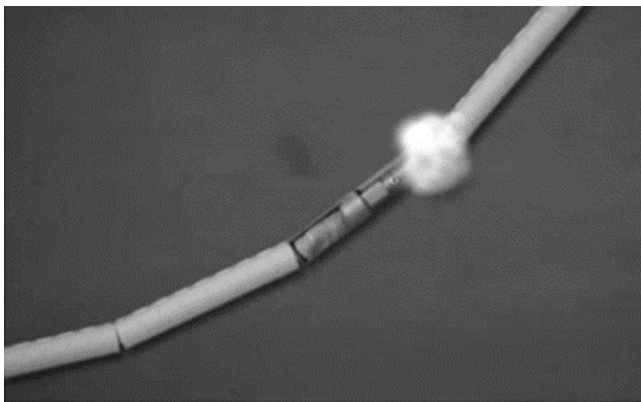


Рис.6.22. Поезд с вагонами образуют окружность

На рисунке показано, что окружность, образованную составом вагонов можно представить в виде ряда соединен-

ных сегментов, каждый из которых – вагон (светлый цвет) поезда или локомотив (темный цвет). "Кусок ваты" на кадре – это дым из трубы локомотива (паровоза). Кадр (35:05) из фильма [142]. Кадры сопровождаются соответствующим дикторским текстом (в скобках – время кадров в минутах):

"Ускорение – серьезная проблема. Ускорение – результат либо изменения скорости, либо направления. Наиболее распространенный тип ускорение возникает в результате кругового движения. Окружность можно представить в виде ряда соединенных сегментов. Предположим что каждый сегмент это поезд" [142]:

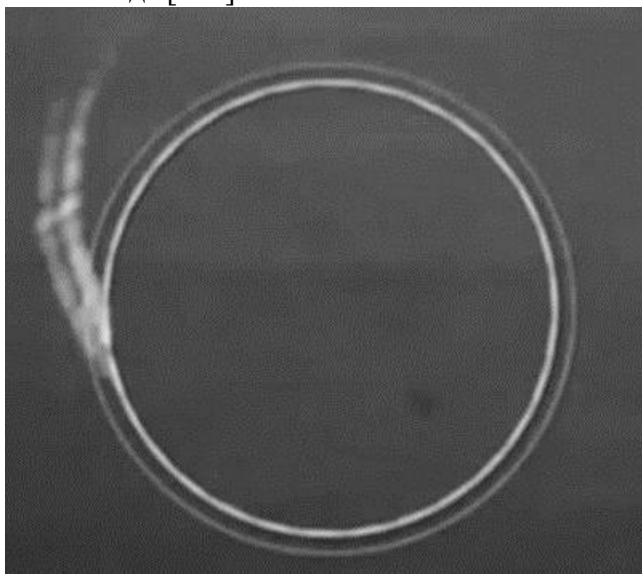


Рис.6.23. Чем быстрее движется поезд, тем короче он становится. Кадр (40:45) из фильма [142]

На кадре из фильма показано движение состава по кругу. Светлый шлейф – дым из трубы паровоза. Парадокс возникает, как утверждают авторы фильма, если рассматривать быстрое движение поезда по кругу:

"Согласно специальной теории относительности поезда при вращения становятся короче (35:20). Чем быстрее они

несутся, тем короче должны становиться. Диаметр круга не изменяется, не изменяется и значение числа π . Почему же сокращается длина окружности (35:42)?"

Решение, предложенное Эйнштейном, как утверждается в фильме, заключается в искривлении пространства и изменении значения числа π :

"Эйнштейн был не единственным, кого занимала эта проблема. Эйнштейн узнал об открытиях Римана от своего друга Гроссмана. Эйнштейн применил открытие Римана к решению проблемы кругового движения. Поезда, движущиеся по кругу, становятся короче, потому что искривляется пространство. А в таком пространстве иным становится значение числа π " [142, 41:05].

Такое ошибочное решение можно называть традиционным, оно встречается в том или ином виде и у других исследователей и в интернете. Но вот на что следует обратить внимание. Пространство может искривиться только с точки зрения пассажиров поезда, поскольку именно они движутся ускоренно. Но сокращение длины поезда рассматривает внешний наблюдатель, для которого никакого искривления пространства нет, а сокращение – есть. Для него нет абсолютно никакой разницы, движутся ли вагоны прямолинейно или по окружности, никакого искривления пространства при этом возникнуть не может.

Следует также помнить, что движется поезд, а не рельсы. С ними, понятно, ничего не происходит. Если поезд не замкнут, то есть, последний вагон не прицеплен к локомотиву, а движется на удалении от него, то вообще не будет наблюдаться никаких сокращений окружностей. Сокращение длины поезда будет приводить к тому, что локомотив, догоняя, будет все больше удаляться от своего последнего вагона, всегда оставаясь на рельсах.

Если же поезд изначально замкнут, то его лоренцево сокращение приведет к тому, что поезд просто соскочит с рельсов внутрь круга. Его более короткой длине теперь будет соответствовать более короткая длина окружности, у которой,

естественно, меньше радиус. В данном случае у колеса-поезда никаких спиц нет, но и они не были бы помехой. Нет никаких оснований для изменений числа π . В варианте замкнутого поезда задача полностью совпадает с задачей о теплотрассе (см. ниже), если последняя выполнена в виде окружности.

Обсуждение статьи о парадоксе Эренфеста

После нахождения рассмотренного непротиворечивого решения мнимого парадокса Эренфеста, оно было направлено для рецензирования в научный журнал в виде статьи "Парадокс Эренфеста не является парадоксом специальной теории относительности". Особого удивления отрицательный ответ рецензента не вызвал, хотя возникло четкое и обоснованное ощущение его невнимательного, поверхностного рассмотрения статьи. Рецензия прекрасно вписалась в ряд множества таких же противоречивых, ошибочных представлений современной физики.

Как возражение было выдвинуто, в частности, пожалуй, одно из самых авторитетных решений парадокса, решение Ландау и Лившица, которое, вообще-то, в статье и опровергалось:

"Рассмотрим две системы отсчета, из которых одна (K) инерциальна, а другая (K') равномерно вращается относительно K вокруг общей оси z . Окружность в плоскости xy системы K (с центром в начале координат) может рассматриваться и как окружность в плоскости $x'y'$ системы K' . Измеряя длину окружности и ее диаметр масштабной линейкой в системе K , мы получим значения, отношение которых равно π , в соответствии с евклидовостью геометрии в инерциальной системе отсчета. Пусть теперь измерение производится неподвижным относительно K' масштабом. Наблюдая за этим процессом из системы K , мы найдем, что *масштаб, приложенный вдоль окружности, претерпевает лоренцево сокращение, а радиально приложенный масштаб не меняется*. Ясно поэтому, что отношение длины окружности к ее диа-

метру, полученное в результате такого измерения, окажется больше π " [77, стр.309].

В цитате курсивом выделен важный, принципиальный фрагмент, являющийся едва ли не дословным повторением выводов Эренфеста. То есть, здесь мы вновь видим отчётливо сформулированный парадокс: обод колеса (цилиндра) сократился, а его радиус – нет. Но обратим внимание на фрагмент цитаты "Пусть теперь измерение производится неподвижным относительно К' масштабом". Пожалуй, это предположение является основной причиной ошибочных выводов. Не имеет значения, в какой системе находится вращающийся наблюдатель и имеется ли он там вообще. Наш наблюдатель находится в инерциальной системе, и все парадоксальные эффекты наблюдает именно он. В задаче Эренфеста сравнивают две длины одного и того же отрезка: когда он неподвижен (система инерциальна) и когда на отрезок смотрят и измеряют из этой же неподвижной инерциальной системы. Никаких неевклидовых пространств для него нет. В обоих случаях к отрезку мы прикладываем один и тот же неподвижный измеритель, масштаб. Нас совершенно не интересует, что видит наблюдатель, связанный с ободом или спицами колеса или поверхностью цилиндра Эренфеста. Задача Эренфеста однозначно гласит: диаметр изменился для *неподвижного* наблюдателя. Это один и тот же отрезок, рассматриваемый в два разных момента времени. С точки зрения СТО, как её неверно трактовал Эренфест, после раскрутки цилиндра его радиус одновременно должен быть и большим и малым, что, несомненно, является парадоксом.

Здесь самое время задать два вопроса: если вращается, скажем, обруч, будет ли сокращаться длина его окружности? Правильный ответ: да. И с этим, как несложно догадаться, согласятся Ландау-Лившиц, Эренфест, Эйнштейн и все без исключения сторонники теории относительности.

Вопрос второй: уменьшится ли диаметр вращающегося обруча по отношению к неподвижному состоянию? Правильный ответ: да. Действительно, мы имеем окружность

некой длины. Для начала уточним второй вопрос и спросим: чем характеризуется окружность? Обычная евклидова окружность, которую можно на его плоскости нарисовать любым раствором циркуля согласно третьему постулату Евклида. Эта характеристика – раствор циркуля, радиус окружности.

Таким образом, у вращающегося обода, являющегося *окружностью*, есть *радиус*. Звучит, конечно, забавно – у окружности есть радиус. Но совсем не забавно звучит вопрос: а чему этот радиус равен? И здесь становится явным приведенное в рецензируемой статье опровержение классиков. У крутящегося круглого обруча есть некий радиус и этот радиус меньше, чем у обруча в неподвижном состоянии. Эренфест, Эйнштейн (видимо), Ландау-Лившиц и многие другие физики утверждают, что радиус у окружности остался прежним. И тем самым все перечисленные физики автоматически утверждают: это же парадокс!

Для еще большей ясности вновь приведем пример. Обруч радиусом 1 метр имеет длину окружности 2π метра. Другой обруч с длиной окружности в 1π имеет, соответственно, радиус 0,5 метра. Если раскрутить первый обруч до линейной скорости 0,866с, то длина его окружности, согласно утверждениям всех упомянутых и не упомянутых физиков составит 1π . То есть, мы получаем обруч с длиной окружности 1π . А у такой окружности, как мы отметили выше, радиус равен 0,5 метра. Таким образом, свободный обруч, внутри которого нет препятствий, спокойно уменьшает свой диаметр при раскручивании. Это элементарная геометрия, причём определённо евклидова. Утверждать, что у рассмотренного вращающегося обруча с длиной окружности 1π радиус равен 1 метру, нелепо.

Видимо, рискованно утверждать, что парадокс, которому свыше 100 лет имеет элементарное решение, которого не увидели самые авторитетные и квалифицированные физики. Но это так, и задача Эренфеста вновь подтверждает, что физические теории нередко трактуются довольно странным

образом, приводящим к нелогичным, абсурдными выводам, пополняющим ряд темных субстанций.

Нужна ли сингулярность теории относительности?

Не менее противоречивым понятием является еще одно - релятивистская сингулярность. Предсказание сингулярности обнаружило в общей теории относительности существенные проблемы. Это как сингулярность Большого Взрыва, так и сингулярности Черных и Белых дыр. Открыто ставится вопрос о неполноте теории или даже о её ошибочности. Действительно, является ли сингулярность реальным явлением?

Как принято считать, одна из особенностей сингулярности - это создание в пространстве-времени своеобразных "перемычек", переходов в параллельных измерениях, за счет искривления пространства-времени. Утверждается, что по этим переходам можно переместиться практически мгновенно на пространственноподобные расстояния, и даже во времени.

Но как можно представить искривление пространства-времени? Может ли, например, искривиться одномерное пространство, если оно единственное? Получается, что нет, искривляться ему просто-напросто некуда. Для любого искривления обязательно требуется дополнительная пространственная координата, хотя бы одна.

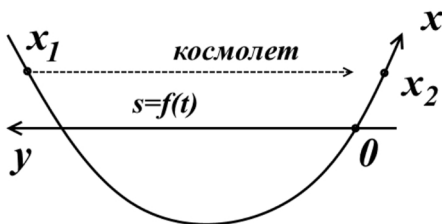


Рис.6.24. Пример 2-мерного мира – дуга окружности. Движение по двум координатам - сверхсветовое

Теперь предположим, что в таком искривленном про-

странстве, фактически двумерном, по этой дополнительной координате условно перемещается космолет напрямую, вернее, наискосок в другую точку исходного одномерного пространства. Можем ли мы считать, что в этот момент космолет не находится в этом исходном пространстве? Для него эта координата просто исчезла? Конечно, это нелепость. Как и раньше, космолет находится в полноценном, двухмерном пространстве, в котором одна из координат, собственная – криволинейная. И при движении по перемычке, по второй координате космолет неизбежно двигался и по исходной.

Но это означает, что переместившись по второй координате с разрешенной досветовой скоростью, оказывается, что по исходной он неизбежно двигался со сверхсветовой. Действительно, находясь в любой точке такого двухмерного пространства-времени, космолет находится каждой раз в точке, которая описывается строго двумя координатами, каждая из которых при движении непрерывно и плавно изменяется, а скорость определяется как частная производная:

$$v_x = \frac{dX(t)}{dt}; \quad v_y = \frac{dY(t)}{dt}$$

Для приведенного на рис.6.24 примера длина дуги примерно в 2 раза больше хорды, поэтому средние скорости примерно составляют:

$$v_x = \frac{2ds(t)}{dt}; \quad v_y = \frac{ds(t)}{dt}$$

Откуда

$$v_x = 2v_y$$

Если скорость по гипер-пространственной координате больше половины скорости света, то автоматически частная скорость по криволинейной координате превышает её. Следовательно, любой гипер-пространственный переход формально сохраняет сверхсветовое перемещение между начальной и конечной точками такого перехода в исходном пространстве-времени. Буквально, если найти частную производную уравнения движения по этой координате, скорость

окажется в общем случае сверхсветовой. Рассматривать "выпадение" космолета из его исходного пространства-времени не разумно, это фантазия. Конечно, это просто особенности интерпретации явления, ничего не говорящие о нем самом. Но анализ сингулярности неизбежно поднимает ряд вопросов, в том числе о её логической, физической непротиворечивости.

Сингулярная неполнота ОТО

Едва ли не в самой значительной степени свою популярность теория относительности получила благодаря предсказанию сингулярностей и Черных дыр. Сингулярность является одним из самых удивительных и загадочных физических объектов, хотя их реальное существование до сих пор ставится под сомнение. Достаточно сказать, что с нею связывают само происхождение нашей Вселенной, всего Бытия, в том числе возникновение пространства и времени. "Сингулярность" переводится как "единственный, особенный" и в физике обозначает особенные состояния пространства-времени. Считается, что в так называемых черных дырах имеется гравитационная сингулярность:

"Гравитационная сингулярность – область пространства-времени, через которую невозможно гладко продолжить входящую в неё геодезическую линию. ... либо метрика обладает иными патологическими свойствами, не допускающими физической интерпретации" [128].

Очевидно, что космологическую сингулярность – состояние Вселенной в начальный момент Большого взрыва, характеризующееся бесконечной плотностью и температурой вещества следует считать самой первой сингулярностью. По описаниям в физической и философской литературе космологическая сингулярность даёт основания присвоить ей ещё и титул божественной сущности. Действительно, обычное описание Большого взрыва можно сформулировать кратко, что Вселенная возникла "Нигде, Никогда, из Ничего". Тем не менее, такое иррациональное происхождение вопреки даже

мнению его сторонников в современной физике всё-таки сводится к наличию чего-то "до сингулярного". Это либо некие инфлатонные поля, либо скалярные поля иного содержания, либо пульсирующие Вселенные, сначала возникающие из сингулярности, затем вновь в них проваливающиеся.

Не менее загадочно обстоят дела и с гравитационной сингулярностью.

"Гравитационная сингулярность ... - точка (или подмножество) в пространстве-времени, через которую невозможно гладко продолжить входящую в неё геодезическую линию. В таких областях становится неприменимым базовое приближение большинства физических теорий" [39].

Наблюдать сингулярности непосредственно невозможно, при нынешнем уровне развития физики они являются лишь теоретическим построением. Считается, что описание пространства-времени вблизи сингулярности может дать квантовая гравитация. Такие сингулярности менее фундаментальны, чем космологическая, и считается, что они присущи конкретным объектам во Вселенной – черным дырам. В отношении таких сингулярностей ведущие физики довольно определённо признают нефизичность этого понятия:

"Строго говоря, появление сингулярностей в теории сигнализирует о том, что эта теория является неточной или неполной. Поэтому уже сам факт существования сингулярностей бросает вызов теоретикам" [143].

Речь идёт, конечно же, в первую очередь об общей теории относительности, которая математически предсказывает существование черных дыр и сингулярностей в них. Английский физик Стивен Хокинг определяет сингулярность как

"место, где разрушается классическая концепция пространства и времени так же, как и все известные законы физики" [148].

Хокинг практически признаёт, что современная физика пока не может ни описать, ни объяснить строение Чёрной дыры.

"существует ли "космический цензор", запрещающий появление голых сингулярностей и облачающий каждую из них в абсолютный горизонт событий?" [99]

Этот вопрос является, возможно, самым фундаментальным нерешенным вопросом общерелятивистской теории коллапса. По очевидным соображениям увидеть сингулярность в прямом смысле невозможно – в этом отношении нет особой разницы между горизонтом событий черной дыры и чистой сингулярностью. В цитате отражается факт того, что гравитационные сингулярности могут возникать только внутри черной дыры, и какова причина этого, какой "космический цензор" установил это правило, неизвестно. Проблему невозможности описания сингулярности в общей теории относительности, но есть надежда, что в будущем, пока ещё только развивающаяся:

"квантовая гравитация действительно устранил сингулярности" [99].

Хотя, как видим, здесь речь идёт не столько об описании самой сингулярности, сколько, как можно понять, о замене её на более физичную сущность. Сама сингулярность как бесконечно малая область с бесконечно большой плотностью должна уйти из теорий. Но неясно, чем её заменить, поскольку черные дыры уже фактически обнаружены, описать их поведение без гравитационной сингулярности практически невозможно. Возникновение черных дыр и сингулярностей в них связывают исключительно с последним этапом в жизни звёзд – коллапсом. Коллапс...

"...по крайней мере в рамках общей теории относительности ... неизбежно приводит к возникновению сингулярности" [99]

Инварианты, характеризующие кривизну пространства-времени, в процессе коллапса неограниченно возрастают, и через конечное время по часам на коллапсирующем теле кривизна в его центре становится бесконечно большой. Тело непрерывно сжимается и его плотность неограниченно возрастает:

"При этих условиях естественно ожидать возникновения сингулярности или какой-либо иной "неприятности" [99].

И действительно, сингулярность для общей теории относительности и для физики в целом является серьёзной неприятностью. Нет не только более или менее приемлемой теории явления, но оно самим фактом своего существования противоречит всем известным законам физики. То есть, любая существующая или новая теория, которая должна описывать сингулярность, уже изначально будет им противоречить. Сжатое до бесконечной плотности вещество находится в том особом состоянии, которое теоретики описывают как сжатое в пространстве и застывшее во времени.

"По сути своей, в этот загадочный регион больше не подчиняется главным законам вселенной" [47].

Парадоксально, сингулярности не подчиняются известным законам физики, но при этом являются неизбежным следствием математического формализма общей теории относительности, её прямым следствием:

"Что сингулярности представляют собой весьма общее явление и что при всем желании от них невозможно избавиться, было известно уже начиная с 1965 г. благодаря теоремам о сингулярностях" [88].

И это предсказание, не имеющее до сих пор наблюдательного опровержения, оказывает на теорию, так сказать, обратное воздействие, ставя под сомнение истинность теории, которая сама же их и предсказала. В связи с нежелательностью предсказываемых уравнениями Эйнштейна сингулярностей высказывались мнения, что это служит

"убедительной причиной для модификации этих уравнений" [88].

В физике возник кризис в связи предсказанием теорией относительности Эйнштейна неизбежность существования сингулярностей. В сингулярной точке уравнения общей теории относительности, связывающие искривление пространства-времени с распределением массы и энергии, теряют смысл.

"Это означает, что общая теория относительности не может предсказать, что получается из сингулярности. ... Таким образом, общая теория относительности — не завершённая теория" [145].

Согласно теории Большого Взрыва в момент своего возникновения Вселенная имела так называемую планковскую плотность, которая равна:

$$\rho_{pl} = \frac{m_{pl}}{V_{pl}} = \frac{m_{pl}}{\ell_{pl}^3} = \frac{2,2 \cdot 10^{-5}}{(1,3 \cdot 10^{-33})^3} = \frac{2,2 \cdot 10^{-5}}{2,197 \cdot 10^{-99}} \approx 10^{94} \text{ g/cm}^3$$

Правда, возникает определенное недоразумение, поскольку в этом случае масса Вселенной в стадии сингулярности довольно мала. Величина соответствующей планковской массы меньше миллиграмма

$$m_{pl} = (\hbar c / G)^{1/2} = 2,2 \times 10^{-5} \text{ g}$$

При всей своей фундаментальности эта величина, по сути, мало о чем говорит и заметно отличается от предсказаний инфляционной теории Большого Взрыва.

Считается, что это минимально возможные значения соответствующих величин для времени и расстояний и максимально возможное (для массы элементарных частиц) — для массы. Но почему это так? Все эти величины являются всего лишь искусными, искусственными комбинациями известных физических констант. Каким образом из этого может следовать их предельность? Что препятствует существованию в природе интервалов, меньших, чем планковская длина или время? Скорее всего, это связано с молчаливым согласием физиков, поскольку эти величины имеют довольно красивое происхождение, а это ведь неспроста! Однако, вряд ли такое объяснение можно считать веским обоснованием. Видимо, сингулярность из их числа.

Как в теории возникает сингулярность

Математические определения сингулярности в физической литературе встречаются достаточно часто. Но крайне сложно найти объяснение её *физической* сущности. Напри-

мер, тело массой M мы можем потрогать, померить и придумать объяснения, почему оно не проваливается сквозь землю. С сингулярностью несколько иначе:

"Независимо от жесткости вещества коллапсирующей (сферической) звезды, если ее поверхность сколлапсировала под гравитационный радиус, то после этого звезда будет продолжать коллапсировать до тех пор, пока ее поверхность не будет сжата в сингулярность при $r = 0$ " [88].

Пока не видно, в чем же состоит *физическая* сущность сингулярности. Если нечто стремится к нулю, это привычно. Хотя нулевой объём более похож на полное отсутствие чего-либо. Изображение сингулярностей на диаграммах – вещь очень интересная и наглядная. Только и на них причина и следствие кажутся не на своих местах. Мировая линия продолжена до сингулярности. И вновь видно только поведение сингулярности и тел, движущихся к ней. Но, что она представляет собой, пока не видно.

"Но глубоко внутри, под гравитационным радиусом, наблюдатель встретит бесконечные приливные силы... Чтобы убедиться в этом, необходимо вычислить... "инвариант кривизны"... R имеет одну или несколько компонент, которые обращаются в бесконечность при $r \rightarrow 0$; это и означает, что приливные силы становятся бесконечными" [88].

