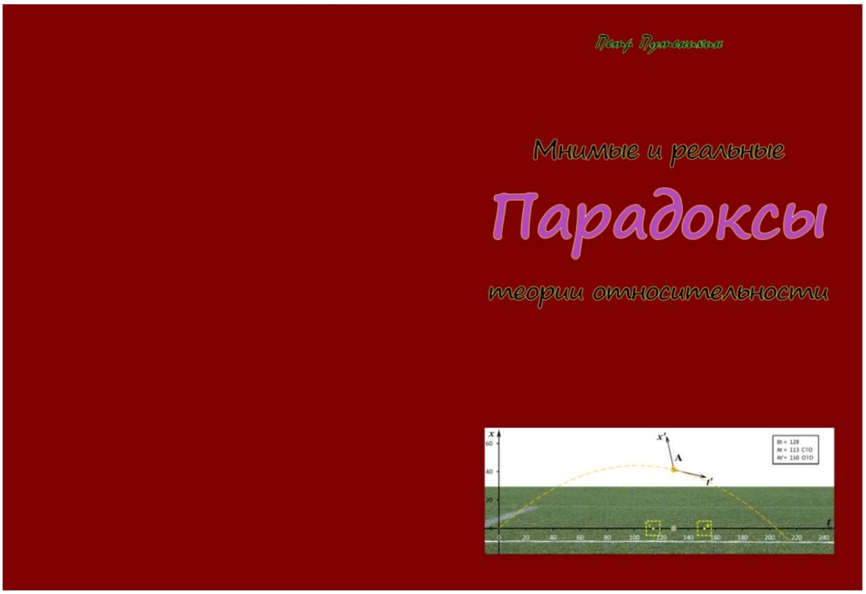
Путенихин Петр Васильевич

Мнимые и реальные парадоксы теории относительности



ББК 22.313ф
УДК 53.1. 530.12, 530.16, 531.131.1, 530.145.1

Путенихин П.В.
П90 Мнимые и реальные парадоксы теории относительности. — Барнаул: ИП Колмогоров А.И., 2017. – 320 с., илл.

ISBN 978-5-91556-347-5

Специальная теория относительности является одной из красивейших физических теорий. Создана она по строгим математическим, логическим законам. Такая теория в принципе не может быть опровергнута никакими математическими приемами. Но теорию распространили на реальный физический мир, и в этом случае её истинность может быть доказана или опровергнута только корректными физическими экспериментами. Но и корректную математику теории можно разрушить, если выйти за границы её применимости – распространить её на сверхсветовые сигналы, за которыми теория начинает делать абсурдные выводы. Казалось бы, проблемы исчезнут, если отказаться от такого расширения теории. Но квантовая механика показывает, что избежать реальных сверхсветовых парадоксов причинности теория не может.

Книга рекомендуется ведущим специалистам в области теории относительности и квантовой физики, как сторонникам, так и критикам теории относительности, а также всем, кто интересуется этими областями физики.

ISBN 978-5-91556-347-5

© П.В.Путенихин, 2017
putenikhin.peter@gmail.com
© ООО «ИСК», о-макет, 2017

Введение 6
1. Демонстрация 2-го постулата СТО 8
2. Применим ли 2-ой постулат СТО к звуковым сигналам? 9
3. Удивительные выводы СТО: парадокс спешащих часов 12
3.1 Парадокс спешащих часов 13
4. Причина СТО – инвариантность скорости света 15
4.1 Вывод СТО из принципа постоянства скорости света 15
4.2 Вывод СТО из принципа относительности 21
4.3 Анализ принципов СТО 25
5. Подобия принципа относительности 29
6. Парадокс близнецов (парадокс Ланжевена, часов) 34
6.1 С чего начались все эти "парадоксы"? 36
6.2 Что опроверг опыт Майкельсона 39
7. Парадокс близнецов - мнимый парадокс СТО 41
7.1 Задача об отставании часов на экваторе 43
7.2 Вариации на тему "парадокса близнецов" 46
7.3 Эксперимент, подтверждающий СТО 48
8. Итак, парадокса близнецов больше нет! 48
9. Мнимые парадоксы СТО 60
10. Парадокс арбалета 61
10.1 Длинная стрела 67
11. Парадокс Белла 71
12. Парадокс транспортера 75
13. Парадокс Эренфеста 80
13.1 Миф о парадоксе Эренфеста 84
13.2 Варианты парадокса Эренфеста 95
13.3 Обсуждение статьи о парадоксе Эренфеста 98
14. Парадокс с излучением 108
15. Парадокс теплотрассы 116
16. Парадокс шеста и сарая и подобные ему 129
17. Три ошибки анти-СТО 130
17.1 Здравый смысл не против знаний 132
17.2 Как опровергнуть неопровержимое 134
17.3 Последний гвоздь 135
17.4 Эксперименты Маринова 137
17.5 Эксперименты Торра-Колена-ДеВитта 141
17.6 Эксперимент Штыркова 142
17.7 Опыт Галаева 145
17.8 Опыт Краснова 147
17.9 Эксперимент Ацюковского 148
17.10 Опыт Довженко 150
17.11 Эксперименты Приставко 152
17.12 Заключение 157

18. Проверка второго постулата СТО 157
18.1 Основания для проверки второго постулата 162
19. Великая Тайна Специальной теории относительности 165
20. Теория относительности и квантовая механика 168
20.1 Сверхсветовая скорость света 169
20.2 Квантовая механика против СТО 171
20.2.1 Квантово-релятивистский мысленный эксперимент 172
20.2.2 Если права квантовая теория 174
20.2.3 Если права специальная теория относительности 175
20.3 Нечисто что-то в релятивистском королевстве 177
20.3.1 Противоречие между КМ и СТО 178
20.3.2 Мысленный эксперимент – исходные положения 181
20.3.3 Измерения 182
20.3.4 Анализ результатов 185
20.3.5 Парадокс коллапса волновой функции 186
20.3.6 Квантовая синхронизация часов 189
21. СТО неприменима к сверхсветовым сигналам 190
21.1 Анализ истоков сверхсветовой СТО 190
21.2 Равноправие систем отсчета и нелокальность 195
21.3 Стрела времени, прошлое и будущее 195
21.4 Как возникает петля времени в СТО 198
22. Сигнализация быстрее света 202
22.1 Что такое информация 203
22.2 Сущность квантовой информации 207
22.3 Квантино - носитель квантовой информации 212
22.4 Квантовые "нелокальные кубики" 213
22.5 Мысленный эксперимент с нелокальными кубиками 218
23. Тахион и теория относительности 223
23.1 Тахионные парадоксы – свойство СТО 233
23.2 Скорость тахиона 237
23.3 Трансцендентный тахион 242
23.4 Мысленный эксперимент с тахионом 244
24. Сверхсветовая граница СТО 248
24.1 Тахион в ТО нарушает причинность 249
25. Тахион и причинность. Принцип реинтерпретации 254
26. Тахионная механика и причинные парадоксы 260
26.1 Критика тахионной механики 268
26.2 Выводы Реками 275
26.3 Парадокс дуальности скорости тахиона 277
26.4 Попытка решения парадокса дуальности 282
26.5 Заключение 283
27. Динамические диаграммы Минковского для тахионов 284
27.1 Обмен световыми сигналами между ИСО 287

27.2 Обмен тахионными не-инвариантными сигналами.....289
27.3 Обмен тахионными инвариантными сигналами.....293
27.4 Ложные предсказания СТО для сверхсвета.....300
28. Динамические диаграммы Пенроуза – сигнал в прошлое.....302
28.1 Обмен тахионами между неинерциальными системами.....304
28.2 Сигнализация в прошлое в ИСО.....307
Заключение и выводы.....309
Литература.....312

Введение

Не является большим откровением, что вся история науки и физики, в частности, представляет собой непрерывную войну теорий. Какой бы привлекательной ни была теория в период своего признания, со временем она перестает удовлетворять потребности познания и на смену ей приходит новая, еще более привлекательная теория. Мы говорим о привлекательности в смысле способности теории ответить на разные вопросы, стоящие перед исследователями. На начало 21-го века в физике наиболее авторитетными и безупречными теориями являются квантовая физика и теория относительности. Пока они не имеют ни одного общепризнанного явного отклонения от своих предсказаний. Тем не менее, к этим теориям предъявляется все больше претензий, поскольку при всей их точности они не способны объяснить непрерывно расширяющийся ряд новых явлений.

Так было и так будет всегда – ни одна теория не сможет стать последним словом в развитии науки. По этой причине отсутствия всеобъемлющих выводов главенствующих теорий постоянно появляются новые их ответвления, расширения, дополнения или объединения. На статус такой объединяющей теории сейчас претендует так называемая струнная теория, теория суперструн и её последний вариант – М-теория, которая стремится объединить предсказания квантовой физики и теории относительности, свести в одну теорию описание всех элементарных частиц и взаимодействий, стать Теорией Всего.

Однако, ни зарождающаяся квантовая теория гравитации, ни квантовая хромодинамика, ни М-теория пока не достигли успехов в этом направлении - Теория Всего не создана. Даже теория суперструн, М-теория, объединившая, как считается, все взаимодействия, включая гравитацию на уровне математических уравнений пока что может претендовать лишь на статус философской теории, поскольку она не предложила ни одного собственного проверяемого предсказания, способного предоставить ей статус физической теории.

На этом фоне становится понятным создание различных альтернативных теорий, предсказания которые ничем особо не отличаются от предсказаний теории струн: тахионная механика, различные теории гравитации, альтернативы теории относительности и клоны теории Большого взрыва. Эти теории чаще используются лишь как аргументы против пока еще никем не отвергнутых главенствующих физических теорий. Главная их цель – показать ошибочность квантовой теории, теории относительности и других – не достигнута.

Сложность математического аппарата физических теорий выступает в этой борьбе альтернатив своеобразным фильтром. Трудно опровергнуть выкладки, содержащие сотни трехэтажных уравнений, не изучив их самым доскональным образом. Очевидно, что для этого нужно овладеть этим ма-

тематическим аппаратом, но ведь альтернативный исследователь и так видит, что теория ошибочна! Поэтому основным инструментом опровержения непонравившейся теории служит формальная логика, философский анализ, с помощью которых в рассуждениях ведущих физиков выискиваются логические или мировоззренческие изъяны. А изъяны эти неизбежны, когда математические выкладки начинают, как это называется, интерпретировать, то есть, описывать в виде наглядных образов. Но при этом возникает сложность - такие интерпретации не всегда наглядны, просты, да и возможны. Очевидно, что это и явилось главной причиной того, что чаще всего критике подвергается наиболее наглядная теория – специальная теория относительности.