Это уже некоторое, хотя и довольно абстрактное описание. Но и в нём не видно, откуда берётся такое физическое свойство иметь нулевой объём. Эта особенность инварианта пока выглядит как постулятивно заложенная в теорию, поэтому его поведение очевидно и никакого другого результата ждать не приходится. Если в той же ньютоновой физике мы сблизим два тела до нуля, то получим такую же бесконечную силу притяжения. Только в ней мы не отвлекаемся от физических размеров тел и не допускаем их бесконечного сближения. Возникает ощущение, что пока в теории относительности уравнения никак не учитывают внутреннее физическое, материальное строение вещества.

"Типичные радиальные геодезические геометрии

Шварцшильда, изображенные (схематически) в шварцшильдовских координатах... времениподобная геодезическая пробной частицы, которая начинает свое движение из состояния покоя при ... и падает прямо внутрь, достигая за конечное собственное время сингулярности $r = 0$ (кривая с зубцами)" [88].

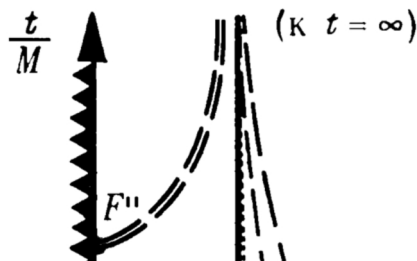


Рис.6.25. Фрагмент рисунка ФИГ.31.1 из работы [88]. Иллюстрация того, что пробное тело обязательно упадет на сингулярность.

На приведённом фрагменте рисунка двойной штриховой линией отмечена геодезическая тела, падающего на сингулярность. Здесь это отмечается как факт. Есть траектория и считается, что она определённо будет проложена до нулевой точки. В описаниях к различным диаграммам приводятся соответствующие уравнения движения, но никогда не указывается, почему пробное тело или поверхность звезды так безропотно уплотняется до бесконечности. Действительно, математика там весьма сложна. Самым простым для рассмотрения случаем является звезда с однородной плотностью и *равным нулю давлением*. Вот это указание на нулевое давление – уже может считаться обоснованием. Однако, это давление никогда не соотносится с молекулярной твердостью этой пыли. Просто делается рекурсивная отсылка на диаграмму: вот так выглядит геодезическая.

"если звезда сжалась под свой гравитационный радиус ... то никакое внутреннее давление, каким бы сильным оно ни

было, не может воспрепятствовать сжатию поверхности звезды в сингулярность" [88].

Ссылка на давление приводится во многих описаниях. Обычно говорится о давлении газо-пылевой среды. А ведь на пути к нулевой точке есть ещё и молекулярная (атомарная, кварковая) структура вещества. Почему силы сжатия этих структур, которые, очевидно, на много порядков сильнее гравитации, не останавливают движение к сингулярности?

"С точки зрения наблюдателя внутри звезды за короткий промежуток собственного времени ... после прохождения через горизонт достигается сингулярность (нулевой радиус, бесконечная плотность, бесконечные гравитационные приливные силы)" [88].

Следует заметить, что поведение давления при сжатии вещества выделено в самостоятельные разделы и при описании коллапса упоминаются лишь вскользь. А здесь у всех авторов почти как заклинивание – достигается. И лишь иногда небольшое сомнение:

"можно с уверенностью говорить о наличии в конце коллапса сингулярности. Но никто не знает, какая доля вещества коллапсирующей звезды и ее физических полей пройдет через эту сингулярность — все, часть или ничего" [88].

В многочисленных описаниях коллапса, образования черной дыры трудно найти обоснования, почему нулевой объём, почему бесконечности. Представляющееся удовлетворительным определение самой сингулярности является лишь поверхностным, внешним описанием. Все геодезические (даже пути тахионов, что довольно странно) обрываются в некоторой точке и продлить её нельзя. Например, по причине бесконечной кривизны. Это, собственно, и есть сингулярность. Откуда берётся не математическая, а физическая бесконечная кривизна, мы догадываемся. Опять всё те же бесконечности и нулевые объёмы. Но откуда такая уверенность, что они эти нулевые объёмы действительно достижимы?

Теоремы Хокинга, Пенроуза о сингулярностях также опираются на эти бесконечности и фатальные обрывы геодезических по причинам, не менее загадочным, чем бесконечная кривизна. Но в теоремах тоже не указывается, каким образом реальные физические объекты позволяют тензорам и горизонтам сжимать их в бесконечно малый объём.

Согласно вычислениям, слишком массивное ядро звезды будет коллапсировать, сжиматься, пока не достигнет сингулярности с нулевым радиусом. Если проследить за поверхностью звезды внутри области $r = 2m$, то мы увидим, что она с неизбежностью достигает $r = 0$. Почему? Да потому, что поверхность звезды *должна* непрерывно двигаться во времениподобном направлении, а световые конуса наклоняются все больше и больше в сторону оси $r = 0$. И подтверждают всё это опять же "скаляры кривизны, построенные из тензора Вейля". А раз они стремятся к бесконечности, то наблюдатель, падающий на сингулярность, будет сжат в точку. Но даже и при этом, бесконечная кривизна вызывает у авторов меньше возражений, чем обрыв мировых линий. Хотя это, несомненно, взаимосвязано. Что, как не горизонт делает недоступной область сингулярности, фактически обрывая мировые линии, ушедших под него тел. Но какова *физическая* причина сингулярности?

Гипотеза о вырожденном фермионном газе

Возникла довольно любопытная ситуация. Теория предсказывает в строгом соответствии со своими правилами, формализмом некоторое явление. И это явление вступает в противоречие с этой самой теорией. Проблема трактовки? Прямое, буквальное продолжение выводов теории за пределы области её применимости?

В физике есть немало неточных определений, которые, тем не менее, прекрасно работают. Например, до сих пор в электротехнике за направление электрического тока в металлах принимается движение положительно заряженных частиц. И всё это позволяет получить безупречные и точные

результаты. Хуже дела обстоят при расширении теории за границы её применимости. В теории относительности это уже стало правилом.

Сингулярность в этом отношении выглядит как близкий родственник таких "заграничных вылазок". Точно так же она имеет признаки мнимостей, пустого, иррационального понятия, не дающего разумного физического воплощения. Впрочем, мнимые величины и сами по себе производят впечатление великого лукавства. В той же электротехнике, в области переменных токов мнимые величины применяются очень широко и весьма успешно, упрощая многие расчеты. В квантовой информатике мнимые величины – эффективный инструмент. Но, если внимательно приглядеться к сущности таких мнимых параметров, они оказываются самими, что ни на есть *реальными*! Не нужно обладать никаким выдающимся воображением, чтобы "повесить" мнимую величину на ортогональную ось. От мнимости осталось одно лишь название. Ось вполне реальна.

Таким образом, само по себе использование сингулярности как элемента математических вычислений, по сути, не должна приводить ни к каким парадоксам. Это, несомненно, удобное понятие. Но реального физического воплощения она иметь не обязана. Как "положительный электроток в металлах", мнимые составляющие мощности или мнимая масса, мнимое время. Не надо только материализовать эти математические, но никак не физические объекты. И черной дыре и общей теории относительности сингулярность, если и нужна, то лишь, пожалуй, как вспомогательный параметр, условное обозначение некоего явления.

Действительно, о сингулярности только-то и известно, что это бесконечно малая по (планковским?) размерам точка, имеющая бесконечно большую (планковскую?) плотность материи в ней, которая обрывает мировые линии. Пожалуй, единственным её выдающимся и реально наблюдаемым свойством является горизонт событий, затягивающий в себя всё, что его коснётся. По сути, в этом же состоит, видимо, и

основная причина возникновения противоречий, проблем в общей теории относительности. Одним из основных признаков сингулярности пространство-время является наличие в нём неполных времениподобных или нулевых геодезических, и само оно при этом не может быть вложено в большее пространство-время. Предсказание сингулярностей означает неполноту классической общей теории относительности.

"Поскольку сингулярные точки должны быть вырезаны из пространственно-временного многообразия, в них нельзя определить уравнение поля и тем самым предсказать, что произойдет с сингулярностями" [144].

Другими словами, обрывающиеся на сингулярностях геодезические означают своеобразный "конец света", апокалипсис внутри каждой черной дыры. Надо, конечно, отметить, что отчасти эта проблема получила некоторое обнадеживающее продолжение с предсказанием излучения из черной дыры. Это было первым нетривиальным результатом от сочетания общей теории Эйнштейна с принципом квантования. Этот результат показал, что:

"гравитационный коллапс не такой уж тупик, как казалось раньше. Частицы в черной дыре не обязаны заканчивать свою историю в сингулярности. Вместо этого они могут вырваться из черной дыры и продолжить свою историю снаружи" [145].

Конечно, по поводу "вырваться из черной дыры" Хокинг несколько преувеличил. Тем не менее, современные представления о сингулярности крайне неопределённые. Даже сам факт предсказания возникновения сингулярностей в общей теории относительности крайне смутно описывается в научной литературе. Возникновение горизонта событий не очень-то связано с последующим "схлопыванием" вещества звезды при коллапсе в точку с нулевыми размерами и бесконечно большой плотностью, которое выглядит скорее как простая логическая экстраполяция движения. Во всяком случае, все популярные учебники физики подробно описывают падение в черную дыру, но, если и упоминают, то крайне

скудно причины неудержимого движения вещества в точку сингулярности. А это довольно очевидный вопрос. Например, при рассмотрении законов Ньютона такая экстраполяция пресекается "на корню". Действительно, два тела притягиваются друг к другу с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между центрами тел. Казалось бы, что мешает заявить: при нулевом расстоянии тела притягиваются с бесконечно большой силой! Чем тебе не сингулярность по Ньютону? Однако, любой физик сразу же возразит: до нуля дело не дойдёт, поскольку тела задолго до этого упрутся друг в друга своими поверхностями.

Вообще-то, это хорошая идея, правильно и вовремя учесть сменившийся характер взаимодействия. Почему бы тогда при уходе поверхности коллапсирующей звезды под горизонт ей не остановится где-то посередине пути из-за того, что элементарные частицы "упрутся" друг в друга? Твердые ньютоновы тела состоят из тех же самых элементарных протонов и нейтронов, что и нейтронная звезда.

Конечно, для обычных маломассивных тел сила притяжения недостаточна, чтобы преодолеть силы отталкивания молекул и атомов друг от друга. Но откуда взялась эта идея, что при чрезмерно большой силе сдавливания нейтроны сожмутся до размеров, меньше кварков и ещё намного сильнее?

Есть такое образное сравнение:

"Нейтронная звезда – это своеобразное атомное ядро поперечником в десяток километров. В такой звезде ядерные частицы – нуклоны – очень тесно прижаты друг к другу" [97].

Такие плотно прижавшиеся друг к другу нуклоны-нейтроны называют нейтронным газом. Если масса такой нейтронной звезды не превосходит примерно две массы Солнца, то нейтронный газ способен квантовыми силами воспрепятствовать дальнейшему сжатию звезды. Однако, сравнение с атомным ядром - это всего лишь образное сравнение. На самом деле это всё-таки разные объекты:

"нейтронные звезды и ядра атомов – совершенно разные физические объекты. В частности, в ядрах нуклоны притяги-

ваются с помощью "сильного взаимодействия", а в нейтронной звезде – "силой гравитации" [96].

Но может ли гравитация сжать нейтроны в ядро меньшего диаметра, чем ядерные силы сильного взаимодействия, которые по силе превосходят гравитацию в 10^{38} раз? Возникает крамольный вопрос: а, может быть, сингулярности-то и нет? Может быть, при уходе нейтронной звезды под горизонт, она под действием ядерных сил просто образует новый, специфический элемент периодической системы Менделеева? С громадным атомным (порядковым) номером.

Практически у всех авторов описание возникновения сингулярности в результате коллапса нейтронной звезды совпадают по основным признакам. Одно из наглядных описаний приводит Новиков:

"Чтобы избавиться от эффектов, не имеющих непосредственного отношения к образованию черной дыры и только осложняющих решение, рассмотрим сжатие сферического облака вещества, лишенного давления, $p=0$ (облако пыли)" [99].

Возникновение сингулярности при таких условиях совершенно естественный процесс. Что может помешать пыли собраться в ничтожно малый комок? Частички её имеют, как считается, нулевой объём, а суммарный объём конечного числа частиц с нулевым объёмом, разумеется, равен нулю. Кроме того, как указано, это облако пыли не оказывает никакого сопротивления сдавливанию. Однако, далее есть пояснение:

"сделанное выше предположение об отсутствии давления ничего качественно не меняет в картине образования сферической черной дыры. В общем случае сжатия шара с давлением ($p \neq 0$) картина такая же. Когда поверхность сжимающегося шара приближается к сфере Шварцшильда, никакое давление не может предотвратить возникновение черной дыры" [99].

Казалось бы, возникло противоречие. Но это не так. Строгие математические выкладки многих авторов подтвер-

ждают, что никакое давление не способно удержать вещество от падения на сингулярность. Хотя это и несколько странно. Получается, что сжимать упругую среду можно до сколь угодно малых размеров. Для этого, по меньшей мере, давление при сжатии не должно неограниченно возрастать.

Литературный обзор процессов возникновения сингулярности показал, что в русскоязычной литературе по космологии почти все ссылки прямо или косвенно указывают на один и тот же источник. Это учебное пособие для вузов в 10 томах Ландау и Лифшица. Главной, если не единственной причиной возникновения сингулярности в момент коллапса указывается переход нейтронов, образующих нейтронную звезду, в состояние вырожденного фермионного газа:

"Совокупность нейтронов, из которых состоит звезда, можно считать вырожденным фермионным газом... Таким образом, если нейтронная звезда имеет массу, большую, чем Масса солнца, то составляющие её нейтроны должны рассматриваться как вырожденный релятивистский ферми-газ" [33].

Вырожденный фермионный газ – это такой газ, на свойства которого оказывают существенное влияние квантово-механические эффекты. Вырожденный фермионный газ – ферми-газ образуется фермионами, к которым относятся и нейтроны. При некоторых условиях в него и вырождается, то есть, превращается указанный выше нейтронный газ звезды:

"Вырождение наступает в условиях, когда расстояния между частицами газа становятся соизмеримыми с длиной волны де Бройля" [35].

Очевидно, что нейтроны при сильном сжатии уже в состоянии нейтронной звезды находятся на столь близком расстоянии, что такое приближение становится очевидным:

"при достаточном сжатии вещества роль взаимодействия электронов с ядрами (и друг с другом) становится незначительной, так что можно пользоваться формулами идеального ферми-газа... при достаточно большой полной массе M тела можно рассматривать вещество тела как вырожденный

электронный ферми-газ..." [76].

Для всякого вещества существует предельное давление, которое оно может оказать при сжатии. Со ссылкой на том 2 "Теория поля" Ландау и Лившица уравнение для такого предельного давления приводит Садовский, отмечая, что:

"следующее отсюда давление является предельным давлением, которое может иметь какое-либо макроскопическое тело" [125].

Для определённости в терминологии примем следующие определения невырожденных газов, которые обычно называют также идеальными газами, и вырожденных газов, к которым относятся и рассматриваемые нами ферми-газы:

"Газы, подчиняющиеся законам классической механики, будем называть невырожденными. Для таких систем частиц применяется классическое распределение Максвелла-Больцмана. Газы, подчиняющиеся квантовой статистике, называют вырожденными" [103].

Для нас особо важным и интересным является характерная особенность вырожденного газа – зависимость его давления практически только от плотности:

"Характерное свойство вырожденного газа - зависимость давления только от плотности и крайне слабая зависимость от температуры" [110].

Такое состояние вырожденности газа возникает, в частности, когда плотность достаточно велика, так что соседние частицы начинают "чувствовать" друг друга. На это обстоятельство следует обратить особое внимание. Утверждается, что плотность фактически зависит только от объема газа, поскольку принято, что количество (масса) его неизменна. А из этого прямо следует, что фактическим "источником", инициатором давления является именно объём газа, но никак не физическая структура его "молекул". Другими словами в данной формулировке априорно постулируется либо бесконечно малый объём "ядра" молекулы (нейтрона), в котором, собственно, и сосредоточена вся его масса. Либо постулируется бесконечно малая средняя плотность объёма

нейтрона. Если принять, что нейтрон имеет шарообразную форму, то каждый элементарный объём этого шара имеет нулевую (бесконечно малую) плотность. Всё это прямо следует из утверждения, что давление зависит только от плотности газа. Но этот постулат автоматически допускает сжатие до бесконечности, то есть уже на этом этапе заложены, постулированы основы возникновения сингулярности. Другими словами, сделано утверждение: сингулярность неизбежна, теперь осталось только описать это с помощью уравнений. Ответ известен, нужно подогнать под него решение.

Поэтому естественным следствием становится вывод:

"Если тело, сжимаясь, сократилось до размеров, близких к гравитационному радиусу, то никакие силы не в состоянии остановить дальнейшее сжатие и тело будет неудержимо падать в себя – коллапсировать" [98].

По этой же причине все расчеты, естественно, приводят к результатам, в которых на этапе коллапса сила тяготения существенно превышает силы давления. А раз так, то в этом случае вполне допустимо пренебречь давлением, считать, что частицы на поверхности звезды свободно падают в ее поле тяготения.

Считается, что сжатие вещества звезды имеет характер адиабатического процесса, то есть процесса без теплового обмена с внешней средой [25], в котором давление и плотность связаны соотношением вида $p_c \sim r_c^g$ (g называется показателем адиабаты). Поскольку плотность вещества определяется размерами звезды $r_c \sim 1/R^3$, делается вывод, что при показателе адиабаты $g < 4/3$ любое случайное малое гидродинамическое сжатие будет нарастать. В этом случае никакая упругость вещества не сможет предотвратить гравитационный коллапс [51].

В приведённом описании постулат о плотности явно не просматривается, но легко выводится при анализе. Поскольку плотность вещества определяется *только* размерами звезды, нет никаких пределов для их уменьшения вплоть до нуля. Ограничением такому сжатию может препятствовать только

прямо и отчетливо постулированное свойство конечной жесткости вещества. То есть, некоторого объёма вещества, при котором указанная адиабатическая связь нарушается. Физически это может означать сжатие вещества звезды до некоторого ядерного состояния, когда для дальнейшего сжатия нейтронов требуется силы, превышающие давление газа на много порядков. Это должно напоминать процесс сближения двух магнитов (одноименными полюсами). До некоторого момента магниты "мягко" сопротивляются сближению. Но после их соприкосновения уже недостаточно никакой механической силы для дальнейшего сближения.

Поведение вырожденного ферми газа при образовании нейтронных звезд и начале гравитационного коллапса имеет достаточно качественное формальное описание. Хотя зачастую и отмечается, что в этом вопросе не всё выяснено до конца:

"Целый комплекс процессов, сопровождающих термоядерные взрывы в ядрах и гравитационный коллапс, еще не до конца ясен и требует дальнейшего изучения" [162].

При гравитационном коллапсе звезда может образовать белый карлик. При ещё большей массе звезды давление её вышележащих слоев будет так велико, что электроны "вдавливается" в протоны, образуя нейтроны. При этом и образуется нейтронный вырожденный ферми-газ, давление которого в определённой степени препятствует сжатию вещества звезды.

"Давление нейтронного вырожденного газа препятствует дальнейшему сжатию звезды" [89].

Вырождение нейтронного газа происходит в процессе эволюции звезды, поглощения ею внешнего вещества. Плотность и температура в центре звезды при этом непрерывно возрастают, приводя к изменению состояния вещества звезды:

"При росте плотности физическое состояние вещества может кардинально измениться из-за квантовомеханических эффектов (т.н. вырождение газа). Газ рассматривается как

идеальный, пока взаимодействие между частицами пренебрежимо мало" [111].

Далее в цитируемой лекции отмечается, что давление газа, противодействующее сжатию, не зависит от температуры. Однако, важно не то, от чего зависит давление. Важно, что *сущность* процесса противодействия сжатию однозначно определено и исследуется поведение *только* этого процесса, то есть свойства сжатого вырожденного нейтронного ферми-газа. То, что он не способен противостоять гравитации, ни у кого не вызывает сомнений:

"Гравитационному сжатию системы противостоит давление Ферми-газа. Если масса кора сверхновой больше удвоенной массы Солнца, гравитационные силы преодолевают давление Ферми-газа, и звезда превращается в черную дыру" [37].

Хотя величина массы звезды, ведущая к образованию черной дыры, установлена как предел Оппенгеймера — Волкова, вопрос о её величине и структуре звезд окончательно не решён:

"Установить, насколько это значение близко к реальному пределу, чрезвычайно сложно: астрофизики пока не определились ни с составом нейтронной звезды, ни с тем, как именно следует описывать взаимодействие её компонентов" [135].

Таким образом, выходит, что неизбежность возникновения сингулярности опирается на довольно условный фундамент. Одних только утверждений и выкладок о свойствах вырожденных ферми-газов, всё-таки недостаточно. Рассмотрим ещё один довод в пользу сингулярности. При достижении гравитационного предела, звезда становится "невидимой". Следовательно, поверхность звезды однозначно должна быть под горизонтом. Если перед началом коллапса звезда имела существенно больший размер, чем занимает шар с гравитационным радиусом, то сжатие вещества звезды неизбежно. И напротив, если радиус звезды до начала коллапса меньше гравитационного, то нет никаких веских осно-

ваний утверждать, что звезда вдруг уменьшила свой радиус. Видимо, в этом случае в момент коллапса радиус звезды и её гравитационный радиус тождественно равны.

Процессы, происходящие сразу после коллапса

Очевидно, что у сверхмассивной черной дыры разницу между сингулярностью и "нейтронным атомным ядром" по внешним проявлениям, извне распознать невозможно в принципе. Что сингулярность, что плотно сжатое нейтронное атомное ядро – всё это скрыто за горизонтом, и что там находится на самом деле, не видно. Но для черных дыр начального, минимального размера разница может оказаться заметной. Как известно, согласно пределу Оппенгеймера-Волкова такой предельный размер черной дыры существует. Это такая максимальная масса нейтронной звезды, при которой давление вырожденного нейтронного газа ещё может компенсировать силы гравитации, не давая звезде коллапсировать в чёрную дыру. Следовательно, для черной дыры такая масса, наоборот, является минимальной:

"Одновременно предел Оппенгеймера – Волкова является нижним пределом массы чёрных дыр, образующихся в ходе эволюции звёзд" [113].

По современным данным нижний предел массы черной дыры лежит в пределах 2,5—3 солнечных масс, а из известных черных дыр самая маломассивная имеет массу около 3,8 солнечной массы. Давайте рассмотрим такую черную дыру с предельно малой массой в 2,5 солнечных. Интересно, могут ли нейтроны с такой общей массой "поместиться" в пределах горизонта черной дыры. Если это невозможно, то, следовательно, у сингулярности есть веские основания. Если же общий объём нейтронов окажется меньше объёма сферы с гравитационным радиусом, то принципиальных оснований привлекать сингулярность не будет. Нейтронная звезда просто увеличила свой гравитационный радиус, радиус горизонта за пределы своей физической поверхности. Нет никакого смысла утверждать, что нейтронное вещество стало сжи-

маться к центру, падать на сингулярность. Даже при дальнейшем неограниченном росте массы звезды нет веских оснований давать нейтронам такую способность уплотнения до бесконечности. Горизонт прячет от внешнего наблюдателя тело звезды и представления о сингулярности с бесконечно малым, даже нулевым радиусом выглядит как мистический домысел.

Но что интересно. От внимания почему-то ускользнуло важное обстоятельство: очевидно и согласно расчетам, в момент коллапса радиус нейтронной звезды в точности равен гравитационному радиусу образовавшейся Черной дыры. Из этого проистекают, по меньшей мере, два следствия. Согласно общей теории относительности на горизонте событий Черной дыры время останавливается [59, с.145], поэтому для внешнего наблюдателя никакого падения вещества звезды на сингулярность [128] попросту быть не может. С другой стороны, в самый момент коллапса сила гравитационного сдавливания нейтронов звезды на много порядков меньше силы их ядерного взаимодействия.

Попробуем выяснить, сможет ли в действительности сила гравитационного притяжения нейтронов на поверхности звезды преодолеть силу их же ядерного отталкивания друг от друга? Кроме того интересно, поместятся ли нейтроны звезды в момент коллапса под её гравитационным радиусом? Ведь если объем коллапсирующей звезды больше, чем её исходный размер, то придётся признать, что "излишки" будут "затянуты" под горизонт, то есть упадут на сингулярность. И напротив, если объем звезды поместился под горизонтом, то, видимо, нет никакой необходимости ей падать на сингулярность, она и так создала горизонт событий. При этом дальнейший рост массы Черной дыры за счет поглощения внешнего вещества не вызовет увеличения её радиуса и выход из-под горизонта: гравитационный радиус растёт быстрее, чем радиус нейтронной звезды внутри горизонта событий, причем сила её гравитационного сдавливания по-прежнему будет меньше сил ядерного отталкивания нейтронов.

Вычислим объём выбранной предельной нейтронной звезды на грани её коллапса, перехода в состояние черной дыры, исходя из следующих приблизительных данных:

Масса покоя нейтрона, m_n	2×10^{-27} кг
Радиус нейтрона, r_n	4×10^{-16} м
Гравитационная постоянная, G	$6,67 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ с}^{-2} \text{ кг}^{-1}$
Масса Солнца, M_c	$1,99 \times 10^{30}$ кг
Скорость света, c	$299\,792\,458$ м/с

Итак, поскольку нейтронная звезда превратилась в черную дыру, её поверхность теперь находится под горизонтом. Гравитационный радиус в этом случае, по крайней мере, не меньше радиуса нейтронного шара. Посмотрим, как соотносятся объём образовавшейся черной дыры и объём всех нейтронов, образовавших её при коллапсе исходной нейтронной звезды. Массу такой черной дыры возьмем равной минимально возможной критической массе в $2,5M_c$. Для расчетов берём именно минимальную черную дыру, поскольку очевидно, что внутри сверхмассивной черной дыры ядро, что называется, "с головой" поместится под горизонтом:

$$M = 2,5M_c = 2,5 \times 1,99 \times 10^{30} \approx 5 \times 10^{30} \text{ кг}$$

Поскольку произошёл коллапс, понятно, что радиус шара вещества звезды должен стать меньше или равным её гравитационному радиусу, который равен:

$$r_g = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2 \times 6,67384 \cdot 10^{-11} \times 5 \times 10^{30}}{(299\,792\,458)^2} = 7\,385 \text{ м}$$

Соответственно, объём $V_{чд}$ под горизонтом возникшей при этом черной дыры равен:

$$V_{чд} = \frac{4}{3} \pi \cdot r_g^3 = \frac{4 \times 3,14159 \times (7\,385)^3}{3} = 1,7 \times 10^{12} \text{ м}^3$$

Мы предполагаем, что в момент коллапса нейтроны звезды не упали на сингулярность, а смогли за счет сил ядерного отталкивания сохранить свою форму. Поэтому в

пределах горизонта событий сможет поместиться N_n нейтронов массой M_n каждый, которые и составляют массу M нейтронной звезды, равную массе образовавшейся Черной дыры:

$$N_n = \frac{M}{M_n} = \frac{5 \times 10^{30}}{2 \times 10^{-27}} = 3 \times 10^{57} \text{ шт.}$$

Поскольку мы приняли, что нейтроны не деформировались, то объём каждого из них будет равен:

$$V_n = \frac{4}{3} \pi \cdot r_n^3 = \frac{4 \times 3,14159 \times (4 \times 10^{-16})^3}{3} = 3,69 \times 10^{-46}$$

Все эти N_n нейтронов, как мы приняли, и составляют объём V_{\max} исходной нейтронной звезды и образовавшейся Черной дыры. Следует отметить, что сведений о радиусе нейтрона в свободном доступе немного. Поэтому используем те данные, которые удалось найти [57, 95, 38]. Таким образом, максимальный объём, который займут эти N_n нейтронов, составит:

$$V_{\max} = V_n \times N_n = \frac{4}{3} \pi \cdot r_n^3 = 3,69 \times 10^{-46} \times 3 \times 10^{57} = 1,1 \times 10^{12} m^3$$

Но это просто суммарный объём нейтронов, которые мы считаем сферическими. Для того чтобы образовать из них сферу, необходимо учесть плотность упаковки сферических объектов, которая, как известно, составляет примерно 74% [129]. Понятно, что за счет пустот между шарикам-нейтронами вычисленное число нейтронов в форме сферы займет несколько больший объём:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= \frac{V_n \times N_n}{0,74} \approx \frac{4}{3} \times \frac{4}{3} \times \pi \cdot r_n^3 = \\ &= \frac{4}{3} \times 3,69 \times 10^{-46} \times 3 \times 10^{57} \approx 1,5 \times 10^{12} m^3 \end{aligned}$$

Это весьма примечательный результат. Как видим, даже несжатые, свободно упакованные нейтроны, имеющие такую же массу, как и черная дыра, свободно помещаются под её горизонтом:

$$V_{\text{чд}} = 1,7 \times 10^{12} > V_{\text{max}} = 1,5 \times 10^{12}$$

Более того, это удивительный результат: такое невероятное совпадение объёмов – с точностью почти в 10 процентов! Для радиусов нейтронной звезды и её гравитационного радиуса это совпадение ещё меньше – около 4 процентов! Такое, видимо, не случайное совпадение позволяет предположить, что предел Оппенгеймера-Волкова имеет вполне конкретное точное числовое значение. Используем полученные выше уравнения. В момент коллапса объём черной дыры равен:

$$V_{\text{чд}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r_g^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{2GM}{c^2} \right)^3$$

Объём исходной нейтронной звезды в момент коллапса равен:

$$V_{\text{max}} = \frac{V_n \times N_n}{k_{nl}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r_n^3 \times \frac{M}{M_n} \times \frac{1}{k_{nl}} = \frac{4\pi M r_n^3}{3M_n k_{nl}}$$

В момент "ухода" поверхности нейтронной звезды под горизонт черной дыр объёмы их, очевидно, равны. Совпадение объёмов и радиусов коллапсирующей нейтронной звезды и её гравитационного радиуса происходит при её массе, которую можно найти из равенства:

$$V_{\text{чд}} = \frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{2GM}{c^2} \right)^3 = V_{\text{max}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r_n^3 \times \frac{M}{M_n} \times \frac{1}{k_{nl}}$$

После преобразований получаем:

$$M = c^3 \sqrt{\frac{r_n^3}{8G^3 M_n k_{nl}}}$$

Подставляем значения величин и вычисляем:

$$M = c^3 \sqrt{\frac{r_n^3}{8G^3 M_n k_{nl}}} = (299\,792\,458)^3 \times \\ \times \sqrt{\frac{64 \times 10^{-48}}{8 \times (6,67384)^3 \cdot 10^{-33} \times 2 \times 10^{-27} \times 0,74}} = 4.66 \times 10^{30} \text{ kg}$$

Отношение массы черной дыры к массе Солнца:

$$\frac{M}{M_c} = \frac{4,66 \times 10^{30}}{1,99 \times 10^{30}} = 2,3419$$

Таким образом, предел Оппенгеймера-Волкова равен не диапазону, а конкретной величине - 2,34 M_c . При такой величине массы нейтронной звезды происходит коллапс.

Рассмотренный процесс позволяет сделать еще один примечательный вывод. Следует ожидать, что момент коллапса является, по сути, ничем не примечательным событием в жизни нейтронной звезды. Составляющие её нейтроны лишь немного плотнее "смыкают свои ряды". При этом можно заметить, что плотность нейтронной звезды на этом этапе весьма далека от плотности атомного ядра. То есть, появление сингулярности в этом случае заметно надуманно.

Вычислим это соотношение для ядерной плотности. Как известно, сила гравитации на много порядков слабее сильного ядерного взаимодействия, почти в 10^{38} раз. Посмотрим, каковы будут силы, сжимающие звезду, силы, притягивающие нейтроны на её поверхности к центру звезды, когда радиус нейтронной звезды приблизится к её гравитационному радиусу. Мы определили, что масса черной дыры равна 5×10^{30} кг. Нейтрон на поверхности звезды удалён от её центра на величину гравитационного радиуса, то есть, на $r_g = 7\,385$ метров. Следовательно, сила, с которой звезда притягивает нейтрон на своей поверхности, равна:

$$F_g = \frac{GMMn}{r_g^2} = \frac{2 \times 6,67384 \cdot 10^{-11} \times 5 \times 10^{30} \times 2 \times 10^{-27}}{(7\,385)^2} \approx 10^{-14} \text{ kg}$$

Именно эта сила прижимает каждый нейтрон на её поверхности к нижележащим нейтронам, именно эта сила, как ожидается, и должна "вдавить" нейтрон в тело звезды, уменьшая её радиус, стягивая её в сингулярность. Но прежде чем нейтрон сможет деформировать нижележащие слои, он должен пройти этап ядерного взаимодействия. Чтобы вырвать нейтрон из атомного ядра, нужно приложить силу, значение

которой, как указано, в 10^{38} раз больше, чем сила гравитационного притяжения.

Два нейтрона находятся друг от друга на расстоянии не ближе, чем расстояние сильного взаимодействия между нуклонами в атомном ядре $r_{св} \sim 10^{-15}$ м. Следовательно, сила их притяжения – условная "гравитационная сила сильного взаимодействия" $F_{св}$ равна:

$$F_{св} = \frac{GMnMn}{r_{св}^2} = \frac{2 \times 6,67384 \cdot 10^{-11} \times 5 \times 10^{30} \times 2 \times 10^{-27}}{(10^{-15})^2} \approx 8 \times 10^{-18} \text{ kg}$$

Разумеется, это несколько условная сила гравитационного притяжения. Это сила, с которой нуклоны могли бы *гравитационно* притягиваться. Ядерные силы сильного взаимодействия сильнее гравитационной в 10^{38} раз. То есть, нуклоны в ядре должны притягиваться с большей силой, чем гравитационное притяжение, силой ядерного сильного взаимодействия $F_{св}$:

$$F_{св} = F_{св} \times 10^{38} \approx 10^{21} \text{ kg} \gg F_g \approx 10^{-14} \text{ kg}$$

Это такая сила $F_{св}$, с которой нейтрон на поверхности звезды мог бы притягивается к следующему слою, если бы входил в состав атомного ядра, если бы звезда представляла собой атомное ядро в обычном смысле. И вновь мы приходим к очень показательному итогу. Выходит, что, согласно гипотезе о сингулярности, крошечная сила гравитационного притяжения преодолевает намного превосходящие её силы ядерного взаимодействия. Нейтроны в атомном ядре притягиваются с огромной силой $F_{св}$, но стоило появиться крошечному гравитационному усилию $F_{св}$, как нейтроны сразу же превратились в эфемерный фермионный газ.

Можно ли представить себе картину, когда на двух сцепившихся тяжеловесов борцов сумо подул легкий ветерок и, что называется, "смял их в лепёшку"? Но для нейтронной звезды утверждается именно такая картина. Сжатие в сингу-

лярность происходит потому, что "твердые как камень" нейтроны вдруг превратились в вырожденный фермионный газ [33], не способный оказать сопротивление даже ничтожно малому, как показано, гравитационному внешнему давлению. Сингулярность, как видим, базируется на очень зыбком фундаменте, на самом деле для образования горизонта событий Черной дыры в ней нет никакой необходимости.

Другими словами, гравитационного притяжения нейтронов звездой F_g на много порядков не хватает даже для того, чтобы они вступили в сильное ядерное взаимодействие, то есть, образовали бы в действительности огромное атомное ядро. "Перепрыгивание" в сингулярное падение, минуя состояния атомного ядра, выглядит как довольно-таки фантастический вариант. Но это "перепрыгивание", как утверждает гипотеза сингулярности, происходит чуть ли не одновременно. Только что, до коллапса нейтроны на поверхности притягивались к центру звезды с относительно малой силой гравитации, и тут же, в одно мгновение притяжение возросло не просто в 10^{38} раз, а многократно больше. Похоже на цирковой фокус, когда из пустой коробки вынимают кролика.

Далее, сжатие до сингулярного состояния следует лишь из единственного, не очень убедительного постулата, что "жесткие" нейтроны с некоторым определённым радиусом превратились в пылинки с бесконечно малым объёмом и массой нейтрона, но с некоторой упругой сферической оболочкой, оказывающей давление при сжатии, - вырожденный фермионный газ.

Представьте себе два обычных воздушных шара диаметром сантиметров по 30, которые прижаты друг к другу с силой в 1 тонну, аналогом силы ядерного взаимодействия. Не внешней силой, а силой собственного притяжения. Что в этом случае считать расстоянием между шарами? Разумеется, эти шары можно сжать до размеров горошины. Но изначально расстояние между их центрами при таком взаимодействии, очевидно, будет равно нулю. Куда и как приложить силу в одну тонну к этим шарам, чтобы разъединить их? Невоз-

можно представить, чтобы такие эфемерные объекты могли притягиваться со столь непропорциональной силой.

Нуклоны могут притягиваться с силой в 10^{38} раз превосходящей силу гравитации. Для "газовой модели" расстояние между их центрами должно быть, как и в случае с шарами, близко к нулю. Но это явно противоречит экспериментам, поскольку атомные ядра разных веществ имеют разные размеры.

Выглядит довольно условной гипотеза о вырожденном фермионном газе, которая явно сводится к модели, в которой каждый элемент газа – молекула или пылинка – имеют массу, сосредоточенную в "массивном ядре" нулевого объёма, и окружены упругой сферой, которая, собственно, и создаёт давление при сжатии.

Сингулярность, возникающая на таком зыбком фундаменте, не может рассматриваться как физическая реальность. Так как же быть в таком случае с предсказаниями сингулярности общей теорией относительности? Можно поступить просто. Во-первых, это предсказание – результат не очень хорошо обоснованной экстраполяции движения. Во-вторых, может быть, не следует требовать от *геометрической* теории – геометродинамики Эйнштейна, общей теории относительности, теории гравитации, которая рассматривает звёзды, галактики и даже их скопления как пыль, описания "химического" состава или свойств материала нейтронов и его поведения при сверхплотном сжатии?

Если исходить из этих предположений, то можно прийти к выводу, что внутри черной дыры плотность вещества не является бесконечно большой, поскольку его объём не стремится к нулю. Напротив, давления плотно сжатого вещества, а это уже, очевидно, не вырожденный фермионный газ, вполне достаточно, чтобы удержать его от дальнейшего сжатия. То есть, можно использовать обычные физические законы для описания этого вещества. С другой стороны, отвергается главная "страшилка" теории относительности – обрыв геодезических, мировых линий. Проблема предска-

ния будущего и причинности внутри черной дыры связана лишь с недоступностью этой области для *внешнего* наблюдателя. Но в жизни мы по этому поводу не очень-то сокрушаемся. Если мы потеряли связи с нашими знакомыми, это не значит, что они уехали в Чернодырск (ироничное название города – от черной дыры). Или горизонт Вселенной, принципиально недоступный для наблюдений? К тому же возможность проникнуть под горизонт сверхмассивной черной дыры и затем вернуться во внешнюю область для сверхмассивных Черных дыр не является неосуществимой.

Но тогда как поступить с сингулярностью Большого Взрыва? Ведь общепризнанно и с этим согласился даже Ватикан, что наша Реальность, Бытие возникли в результате взрыва сингулярности. И хотя все космологи и физики по-прежнему вслух говорят о сингулярности, но тайком, негласно, каждый раз, тем не менее, протаскивают в свои теории нечто, существовавшее до сингулярности: то ли инфлатоны, то ли скалярные поля, то ли флуктуации чего-то квантового. И это не удивительно: "Из ничего может возникнуть только ничто".

Как выглядит рождение черной дыры на анимации

Для большей наглядности покажем процесс коллапса нейтронной звезды в черную дыру в виде кадров из анимации:



Рис.6.26. Процесс коллапса нейтронной звезды в черную дыру. Кадры из анимации [20]

На рисунке нейтронный шар звезды просто уходит под горизонт, не меняя своих размеров и не падая на сингулярность. Изначально нейтронная звезда имеет массу $1,4M_c$ – масс Солнца. В процессе эволюции она поглощает внешнее вещество порциями (для определенности) по $0,01M_c$. Масса звезды $M=kM_c$ увеличивается, как показано на последовательных кадрах рисунка. При увеличении её массы соответственно возрастают также её объем V и радиус $R_{нз}$ (шкала X на рисунке - в километрах) – это внешний красный контур на рисунке. С учетом плотной упаковки шаров $k_{пл}$:

$$V = V_n \times \frac{M}{M_n} \times \frac{1}{k_{пл}} = V_n \times \frac{M_c}{M_n} \times \frac{1}{k_{пл}} = 5,9 \times 10^{11} \times k$$

$$R_{нз} = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 5,9 \times 10^{11} \times k}{4\pi}} = 5'210 \sqrt[3]{k}$$

Объем звезды вычислен по совокупному объёму, занимаемому нейтронами с учетом плотности упаковки, имеющими массу M_n и объем V_n каждый, образующими все вместе такую же общую массу, как и звезда. Вычисления показали, что черная дыра имеет заведомо больший объем, и нейтроны помещаются в ней целиком. Это несколько нарушает логику картины, поскольку с использованным допущением в некоторые моменты времени гравитационный радиус окажется больше, чем радиус нейтронного ядра, хотя коллапс ещё не наступил. Поэтому для графических построений введём искусственную величину – коэффициент пористости. Он компенсирует тот факт, что плотно упакованные нейтроны на самом деле занимают меньший объём, чем соответствующий этой массе гравитационный радиус. Коэффициент подбираем по очевидному условию, что радиус нейтронного шара равен гравитационному при массе, когда начинается коллапс, и которая, соответственно, равна минимальной массе черной дыры – $2,5M_c$.

$$k = 2,5$$

$$R_{нз} \times K_{por} = 5'210 \sqrt[3]{k} \times K_{por} = r_g = 2'954 \times k$$

Из чего вычисляем коэффициент пористости:

$$K_{por} = \frac{2'954 \times 2,5}{5'210 \sqrt[3]{2,5}} = 1,044$$

С его учетом уравнение для радиуса звезды на анимации примет вид:

$$R_{нз} = K_{por} \times \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = 1,044 \times \sqrt[3]{\frac{3 \times 5,9 \times 10^{11} \times k}{4\pi}} = 5'441 \times \sqrt[3]{k}$$

Поскольку рисунок симметричный, для компактности показана только четвертая часть нейтронной звезды. Внутренний желтый контур – это гравитационный радиус (на рисунке - в километрах), соответствующий текущей массе звезды, в метрах равный:

$$r_g = \frac{2GM_c \times k}{c^2} = \frac{2 \times 6,67384 \cdot 10^{-11} \times 1,99 \times 10^{30}}{(299'792'458)^2} \times k = 2'954 \times k$$

Начальные значения радиусов при $k=1,4$ равны:

$$R_{нз} = 1,044 \times 5'210 \sqrt[3]{1,4} = 6'087m$$

$$r_g = 2'954 \times 1,4 = 4'136m$$

Вычисленные радиусы в масштабе использованы для построения на анимации соответствующих контуров горизонта и нейтронного ядра. Видно, как при увеличении массы звезды гравитационный радиус "поглощает" звезду, превращая её в черную дыру. Никакого коллапса в сингулярность для этого не потребовалось.

Главное, что видно на рисунке – для образования горизонта черной дыры совершенно не нужна никакая сингулярность. Обычный, нормальный объём нейтронов, даже не сжатых до плотности атомного ядра, создаёт тот же самый эффект горизонта. Нужна ли здесь лишняя сущность?

Минимальный размер ЧД с сингулярностью

Следует отметить, что полученные выше выводы, строго говоря, неполны. Сингулярность, как видим, базиру-

ется на очень шатком фундаменте, на самом деле для образования горизонта событий Черной дыры в ней нет никакой необходимости. Такая картина сингулярности, что называется, нарисована с одной, минимальной, так сказать, стороны. Для образования первичной, минимальной Черной дыры, как оказалось, понятие сингулярности и противоречиво и излишне. Но, может быть, сингулярность всё-таки образуется при дальнейшем росте массы Черной дыры?

И в самом деле, чему должен быть равен диаметр внутреннего нейтронного "ядра" сверхмассивной Черной дыры, при котором сила гравитации на его поверхности превысит силу сильного ядерного взаимодействия? То есть, мы предполагаем, что вещество Черной дыры сразу после коллапса не схлопывается в сингулярность, а всё вновь захваченное ею вещество равномерно ложится на поверхность исходной Черной дыры, её нейтронное "ядро". Конечно, все это можно увидеть только с точки зрения внутреннего наблюдателя.

Для такого наблюдателя всё вещество будет неизбежно падать на поверхность сколлапсировавшей нейтронной звезды, увеличивая на её поверхности силу притяжения, ускорение свободного падения. Следовательно, можно ожидать, что рано или поздно для этого наблюдателя сила гравитационного притяжения нейтрона на поверхности такой сверхмассивной нейтронной звезды превысит силу сильного ядерного взаимодействия.