В специальной теории относительности, пожалуй, наиболее прозрачный и наглядный математический аппарат. Вывести основные её положения может почти любой, относительно хорошо владеющий элементарной математикой, алгеброй, геометрией. Но она настолько же наглядна, насколько и парадоксальна. Её выводы, следствия просты и понятны, но противоречат тому, что мы видим и знаем. Следовательно, как считают критики, эти выводы ошибочны и это легко доказать. В качестве доказательств используется приём, введенный ещё автором теории – Эйнштейном. Это так называемые мысленные эксперименты, которые могут быть, в принципе, проведены в реальности. В этом эксперименте, как и положено, делается некоторое предсказание, которое впоследствии должно быть подтверждено в физическом эксперименте. Однако, до начала такого физического эксперимента критик обнаруживает, что результат, предсказанный теорией, является парадоксом. Следовательно, нет никакого смысла проводить такой эксперимент в реальности, поскольку результат парадоксальным быть не может, не могут быть одновременно верны два взаимоисключающих тезиса, третьего не дано.

Таких опровержений специальной теории относительности сформулировано немало, и, казалось бы, теорию следует признать ошибочной. Но при ближайшем рассмотрении таких опровержений всегда выясняется, что ошибочны они сами. Причин таких ошибок несколько, но все их объединяет одно – они противопоставляют предсказания не самой теории относительности, а некоторых ошибочных теоретических представлений о ней. Эти ошибки вызваны, вне всяких сомнений, слабым знанием, непониманием теории относительности и, как следствие, подменой её математики и выводов ошибочными, придуманными выводами.

Как известно, специальная теория относительности базируется всего на двух принципах, в настоящее время именуемых постулатами. В основополагающей работе Эйнштейна "К электродинамике движущихся тел" эти постулаты (принципы) сформулированы следующим образом:

"1. Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к которой из двух координатных систем, движущихся от-

носительно друг друга равномерно и прямолинейно, эти изменения состояния относятся.

2. Каждый луч света движется в "покоящейся" системе с определенной скоростью V, независимо от того, испускается ли этот луч света покоящимся или движущимся телом" [117].

Следствиями этих постулатов стали, прежде всего, широко известные предельность скорости света и преобразования Лоренца. Ни одно тело или сигнал не может распространяться быстрее скорости света, которая является предельной, максимально возможной скоростью, а движущиеся тела и системы отсчета приводят к весьма интересным кинематическим эффектам: сокращению тел и замедлению темпа хода часов. Вот против этих эффектов чаще всего и направлена критика противников теории, причем сами критические замечания всегда сводятся к незаметному, неявному априорному отказу от положений теории. Возникает примерно такая тавтология: движущиеся тела не сокращаются, поэтому они не сокращаются.

Все "направления удара" по теории можно обобщенно систематизировать – это частное опровержение какого-либо её следствия. Например, критика эффекта замедления хода часов. Или абсурдность взаимного сокращения тел. Есть также попытки вывести сам второй постулат теории относительности из-под её юрисдикции, объявив его рядовым, повседневным явлением, присущим, например, звуковым колебаниям в воздухе. Однако, второй постулат СТО является и уникальным и фундаментом теории, поскольку все кинематические (лоренцевы) эффекты возникают исключительно вследствие этого постулата, признания скорости света инвариантом.

Некоторые из приведенных далее иллюстраций имеют анимированные копии в виде gif-файлов [21]. Все анимационные файлы "зациклены", то есть воспроизводятся повторно неограниченно долго, что позволяет внимательно рассмотреть все происходящие на них процессы. Здесь они представлены в виде отдельных или последовательности кадров.

1. Демонстрация 2-го постулата СТО

В общем-то, второй постулат СТО достаточно прост, хотя в текстовом варианте или "на слух" при первом знакомстве все-таки вызывает некоторые сомнения, если судить по тому, как некорректно его используют в рассуждениях, в аргументации. Заметно легче его понять, когда он изображен в виде рисунка или анимации, фильма.

На следующем рисунке прямоугольниками показаны три инерциальные системы отсчета. Скорости движущихся ИСО составляют примерно половину скорости света. Одна из них, ИСО-1, движется вправо, другая, ИСО-3, – влево, третья, ИСО-2, - неподвижна. В момент, когда все три ИСО поравнялись друг с другом, они излучают свет в одну сторону, влево

(волны). Хотя все ИСО движутся относительно друг друга, фронты лучей света, испущенных этими ИСО, движутся наравне друг с другом, так сказать, "ноздря в ноздрю".

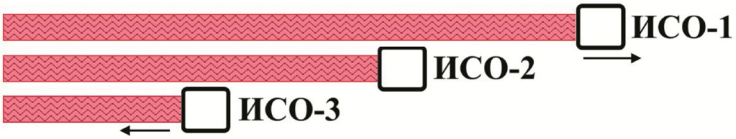


Рис.1.1. Изображение 2-го постулата СТО. Кадр из анимации [21]

На рисунке картина изображена с точки зрения "покоящейся" системы отсчета ИСО-2. Слово "покоящейся" взято в кавычки, поскольку система является покоящейся только для наблюдателя в этой системе. Если наблюдатель будет находиться в другой системе отсчета, то для него точно так же фронты световых сигналов будут двигаться наравне друг с другом. Единственное отличие будет заключаться в доплеровских смещениях спектров этих сигналов, но фронты световых сигналов всегда будут совпадать.