В этом случае возникает новое подобие громадного "атомного ядра", вырвать из которого нейтрон будет существенно труднее, чем из обычного ядра. Если сильное взаимодействие удерживает нейтроны в составе ядра, то возникшее ещё более сильное гравитационное взаимодействие, видимо, деформирует ядро вплоть до сингулярности, поскольку с уменьшением такого ядра сила сдавливания будет только увеличиваться. Поэтому так и будем считать, что у сил ядерного отталкивания есть предел и гравитация способна его преодолеть.

В этом случае для того, чтобы возникла сингулярность, необходимо, очевидно, чтобы сила притяжения нейтрона на поверхности нейтронной звезды, по меньшей мере, превышала силу сильного ядерного взаимодействия $F_{яв}$. Величину этой силы мы выше уже оценили по их соотношению и получили, что $F_{яв} \sim 8 \times 10^{20}$ kg. Такую силу гравитационного притяжения F_z может обеспечить только звезда общей массой, которую определяем из уравнения:

$$F_z = \frac{GM_{нз}M_n}{R_{нз}^2} \geq F_{яв}$$

Объем $V_{нз}$ исходной, до сингулярности звезды и объем V_n одного нейтрона без сжатия

$$V_{нз} = \frac{4}{3}\pi R_{нз}^3; \quad V_n = \frac{4}{3}\pi \cdot r_n^3$$

Поскольку между считающимися сферическими нейтронами в нейтронной звезде остается незанятое пространство, то общее число нейтронов будет немного меньше. Строго говоря, коэффициент уплотнения взят из предположения, что нейтроны являются твердыми, недеформируемыми шариками. На самом деле более правдоподобным было бы предположение, что нейтроны все-таки слегка сжимаются, то есть их сферическая поверхность немного "мягче", тем ближняя к его центру. То есть, коэффициент уплотнения может быть несколько больше. Но это лишь предположение. Следовательно, в объеме звезды поместится N_n нейтронов с учетом коэффициента уплотнения $k_{нл}=0,74$.

$$N_n = \frac{V_{нз}}{V_n} k_{нл}$$

Это количество нейтронов создаст массу искомой нейтронной звезды

$$M_{нз} = M_n N_n = \frac{M_n k_{нл}}{\frac{4}{3}\pi \cdot r_n^3} \frac{4}{3}\pi R_{нз}^3 = \frac{M_n R_{нз}^3 k_{нл}}{r_n^3}$$

Используя это выражение, находим

$$F_2 = \frac{M_n R_{нз}^3 k_{нл}}{r_n^3} \times \frac{GM_n}{R_{нз}^2}$$

Откуда

$$F_2 = \frac{GR_{нз} M_n^2 k_{нл}}{r_n^3}$$

Подставляем значения величин и находим

$$\begin{aligned} F_2 &= R_{нз} \frac{GM_n^2 k_{нл}}{r_n^3} = \\ &= R_{нз} \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 4 \cdot 10^{-54} \times 0,74}{64 \cdot 10^{-48}} \geq F_{яв} = 8 \times 10^{20} \text{ kg} \end{aligned}$$

Отсюда вычисляем радиус "исходной нейтронной звезды" до сжатия в сингулярность, своеобразного "атомного ядра" в центре Черной дыры

$$R_{нз} \geq \frac{8 \times 10^{20}}{3 \times 10^{-18}} = 2,3 \times 10^{38} \text{ m} \approx 2,3 \times 10^{22} \text{ св.лет}$$

Сразу же возникает вопрос, насколько вероятно увеличение Черной дыры до таких размеров, если радиус наблюдаемой Вселенной меньше и составляет $13,7 \times 10^{12}$ лет? Кроме этого, такой радиус лишь обеспечивает равенство гравитационного притяжения на поверхности звезды силе сильного ядерного взаимодействия. Утверждение, что если сила гравитационного сдавливания будет больше, то нейтроны начнут бесконечно сжиматься – это все-таки плохо обоснованное утверждение. Кроме этого, для внешнего наблюдателя такая сила притяжения вообще недостижима на бесконечном интервале времени, поскольку самый сильно притягиваемый нейтрон всегда будет оставаться на поверхности исходной нейтронной звезды, и по мере роста Черной дыры это притяжение будет только уменьшаться. Для справки оценим массу полученной Черной дыры

$$M_{нз} = \frac{R_{нз}^3 M_n k_{нз}}{r_n^3} =$$

$$= \frac{(2,3 \times 10^{38})^3 \times 4 \times 10^{-54} \times 0,74}{64 \times 10^{-48}} \approx 10^{108} \text{ кг}$$

и величину её гравитационного радиуса

$$r_g = \frac{2GM_{нз}}{c^2} = \frac{2 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 10^{108}}{9 \times 10^{16}} \approx 10^{81} \text{ м} \approx 10^{65} \text{ св.лет}$$

Результаты вряд ли можно рассматривать как реалистичные, такая Черная дыра попросту невозможна. Ведь даже согласно стандартной инфляционной модели теории Большого взрыва, полная масса вещества перед рождением Вселенной должна была превосходить всего лишь 10^{80} т, то есть в 10^{25} раз меньше, а размеры её превосходят радиус наблюдаемой Вселенной на много порядков. Кроме этого, согласно литературным данным, предельная масса сверхмассивной Черной дыры равна всего лишь 5×10^{10} Мс.

Также для справки оценим вес единичной массы на горизонте событий

$$F_{e\delta} = \frac{GM_{чд}}{\left(\frac{2GM_{чд}}{c^2}\right)^2} = \frac{c^4}{4GM_{чд}}$$

Это известное обстоятельство. Вес любого тела на горизонте событий Черной дыры тем меньше, чем больше масса этой дыры. Что особенно интересно: при бесконечно большой массе Черной дыры на её горизонте событий будет фактически невесомость. Для вычисленной Черной дыры вес гири массой в 1 кг на горизонте событий составит

$$F_{e\delta} = \frac{c^4}{4GM_{чд}} = \frac{81 \times 10^{32}}{4 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 10^{108}} \approx 3 \frac{10^{32}}{10^{97}} \approx 3 \times 10^{-66} \text{ кг}$$

Особого удивления это не должно вызывать, поскольку гравитационный радиус растет быстрее, чем её масса. При этом первая космическая скорость будет равна

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM_{\text{чд}}}{r_g}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 10^{108}}{10^{81}}} \approx \sqrt{7 \frac{10^{108}}{10^{92}}} \approx 3 \times 10^8 \text{ m/sec} \approx c$$

Как видим, все основные положения для Черной дыры выполняются, хотя, конечно, выглядит все это довольно странно. Известно, что космический корабль и даже свет не могут покинуть такой горизонт событий и избежать падения на сингулярность. Но на самом горизонте событий при этом наблюдается невесомость. Конечно, улететь на бесконечность невозможно, но что может помешать вылететь из-под горизонта Черной дыры в радиальном направлении, если гиря массой в один килограмм весит там меньше электрона? Для сравнения найдем вес единичной массы на горизонте стандартной (минимальной) Черной дыры

$$F_{e0} = \frac{c^4}{4GM_{\text{чд}}} = \frac{81 \times 10^{32}}{4 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 2,5 \times 10^{30}} \approx \frac{10^{32}}{10^{19}} \approx 10^{13} \text{ кг}$$

Также интересно выяснить, чему равны размеры и масса Черной дыры, на горизонте событий которой гиря массой 1 кг весит в точности 1 кг, как на Земле, то есть

$$F_{e0} = \frac{c^4}{4GM_{\text{чд}}} = 1$$

В данном случае вес в ньютонах. Поэтому

$$M_{\text{чд}} = \frac{c^4}{4G} = \frac{81 \times 10^{32}}{4 \times 6,67 \cdot 10^{-11}} \approx 3 \times 10^{43} \approx 3 \times 10^{13} M_c$$

Гравитационный радиус (размеры) такой Черной дыры

$$r_g = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 3 \times 10^{43}}{9 \times 10^{16}} \approx 4 \times 10^{15} \text{ м} \approx 0,4 \text{ св.лет}$$

Вновь мы получили сверх сверхмассивную Черную дыру, масса которой почти в 1000 раз больше массы максимально возможной Черной дыры [21]. Из этого вновь можно сделать вывод, что гипотезу о сингулярности также следует отнести к ненаучным.

О некоторых особенностях горизонта событий

Тем не менее, темы сингулярности и горизонта событий Черной дыры весьма популярны. Если ознакомиться с темой сингулярности на форумах в интернете, в научно-популярной литературе, в научно-популярных документальных фильмах и учебниках, то можно увидеть *единодушное* мнение о том, что на расстоянии гравитационного радиуса от Черной дыры время останавливается, скорость падающего на Черную дыру тела приближается к скорости света, а разрывающая сила, приливная сила, действующая на него, приближается к бесконечности. Однако, можно заметить и упоминаемые робко, вскользь отклонения: фактически ни одна из наблюдаемых Черных дыр в принципе не может иметь внутри сингулярности, а падение на сверхмассивную Черную дыру, вообще-то, вполне безопасно для астронавта. Рассмотрим в качестве примера задачу о падении некоторого астрофизика под горизонт событий Черной дыры, приведенную в учебнике:

"В ходе коллапса к $R = 0$ различные части тела астрофизика испытывают разные гравитационные силы. Его ноги, находящиеся на поверхности звезды, притягиваются к центру нарастающей до бесконечности гравитационной силой, в то время как его голова, находящаяся на большем расстоянии от центра, ускоряется вниз несколько меньшей силой. Разность этих двух ускорений (приливная сила) в ходе коллапса все более нарастает, становясь в конце концов бесконечной, когда R достигает нуля. Тело астрофизика не может выдержать такие огромные силы; оно испытывает беспредельно нарастающее растяжение между головой и ногами" [88].

В ходе рассуждений авторами получено выражение (32.25б) для компонент напряжения T в центре масс, в котором масса Черной дыры M принята равной массе Солнца M_C :

$$T = \frac{1}{2} \frac{mM}{hr^3} \approx 0,7 \cdot 10^{13} \frac{M/M_C}{r^3} = \frac{0,7 \cdot 10^{13}}{r^3} \approx 10^8 \text{ дин} / \text{см}^2$$

Здесь $m = 75$ кг, $h = 1,8$ м – вес и рост астрофизика, r –

его удаленность от центра ЧД. Судя по всему, в решении задачи допущена вычислительная ошибка. Человеческое тело, как указано, не может выдержать давления или натяжения, превосходящего 10^8 дин/см², что соответствует 100 атмосферам. Подставив это значение в уравнение, мы получаем:

$$r = \sqrt[3]{\frac{0,7 \cdot 10^{13}}{10^8}} = \sqrt[3]{0,7 \times 10^5} = 10 \times \sqrt[3]{70} \approx 41 \text{ км}$$

Авторы получили значение около 200 км. Хотя оба результата соответствуют неравенству $R \gg 2M \sim 3 \text{ км}$, но, в общем, этот вывод не совсем верен. Утверждается, что астрофизик, расположенный на свободно падающей поверхности звезды с массой, равной массе Солнца, будет убит приливными силами при вычисленном радиусе звезды. Неточность заключается в том, что согласно пределу Оппенгеймера-Волкова звезда такой массы не может сколлапсировать.

Данная ситуация, надо признать, достаточно очевидна. Однако, на наш взгляд, более интересной можно считать задачу с другими начальными условиями, при которых человек безболезненно попадает под горизонт Черной дыры. Считается, что такая ситуация наблюдается при падении под горизонт сверхмассивной Черной дыры. Применим полученное выражение к сверхмассивной Черной дыре в центре нашей галактики Млечный Путь:

$$T = 0,7 \cdot 10^{13} \frac{M/M_c}{r^3} = \frac{3,7 \cdot 10^6 \times 0,7 \cdot 10^{13}}{(6,75 \cdot 10^9)^3} \approx 8,4 \cdot 10^{-11} \text{ дин/см}^2$$

Здесь принято, что ЧД имеет массу, равную $3,7 \times 10^6$ масс Солнца, а гравитационный радиус равен 6,25 световых часа или $6,75 \times 10^9$ километров. В данном случае принято некоторое отклонение от условия задачи, поскольку в данном случае падение происходит не в процессе коллапса, астрофизик не находится на поверхности коллапсирующей звезды, а свободно падает под её горизонт событий, гравитационный радиус. Поэтому произведём сравнение результата с классическим. На астрофизика, находящегося на расстоянии гравитационного радиуса от центра ЧД действует сила притяжения:

$$F = \frac{G\mu M}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 75 \times 7,4 \cdot 10^{36}}{(6,75 \cdot 10^9)^2} = 8 \cdot 10^8 \text{ кГ}$$

Как видим, усилие огромное, но оно возникает, только если тело неподвижно. Однако, для свободно падающего тела (лифт Эйнштейна) это усилие исчезает, а вместо неё возникает приливная сила. Если посчитать вторую силу притяжения, приложенную к телу на высоте роста человека, то разность этих усилий (приливная сила) будет равна:

$$F = \frac{G\mu M}{r^2} - \frac{G\mu M}{(r + \ell)^2} \approx 0,0004 \text{ кГ}$$

Как видим, действительно, при падении под гравитационный радиус сверхмассивной Черной дыры, в данном случае Млечного Пути, на астрофизика будет действовать приливная сила ничтожной величины, не представляющая для него никакой опасности. Фактически астрофизик находится в состоянии невесомости!

Это довольно интересное обстоятельство – невесомость на гравитационном радиусе Черной дыры. Это следует из известного факта: сила притяжения некоторого тела к Черной дыре на расстоянии гравитационного радиуса будет тем меньше, больше масса этой дыры. Связано это с тем, что гравитационный радиус сверхмассивной Черной дыры растет пропорционально её массе, а сила притяжения уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, то есть, обратно пропорционально массе.

Действительно, очень интересное обстоятельство. Получается, что при некоторой массе такой дыры на тело будет действовать сила притяжения меньше, чем, например, на поверхности Земли. Действительно, величина гравитационного радиуса равна

$$r_g = \frac{2GM_{чд}}{c^2}$$

Сила притяжения, например, единичного груза массой в 1 кг равна

$$F_{e0} = \frac{GM_{\text{чд}}}{r_g^2}$$

Подставим в это уравнение значение гравитационного радиуса из уравнения предыдущего

$$F_{e0} = \frac{GM_{\text{чд}}}{\left(\frac{2GM_{\text{чд}}}{c^2}\right)^2} = \frac{c^4}{4GM_{\text{чд}}}$$

Как ожидалось, сила притяжения обратно пропорциональна массе сверхмассивной Черной дыры. Для того чтобы груз массой в 1 кг весил на горизонте Черной дыры 1 кГ, масса Черной дыры должна соответствовать выражению

$$F_{e0} = \frac{c^4}{4GM_{\text{чд}}} = 1$$

Преобразуем, подставляем известные величины и находим:

$$M_{\text{чд}} = \frac{c^4}{4G} = \frac{81 \times 10^{32}}{4 \times 6,67 \cdot 10^{-11}} \approx 3 \times 10^{43} \text{ kg} \approx 3 \times 10^{13} M_c$$

Конечно, это тоже довольно-таки невозможная Черная дыра, поскольку она почти в 1000 раз больше массы известного кандидата на сверхмассивную Черную дыру. Считается, что Черные дыры в квазарах, имеющих аккреционные диски, не могут иметь массу больше, чем $5 \times 10^{10} M_c$ [21]. Если это относится только к указанным сверхмассивным дырам, то возникает ещё одно интересное следствие. Существует общепризнанное мнение, что из-под горизонта Черной дыры невозможно ни уйти, ни подать какой-либо сигнал. Судя по всему, для вычисленной Черной дыры это не совсем верно. Рассмотрим следующую гипотетическую ситуацию.

Некий космолет попадает под горизонт такой сверхмассивной Черной дыры. Согласно уравнениям теории относительности, величина первой космической скорости будет равна скорости света, поэтому, как утверждается, он не может

ни улететь, ни послать световой сигнал наружу. Однако, это утверждение имеет несколько иные основания, чем традиционно подразумеваемые. На гравитационном радиусе Черной дыры невозможна стационарная орбита спутника, поскольку тангенциальная скорость, равная скорости света, для него недостижима. Обращаем внимание: скорость тангенциальная, то есть, перпендикулярная радиусу. В этом, собственно, и состоит смысл первой космической скорости, из которой и определяют гравитационный радиус. Но попробуем задать такой вот странный вопрос: с какой скоростью должен лететь космолёт, чтобы уйти на бесконечность, например, с Земли? Ответ – со второй космической скоростью – неверный. Правильный ответ: с любой ненулевой скоростью. По определению скорость обозначает изменение расстояния между объектами за некоторое время. Если космолёт движется от Земли по радиусу со скоростью 4 км/час, то, очевидно, он рано или поздно покинет не только Землю, но и Солнечную систему.

Это прямо означает, что первая космическая скорость задает условие инерционного (без двигателей) движения по некоторой орбите. Но она не имеет никакого отношения к активному движению – с включенными двигателями – по радиусу. В нашем конкретном случае сверхмассивной Черной дыры на космолет действует сила притяжения, в точности равная таковой на поверхности Земли. Весит он ровно столько, сколько и на Земле. Возникает естественный вопрос: что может помешать звездолету, включив двигатели, подняться вверх, удалиться от центра Черной дыры? Тяга двигателей, очевидно, обеспечит существенно большее усилие, чем притяжение Черной дыры в этой точке.

Хотя и уйти на бесконечность ему будет непросто: потребуется очень много топлива. Но главное – уйти из-под горизонта такой Черной дыры ему ничто не мешает. И здесь появляется ряд возможностей. Например, уйдя из-под горизонта, космолёт может быть подхвачен спасательным кораблём. Но и находясь под горизонтом, космолёт может спокойно

обмениваться радиосигналами с кораблём, находящимся вне горизонта. Описанные в литературе эксперименты с падением на сингулярность приобретают весьма реальные очертания для осуществления. На довольно большом расстоянии под горизонтом сверхмассивной Черной дыры какой-либо зонд может передавать сигналы наружу.

Таким образом, и в этом случае мы находим явные отклонения от общепринятых выводов теории относительности, выявленные её математическими средствами возможности обойти её же запреты.

Двигатель космолёта на эффекте самоускорения

Если самым буквальным образом трактовать основные положения теории относительности, то можно обнаружить интересный эффект, нигде в литературе ранее не описанный – гравитационное безпорное (эфироопорное) движение. В случае реальной осуществимости, этот эффект этот может оказаться полезным при дальних космических перелетах. Считается, что для разгона космического корабля до больших, вплоть до субсветовых скоростей необходимы значительные запасы топлива. Однако, ограниченность скорости распространения гравитации гипотетически может привести к возникновению релятивистского эффекта гравитационного самоускорения, когда протяженный объект увеличивает скорость своего движения без приложения к нему внешней силы, так называемое, безпорное движение. И напротив, гравитационное ускорение становится невозможным, если скорость распространения гравитации бесконечна.

Исчезновение Солнца

Это весьма интересное явление, гипотетический эффект гравитационного самоускорения движущихся тел является следствием второго постулата СТО об ограниченности скорости распространения гравитационного взаимодействия. Без каких-либо затрат энергии или приложения внешних сил, в

том числе реактивных, тело должно увеличивать свою скорость.

Первое, на что следует обратить внимание, это известный фрагмент научно-популярного фильма о теории относительности Эйнштейна. В фильме для демонстрации второго постулата теории приводился такой красочный эпизод. Что произойдёт, если Солнце вдруг исчезнет? Утверждается, что Земля "почувствует" исчезновение Солнца не мгновенно, а только через 8 минут, и лишь после этого прекратит вращательное движение и будет двигаться по прямой. Это связано с тем, что гравитационное воздействие распространяется в пространстве, как и фотоны, со скоростью света. Поэтому при исчезновении Солнца, это гравитационное воздействие также не исчезнет мгновенно, а будет удаляться от точки, где было Солнце, в бесконечность со скоростью света, поочерёдно освобождая от своего влияния все планеты солнечной системы. На рисунке это можно изобразить следующим образом в виде кадра из анимации [20]:

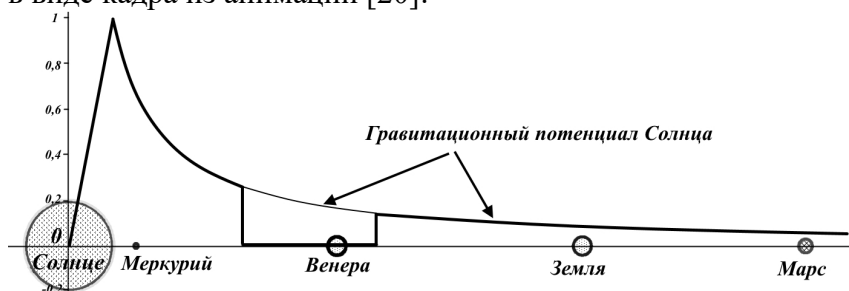


Рис.6.27. Распространение провала гравитационного потенциала при исчезновении и появлении Солнца вновь.

Что при этом, собственно говоря, движется в пространстве, "отключая" притяжение планет? Очевидно, это своеобразный фронт гравитационного потенциала. Напротив, если затем Солнце вновь мгновенно окажется, возникнет на своём прежнем месте, то также возникнет новый фронт гравитационного потенциала, который вновь пробежит от Солнца на бесконечность, вновь захватывая своим воздействием пла-

неты одну за другой. То есть, в этом гипотетическом примере в пространстве пробежит своеобразный провал гравитационного потенциала. Величина гравитационного потенциала изображена в относительном значении – то есть в долях от максимального своего значения на поверхности Солнца. Понятно, что он линейно возрастает от центра Солнца, где любое тело находилось бы в состоянии невесомости, затем до максимального значения в 100% на его поверхности и далее спадая по закону обратных квадратов до нуля на бесконечности. Для улучшения визуализации масштабы на рисунке не соблюдены. Тонкой линией потенциала изображен его контур. Также для простоты на нашем рисунке принято, что вся масса Солнца сосредоточена в его центре.

Двигаться в пространстве график потенциала, очевидно, будет не целиком, как единое целое. После исчезновения Солнца потенциал в каждой точке пространства будет мгновенно спадать до нуля, и этот спад, "тыл" гравитационного потенциала будет со скоростью света двигаться по направлению от Солнца. Точно так же, и при мгновенном возникновении Солнца "фронт" гравитационного потенциала в каждой точке будет мгновенно возрастать до уровня, соответствующего удалённости от Солнца, и двигаться от него со скоростью света.

Сразу же возникает новый вопрос, а как будет изменяться этот гравитационный потенциал, если Солнце просто начнёт удаляться от места своего первоначального положения? Или, наоборот, Солнце придёт в эту точку с некоторой скоростью из бесконечности? Можно догадаться, что в случае движения Солнца со скоростью света мы получим точно такой же эффект, как и при его мгновенном исчезновении-появлении. А что будет в случае конечной скорости движения Солнца?

Рассмотрим последовательные, "скачкообразные" положения Солнца в процессе этого движения. Пусть движение началось из крайнего правого положения на рис.6.28. Солнце скачкообразно переместилось влево на некоторое расстояние.

В этом и во всех случаях "промежуточных остановок" Солнца его гравитационный потенциал должен быть распределён в пространстве, как показано на рисунке жирной линией.

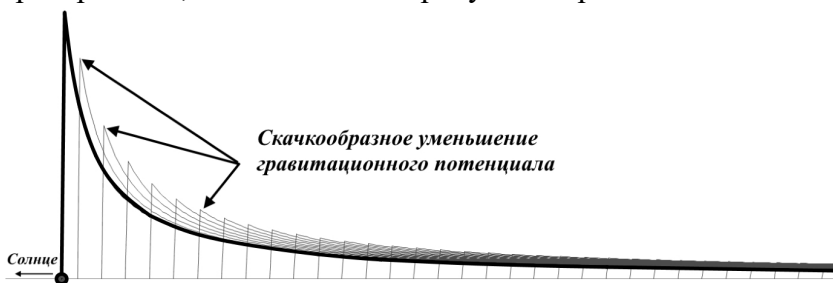


Рис.6.28. Изменение гравитационного потенциала при скачкообразном движении Солнца. Кадр из анимации [20]

Тонкие (пилообразные) линии изображает прежнее значение гравитационного поля Солнца, когда оно находилось в той точке. Очевидно, что мгновенный "отскок" Солнца приведёт к тому, что у гравитационного потенциала соответствующей тонкой линии пропадает его источник, и он сразу же начинает спадать до нуля. Но мы приняли, что второй постулат СТО справедлив также и для гравитации, скорость распространения которой не может быть больше скорости света. Поэтому край зоны, в которой гравитационный потенциал спадает до нуля, будет двигаться в бесконечность со скоростью света.

С другой стороны, Солнце ведь не исчезло совсем, а просто переместилось. Поэтому гравитационный потенциал от него также со скоростью света будет распространяться вслед за исчезающим потенциалом предыдущего положения. Из этого прямо следует, что в каждой точке пространства потенциал не будет спадать до нуля – он будет спадать до значения потенциала, вызванного новым положением Солнца.

На рисунке Солнце изображено в виде маленькой точки, в которой сосредоточена вся его масса. С каждым новым

"скачком" Солнца влево, "оставленный" им гравитационный потенциал сразу же начинает спадать до нуля, и фронт этого падения движется вправо со скоростью света. Каждый новый "график" гравитационного потенциала будет подменять собой предыдущий, сформированный предыдущим положением Солнца.

Можно догадаться, что каждое изменение потенциала будет происходить в зависимости как от скорости распространения потенциала – скорости света, так и от скорости, с какой Солнце удаляется от исходного положения. То есть, о новом положении Солнца в каждой точке пространства будет известно не сразу, а через время, необходимое, чтобы это изменение достигло этой точки. Получается, что изменение потенциала, его "движение" будет происходить со скоростью удаления Солнца, но при этом с некоторой задержкой, связанной с ограниченной скоростью его распространения.

На рисунке, как видим, вследствие этого возник такой пилообразный контур потенциала. Если сделать скачки бесконечно малыми, то ширина "зубьев" пилы уменьшится до нуля, и контур её станет плавной кривой. Хорошо заметно, что этот контур в пространстве оказывается смещённым по отношению к графику гравитационного потенциала. В реальности это будет выглядеть так, будто гравитационный потенциал Солнца как бы "вытянут" в пространстве, он явно "отстаёт" от своего источника – Солнца.

Вблизи от удаляющегося Солнца потенциал снижается практически мгновенно, поскольку столь короткое расстояние фронт проходит очень быстро. Чем дальше точка от Солнца, тем позднее в неё придёт фронт изменившегося потенциала. Кроме того на момент его прихода Солнце уже переместится в новую точку, что и выглядит как "вытягивание" потенциала. Чем точка дальше, тем сильнее в ней потенциал отстаёт от уровня, соответствующего неподвижному Солнцу: по горизонтали точки равного потенциала отстоят на всё большем расстоянии при удалении от него. Это отставание также возрастает с увеличением скорости движения гра-

витирующего тела, как показано на следующем рисунке, напоминающем детский самокат без заднего колеса.

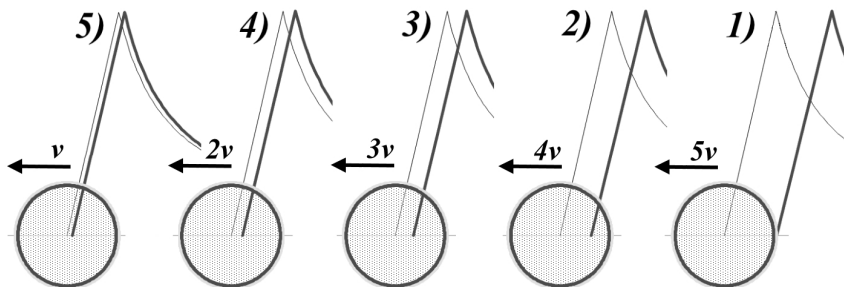


Рис.6.29. При плавном движении Солнца его гравитационный потенциал "вытягивается" в пространстве, отстаёт от своего источника. Кадры из анимации [20]

На начальном этапе движения 1) скорость велика и отставание гравитационного потенциала движущегося тела от потенциала покоящегося также велико. По мере снижения скорости движения тела 2)...5) отставание уменьшается и становится равным нулю при остановке тела.

Безопорное движение

Такое "вытягивание" потенциала, зависящего от скорости удаления Солнца, наводит на интересную мысль. А что, если "получатель потенциала", скажем, измерительный прибор не покоится, а тоже движется со скоростью Солнца? При неподвижных Солнце и приборе всё ясно: потенциал всегда один и тот же. Но при движении Солнца потенциал не просто движется за ним, а немного отстаёт, что приводит к его своеобразному "вытягиванию", "растяжению", запаздыванию. Если измерительный прибор находится на фиксированном расстоянии от Солнца, двигаясь с точно такой же скоростью, что и оно, то он, тем не менее, должен зафиксировать изменение потенциала. Причём очевидно, что прибор будет фиксировать увеличение этого потенциала.

Поскольку скорость объектов одна и та же, им можно назначить одну и ту же систему отсчета и даже связать их

неким условным стержнем. Поскольку стержнем соединиться с Солнцем нельзя, рассмотрим другой объект. Пусть два точечных тела равной массы m соединены твёрдым невесомым стержнем длиной l . Если эта система изначально находится в прямолинейном равномерном движении вдоль своей оси, то, как мы обнаружили в примере с Солнцем, на заднюю массу будет действовать дополнительная сила притяжения от головной точки по сравнению с состоянием покоя. А это непосредственно означает, что эта сила не будет уравновешена силой упругого сжатия стержня и приведёт эту массу в ускоренное движение.

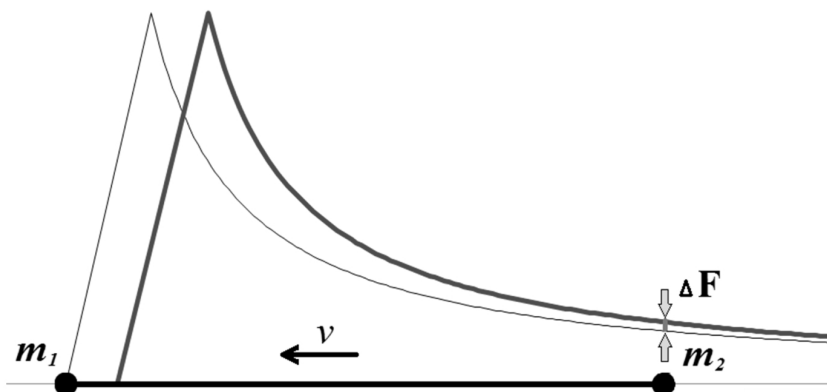


Рис.6.30. Массы на концах движущегося стержня испытывают неуравновешенную силу, превышающую силу их гравитационного притяжения в состоянии покоя.

Но, можно возразить, такая же сила, вероятно, действует и на головную массу, тормозя систему? Нет! Для головной массы действует эффект в точности противоположный. Гравитационный потенциал ведомой массы отстаёт от ведущей, поэтому ведущая масса оказывается под воздействием уменьшенной силы от притяжения ведомой. Поэтому она так же не будет уравновешена силой сжатия стержня, и стержень будет толкать эту массу вперёд. Выходит, что стержень под воздействием этих неожиданных сил начнёт ускоряться. Причём, из состояния покоя стержень сам в движение не

придёт, ему необходимо дать некоторую начальную скорость вдоль его оси.

Конечно, можно возразить: дополнительная сила притяжения просто сожмёт стержень, и он станет короче. Но этого не может произойти. Деформация отстающего конца стержня постепенно (не быстрее скорости света) передаётся на его передний край, конец стержня будет стремиться переместиться вперёд. Этому будет препятствовать ведущая масса. За счёт чего? Сила притяжения этой массы от отстающего тела всегда меньше той, что соответствует исходной, "несжатой" длине стержня, поскольку для ведущей массы расстояние до ведомой "кажется" более длинным. Поэтому в ведущей, передней по движению массы не появится дополнительной силы, чтобы компенсировать возросшую силу давления от связующего стержня.

Давайте схематично оценим величину этих сил и возникшего от их действия ускорения. В состоянии покоя массы притягиваются с силой согласно закону Ньютона:

$$F = G \frac{m^2}{r^2}$$

где

F – сила притяжения точечных масс;

m – массы на концах стержня;

r – длина стержня;

G – гравитационная постоянная.

Путь стержень движется со скоростью v вдоль своей оси. За некоторый момент времени ведущая масса переместится из точки a в точку a' , а ведомая – из точки b в точку b' . Из точки a' гравитационный потенциал ведущей массы начал создавать обновленные значения поля в направлении ведомой массы со скоростью света – c . До того момента, когда фронт прибудет в точку b' , там "действует" прежнее, большее значение потенциала.

Ведомая масса движется навстречу этому фронту со

скоростью v , находясь в поле с последним значением потенциала. Поскольку на начало движения расстояние между массами было равно r , фронт от ведущей массы встретится с ведомой массой в точке, отмеченной красной чертой, через время $t = r / (c + v)$.

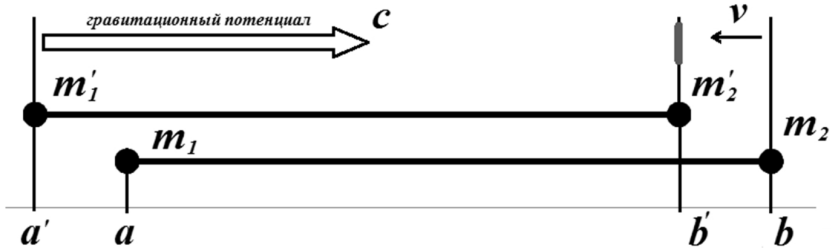


Рис.6.31. Масса в конце движущегося стержня испытывают силу, как если бы длина стержня была меньше исходной

За это время ведомая масса приблизится к точке, из которой началось движение фронта нового значения потенциала, на расстояние $b - b' = r l = vt = rv / (c + v)$. Следовательно, ведомая масса окажется в точке с потенциалом, соответствующим этому изменённому расстоянию

$$r_2 = r - r_1 = r - \frac{rv}{c + v} = r \times \left(1 - \frac{v}{c + v} \right)$$

В дальнейших расчетах будем скорость движения стержня измерять в долях от скорости света $v = kc$, назвав для наглядности эту безразмерную величину k той же буквой v , что и размерную скорость стержня:

$$r_2 = r \times \left(1 - \frac{kc}{c + kc} \right) = r \times \left(1 - \frac{k}{1 + k} \right) = r \left(\frac{1 + k - k}{1 + k} \right) = \frac{r}{1 + k} = \frac{r}{1 + v}$$

Итак, мы видим, что при движении стержня массы m на его концах притягиваются с силой, которая соответствует уменьшенной длине стержня. Эта сила притяжения равна:

$$F_1 = G \frac{m^2}{r^2} \times (1 + v)^2$$

Дополнительная сила, не уравновешенная сжатым свя-

зующим стержнем, таким образом, равна:

$$\begin{aligned}\Delta F &= F_1 - F = G \frac{m^2}{r^2} \times (1+v)^2 - G \frac{m^2}{r^2} = \\ &= G \frac{m^2}{r^2} (1 + 2v + v^2 - 1) = Gv(1+v) \frac{m^2}{r^2}\end{aligned}$$

Сила эта, следовательно, приводит к ускоренному движению ведомой массы с ускорением:

$$a = \frac{\Delta F}{m} = G \frac{m}{r^2} v(1+v) \approx Gv \frac{m}{r^2}$$

Казалось бы, нам при вычислении ускорения следовало взять удвоенную массу, поскольку это и есть масса всего стержня. Но очевидно, что точно такая же сила действует и на ведущую массу, приводя её в точно такое же ускоренное движение, что, в конечном итоге, приведёт к полученному выражению.

Итак, мы обнаружили довольно странный эффект: к стержню не прикладывается никаких внешних сил, а он движется ускоренно! Причём эффект, имеющий строгое математическое обоснование. Такое движение явно выглядит как безопорное или, как его иногда называют, эфиропорное.

Парадокс? Нет!

Однако, строгие правила теории относительности требуют в обязательном порядке проверить выкладки и с точки зрения другой системы отсчета. И здесь нас, как может показаться, встречает неприятная неожиданность. Действительно, с точки зрения системы отсчета стержня, которая вроде бы должна считаться инерциальной, расстояние между массами неизменно, ничто не мешает гравитационному потенциалу, однажды распространившись, остаться неизменным навсегда. То есть, с точки зрения мгновенно сопутствующей ИСО (МСИСО) стержня исчезает причина для ускоренного движения. Налицо явные признаки парадокса: теория относительности для двух разных систем отсчета даёт

два взаимоисключающих предсказания. В лабораторной, неподвижной системе отсчета мы вычислили ускорение, с которым, якобы, должен двигаться стержень с массами на концах, а в системе отсчета стержня мы не обнаружили никаких сил, способных привести стержень в ускоренное движение.

Однако, это кажущийся парадокс. Таких взаимоисключающих предсказаний специальная теория относительности не делает. Хотя бы потому, что она делает только одно предсказание: с точки зрения неподвижной, Земной системы отсчета. В этой ИСО мы и получили эффект ускоренного движения без приложения внешней силы.

А как же в системе отсчета стержня? Почему мы лишаем специальную теорию относительности права сделать не подходящее для нас предсказание? Дело в том, что на самом деле система отсчета стержня не является инерциальной. Действительно, наблюдатель, находящийся на стержне легко обнаружит, что там действуют эквивалентные силы гравитации. Помимо сил гравитации, создаваемых массами на концах стержня. Все свободно висающие предметы будут постепенно перемещаться к ведомой массе. Если их принудительно переместить к ведущей, то они всё равно переместятся обратно – к ведомой. Если взять пружинный динамометр, то он обязательно вытянется вдоль стержня и будет показывать некоторую силу. Здесь мы оставляем без внимания тот факт, что дополнительная сила существенно меньше сил притяжения масс.

Ну, так и что с того? Мы здесь имеем некоторое подобие парадокса близнецов. Да, с точки зрения специальной теории относительности в системе отсчета стержня нет никаких сил, приводящих его в ускоренное движение. Но есть загадочная сила, не имеющая видимого источника. Ускоренное движение не анализируется здесь по правилам, законам специальной теории относительности, но это не означает, что другие законы не действуют.

Тем не менее, рассмотрим все-таки ситуацию с точки зрения МСИСО стержня. Очевидно, внешней для него ИСО

будет окружающее пространство, и на него распространяются все эффекты СТО. С чем в этом случае взаимодействует стержень? Будем считать, что гравитационное поле – это не эфемерная субстанция, некое объёмное в виде облака притягивающее поле. Пусть это будут частицы, гравитоны, что, вообще-то, достаточно правомерно, скорость которых, равная скорости света, является инвариантом. Тогда, покинув свой источник, они продолжают движение самостоятельно, образуя свою собственную своеобразную ИСО. В этом случае с точки зрения стержня эта гравитонная ИСО испытает лоренцево сокращение. Предположим, что стержень движется со скоростью $0,87c$, при которой лоренцев коэффициент сжатия равен ровно 2. Следовательно, в момент испускания гравитонов ведущей массой, для ведомой удалённость до них будет в 2 раза меньше и, соответственно, гравитационный потенциал от этих гравитонов окажется в 4 раза больше. Однако, в ИСО стержня все расстояния неизменны, поэтому должен возникнуть дисбаланс сил: ньютоновской и релятивистской. Рано или поздно, добавочная сила от ведомой массы по стержню будет передана ведущей массе.

Но и для ведущей массы такие же гравитоны от ведомой массы окажутся ближе в 2 раза и поэтому, похоже, две равные силы просто компенсируют друг друга, просто приведя к дополнительному сжатию стержня. Однако, здесь мы обязаны учесть еще один релятивистский эффект, раз уж мы наделили гравитоны инвариантной скоростью. Это эффект доплеровского красного смещения. Поскольку гравитоны ведомой массы отстают от ведущей, следовательно, по отношению к ней испытывают красное смещение, что эквивалентно уменьшению их энергии. Напротив, гравитоны ведущей массы движутся навстречу ведомой, поэтому испытывают синее доплеровское смещение, что эквивалентно увеличению их энергии. То есть, ведомая масса получит более энергичные гравитоны, чем ведущая. И это приведет к дисбалансу сил.

Таким образом, с точки зрения СТО мы приходим к непротиворечивым выводам в пользу ускоренного движения

стержня. Но кто же этот загадочный источник ускорения? Как ни странно, он тоже в недрах специальной теории относительности. Это второй постулат (принцип) теории. Прямым следствием из этого принципа является предельность скорости любого сигнала, в том числе и скорости распространения фронта гравитационного поля.

Никакого безопорного или эфиропорного движения в данном случае фактически нет. Есть удивительный эффект возникновения разницы сил из-за того, что тянущая сила не успевает уменьшиться при удалении притягивающего тела. Притягивающее тело удалилось, и сила притяжения, казалось бы, должна уменьшиться. Но эффект снижения силы притяжения приходит к ведомому телу с опозданием и оно не знает, что источник силы удалился, поэтому "чувствует" увеличившуюся силу притяжения, как если бы оно и на самом деле приблизилось к неподвижному притягивающему телу.

Гравитационный двигатель космолета

Тот факт, что для ускорения тел не требуется внешних сил, позволяет попытаться использовать его для космических перелетов, хотя, конечно, аналитические выкладки выполнены весьма поверхностно, схематично, и вполне могут оказаться неточными. Обнаруженные ускоряющие силы чрезвычайно малы, но космические расстояния велики настолько, что длительность перелетов будет составлять многие годы. Поэтому за длительное время скорость может увеличиться до таких значений, которые, возможно, будут недостижимы для традиционных энергопотребляющих двигателей космолетов.

Оценим возможность достижения скоростей, приемлемых для космических перелетов за приемлемое время. Пусть космолёт представляет собой легкий стержень длиной 1 000 метров, на концах которого закреплены отсеки, массой 1 000 тонн каждый. С помощью обычных двигателей и гравитационных маневров разгоним этот космолёт до скорости 10 000 м/сек. Возникшее при этом начальное гравитационное самоускорение составит:

$$a = Gv \frac{m}{r^2} = G \times \frac{v}{c} \times \frac{m}{r^2} =$$

$$= 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{10'000}{299'792'458} \times \frac{1'000'000}{1'000^2} = 2,2 \times 10^{-15} \text{ м/сек}^2$$

Это ускорение вызывает увеличение скорости космолёта. Для простоты произведём анализ этой скорости следующим образом. Пусть начальная скорость космолёта увеличивается каждую секунду на некоторую величину и составляет:

$$v_1 = v_0 + at = v_0 + Gv_0 \frac{m}{r^2} t = v_0 + v_0 kt = v_0 (1 + kt)$$

Здесь мы заменили константой k неизменные параметры космолёта. На первой секунде возрастание скорости происходило от начального значения v_0 и соответствующего этой скорости ускорения. Во вторую секунду скорость возрастает от нового значения скорости v_1 :

$$v_2 = v_1 + v_1 kt = v_1 (1 + kt) = v_0 (1 + kt)^2$$

Соответственно, третье значение скорости составит:

$$v_3 = v_2 + v_2 kt = v_2 (1 + kt) = v_0 (1 + kt)^3$$

Таким образом, каждое последующее n -ное значение скорости будет равно:

$$v_n = v_{n-1} + v_{n-1} kf = v_{n-1} (1 + kf) = v_0 (1 + kf)^n$$

В уравнении величина $kt \ll 1$, поэтому можно заменить это выражение приближенной формулой:

$$v_n = v_0 (1 + kt)^n \approx v_0 (1 + ktn)$$

Найдём отношение конечной и начальной скоростей, чтобы увидеть, насколько возросла скорость:

$$\frac{v_n}{v_0} = 1 + ktn$$

Видим, что для удвоения скорости космолёта необходимо время, численно равное $n = 1/kt$. И здесь мы видим, что малость величины k требует очень длительного времени на разгон. Например, для принятых выше значений параметров

космолета величина k равна:

$$k = G \frac{m}{r^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1'000'000}{1'000^2} = 6,67 \times 10^{-11}$$

Следовательно, для удвоения скорости космолёта при заданном значении $t=1$ необходим почти миллиард секунд или:

$$n = \frac{1}{k} = 6,67 \times 10^{11} \text{ сек} = \frac{6,67 \times 10^{11}}{3'600 \times 24 \times 365} \approx 21'150 \text{ лет}$$

И это только для удвоения начальной скорости. Для того чтобы скорость возросла в 30'000 раз и приблизилась к скорости света, необходимо время почти в миллиард лет. Попробуем изменить параметры космолёта, чтобы сократить это время. Пусть космолёт имеет вид двух "бубликов" большого диаметра, соединённых лёгкими перемычками длиной 100 метров. Массу каждого из бубликов примем равной 100'000 тонн, что примерно в два раза больше массы океанского лайнера "Титаник". В этом случае величина константы k будет равна:

$$k = G \frac{m}{r^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{100'000'000}{1'00^2} = 6,67 \times 10^{-7}$$

Соответственно, время на удвоение скорости составит:

$$n = \frac{1}{k} = 6,67 \times 10^7 \text{ сек} = \frac{6,67 \times 10^7}{3'600 \times 24 \times 365} \approx 2 \text{ года}$$

Это заметно лучший показатель. Для достижения гравитационным самоускоряющимся "двигателем" скорости, близкой к скорости света, в рассмотренном случае понадобится около 60'000 лет. Увеличение массы космолёта в 1'000 раз, до 100'000'000 тонн на каждый "бублик" (примерно 2'000 "Титаников"), сократит этот срок до 60 лет. Космолёт должен двигаться вдоль центральной оси "бубликов", которые в процессе движения могут вращаться, чтобы создавать эффект искусственной силы тяжести в отсеках, хотя и сама масса такого космолета будет создавать какую-то минимальную силу притяжения. Форма бубликов уменьшает торцевую поверхность космолёта и уменьшает опасность повреждения

встречными космическими телами. Кроме того, передний бублик может иметь утолщенную поверхность.