Эту картину в анимированном виде можно увидеть в интернете по указанной под рисунком ссылке. Также есть хорошие документальные учебные фильмы, наглядно демонстрирующие проявление постулата с объяснениями. Но является ли этот постулат уникальным, присущим исключительно теории относительности?

2. Применим ли 2-ой постулат СТО к звуковым сигналам?

Казалось бы, суть 2-го постулата СТО предельно проста, и никаких вопросов не должно возникать. Тем не менее, с этим согласны не все. Один из оппонентов теории считает, что приведённая анимация в точности соответствует поведению не только световых сигналов в вакууме, но и сигналов звуковых в воздухе. В подтверждение этого он приводит хорошо известную иллюстрацию эффекта Доплера на примере движущегося поезда. Издаваемый поездом сигнал до приближения к наблюдателю имеет повышенный тон, а после прохождения и последующего удаления поезда тон его сигнала становится пониженным.

Чтобы показать ошибочность такого мнения, рассмотрим вариант приведенного выше рисунка, считая, что каждая из изображенных на нем ИСО является таким поездом, а вытянутые полоски – это звуковые сигналы. В этом случае поезда излучают свои сигналы в момент, когда они находятся в одной точке пути. Как и в случае световых сигналов, очевидно, что и фронты звуковых сигналов поездов одновременно прибудут в точку наблюдателя, находящегося слева на рисунке. При равенстве частот излучаемых сигналов наблюдатель, в соответствии с доплеровским эффек-

том, услышит три различных тона: основной от неподвижного поезда, повышенный от приближающегося и пониженный от удаляющегося. Но прибудут к наблюдателю все три сигнала одновременно, в виде своеобразного звукового "аккорда".

Как считает оппонент, это и означает, что 2-ой постулат СТО полностью описывает поведение как световых, так и звуковых сигналов, поскольку скорость звуковых фронтов и в рассмотренном случае равна скорости звука в воздухе, и не зависит от того, излучается ли он покоящимся или движущимся телом. Следовательно, делает вывод оппонент, постулат СТО не является каким-то уникальным утверждением, а описывает достаточно распространенное явление.

Однако, это не так. Ошибка заключается в том, что взятое в кавычки в формулировке постулате слово "покоящейся" в его доводах неявно рассматривается без них. Это очень важное обстоятельство. Кавычки означают, что система является покоящейся условно, только с точки зрения наблюдателя, находящегося в ней. В примере с поездами и их сигналами звуковой аналог постулата СТО будет действителен только для единственного поезда ИСО-2, – того, который неподвижен в системе отсчета среды распространения звука – воздуха, являющейся в этом случае "абсолютной системе отсчета". Для наблюдателя, находящегося в "покоящейся" системе отсчета, например, поезда ИСО-3, скорость удаления фронта звука будет меньше скорости звука. В предельном случае, когда скорость этого поезда будет равна скорости звука и больше, поезд ИСО-3 не только догонит фронт сигнала как от поезда ИСО-2, так и свой собственный, но может его и обогнать.

Но, может быть, проблема в том, что мы искусственно создали эту АСО (абсолютную систему отсчета) воздуха? Что будет, если часть воздушного пространства с движущимся поездом просто "вырезать"? В этом случае ясно, что при любой скорости поезда с этой же скоростью будет двигаться и воздух и, соответственно, поезд уже никогда не сможет догнать фронт своего звукового сигнала. Тем не менее, это тоже не спасает от ошибки. Свой сигнал поезд, действительно, догнать не сможет, но находящийся за пределами "вырезанного пространства" сигнал от поезда ИСО-2 он по-прежнему сможет и догнать и обогнать. Другими словами, как следствие, скорость любого фронта звукового сигнала будет иметь разные значения для движущихся и покоящихся систем отсчета, то есть, будет зависеть от скорости наблюдателя.

Напротив, для светового сигнала таких различий нет. Скорость любого фотона (фронта световой волны в вакууме) будет всегда равна скорости света, независимо от скорости движения наблюдателя. Чтобы избежать такого различия между звуком и светом, оппонент и сделал предположение, что среду распространения звука можно вырезать и включить в состав системы отсчета "неподвижного" наблюдателя. Но, как отмечено выше,

это не спасает от противоречий. Для звука и воздуха такое вырезание возможно, но вот для среды распространения света (эфир, физический вакуум) – нет. Второй постулат СТО как раз и исходит из отсутствия влияния среды на скорость фотона, то есть, фактически, формально упраздняет эту среду и, соответственно, понятие абсолютной системы отсчета, которая могла быть привязана к этой среде.

Тем не менее, оппонент все-таки решил директивно установить своеобразное "равноправие" для света и звука. С помощью нехитрых математических выражений он "доказал", что инвариантом является не только скорость света, но и скорость звука. Не будем здесь приводить и комментировать его ошибочные математические выкладки, а рассмотрим их прямые следствия. Можно сказать, что инвариант скорости света является, в сущности, альтернативной формулировкой 2-го постулата. Следствием этого постулата стали все известные релятивистские эффекты: преобразования Лоренца, правила сложения скоростей, относительность одновременности. Все они получены из одного единственного условия – 2-го постулата, независимости скорости света от источника и скорости наблюдателя. Следовательно, при корректном математическом анализе и исследовании заявленное оппонентом условие инвариантности скорости звука неизбежно должно привести к формулировке таких же преобразований для звука, схожих с преобразованиями Лоренца.