Понятно, что построить такой космолёт в космосе, а затем разогнать его до достаточно большой скорости в 10⁷000 м/сек – задача технически весьма трудная. Но в принципе разрешимая. В частности, в качестве связанных друг с другом "бубликов" можно использовать пойманные в космосе астероиды. Очевидно, идея имеет хотя и реалистичный, но при этом совершенно фантастический вид, и представляет, скорее, лишь теоретический интерес.

7. Пророки и экстрасенсы – как они это делают

На протяжении многих веков желание узнать, предсказать будущее вызывает у человечества огромный интерес. Но здесь и сейчас сразу же может возникнуть вопрос: а какое отношение к рассматриваемой здесь теории относительности имеют пророки? В основной своей массе они вообще не движутся, сидят в удобных креслах, а то и вовсе – спят. Однако, задавшись другим вопросом: как пророкам удается предсказывать будущее, мы сразу же обнаружим параллель с движением во времени сверхсветовых сигналов и тахионов.

Если внимательно присмотреться к сущности пророчества, предсказания, то можно заметить причинно-следственную связку. Есть два события: собственно предсказываемое событие и его описание, текст предсказания. Понятие текста следует рассматривать в самом широком смысле: буквенный, голосовой, образный, видения и тому подобное. Эти два события можно обозначить как причину и следствие. Очевидно, что причиной следует признать событие, а предсказание – следствием. Тогда получается, что по времени предсказание предшествует событию. Вот эту обратную временную связь и можно обозначить как действительное, истинное предсказание события.

Сразу же предвзятый, скрупулезный анализ позволяет сделать три и только три логически цельные, последовательные, кардинально отличающиеся друг от друга предположения. Для ещё не наступившего события, события в будущем действительное, *настоящее предсказание* возможно лишь только при непосредственном, прямом взгляде на эти предсказываемые события. Нужно обязательно попасть в предсказываемое будущее, увидеть это событие и обязательно вернуться обратно в прошлое. Такое предсказание строго "обязательно к исполнению", оно не может не сбыться, поскольку иначе увиденное в будущем теряет всякий смысл. Факты весьма достоверных предсказаний будущего, когда

предсказание совпало с событием, при таком предположении можно определенно рассматривать как свидетельства в пользу *таххионной* теории относительности с её сигнализацией в прошлое. Если в принципе или гипотетически возможно перемещение *текста пророчества* во времени, то возражения против таких же перемещений, предсказываемых теорией относительности, уже не столь убедительны. Понятно, что причинные аномалии в этом случае по-прежнему остаются. Как следствие сразу же возникает дилемма: опираться на ненаучные, мистические предположения, содержащие парадоксы и абсурды, или на философский детерминизм, исключаяющий нарушение причинности, петли времени и, следовательно, приводящее к ним движение во времени в прошлое.

С учетом этого, более реалистичным физически и философски выглядит второе предположение – *угадывание* будущего с использованием какого-либо логического, математического расчета, вычисления, причем сам механизм этого вычисления может быть спрятан под ширмой интуиции. Такое угаданное будущее - всего лишь прогноз и, очевидно, не является обязательным к осуществлению, фатальным. Наконец, третьим вариантом является формирование будущего на основе пророчества. Конечно, в свете известных сбывшихся пророчеств такой вариант выглядит весьма фантастически. Некое видение пророка загадочным образом приводит в действие какие-то механизмы, которые изменяют всевозможные траектории движения и перемещают предметы, ломают технику, изменяют течение химических, физических, биологических процессов, в результате чего формируется предсказанное событие.

Реальное путешествие в будущее с возвращением всегда связано с парадоксами. Вместе с тем, есть несколько как бы научно обоснованных способов попасть в будущее и вернуться: движение со сверхсветовой скоростью либо самого пророка, либо, вероятно, его "мысленного взора"; путешествие под горизонт событий Черной дыры, в частности, вра-

щающейся или заряженной, как это демонстрируется на диаграммах Пенроуза; кротовая нора. Прочие, не имеющие научного обоснования перемещения во времени, рассматривать не имеет смысла: всевозможные зеленые туманы в лощинах или магические озера, похищения инопланетянами и другие подобные варианты.

Все эти парадоксы непосредственно возникают в результате нарушения причинно-следственных отношений, нарушения философского закона детерминизма. Следует отметить, что в последние годы в физической и научной литературе такие утверждения, фактически отвергающие философский детерминизм, стали не редкостью. Считается, что экспериментальные данные и аналитические выкладки доказывают нарушение причинно-следственных отношений. Например, нарушение причинности в микромире, в квантовых явлениях. И уж тем более как реальные свидетельства таких нарушений рассматриваются паранормальные явления, хотя и не относящиеся к области научных исследований.

Таким образом, неизбежной, необходимой и крайне актуальной становится критика внесения в научное знание мистических взглядов, поскольку такие взгляды препятствуют его последовательному развитию, приводят к созданию моделей, не имеющих к науке никакого отношения. Тем более, что мистификация науки на современном этапе не только не снижается, но, напротив, становится всё более глубокой, а нередко и неприкрытой. Например, к одному из ярчайших примеров такой мистификации определенно следует отнести общепринятую трактовку квантовой нелокальности. В физике она фактически не имеет строгого научного обоснования, описания, а просто принимается как факт, отражающий, по сути, "взаимодействие без взаимодействия". Всё больше наукоподобных гипотез обосновывают возможность создания машин времени, причём в их основу кладутся главенствующие физические теории современности – теория относительности и квантовая механика. Путешествие в прошлое в результате сверхсветовых перемещений или через "кротовые

норы" и черные дыры. Физическая сингулярность Большого Взрыва как образец волшебного возникновения из ничего и последующего практически мгновенного инфляционного расширения. Гравитационные сингулярности, противоречащие самой теории относительности, в формализме которой они и возникли. Все эти и множество других явлений, в той или иной степени допускающие перемещение во времени, следует определённо квалифицировать как антинаучные, лженаучные.

Очевидно, потребуется немало усилий, чтобы на основе логического анализа показать противоречивый характер всех этих парадоксальных явлений, материалов, многократно представленных в литературе и средствах массовой информации, посредством логических рассуждений показать *невозможность* обоснования этих явлений в рамках формализма существующих общепризнанных наук, в частности, физики, математики и философии. В основу таких рассуждений должен быть положен принцип нерушимости причинно-следственных отношений, принцип всеобщего детерминизма. Любое перемещение в прошлое всегда, в обязательном порядке приводит к неустранимому логическому противоречию, парадоксу, абсурду.

Таким образом, с учетом сказанного, и из феноменов предсказания и ему подобных также важно исключить всякое "заглядывание" в будущее заменив его, например, на способность к прогностическим вычислениям реальной материальной субстанции - мыслящего существа или, скажем, некоего "коллективного разума", как одного из физически возможных вариантов, который при этом не подразумевает существования какого-либо абстрактного идеалистического Всемирного или Космического Сознания.

Детерминизм и пророки

Прогнозировать, а не описывать достоверно события будущего после его посещения, может и должна только ма-

териальная структура, безусловно подчиняющаяся закону детерминизма. Очевидно, что создавать такие прогнозы может только достаточно высоко организованная материя. Несомненно, что самой сложной структурой вещества во Вселенной является структура биологическая, наиболее сложная из которых - мозг. Сложность этой структуры такова, что в ней возникла принципиально отличная от вещественной, механической форма движения материи – сознание. Это крайне важное обстоятельство: именно сложность структуры и ничто иное приводит к возникновению у неё такого удивительного свойства как сознание. С точки зрения концепции детерминизма и причинно-следственных связей все процессы в мозгу являются предопределёнными, строго закономерными, даже фатальными. Это тождественно утверждению, что никакой свободы воли не существует. Однако, сложность строения мозга и его многоуровневая структура в материальном мире исключают какую бы то ни было возможность описать и, тем более, предсказать ход процессов в нём. Полное, детальное описание этих процессов невозможно, поскольку оно потребовало бы наличия материи в ещё большем количестве, чем исходная описываемая материя. Материя безгранична в пространстве и во времени, она вечна и бесконечна, поэтому такое "рекурсивное" её увеличение по определению не может иметь завершения. Другими словами, любое исчерпывающее описание какого-либо процесса в свою очередь само требует описания и так до бесконечности.

Невозможность полного описания *любого* процесса позволяет, и даже требует рассматривать его детерминизм, предопределённость как имеющий непротиворечиво случайный, вероятностный характер, поскольку для любого конечного (по объёму) описания всегда будут исключены из рассмотрения причинные процессы более раннего периода.

По этой причине и невероятной сложности структуры мозга, несомненно, и возникает невозможность сделать полное описание всех его свойств. Возникновение сознания – наиболее яркое из этих свойств. При всём уважении к раз-

личным представлениям о функционировании мозга, следует честно признать, что свойство сознания, мышления – это исключительно, однозначно, определённо свойства мозга. Ссылки на некий Вселенский разум, частью которого якобы является сознание отдельного человека, следует отнести к сфере мистики, религии, идеалистических философских взглядов, считая их чуждыми научному знанию.

Невозможность полного описания всех свойств и возможностей мозга вполне обоснованно и логично требует допустить наличие у него и таких свойств, о которых мы пока не имеем не только ясного представления, но даже каких-либо явно сформулированных гипотез. В этой связи нет никаких видимых препятствий для рассмотрения феноменов пророчества, оракулов, экстрасенсорных способностей, телепатии и тому подобное под этим углом зрения. Очевидно и бесспорно, что все эти феномены имеют неотъемлемое отношение к мозговой деятельности. Только биологическое образование, обладающее мозгом способно создавать в той или иной форме информацию, относящуюся к перечисленным или подобным феноменам.

Вместе с тем, один из феноменов, пророчество имеет свойства, трактуемые явно ненаучным образом, противоречащим и детерминизму и причинно-следственным связям. В случае последовательной, буквальной интерпретации феномена как заглядывания в будущее, его посещения, он точно так же, как и релятивистская сверхсветовая коммуникация, приводит к возникновению причинно-следственных парадоксов перемещения во времени. Хотя эти парадоксы оракулов и не столь "влиятельны" в научном мире, поскольку относятся к переносу, приёму или передаче информации, неких сведений. Однако, эти сведения чаще всего актуализируются лишь после того, когда они уже не могут внести изменения в естественный ход истории. И это позволяет выдвинуть еще одну гипотезу, которая хотя бы отчасти может снять запрет на путешествия во времени, машины времени. Здесь заметно сходство с квантовой нелокальностью. Хотя между кванто-

выми запутанными частицами и просматривается некая информационная связь, но передать с её помощью информацию невозможно. Аналогично, парадоксы перемещения во времени не могут возникнуть, например, потому что информация, переданная из будущего в прошлое:

а) в принципе не может быть *расшифрована настолько*, чтобы изменить естественный ход событий;

б) может быть только такой, что "передатчик" не получит *ответной* реакции. Другими словами, это содержание пункта а) для "приемника" в прошлом.

Другими словами, любое путешествие в прошлое или будущее с возвратом по неким неизвестным, нелокальным причинам не может изменить естественный ход событий, исключаящий такие путешествия. Отметим, что любое логически обоснованное предсказание, пророчество неизбежно содержит в себе элемент путешествия в *прошлое*. Казалось бы, действительное пророчество – это "взгляд в будущее", причём же здесь путешествие в прошлое? Суть в переносе информации, текста пророчества в прошлое. При этом любое перемещение в будущее само по себе не создаёт явных парадоксов, поскольку видимых нарушений законов сохранения, причинности не возникает. С другой стороны, на первый взгляд, перенос *информации* из будущего в прошлое, если не образуются петли времени, тоже не должен создавать проблем. Однако, здесь явно обнаруживается перенос вещества, материи из будущего в прошлое, поскольку любая информация неотделима от своего материального носителя.

Конечно, можно сослаться на принцип необязательности хода истории по предсказанному пути, на основании информации из будущего, на его "рекомендательный" характер. Но в этом случае разрушается смысл понятия "предсказания". То, что предсказано, но не сбылось, какое же это предсказание, пророчество? И произошло бы это событие, если бы оно не было предсказано?

Отсюда можно выдвинуть предположение, что любое из известных предсказаний – это своеобразный аналитический,

то есть, вычисленный *прогноз* развития событий, а не информация, *определённо* взятая из будущего. В этом, строго говоря, нет никаких противоречий или мистических гипотез. Можно с уверенностью заявить, что каждый из нас регулярно в быту делает некие прогнозы, причём, очень часто они сбываются. Придёт ли Саша на день рождения Маши? Обыграет ли команда А команду Б, причём со счетом 0:1?

Разумеется, это простейшие примеры предсказаний, но они – определённо предсказания. Что их объединяет или разнит с предсказаниями пророков, оракулов, экстрасенсов? Пожалуй, лишь их социальный вес, значимость для некоторой группы людей. Как правило, серьёзные пророки дают свои прогнозы для авторитетных, влиятельных личностей, либо для событий, представляющих общественный интерес. Но-страдамус, Пифия, Ванга, Кейси, Матрона, Вольф Мессинг, Никола Тесла, множество святых старцев – их пророчества и в наши дни вызывают широчайший интерес. Как им удалось сделать предсказания, которые, как считается, сбылись?

Можно заметить, что практически все предсказания являются туманными, мутными, то есть чаще всего сложно догадаться, что же именно предсказано. И, напротив, если предсказание более или менее определённое, то оно является довольно-таки широковещательным, то есть, пророчеством, под которое в дальнейшем можно подвести достаточно разнообразными события. Кроме этого, не исключен и вариант игрального кубика. Что-нибудь, да выпадет: под любое более-менее реалистичное предсказание рано или поздно можно будет подогнать какое-либо фактическое событие. Однако, это совсем уж неприглядный случай. Нас должно интересовать в первую очередь предсказание, которое было бы очень сложно, предвзято назвать случайным совпадением или "просто очень похожим".

Скажем, загадочное предсказание Ванги "Курск окажется под водой, и весь мир будет его оплакивать". Подводная лодка "Курск" в результате аварии затонула, погибло свыше ста подводников. Для простого сходства практически

нет никаких оснований. Считается, что сбылось почти 80% из всех предсказаний Ванги. Это предсказание, видимо, первоначально отнесли к оставшимся 20%. Можно ли было предотвратить трагедию, верно истолковав предсказание? Нет оснований сомневаться в этом.

Или предсказание Нострадамуса, которое удалось расшифровать, как и многие его другие предсказания, лишь после наступления события: атаку на башни – близнецы в Соединенных Штатах. Даже самый критический, предвзятый подход к качеству перевода предсказания не может избавить от ощущения практически стопроцентной точности описания событий 11-го сентября. И опять же: если бы удалось верно трактовать этот катрен, была бы предотвращена атака на башни? Вероятность этого очень высока.

Наконец, труды по расшифровке так называемого кода Библии. В результате строгого алгоритмического анализа её текста возникает неизбежный вывод: библия содержит предсказания событий далёкого будущего. Упоминаются в ней в зашифрованном виде и атака на башни – близнецы, и убийство видного политического деятеля и некие другие события. Отрицать факт пророчества крайне сложно. Правда, тексты собственно пророчеств предельно лаконичны и невелики по объему, и предотвратить негативные события по ним было бы крайне сложно.

При всём при этом явно напрашивается вывод: пророчества – это заметно достоверные сведения, взятые не где-нибудь, а в будущем, в исторической точке времени, когда предсказываемое событие должно произойти и происходит практически строго в соответствии с предсказанием. Пророк, оракул непонятным образом перемещается во времени, наблюдает какие-то события и возвращается обратно в прошлое. Возникает ощущение, что нет вообще никаких других вариантов описания феномена.

Однако, присмотримся к некоторым другим предсказательным описаниям, которые по многим признакам схожи с теми, что описывают пророки. В наши дни существует целый

ряд математических задач, для решения которых создаются всё более и более мощные суперкомпьютеры. Примером такой крайне сложной задачи является предсказание погоды. Судя по доступной информации, это едва ли не главная задача для современных суперкомпьютеров. Но кроме неё производятся вычисления и для других физических явлений. Например, известно мнение, что Соединённые Штаты согласились на прекращение ядерных испытаний потому, что удалось получить решение этой задачи на суперкомпьютере.

Также на компьютерах моделируется множество космологических задач: поведение чёрных дыр, эволюция галактик и даже эволюция всей Вселенной от Большого Взрыва до наших дней. С помощью компьютеров делаются предсказания поведения галактик, содержащих темную материю. Все эти примеры определённо выглядят как предсказания, пророчества, поскольку они получают результат развития во времени. Во многих случаях предсказания в точности показывают результат, полученный на основе конкретных астрономических наблюдений.

Что это означает? Во всех этих примерах пророчеством оказывается строго математическое решение какой-либо конкретной задачи. Такие предсказания имеют в астрономии давнюю историю. Предсказываются появления комет на много десятилетий вперёд, места появления планет и даже места появления планет до той поры неизвестных. Всё это – практически пророчества, предсказания, в своей сути мало чем отличающиеся от других, социальных и личностных пророчеств.

Отрицать такое сходство двух видов пророчеств нет веских оснований. Но возникает естественный вопрос: каким таким "компьютером" пользуются оракулы, пророки? Все они имеют лишь один орган для каких-либо вычислений – собственный мозг. Да, это так. И вероятнее всего именно этот мозг является либо тем самым суперкомпьютером, на котором пророки делают свои предсказания, либо одним из его элементов.

Но почему таких предсказаний не делает каждый из нас? И как им, пророкам удаётся решить, несомненно, крайне сложную задачу по прогнозированию дальних событий, если нередко мозг не позволяет решить даже простенькую математическую задачку? В любом случае нам следует еще раз определённо заявить, что любое *предсказание* представляет собой только один из трех вариантов: это либо *путешествие* во времени (в будущее и назад); либо это алгоритмический *расчёт* ожидаемых событий, исходя из имеющихся начальных данных и известных законов развития природы и общества; либо это воздействие на процессы исторического развития, формирующее предсказанное. Не существует иных разумных описаний этих процессов во всей полноте. При этом главнейшим законом природы и философии следует считать закон детерминизма и, как следствие этого закона, причинно-следственные отношения с безусловным отрицанием абсолютных случайностей. И тогда из этого прямо следует, что единственным разумным, свободным от мистики и идеализма объяснением пророчеств, предсказаний могут быть только алгоритмический расчёт, либо воздействие на реальность. Только такие прогнозы не имеют никаких принципиальных противоречий с законами природы.

Очевидно, сложность таких предсказательных вычислений может превосходить все мыслимые представления о них. И тем более – воздействие на реальность. Но ни то, ни другое сами по себе тоже не приводят ни к каким логическим противоречиям или парадоксам

Гипотеза о прогностических способностях мозга

Следует признать, что вычислительные, прогностические способности мозга превосходят возможности суперкомпьютеров существенно больше, чем сложность мозга превосходит сложность суперкомпьютера. Но в обычном состоянии человека эти способности к сверхвычислениям ему недоступны в форме осознанных рассуждений. Однако, из-

вестно так называемое изменённое состояние сознания. Не будем вдаваться в детали этого явления, и сводить исключительно к нему глубинные способности мозга, отметим лишь его декларируемое свойство: в этом состоянии человек способен существенно активизировать свои мыслительные способности. К схожим эффектам могут приводить также и определённые биохимические воздействия на мозг. Известна, например, гипотеза о прорицательнице Пифии, способности которой проявлялись в определённом месте, где, как предполагается, происходили выделения каких-то вулканических газов, в результате чего прорицательница впадала в состояние пророческих видений.

Сформулированное соотношение можно назвать минимальным превосходством мозга. Но следует рассмотреть и соотношение следующего уровня. Современные компьютеры являются многопроцессорными, такие сказочные трехглавые или двенадцатиглавые драконы. Кроме того, они могут быть объединены в сложные компьютерные сети, что ещё больше увеличивает их вычислительную мощность. В качестве такой же сети можно предположить некую, видимо, *нелокальную* связь между сознанием множества людей и не только их. Каким образом они объединяют свои мыслительные способности, сказать сложно. Кроме того, обнаружить такую связь в настоящее время ещё никому не удалось. Однако, физических противоречий в такой связи нет. Условно говоря, всю совокупность биологических объектов на Земле, имеющих как минимум нервную систему, можно рассматривать как своеобразный всепланетный муравейник или пчелиный рой, все члены которого состоят в некоторой нелокальной связи. Ни божественного провидения, ни святого духа, ни *перемещения во времени* и пространстве для таких коммуникаций не требуется. Повторим, что речь не идёт о некоем Вселенском или даже божественном разуме.

Главной способностью прорицателей в этом случае следует считать их врождённую, приобретённую или выработанную способность извлекать информацию из этой мно-

гомозговой вычислительной сети. Само предсказание является исключительно математическим и вероятностным, стохастическим решением эволюционной задачи от исходного момента времени до некоторого социально-значимого события. Очевидно, сам процесс вычислений скрыт от прорицателя и представляет собой некие подсознательные ожидания развития событий множеством сознаний.

Направление развития, эволюции, несомненно, зависит от фантазии каждого из сознаний, входящих в такую гипотетическую мыслительную нелокальную сеть. Все они синхронизируют друг друга, давая, в конечном счете, некоторый усреднённый результат. Осознать, уловить этот результат – главная задача оракула. Но во всех вариантах этот результат является следствием объединённого мыслительного процесса множества сознаний в изменённых состояниях.

Итак, феномен предсказателя, пророка, прорицателя, оракула является проявлением скрытой сверхмощной вычислительной способности человеческого мозга в возможном объединённом состоянии, нелокальной связи множества сознаний и любых иных проявлений нервной деятельности. Никола Тесла заявлял, что ощущал связь с неким высшим разумом, каковым мог быть такой объединённый интеллект. Никаких мистических псевдонаучных релятивистских и им подобных перемещений во времени не требуется.

Экстрасенсорика. Подобный механизм можно проследить и в феномене экстрасенсорики. Здесь также вероятно проявление нелокального объединения мыслительных способностей множества сознаний. Как вариант, в этом случае возможно присутствие также и, назовём их так, компетентных информаторов. Это, по сути, прямые или косвенные участники исследуемых экстрасенсом событий.