Но в этом случае возникают, по меньшей мере, два важных следствия из такого инварианта скорости звука. Согласно преобразованиям Лоренца никакая ИСО не может двигаться со скоростью инварианта – скоростью света. Известно, что для скорости звука это не так. Второе. При скорости ИСО, близкой к скорости инварианта, темп хода времени в ней замедляется. Это значит, что часы в движущемся с дозвуковой скоростью самолете должны весьма заметно отставать от часов на аэродроме. Такой эффект не наблюдается.

Таким образом, ни логически, ни математически, ни в эксперименте 2-ой постулат СТО не может быть распространен на звуковые сигналы. Сходство поведения звука с поведением света является кажущимся, вызванным ошибочным прочтением 2-го постулата, и лишь в отдельных частных случаях, специфических условиях.

Весь аппарат, следствия, выводы специальной теории относительности основаны всего лишь на двух математических постулатах. Постулировав поведение света и инерциальных систем отсчета, мы автоматически, как прямые следствия, получаем все кинематические, лоренцевы эффекты теории. Однако, оба постулата в некотором смысле "перекрывают" друг друга, в определенной степени они дают некоторую избыточность начальных условий теории. То есть, для получения всех её следствий, в сущности, достаточно каждого из этих постулатов отдельно, без другого, поскольку их можно достаточно уверенно считать следствием друг друга.

3. Удивительные выводы СТО: парадокс спешащих часов

Как известно из формализма СТО, движущиеся часы идут медленнее неподвижных. Но если буквально трактовать положения СТО, то можно обнаружить, что при всем при этом время в движущейся ИСО течет быстрее, чем в неподвижной ИСО. К появлению кинематических эффектов – преобразованиям Лоренца, как известно, приводит инвариант скорости света. Поведение, проявление этих преобразований выглядит весьма причудливо, противоречиво и даже противоестественно. Увидеть это можно при внимательном рассмотрении двух относительно движущихся систем.

Рассмотрим две такие системы отсчета: неподвижную систему S и движущуюся относительно неё систему S'. Пусть в системе S' неподвижно укреплены часы, отсчитывающие время t' [94]. Их пространственные координаты x', y', z' являются, следовательно, постоянными. Будем наблюдать показания этих часов с точки зрения системы S. Отмечаем с точки зрения системы S моменты времени t1, когда часы показывают время t'_1, и, аналогично, показания часов t'_2 в момент t_2:

$$t_1 = \frac{t`_1 + \frac{\upsilon}{c^2}x`}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}} \qquad t_2 = \frac{t`_2 + \frac{\upsilon}{c^2}x`}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}$$

Вычитая почленно, получаем:

$$t_2 - t_1 = \frac{t`_2 - t`_1}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}, \qquad \text{т.е.} \qquad t`_2 - t`_1 = \sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}(t_2 - t_1)$$

Итак, с точки зрения системы S прошел промежуток времени $t_2 - t_1$; если же судить по показаниям движущихся часов (точно таких же, какими измеряется время в системе S), то этот промежуток времени равен $t'_2 - t'_1$, т.е. короче в отношении $\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$.

"Таким образом, движущиеся часы начинают отставать, ход их замедляется в отношении $\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$, хотя с точки зрения той инерциальной системы, которая движется вместе с часами, в часах не произошло абсолютно никаких изменений". [94, с.277]

В СТО формулы перехода от одной инерциальной системы S к другой S' носят название формул Лоренца [94, с.271]:

$$t` = \frac{t - \frac{\upsilon}{c^2}x}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}, \qquad x` = \frac{-\upsilon t + x}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}} \qquad y' = y, \qquad z' = z$$

Если, обратно, выразить отсюда t, x, y, z через t', x', y', z', то это обратное преобразование будет иметь вид:

$$t = \frac{t' - \frac{\upsilon}{c^2}x'}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}, \qquad x` = \frac{-\upsilon t' + x'}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}} \qquad y' = \qquad z = z'$$

Для вывода соотношений, показывающих отставание движущихся часов, мы использовали обратное преобразование. Но ничто не мешает нам воспользоваться и прямыми преобразованиями. Повторим выше приведенные рассуждения для этих формул. Пусть в системе S' неподвижно укреплены часы, отсчитывающие время t'. Их пространственные координаты x', y', z' являются, следовательно, постоянными. Будем наблюдать показания этих часов с точки зрения системы S. Сделаем точно такие же рассуждения, но уже с точки зрения движущейся системы, считая теперь уже её неподвижной. В результате мы получаем точно такое же выражение для интервалов времени, которое отличается от предыдущего только тем, что штрихи перешли слева направо:

$$t_2 - t_1 = \sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}(t_2' - t_1')$$

Как и раньше, с точки зрения системы S прошел промежуток времени t_2 - t_1; если же судить по показаниям движущихся часов (точно таких же, какими измеряется время в системе S), то этот промежуток времени равен $t'_2 - t'_1$, т.е., наоборот, длиннее в отношении $\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$. И мы получаем точно такой же вывод. "*Таким образом, неподвижные часы начинают отставать*, ход их замедляется в отношении $\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$, хотя с точки зрения той инерциальной системы, которая неподвижна вместе с часами, в часах не произошло абсолютно никаких изменений". [94, с.277]

Но, позвольте, воскликнет удивленный читатель! Чуть выше мы показали, что отстают движущиеся часы! Так какие же часы отстают: *движущиеся* или *неподвижные*?!

3.1 Парадокс спешащих часов

Как могло такое получиться? Может быть, формулы Лоренца ошибочные? Нет, этому странному противоречию есть достаточно простое объяснение:

"Мы видим, что для сравнения хода часов в двух системах отсчета необходимы несколько часов в одной системе и одни в другой. Поэтому этот процесс не симметричен по отношению к обеим системам. Всегда

окажутся отстающими те часы, которые сравниваются с разными часами в другой системе отсчета" [53, с.24].

И что это означает? Парадокс? Нет, никакого парадокса, разумеется, тоже нет. Если мы рассматриваем одни конкретные часы, то они отстают независимо от того, в какой системе мы их наблюдаем: в своей, неподвижной или в движущейся мимо нас. Ведь отстают именно *часы* по отношению ко *времени*, текущему в системе, мимо которой они относительно движутся. Но тогда получается, что, наоборот, время по отношению к этим часам течет быстрее! Другими словами: время в движущейся системе течет быстрее, чем показания неподвижных часов! Если мы наблюдаем за событиями, происходящими в движущейся мимо нас ИСО, то мы видим в ней ускоренное течение времени по отношению к часам, находящимся рядом с нами. Это означает, что все движущиеся мимо нас часы будут показывать время, опережающее показания наших неподвижных часов.

Многочисленные обсуждения описанного явления спешащих часов на форумах в интернете показали, что это очевидное явление не понимает никто. Автор не встретил *ни одного* собеседника, кто бы понял суть этого явления и согласился с тем, что оно логически следует из формул Лоренца. А ведь явление является рядовым выводом из специальной теории относительности и не противоречит ей, а лишь еще более наглядно показывает, насколько это удивительная теория - СТО.

Посмотрим, как это явление могло бы проявиться в реальности. Представим себе такую картину. Мимо нас движется бесконечной длины поезд. Он движется с такой скоростью, что его часы идут в два раза медленнее наших неподвижных. В каждом вагоне через окна мы видим телевизоры. Чтобы исключить сплошное мельтешение, мы смотрим на телевизоры через стробоскоп, который открывает окошко лишь в момент, когда очередной телевизор находится прямо против нас. По телевизору идет прямая трансляция восходов и заходов солнца в движущейся ИСО, по отношению к которой поезд неподвижен. Казалось бы, мы должны видеть, что солнце замедленно всходит и заходит. Но все происходит наоборот: солнце стремительно поднимается на востоке и быстро скрывается за горизонтом на западе. Для принятого выше удвоения темпа времени сутки, транслируемые по телевизору, будут в два раза короче наших, неподвижных суток.

Другая картина. Мимо нас движется ИСО, и мы видим в ней бескрайний лес. Мы видим, что деревья в нем растут в два раза быстрее и урожай плодов тоже удвоенной частоты. Это наблюдение справедливо для всех циклических процессов в ИСО, движущейся мимо нас. Если мимо нас движется платформа с встречающими, которые синхронно (по часам движущейся ИСО) поднимают и опускают руки, то для нас скорость их движений будет удвоенной, то есть намного быстрее, чем, например, движение персонажей на старинных кинолентах.

4. Причина СТО – инвариантность скорости света

В основу СТО Эйнштейн положил два принципа. Однако, для того чтобы получить преобразования Лоренца и все релятивистские следствия из них, достаточно только одного принципа – об инвариантности скорости света. Этот принцип является первопричиной преобразований Лоренца, единственным, необходимым и достаточным условием для их вывода, а также для провозглашения принципа относительности и равноправия всех инерциальных систем отсчета. Получение преобразований Лоренца возможно и из принципа относительности, но при обязательном учёте принципа постоянства скорости света.

4.1 Вывод СТО из принципа постоянства скорости света

Можно смело утверждать, что все выводы СТО - преобразования Лоренца и релятивистские соотношения получены как корректные, строгие математические выводы. Поэтому СТО по своей сути является теорией математической, имеет все её признаки: методология вывода, исходные постулаты. Хотя в основу СТО Эйнштейн положил два постулата (принципа), СТО, как отмечено выше, фактически может базироваться на единственном постулате: о неизменности скорости света во всех ИСО – принципе постоянства (инвариантности) скорости света. Покажем это, выведем преобразования Лоренца и основные следствия из них, используя для этого только одно предположение: скорость света "*c*" всегда одна и та же, независимо от того, движется ИСО или покоится. Иначе можно сказать, что скорость любого фотона равна скорости света, где бы она ни была измерена: в движущейся или в покоящейся ИСО. Это самое *общее* определение принципа постоянства скорости света. Оно не включает в себя упоминаний об источнике этого фотона и о состоянии движения источника (или приёмника), являющихся *излишними*. Заявление о предельности скорости света также является *производным* от принципа постоянства скорости света, его *следствием*: если скорость света неизменна во всех ИСО, то она *автоматически* становится максимально возможной скоростью. Назовём этот принцип постоянства скорости света основой теории, а все полученные с его использованием выражения - следствием этого принципа (постулата), следствиями, выводами теории.