Скажем, расследование какого-либо трагического случая. Квалифицированный или, как обычно говорят, обладающий даром экстрасенс подсознательно, на уровне видений, ощущений "подключается" к нелокальной мыслительной сети. Одним из абонентов этой сети всегда может оказаться

компетентный информатор, то есть, человек, который либо сам принимал непосредственное участие в расследуемых событиях, либо связан с теми, кто в них участвовал. Или даже любое иное существо, обладающее мозгом или примитивной нервной системой.

Не отдавая себе отчёта, подсознательно информатор передаёт всё, что ему известно, экстрасенсу, главная задача которого в этом случае – правильно принять эту информацию. Понятно, что это, в свою очередь, зависит и от его способностей. В этой связи следует отметить некорректность некоторых экстрасенсорных экспериментов, наподобие телевизионной программы "Битва экстрасенсов". В этих экспериментах квалифицированный информатор всегда находится рядом с тестируемым экстрасенсом, что заметно облегчает его работу. Конечно, в данном случае речь не идёт о простом чтении мыслей или подобных подсказках.

Что касается восприятия информации о событиях, не менее существенной частью экстрасенсорных способностей является, скажем, сверхчувственное восприятие, то есть, восприятие некими органами чувств, отличающимися от известных органов чувств человека. Такие восприятия можно, с одной стороны, обозначить как своеобразное подключение к органам чувств какого-либо абонента или абонентов нелокальной мыслительной сети. С другой стороны это восприятие может быть своеобразным ощущением наподобие воспоминания, также полученного от удалённых абонентов. Скажем, экстрасенс слышит голоса, видит образы, ощущает тепло или холод – всё это ощущения, воспоминания компетентных информаторов. Сюда можно отнести и известные явления видений в состоянии клинической смерти, комы. Любые обстоятельства, наблюдаемые душой умершего, кем-то наблюдались или создавались.

Телепатия. Сравнительно просто в рассматриваемой модели можно описать феномен телепатии, то есть передачи мыслей на расстоянии без помощи физических органов чувств. В случае телепатии принимающий (реципиент) и пе-

редающий (редуктор) участники сеанса вступают в некое подобие прямой или частично опосредованной мыслительной нелокальной связи. Здесь, видимо, более важным являются способности, дар участника, принимающего информацию, читающего мысли. Наиболее ярким и известным представителем телепатов, видимо, следует считать Вольфа Мессинга.

Роль других, присутствующих на сеансе участников, не определена, хотя может состоять в своеобразном усилении сигнала передающего. В такой трактовке, телепатии неосознанно подвергаются все участники мыслительной сети.

В данном феномене явно не присутствуют и не просматриваются явления перемещения во времени и вычислительные способности мыслительной сети. Здесь присутствует главным образом обмен информацией на подсознательном уровне, хотя существуют и трактовки обмена во времени, с будущим или прошлым.

Телекинез. Феномен является, пожалуй, одним из наиболее эффектных проявлений мыслительной деятельности мозга, его созидательной способности – усилием мысли оказывается воздействие на физические объекты. Воздействия, как известно, имеют разную природу. Это может быть простое механическое перемещение объектов, их деформация. Это может быть воздействие на электронные устройства, вызывающее их сбой. Известен опыт с зажиганием электрической лампы. И тому подобное.

Само по себе механическое движение явно свидетельствует о появлении некоторой реальной силы, приложенной к объекту. Вопрос, несомненно, научный, экспериментальный. Сила может иметь как сосредоточенный характер, что было бы несколько странно, либо распределённый, когда к каждой точке перемещаемого объекта приложена своя собственная небольшая часть общего усилия. Это, следует признать, определить в эксперименте можно. Вопрос только в природе этой силы. И здесь вновь можно сделать гипотетическое предположение. При наблюдении за подобными экспериментами можно заметить, что усилие возникает не в неопре-

делённом окружающем пространстве, а чаще всего между руками испытуемого и объектом.

Отсутствие достаточной информации не даёт возможности сделать более определённые предположения о физическом характере силы. Ими могут быть, например, индуцированные электростатические силы, тепловые конвекционные потоки, ультразвуковые вибрации. Источником этих неясных сил могут быть собственные физические усилия испытуемого. Представить себе механизм преобразования мыслительных усилий в механическую силу крайне сложно, но этот механизм имеет прекрасные перспективы для экспериментальных исследований.

Тем не менее, такое силовое взаимодействие некоего нелокального мыслительного поля с физическим телом не выглядит парадоксальным. Оно ничем особенным не отличается, например, от гравитационного взаимодействия тел. Усилие притяжения между телами возникает сквозь пространство, дистанционно. Почему бы подобным свойством не обладать и мыслительной энергии?

Деформация предметов (ложек, например) при телекинезе может иметь ту же природу, что и перемещение предметов. Если в структуре металла возникают разнонаправленные силы, наподобие сил в биметаллической пластине при нагреве, то это неизбежно приведёт к его деформации. Видимо, в этом случае силы, индуцированные мыслительной энергией, должны быть распределёнными по объёму предмета. При этом даже для весьма мягких алюминиевых предметов усилия создаются значительные, что может свидетельствовать о большой мощности нелокальной энергии.

Наиболее интересным явлением телекинеза, видимо, можно признать воздействие коллективного сознания множества людей на электронные генераторы случайных чисел. Учёный Роджер Нельсон запустил длительный проект *Global Consciousness* [114], в котором при помощи сети генераторов случайных событий, расположенных на разных континентах, попробовал уловить движение некоего всемирного разума,

бессознательно формируемого всеми людьми [109]. Машина подсчитывала бинарную вероятность случайных событий, подобных подбрасыванию монеты, которая по теории вероятности должна быть в точности равна $1/2$. Однако, на самом деле эта вероятность оказалась зависимой от мира людей. Так, на самописцах проекта отпечатались отклонения от статистической погрешности, то есть отклонения от $1/2$, во время похорон принцессы Дианы и ряда других событий, горячо переживаемых большими массами, вроде инаугурации Обамы или землетрясения в Италии.

НЛО. Сначала отметим, что у явлений НЛО есть, как можно заметить по имеющимся публикациям, довольно интересная особенность. Во всех многочисленных случаях наблюдения неопознанных летающих объектов можно с уверенностью отметить, что два одинаковых объекта практически не встречаются. Все объекты отличаются друг от друга. Это довольно странно, поскольку если они принадлежат одной и той же цивилизации инопланетян, то какой смысл им иметь такой обширный, разнообразный парк летательных аппаратов? Если же это разные цивилизации, то что-то их многовато для одной крошечной Земли. И, кроме этого, при всём различии НЛО, все они, тем не менее, обладают подозрительно схожими характеристиками и ведут себя чаще всего также схожим образом. Разные цивилизации договорились об этом?

Всё это несколько сомнительные, недостаточно убедительные объяснения. Тогда что можно придумать более реалистичное, правдоподобное? Понятно, что вполне ожидаемо последует предположение о связи НЛО с изобретённой выше моделью нелокальной мыслительной сети.

Допустим, что все случаи НЛО являются следствием мыслительной деятельности человечества. Какие в этом случае можно увидеть противоречия?

Скажем, некий наблюдатель обнаружил НЛО в определённом месте. Почему именно он и именно в этом месте? Очевидно, что о встрече с НЛО он и не помышлял, и его по-

явление для наблюдателя явилось полной неожиданностью, а экстрасенсорные способности у него явно отсутствуют [121]. Объяснением может быть то, что появление НЛО вызвал не этот наблюдатель. Это логично. Но тогда кто его вызвал?

В современной литературе информация об НЛО встречается весьма часто и вызывает у читателя большой интерес и, видимо, активно обсуждается. Поэтому вполне вероятно, что причиной появления НЛО, например, под Булгаково явилось какое-либо обсуждение этой темы как явное, так и подсознательное, причём между участниками, имеющими некоторое отношение к этому району.

О форме НЛО и их "транспортных характеристиках" можно сделать схожее предположение. Практически все они имеют довольно простые геометрические формы, поэтому в мыслительной сети такие формы побеждают, в результате чего НЛО, созданные этой мыслительной сетью, имеют соответствующую форму. Следует признать, что эти НЛО, по всей видимости, не являются ни миражами, ни иллюзиями. Это, что наиболее вероятно, вполне физические, вещественные образования в пространстве.

Обнаружено, что чаще всего НЛО совершают манёвры, недоступные современной технике. До скоростей света, может быть, и не доходит, хотя исчезновение объектов из поля зрения вполне может быть связано именно с такими скоростями. Перемещение объекта в пространстве в этом случае может быть схожим с перемещением тени или светового зайчика. В каждой точке пространства появляется новая физическая копия НЛО, а предыдущая исчезает. Кстати, этим можно объяснить и всегда размытое изображение объектов на публикуемых фотографиях и видеокдрах.

Практически все НЛО оснащены световыми маркерами: мигающие огни по углам, светящиеся иллюминаторы, которые, если задуматься, не имеют для НЛО-навтов определенного смысла. Кого и зачем им нужно предупреждать своими габаритными огнями? Это больше похоже на земные транспортные средства, это так по-земному.

Различные лучи-прожектора, причём довольно часто при свете дня. Возможно, зрение НЛО-навтов находится в другой части электромагнитного спектра, и что для нас является светлым днем, для них – ночь. Но это всё-таки слабый довод: лучи слишком мало похожи на лучи прожекторов, слишком уж мал зачастую диаметр освещаемой ими поверхности.

Может быть, лучи играют роль оружия? Тоже странная гипотеза. Хотя, конечно, у современного читателя и зрителя научно-фантастических произведений такая конструкция НЛО и загадочного луча выглядит очень привычно и привлекательно, он ожидает от пришельцев чего-то именно в таком роде.

Таким образом, довольно странно рассматривать НЛО как транспортное средство пришельцев, которые в этом случае приобретают несколько карикатурный вид. И напротив, предположение о том, что НЛО являются продуктом коллективного воображения на основе литературно созданного образа, достаточно логично. Сам физический объект, таким образом, является мыслеформой коллективного разума мыслительной нелокальной сети.

Как и в предыдущих феноменах, в данной модели явно не просматривается нарушение причинности или перемещение во времени, а лишь материализующие возможности коллективного сознания.

Хрономиражи. Известны множества свидетельств наблюдения крайне реалистичных картин наподобие миража, которые не соответствуют местности, появляются внезапно и так же внезапно исчезают. В некоторых местах, например, появляются картины поселений с явно живыми, движущимися жителями. Слышны их разговоры, различные звуки, характерные для поселений. При этом язык жителей может быть чуждым для наблюдателя, а эпоха может выглядеть древней, отличающейся от эпохи наблюдателя.

Картина может представлять собой также и поле битвы. В этом случае слышны звуки ударов, ржание лошадей, вы-

стрелы, крики. При этом сцена сражения может повторяться в одном и том же виде в разные дни с некоторой периодичностью. После исчезновения видения на его месте не обнаруживается никаких его следов.

Тем не менее, описанные видения, очевидно, не являются миражами, то есть, известным и объясненным реальным физическим (атмосферным) явлением. Как и в рассмотренных выше случаях, здесь может наблюдаться некая оптическая инсталляция мыслительной нелокальной сети. Инициатором и сценаристом может стать некий коллектив абонентов сети, создавших нечто среднее, обобщенный мир из своих подсознательных образов.

По имеющимся описаниям многие из хрономиражей определённо относятся к событиям более или менее далёкого прошлого. Здесь определено просматривается перемещение во времени. Хотя явный контакт между представителями разных эпох не зафиксирован, но сам факт перемещения во времени в принципе допускает возможность влияния будущего на прошлое и нарушение причинности.

С другой стороны, такой неявный контакт может свидетельствовать либо о своеобразном воспоминании о происходящих событиях, либо об их условном, нереальном, то есть выдуманном характере. В этом случае не может быть и речи о каких-то парадоксах времени.

Код Библии. Одним из менее известных примеров перемещения во времени или чтения информации из будущего является так называемый код библии. В первой половине 20 века Иван Панин, русский эмигрант в США, был хорошо известен как сторонник атеизма. В 1882 году он окончил Гарвардский Университет и много экспериментировал с Библией, заменяя буквы греческого и иврита их цифровыми эквивалентами. Стихи, которые он изучил, показали очень сложную математическую схему, которая выглядела намного сложнее, чем то, что мог бы создать человек. Конечно же, как считается, это не могло быть простым совпадением.

После изучения почти полусотни тысяч страниц трудов Панина Комитет по Нобелевским Премиям заявил, что доказательства открытия Панина о божественном происхождении Библии были исчерпывающими.

В процессе исследования математических схем в Библии Панин обратил внимание на комбинации из числа семь. Он заменил слова, предложения и отрывки на их числовые значения и открыл некоторую систему простых чисел, но, в особенности, числа 7.

В частности он обнаружил, что количество слов, начинающихся с гласных или с согласных, кратно семи. Количество слов, встречающиеся несколько раз или лишь раз, общее количество имен собственных, существительных, прилагательных, наречий и т.д., можно разделить на семь [26]. В наши дни существует уникальная возможность проверки результатов Панина с помощью компьютера, причем в более широком спектре кратностей.

В последующие годы были предприняты новые усилия по расшифровке Библии с использованием иных методов поиска информации в тексте. Израильский математик Рипс воспользовался методом, которым пользуются дешифровальщики всех разведок мира. Он искал закономерности и порядок их появления, анализируя данные о расположении и сочетании знаков. С помощью компьютера Рипс отбирал сначала каждую вторую букву, затем каждую третью, каждую четвертую и так далее. В результате появлялась осмысленная информация в виде слов, сочетание которых было явно взаимосвязанным: "Гитлер – Аушвитц", "Шекспир - Макбет – Гамлет", "Эдисон – электричество - электрическая лампочка", "братя Райт – аэроплан".

Профессор Рипс с коллегой сформулировали открытие о том, что в текст книги "Бытие" включена скрытая информация, случайность появления которой практически исключена [64].

Выглядит несомненным, что достоверная, реальная информация о событиях будущего может быть получена

только в результате путешествия во времени: в будущее и затем обратно, в точку отправки. Следовательно, тот, кто писал Библию, должен был быть способен совершить такое путешествие. Кроме этого алгоритмическая структура книги крайне сложна даже для наших современных средств вычислений. Вместе с тем, именно этот факт алгоритмической структуры книги следует соответственно рассматривать как результат её алгоритмического же проектирования. Нет никаких физических запретов на то, чтобы создать некий текст, содержащий такие специфические последовательности знаков, букв. Видимо, создатели текста имели подходящие вычислительные машины. И такой машиной вполне может быть нелокальная мыслительная сеть. При этом она могла производить и прогностические вычисления, предсказания.

Ответ на вопрос о том, были ли обладателями этой машины пришельцы, или этой способностью обладала уже существовавшая на тот момент мыслительная сеть человечества, является гипотетическим. Такая картина не противоречит детерминистическому описанию мира и не требует привлечения мистических или божественных персонажей.

Инопланетные пришельцы. Сценарий, что этот феномен является простой имитацией вероятен лишь в части его сходства с НЛЮ. Имеющиеся данные об исторических артефактах, рисунках, строениях явно не нуждаются в объяснении на основе модели их создания коллективным разумом. Конечно, гипотеза об инопланетянах выглядит довольно сомнительной, но никаких физических противоречий в ней нет.

В заключение отметим, что во всех рассмотренных феноменах название мысленной связи, сети указано как нелокальное. Основанием к этому является то, что скорость передачи мысленной информации предполагается сверхсветовой, а собственно носитель этой информации не определён даже на уровне предположений. Всё это очевидные признаки хорошо известной в физике квантовой нелокальности, при которой производится передача неясной квантовой информации между запутанными частицами, причём скорость пе-

редачи косвенно определена в физическом эксперименте на много порядков превышающей скорость света, а собственно носитель этой информации не обнаружен. Однако, любая интерпретация такой нелокальной связи имеет смысл лишь при наличии носителя информации.

Возможно, существуют и другие классы феноменов, в той или иной степени предполагающие как прогностическое перемещение во времени (взгляд в будущее), так и появление наблюдаемых предсказательных реальных физических процессов. Описание их также может быть сведено к особым проявлениям функционирования высокоорганизованной материи, её высшей деятельности – мышлению.

Помимо прогностических вычислений коллективного сознания не стоит сбрасывать со счетов и его возможные материализующие способности, когда предсказанное событие наступает лишь потому, что оно было предсказано и ожидается, то есть, как один из вариантов формирования будущего.

Рассмотренные гипотезы, несомненно, выглядят как фантастические, но они при этом свободны от мистических и идеалистических механизмов. В их основе лежат куда более научные принципы, исключаящие нарушение причинности.

Заключение

Более или менее развернутые выводы представлены в конце каждой главы, поэтому данное заключение представляет их в итоговом, обобщенном виде. Итак, какой же вывод следует из всего сказанного?

Основным признаком научной гипотезы является отсутствие в ней противоречивых, абсурдных предсказаний. Все приведённые здесь аргументы, доказательства опираются на Закон детерминизма, нерушимость причинно-следственных отношений. Все они, насколько это было возможно, формировались в их строгом соответствии существующим научным теориям с отказом от мистических и религиозно-идеалистических аргументов. Антинаучные, лженаучные принцип реинтерпретации, запаздывающая причинность и клон специальной теории относительности – тахионная механика подвергнуты детальной и аргументированной критике. Предложенные гипотезы и доказательства решительно отвергают абсурдные трактовки перемещения во времени, допускающие нарушение причинно-следственных связей, возникновение петель времени, машин времени и вечных двигателей, указывают направление исследований, развития научного знания без использования таких совершенно ненаучных элементов.

Сверхсветовые корреляции, квантовая информация и тахионы, регистрацию которых в настоящее время осуществить не удастся, создают, тем не менее, для специальной теории относительности неразрешимые проблемы. Они реально демонстрируют возможность сверхсветовой синхронизации и, как следствие, синхронность хода движущихся часов, опровергая главные выводы теории относительности – преобразования Лоренца. Возникающие при этом причинные парадоксы приводят к неизбежному выводу о сверхсветовом, тахионном крахе специальной теории относительности.

Литература

1. Adam T., Agafonova N., Aleksandrov A., et al., Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam, arXiv:1109.4897 [hep-ex]
2. Aspect A., Bell's theorem: the naive view of an experimentalist, 2001, URL: http://quantum3000.narod.ru/papers/edu/aspect_bell.zip
3. Aspect A., Dalibard J., Roger G., Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analysers. – Phys. Rev. Lett. 49, 25, (1982)
4. Aspect A., Grangier P., Roger G., Experimental Realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: A New Violation of Bell's Inequalities. – Phys. Rev. Lett. 49, 2, (1982).
5. Aspect A., Теорема Белла: наивный взгляд экспериментатора, (Пер. с англ. Путенихина П.В.), Квантовая Магия, 4, 2135 (2007), URL: <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL422007/p2135.html>
6. Aspect A., Теорема Белла: наивный взгляд экспериментатора, (Пер. М.Х.Шульмана), Институт исследований природы времени, 2006, URL: , http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/aspek_teorema_bella.pdf
7. Barashenkov V.S., Yur'iev M.Z., Tachyons - Difficulties and Hopes. \Submitted to "Hadronic Journal", Dubna, 1995.
8. Bell J.S., On the Einstein Podolsky Rosen paradox, Physics Vol.1, No.3, pp.198-200, 1964
9. Bell J.S., On the Einstein Podolsky Rosen paradox, (Пер. П.В.Путенихина; комментарии к выводам и оригинальный текст статьи), Квантовая Магия, 5, 2160 (2008), <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL522008/p2160.html>
10. Kapuscik E., Special Theory of Relativity without special assumptions and tachyonic motion. \The Alfred Meissner

- Graduate School for Dental Engineering and Humanities Us-
tron, Poland, arXiv:1010.5886v1 [physics.gen-ph], 2010
11. Maccarrone G.D., Recami E., Two-Body Interactions through Tachyon Exchange. \Nuovo Cimento A, 57, 85 (1980).
 12. NASA, California Institute of Technology, Milky Way, URL: http://www.spitzer.caltech.edu/uploaded_files/graphics/fullscreen_graphics/0008/5179/ssc2008-10a1_Sm.jpg
 13. Nave C.R., сайт HyperPhysics. Milky Way Galaxy, URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/astro/galax.html>
 14. Recami E., The Tolman "Antitelephone" Paradox: Its Solution by Tachyon Mechanics, arXiv:hep-th/9508164v1, 1995; \Electronic Journal of Theoretical Physics (EJTP) 6, No. 21 (2009)
 15. Rembielinski J., Wlodarczyk M., "Meta" relativity: Against special relativity? \Department of Theoretical Physics, University of Lodz Pomorska 149/153, 90-236 Lodz, Poland. arXiv:1206.0841v1 [gr-qc], 2012.
 16. Sommerfeld A. "Simplified deduction of the field and the forces of an electron, moving in a given way" Proc. Amsterdam Acad. 7 346 (1904)
 17. Tolman R.C., The Theory of the Relativity of Motion, Berkeley, University of California Press, 1917, 255p.
 18. Zbinden H., Brendel J., Gisin N., Tittel W., Experimental test of non-local quantum correlation in relativistic configurations, Group of Applied Physics, University of Geneva, February 7, 2006 (2000), arXiv:quant-ph/0007009 v1 4 Jul 2000.
 19. Абсурд. Википедия, URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Абсурд>
 20. Анимации к рисункам, URL: <https://cloud.mail.ru/public/CJRF/dGsTjgoX6>
<https://cloud.mail.ru/public/3Hbv/ukJE5utNA>
<https://yadi.sk/d/-8hLFx8J3NNUkA>
https://yadi.sk/d/3FhRn0S_3NNUYH
<https://drive.google.com/open?id=0B0uM56-EnG4ZVmxDOXp4L>

URKMzA

<http://fileload.info/users/Roberr/188/Кризис>

21. Астрономы установили максимально возможную массу черных дыр – и она просто огромна, URL:
<https://naked-science.ru/article/sci/astronomy-ustanovili-maximaln>
<https://arxiv.org/abs/1511.08502>
22. Барашенков В.С., Антимир скоростей. Тахионы, Журнал "Химия и жизнь", 1975, № 3, стр. 11-16.
23. Барашенков В.С., Тахионы. Частицы, движущиеся со скоростями больше скорости света, *УФН*, **114** (1) 133 (1974)
24. Барбашов Б.М., Нестеренко В.В., Суперструны - новый подход к единой теории фундаментальных взаимодействий, *УФН* **150** (4) 489 (1986)
25. Баско М.М., Адиабатический процесс, URL:
<http://www.astronet.ru/db/msg/1190211>
26. Библия и математика. Сайт Christian Assemblies Internationala, URL:
<https://www.cai.org/ru/traktaty/bibliya-i-matematika>
<http://conspiracytheory.mybb.ru/viewtopic.php?id=1424#p22972>
27. Блохинцев Д. И., Принципиальные вопросы квантовой механики. — М.: Наука, 1966. — 160 с.
28. Боджовальд М., В погоне за скачущей Вселенной, "В мире науки", 2009, №1, URL:
http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/bodzhovald_pogonya.html
29. Большой взрыв: Инфляционная модель, Студопедия, 2014, URL:
http://studopedia.ru/3_49059_bolshoy-vzriv-inflyatsionnaya-model.html
30. Буренина О., Что такое абсурд, или по следам Мартина Эсслина. \Абсурд и вокруг: Сб. статей / Отв. ред. О. Буренина. - М.: Языки славянской культуры, 2004, с. 7-72. URL: <http://www.ec-dejavu.net/a/Absurd.html>

31. Васюков В., Энциклопедия "Кругосвет", URL:
<http://slovari.yandex.ru/dict/krugosvet/article/b/bf/1010920.htm>
32. Вейник А.И., Теория движения, Мн.: "Наука и техника", 1969. 448 с.
33. Вергелес С.Н. - Лекции по теории гравитации. Учебное пособие. - М., МФТИ, 2001.- 428с.
34. Взрывающаяся вода, URL: <http://youtu.be/MXJwLeYjLnQ>
35. Вырожденный газ, Википедия, URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый_газ
36. Гончаренко Е.А., Знаменский В.С., Феномен информации, URL: <http://school.bakai.ru/?id=infpb0101>
37. Гончарова Н.Г., Модель Ферми-газа (ФГМ). ФГМ в астрофизике, URL:
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmodl/nml06.htm>
38. Горунович В., Нейтрон, URL:
<https://sites.google.com/site/gorunovichvladimir/home/russkij/elementarnye-casticy/spisok-castic/bariony/nejtron>
39. Гравитационная сингулярность. Википедия, URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Гравитационная_сингулярность
40. Губин В.Б. О методологии лженауки. - М.: ПАИМС. 2004.
41. Гусев А., Как возникла Вселенная?, 2008, URL:
<http://shkolazhizni.ru/archive/0/n-14628/>
42. Демин А.И., Информация, как всеобщее свойство материи, URL: <http://prvinform.narod.ru/INFORM.HTM>
43. Доронин С.И., "Не локальность квантовой механики", Форум Физики Магии, Сайт "Физика магии", Физика, URL:
<http://physmag.h1.ru/forum/topic.php?forum=1&topic=29>
44. Доронин С.И., Сайт "Физика Магии", URL:
<http://physmag.h1.ru/>
45. Думачев В.Н., Модели и алгоритмы квантовой информации. Монография. – Воронеж: Воронежский институт МВД РФ, 2009.

46. Ефремов Ю., Как расширяется Вселенная, URL:
http://www.scorcher.ru/art/theory/vacuum/best_pop.php?printing=1
<https://www.litmir.me/bd/?b=189664>
47. Звёздные Чёрные Дыры, URL:
<http://cunc.ru/stellar-black-holes.html>
48. Здравый смысл, Оксфордский толковый словарь по психологии /Под ред. А.Ребера, 2002 г., URL:
<http://vocabulary.ru/dictionary/487/word/zdravyi-smysl>
49. Зигуненко С.Н., XX век: хроника необъяснимого. Тайны космоса: сенсации наших дней.– М.: Олимп; ООО "Фирма "Издательство АСТ", 1998.– 480 с.
50. Изображение галактики Млечный Путь, URL:
<http://www.astrosurf.com/astrogege/imasite/11/1.jpg>
51. Имшеник В.С., Гравитационный коллапс, URL:
<http://www.astronet.ru/db/msg/1191764>
52. Инфляционная стадия расширения Вселенной, Элементы, URL: <http://elementy.ru/trefil/21082>
53. Инфляционная стадия расширения Вселенной. Элементы, URL:
<http://elementy.ru/trefil/21082?context=20444>
54. Информация. Википедия, URL:
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Информация>
55. Казютинский В.В., Инфляционная космология: теория и научная картина мира, URL:
<http://maxpark.com/community/5654/content/2561589>
56. Как получить лед моментально? URL:
<http://youtu.be/2HX0OIDLlog> (недоступен)
57. Канарев Ф.М., Нейтрон, SciTechLibrary, 2013, URL:
<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/12585.html>
58. Карпенко М., Вселенная разумная, "Электронная библиотека ModernLib.Ru", URL:
http://www.modernlib.ru/books/karpenko_maksim/vselennaya_razumnaya/
59. Кауфман Уильям Дж., "Космические рубежи теории относительности. М.: "Мир", 1981, 352с., URL:

- <http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/b/kaufman.pdf>
<http://www.astronet.ru/db/msg/1174703/kaufman-08/kaufman-08.html> (главы из книги)
60. Квантовые вычисления: за и против. – Ижевск: Издательский дом "Удмуртский университет", 1999, 212 стр. – ISBN 5-7029-0338-2.
 61. Кеплеровская кривая вращения за пределами рукавов, URL: <http://astronomy-ru.livejournal.com/1735.html>
 62. Кеплеровская кривая вращения планет в солнечной системе, URL: <http://www.euhou.net/docupload/files/radiosweden.pdf>
 63. Климушкин Д.Ю., Граблевский С.В., Космология, URL: <http://cosmo.irk.ru/part2-6.html>
 64. Код Библии Разгадан, Сайт Гимназии N1 Города Караганда, URL: <http://allfriends.ucoz.ru/publ/1-1-0-8>
 65. Кокин А.В. Стандартная модель вселенной. Модель Большого взрыва, 2011, URL: <http://www.avkokin.ru/documents/584>
 66. Коллендер Б., Информация об информации, Электронный научный семинар, URL: http://elektron2000.msk.ru/kollender_0225.html
 67. Константинов Ф.В. и др., Диалектический материализм. \В кн.: Основы марксистской философии. 2-е изд., с. 69-294, М.: Политиздат, 1963
 68. Корухов В.В., Наберухин Ю.И., Сверхсветовые явления и пространственно-временные отношения в тахионных мирах // Философия науки, 1995, № 1(1), с. 58–64.
 69. Корухов В.В., Теоретические и методологические аспекты кинематики тахионов. \\"Гуманитарные науки в Сибири" № 1, 1994, с. 25 – 31
 70. Космологическое красное смещение, Википедия, URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Космологическое красное смещение](http://ru.wikipedia.org/wiki/Космологическое_красное_смещение)
 71. Космология ранней Вселенной, Соросовская Энциклопедия, 2005, URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1210276>

72. Кривые дифференциального вращения галактик, URL: http://ru.science.wikia.com/wiki/Скрытая_масса
73. Кривые скоростей вращения звёзд галактики Млечный Путь, сайт Astrophysics, The University of Mississippi, URL: http://www.phy.olemiss.edu/~cavaglia/courses/Astr_325/extra/galrot.gif
74. Кудрявцев В., Что такое диалектическая логика? <http://tovievich.ru/book/duh/print:page,1,5704-chto-takoe-di-alekticheskaya-logika.html>
75. Кулигин В.А. Неисправленная ошибка Пуанкаре и анализ СТО, 2015, URL: <http://n-t.ru/tp/ov/sa.htm>
76. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учеб.пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. V. Статистическая физика. Ч. I. — 5-е изд., стереот.-М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002, (Т. V).
77. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М., Теоретическая физика в десяти томах, т.II Теория поля. – М., "Наука", 1988.
78. Левин А., Всемогущая инфляция, "Популярная механика" №7, 2012, URL: <http://www.sibai.ru/vsemogushhaya-inflyacziya.html>
79. Левин А., Теория инфлантонов, 2012, URL: http://imxo.in.ua/uk/6_liudina-i-nauka/27_nauka-i-mi/1753_teoriiia-inflantonov/
80. Лекция 3. Теоремы сложения и умножения вероятностей, URL: <http://apollyon1986.narod.ru/docs/TViMS/NP/lekziitv/LEKZ IYA3.HTM>
81. Линде А.Д., Инфляция, квантовая космология и антропный принцип, 2002, URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1181084>
82. Линде А.Д., Многоликая Вселенная (презентация), 2007, URL: <http://elementy.ru/lib/430484>
83. Логика, Толковый словарь Ушакова, URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ushakov/851482>
84. Львов И.Г., Что такое энергия?, URL: <http://ilvov.narod.ru/philosophiya2.html>

85. Мазур М., Качественная теория информации, URL: http://sbiblio.com/biblio/archive/masur_kach/00.aspx
86. Малыкин Г.Б., Савчук В.С., Романец (Щербак) Е.А., "Лев Яковлевич Штрум и гипотеза существования тахионов", *УФН* **182** (11) 1217 (2012)
87. Мандельштам Л.И., Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике, М.: Наука, 1972, 440с.
88. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж., Гравитация, том 3. – М.: "Мир", 1977
89. Миронова И.В., Белые карлики и нейтронные звезды, URL: http://www.astronet.ru/db/msg/1170638/evolution/hr_diagram/wd.htm
90. Могилёв А.В., Пак Н.И., Хённер Е.К., Информатика, - М.: Academia, 2004
91. Модель инфляционной вселенной, База документов Refrend.ru, URL: <http://refrend.ru/685191.html>
92. Модель расширяющейся Вселенной, Вики, URL: <http://ru.science.wikia.com/wiki/Вселенная1>
93. Моментальный лед, URL: <http://youtu.be/Q3Bwo5BGyoY>
94. Наблюдаемая кривая вращения галактики Млечный Путь, URL: <https://web.njit.edu/~gary/321/Lecture19.html>
95. Нейтрон, Викизнание, URL: <http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/Нейтрон>
96. Нейтронная звезда, Wikia, URL: http://ru.science.wikia.com/wiki/Нейтронная_звезда
97. Новиков И. Д., Черные дыры и Вселенная. – М.: Мол. гвардия, 1985. – 190 с., ил. – (Эврика), URL: <http://rusnauka.narod.ru/lib/phisic/blackwhole/Novik/blackn.htm>
98. Новиков И.Д., Релятивистский гравитационный коллапс, URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1188636>
99. Новиков И.Д., Фролов В.П., Физика черных дыр. – М. : Наука., Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986, 328 с., URL: <http://mexalib.com/download/22371>
100. Обозначение рукавов галактики Млечный Путь, URL: <http://birnaga.ru/dosta/Солнечная%20система%20Солнце>

- [%20—%20звезда%20в%20галактике%20Млечный%20Путь/36992_html_m12093f84.jpg](#)
101. Огурцов А.Н. Физика для студентов. Квантовая физика. Лекции по физике, URL:
<http://www.ilt.kharkov.ua/bvi/ogurtsov/lect7quant.pdf>
 102. Ольховский В.С., Как соотносятся постулаты веры эволюционизма и креационизма между собой с современными научными данными, URL:
<http://www.scienceandapologetics.org/text/91.htm>
 103. Основы теоретической физики. Конспект обзорных лекций. Явление Бозе-конденсации. Понятие о сверхтекучести. //Автор-сост. И.И. Хвалченко. – Елабуга: ЕГПУ, 2008, URL:
http://studopedia.ru/2_59878_yavlenie-boze-kondensatsii-ponyatie-o-sverhtekuchesti.html
 104. Парадокс Эренфеста, Википедия, URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Парадокс_Эренфеста
 105. Парадокс. Психологический словарь Петровского А.В. и Ярошевского М.Г., URL: <http://www.persev.ru/paradoks>
 106. Парадокс. Психологический словарь, URL:
<http://glossword.info/index.php/term/9-psihologicheskij-slovar-,3385-paradoks.xhtml>
 107. Пенроуз Роджер, Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики: Пер. с англ. / Общ. ред. В.О.Малышенко. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 384 с. Roger Penrose, The Emperor's New Mind. Concerning Computers, Minds and The Laws of Physics. Oxford University Press, 1989.
 108. Перегретая жидкость, URL: http://youtu.be/2dVJV_QC5pc
 109. Попов Л., Лампа из Принстона чувствует мысли через квантовую вероятность, URL:
<http://www.membrana.ru/particle/1956>
 110. Постнов К.А., Вырожденный газ, ГАИШ, Москва, URL:
<http://www.astronet.ru/db/msg/1162150>

111. Постнов К.А., Лекции по Общей Астрофизике для Физиков. 7.2. Вырождение вещества, URL:
<http://www.astronet.ru/db/msg/1170612/7lec/node3.html>
112. Похвала нездравому смыслу, URL:
<http://www.kazedu.kz/referat/1179>
113. Предел Оппенгеймера – Волкова, Википедия, URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Предел_Оппенгеймера_-_Волкова
114. Проект Global Consciousness URL:
<http://noosphere.princeton.edu/>,
115. Противоречие. Большая советская энциклопедия, URL:
<http://bse.sci-lib.com/article093594.html>
116. Противоречие. Википедия, URL:
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Противоречие>
117. Противоречие. Толковый словарь Ушакова, URL:
<http://dic.academic.ru/dic.nsf/ushakov/988330>
118. Путенихин П.В., Диаграммы Пенроуза. Анализ и критика. — Саратов: "АМИРИТ", 2017. – 176 с., цв. илл.
119. Путенихин П.В., Млечный Путь и темная материя. — Саратов: "АМИРИТ", 2017. – 213 с., цв. илл.
120. Путенихин П.В., Мнимые и реальные парадоксы теории относительности. – Барнаул: ИП Колмогоров И.А., 2017. – 320 с., илл.
121. Путенихин П.В., НЛО и экстрасенсы, 2015, URL:
http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/ufo.shtml
122. Расширение пространства со сверхсветовой скоростью?, URL: <https://otvet.mail.ru/question/62024653>
123. Рашевский П.К., Риманова геометрия и тензорный анализ. – М., "Наука", 1967.
124. Реквием по теории?, "Спутник ЮТ", научно-популярный дайджест, #1/2002, URL:
http://jtdigest.narod.ru/dig1_02/einstain.htm
125. Садовский М.В., Лекции по статистической физике, Институт Электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, 1999

126. Сасскинд Леонард, Битва при черной дыре. Мое сражение со Стивеном Хокингом за мир, безопасный для квантовой механики. — СПб.: Питер, 2013. — 448 с.
127. Серебряный А.И., Научный метод и ошибки, Природа, № 3, 1997 г., URL:
http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/NATURE/VV_SC2_W.HTM
128. Сингулярность. Википедия, URL:
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Сингулярность>
129. Слоэн Н. Дж. А., Упаковка шаров, URL:
<http://ega-math.narod.ru/Nquant/Spheres.htm>
130. Смаглюк Д., Карта галактики Млечный Путь, URL:
http://dlux.ru/wp-content/uploads/2014/03/1024px-Milky_Way_full_annotated_russian.jpg
131. Смолин Л. Атомы пространства и времени // ВМН, № 4, 2004, URL: <http://www.sciam.ru/2004/4/phizical.shtml>.
132. Современная наука и вера, URL:
<http://www.vyasa.ru/philosophy/vedicculture/?id=82>
133. Соколовский Ю.И. Теория относительности в элементарном изложении. — М.: Наука, 1964
134. Тахион, Википедия, URL:
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Тахион>
135. Тёмная материя может увеличивать допустимую массу нейтронных звёзд. Компьюлента, 2012, URL:
<http://science.compulenta.ru/702844/>,
<http://arxiv.org/pdf/1208.3722v1.pdf>
136. Теория стационарной Вселенной, Элементы, URL:
<http://elementy.ru/trefil/21183?context=25284>
137. Терлецкий Я. П. Парадоксы теории относительности. — М.: Наука, 1966.
138. Фактическая Кривая вращения и движение по Кеплеру, URL:
<http://www.astro.ufl.edu/~vicki/AST3019/MilkyWay.ppt>
139. Фейнберг Дж., Частицы, движущиеся быстрее света. В сборнике "Над чем думают физики", вып. 9. Элементар-

- ные частицы. Под ред. Суханова А.В., пер. с англ. В.П. Павлов, А.А. Славнов. – М.: Наука, 1973
140. Фейнмановские лекции по физике, URL:
http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=48
141. Феномен энергии, URL:
<http://becmology.ru/blog/warrior/energy01.htm>
142. Физика света. Фильм 2. Свет и пространство. Общая теория относительности, Korean Educational Broadcasting System, 2014, www.ebs.co.kr, URL:
<https://youtu.be/MGahs3kMTYE>
143. Фролов В. П., Введение в физику черных дыр. – М.: Знание, 1983. – 64 с. – (Новое в жизни, науке, технике. Сер. "Физика"; № 1), URL:
http://dl.krelib.com/files/5269/physics/Black_Frol.djvu
144. Хокинг С, Пенроуз Р. Природа пространства и времени. — Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2000, 160 стр.
145. Хокинг С., Черные дыры и молодые вселенные [пер. с англ. М. Кононова]. — СПб.: Амфора. ТИД Амфора, 2009. — 166 с.
146. Хокинг С., Эллис Дж., Крупномасштабная структура пространства-времени. М.: «Мир», 1977.
147. Черная дыра, Википедия, URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрная_дыра
148. Черная дыра, загадки гравитации, URL:
<http://www.b-i-o-n.ru/theory/chernaja-dyra-zagadka-gravitacii>
149. Что такое информация, Вопросайка, URL:
<http://www.voproshaika.narod.ru/75.html>
150. Эймос Дж., Обнаружена гравитационная волна Большого взрыва, 2014, URL:
http://www.bbc.co.uk/russian/science/2014/03/140317_us_big_bang_discovery
151. Эйнштейн А. "К электродинамике движущихся тел", Собрание научных трудов в четырех томах. Том 1. Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. М.: Наука, 1965

152. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Том 4. Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. М.: Наука, 1967
153. Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным? / Эйнштейн А. Собр. научных трудов, т. 3. М., Наука, 1966, с.604-611
154. Эйнштейновский сборник. 1973, М., Наука, 1974
155. Эксперимент Хафеле-Китинга, Википедия, URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Эксперимент_Хафеле_—_Китинга
156. Элементы. Новости. Ледниковые периоды, возможно, связаны с прохождением Солнечной системы через звездные облака, URL: <http://elementy.ru/news?newsid=164647>
157. Энергия, Научно-технический энциклопедический словарь, URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/5762/энергия>
158. Энергия, Толковый словарь Ушакова, URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ushakov/1097490>
159. Энергия, Философская энциклопедия, URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/3793/энергия
160. Энергия, Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона, URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/119051/энергия
161. Эренфест П. - Относительность. Кванты. Статистика: Сборник статей. – М.: Наука, 1972, с.38
162. Юнгельсон Л.Р. Эволюция звезд, URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1188340>

Оглавление

Сказать хотел что книги автор	3
1. Кризис теории относительности	18
Тахион и детерминизм	25
Существуют ли сверхсветовые частицы?	32
Сверхсветовой зайчик и телепортация.....	35
2. Квантовая нелокальность.....	41
Особенности квантовой информатики	41
Чистые запутанные состояния Белла	42
Взаимные превращения состояний Белла	45
Исследование запутанных состояний.....	49
Как обмануть нелокальность	55
Режим квантовой фильтрации	59
Квантовая телепортация: подробный анализ.....	71
3. Сверхсветовое движение и тахион.....	81
Сверхсветовой электрон Зоммерфельда	81
Эйнштейновский сборник статей.....	83
Вводная статья.....	84
Проблемы тахиона в теории относительности.....	87
Частицы за световым барьером	96
О частицах, движущихся быстрее света.....	109
Причинность и сверхсветовые частицы	115
Тахион Барашенкова.....	118
Быстрее света – квантино	129
Что такое информация	131
Сущность квантовой информации.....	136
Носитель квантовой информации.....	141
Чему равна скорость тахиона?.....	144
Парадокс дуальности скорости.....	148
Трансцендентный тахион.....	155
Попытка решения парадокса дуальности.....	158
Теорема об изохронном тахионе	165
Анализ уравнений	169
Измерение скорости тахиона.....	172

Процесс измерения.....	176
Анализ результатов	179
4. Сверхсветовые парадоксы СТО.....	186
Как возникает петля времени	189
Тахионные парадоксы – свойство СТО.....	194
Сверхсветовая граница СТО.....	195
Как распутать квантовую запутанность	201
Противоречие между квантовой механикой и СТО	219
Мысленный эксперимент – исходные положения	224
Измерения.....	226
Анализ результатов	228
Парадокс коллапса волновой функции	230
Логика и философия нелокальности	233
Квантовые "нелокальные кубики"	235
Мысленный эксперимент с нелокальными кубиками	246
5. Тахионная механика и реинтерпретация	253
Выводы Реками	267
Критика тахионной механики.....	270
6. Космология	281
Происхождение Вселенной	282
Тёмная энергия – гипотеза о происхождении.....	294
Как происходит расширение пространства.....	304
Радиус видимой Вселенной	313
Парадокс видимости реликтового излучения	316
Темная материя	317
Голографическая Вселенная	335
Черная дыра Керра.....	339
Диаграммы Пенроуза	343
Парадокс Эренфеста	349
Миф о парадоксе Эренфеста.....	354
Варианты парадокса Эренфеста	366
Обсуждение статьи о парадоксе Эренфеста.....	369
Нужна ли сингулярность теории относительности?.....	372
Сингулярная неполнота ОТО.....	374

Как в теории возникает сингулярность	378
Гипотеза о вырожденном фермионном газе	382
Процессы, происходящие сразу после коллапса.....	392
Как выглядит рождение черной дыры на анимации ...	401
Минимальный размер ЧД с сингулярностью.....	403
О некоторых особенностях горизонта событий.....	409
Двигатель космолёта на эффекте самоускорения	414
Исчезновение Солнца.....	414
Безопорное движение.....	419
Парадокс? Нет!	423
Гравитационный двигатель космолета.....	426
7. Пророки и экстрасенсы – как они это делают	430
Детерминизм и пророки.....	433
Гипотеза о прогностических способностях мозга	440
Заключение	453
Литература.....	454

Путенихин П.В.
Тахионный кризис теории относительности

Типография «АМИРИТ»
410004, Россия, г.Саратов, ул.Чернышевского, д.88, литер У

Тел./факс: 8(8452) 24-86-33

Сайт: amirit.ru

Почта: zakaz@amirit.ru

ISBN 978-5-9500981-4-7



Подписано в печать 04.10.2017
Формат 60x84/16 Гарнитура «Times New Roman».
Объем 27,32 п.л.
Бумага офсетная 90 г/м² Тираж 24 экз.

Заказ № 12/04107
Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «Амирит».