Для вывода из этого постулата всех следствий теории относительности рассмотрим платформу длиной L, которую пересекает фотон, испущенный неизвестным источником или просто пролетающий мимо. Как принято в СТО будем рассматривать две инерциальные системы отсчета - неподвижную K и подвижную K'. Фотон для наблюдателей на платформе пролетит через неё за время $t_0 = L/c$. Сохраним систему обозначений, близкую к принятой в СТО:

L' – длина платформы в инерциальной системе отсчета K';

L – длина платформы в инерциальной системе K;

t' – интервал времени (время), за которое фотон пролетает через платформу и возвращается обратно в системе K';

t – интервал времени (время), за которое фотон пролетает через платформу и возвращается обратно в системе K.

Наблюдатель в движущейся системе K' считает её покоящейся и вычисляет, что фотон преодолеет платформу за время (путь туда и обратно):

$$t' = \frac{2L'}{c}$$

Напротив, внешний наблюдатель видит: свет в одном случае догоняет зеркало на противоположном конце платформы, а в другом летит навстречу мишени:

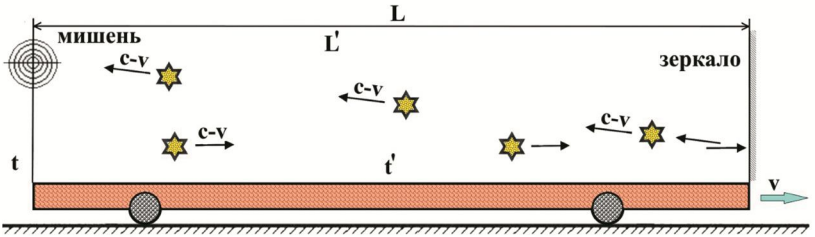


Рис.4.1. Полет фотона с точки зрения внешнего наблюдателя. Часы внешнего (неподвижного) наблюдателя покажут время t, а часы на платформе (подвижные) покажут время t'.

На рисунке видно, что для внешнего наблюдателя время движения фотона вдоль движущейся платформы туда и обратно составит:

$$t = \frac{L}{c-v} + \frac{L}{c+v}$$

Преобразуем уравнение:

$$t = \frac{2L}{c} \times \frac{c^2}{c^2 - v^2}$$

Выражение второй дроби выглядит как квадрат некоторой величины. Обозначим эту величину через k (очевидно, что эта величина больше единицы):

$$t = \frac{2L}{c} k^2$$

Мы получили показания двух часов: движущихся с платформой - t' и неподвижных, мимо которых движется платформа - t. Очевидно, эти показания различаются. Чтобы узнать, как изменилось "время в полёте" фотона через движущуюся платформу при рассмотрении его в разных ИСО, вычислим отношение этих показаний:

$$\frac{t'}{t} = \frac{2L'}{c} \Big/ \frac{2k^2 L}{c}$$

Отсюда после сокращений получаем:

$$\frac{t'}{t} = \frac{L'}{k^2 L} \qquad (4.1)$$

Время t' – это время (интервал времени) пролёта фотона через платформу для наблюдателя, находящегося на этой платформе, а L' – это длина платформы для этого наблюдателя. Очевидно, что наблюдатель ничего не заметил после разгона платформы, для него ничего не произошло, он, вообще говоря, мог и не знать, что платформа движется. Поэтому эти две величины – исходные, не сократившиеся, те, которые были известны до начала эксперимента. А что же за величины t и L? Наблюдателя, который видит движение платформы, мы считаем неподвижным. Следовательно, он видит платформу длиной L и время t, за которое фотон пролетел через платформу туда и обратно. Мы знаем, что на платформе часы стали идти медленнее, то есть время t', прошедшее на платформе, меньше времени, прошедшего в неподвижной системе отсчета t. Аналогично делаем вывод: в неподвижной системе длина платформы видится укороченной до величины L, против исходной длины L'. Однако, в соответствии с принятым постулатом о постоянстве скорости света, мы должны признать, что если путь для света изменился, то время в пути у фотона также изменилось. И изменилось оно в ту же сторону, что и длина платформы – уменьшилось, причём ровно во столько же, во сколько сократилась платформа, ведь эти три величины связаны формулой: $t_0 = L/c$, то есть:

$$\frac{t'}{t} = \frac{L}{L'} \qquad (4.2)$$

Подставляя (4.1) в (4.2), получаем:

$$\frac{L'}{k^2 L} = \frac{L}{L'}$$

Откуда после преобразований находим:

$$\left(\frac{L'}{L}\right)^2 = k^2$$

и, наконец:

$$L' = kL$$

Подставим значение величины k и преобразуем к привычному виду:

$$L = L'\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \qquad (4.3)$$

Таким образом, мы приходим к традиционному выводу: *стержень, имеющий длину L′ в той инерциальной системе, где он покоится, имеет длину* $L'\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}$ *в той инерциальной системе, относительно кото-*

рой он движется со скоростью v в продольном направлении. Подставляем (4.3) в (4.2) и находим такое же выражение для времени:

$$t' = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \qquad (4.4)$$

Таким образом, и в этом случае мы приходим к традиционному выводу: *движущиеся часы начинают отставать, ход их замедляется в отношении* $\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}$, *хотя с точки зрения той инерциальной системы, которая движется вместе с часами, в часах не произошло абсолютно никаких изменений.*

Здесь наблюдательный читатель может заметить "противоречие", известное как "парадокс штриха". Это надуманный, формальный парадокс, так сказать, парадокс буквы, но не духа. В нашем случае мы сами выбрали обозначения времён. Как обозначать, со штрихом или без, так называемое "внутреннее время ИСО", является в достаточной мере произволом.

Из уравнений (4.3) и (4.4) явно следует предельность скорости света "c" - никакая ИСО не может двигаться со скоростью v > c, поскольку в этом случае подкоренное выражение становится отрицательным. Также в рассмотренной методике вывода приведённых уравнений просматривается принцип относительности: все выкладки мы могли вести, поменяв рассматриваемые ИСО местами, и получить точно такой же результат.

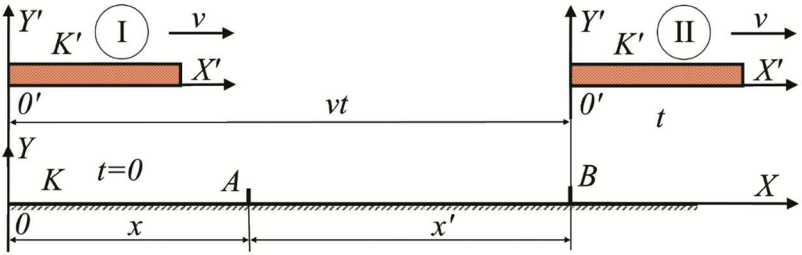


Рис.4.2. В неподвижной инерциальной системе отсчета K часы имеют координату x, а в подвижной инерциальной системы отсчета K' по истечении времени t - координату x'.

Выведем из провозглашенного выше постулата (принципа) остальные следствия рассматриваемой теории. Для этого нам необходимо показать явным образом две системы отсчета K и K' (рис.4.2). К инерциальной системе отсчета K привязаны координатные оси XYZ, а к подвижной системе K' - координатные оси X'Y'Z'. На рисунке оси Z и Z' не показаны. В начальный момент времени t = t' = 0 начала координат неподвижной системы K и движущейся системы K' (положение I) совпадают. По прошествии времени t в неподвижной системе K подвижная система K' удали-

лась (положение II), и расстояние между началами координат двух систем отсчета стало *v*t. Произведём преобразование координат неподвижной системы K в координаты движущейся системы K'. Из рисунка видно, что координата часов с точки зрения системы K' равна:

$$x' = 0A' - 0B'$$

где 0B' и 0A' - длины отрезков на оси 0X с точки зрения движущейся системы K' (с учетом их знаков, поскольку в системе K' часы движутся в отрицательном направлении). Очевидно, что длины этих отрезков с точки зрения подвижной системы K' укорочены по отношению к их реальным размерам в неподвижном состоянии в системе K. Следовательно, чтобы вычислить их длины в подвижной системе K', мы должны воспользоваться полученным выше соотношением (4.3) для отрезков:

$$0B' = \frac{vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},$$

соответственно, второй отрезок:

$$0A' = \frac{x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Подставляем эти величины в исходное уравнение и получаем:

$$x' = \frac{-vt + x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Это уравнение показывает, какую координату в системе K' будут иметь неподвижные часы, имеющие координату x в неподвижной системе K через время t движения со скоростью *v*.

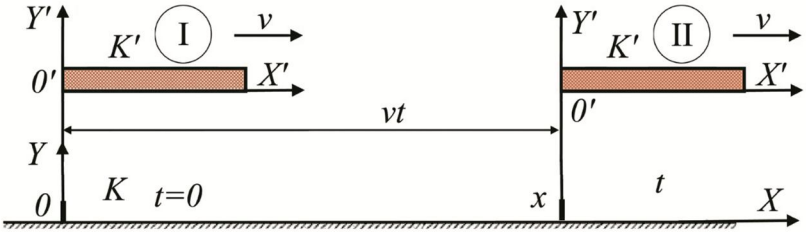


Рис.4.3. По истечении времени t движущиеся часы переместятся в точку с координатой x и будут показывать время t', которое будет меньше времени t в неподвижной системе отсчета K.

Рассмотрим, какое время будут показывать движущиеся часы. Нам известно, что при движении они отстают от неподвижных. Видимо, чем дольше и быстрее часы движутся, тем больше они отстают. Понятно, что

при этом часы удаляются от неподвижных на какое-то расстояние. Интересно, на какое? Чтобы выяснить это, рассмотрим рис.4.3. Движущаяся система K' переместилась из положения I в момент времени t = t' = 0 в положение II. Часы при этом показывают время t и t' соответственно, координата движущихся часов с точки зрения неподвижной системы K равна x. Преобразуем уравнение (4.4) следующим образом:

$$t' = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{t\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t-\frac{v^2}{c^2}t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t-\frac{v}{c^2}vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

В последнем выражении составного равенства произведём очевидную замену $vt = x$:

$$t' = \frac{t-\frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad (4.5)$$

Таким образом, по прошествии времени t движущиеся со скоростью v часы удалятся на расстояние x и будут показывать время t', и мы получаем все классические уравнения преобразований Лоренца (два последних добавляем из очевидных соображений - движения только по оси X):

$$t' = \frac{t-\frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad x' = \frac{-vt+x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad y' = y; \quad z' = z.$$

Последнее и самое загадочное из трёх известных основных следствий преобразований Лоренца - относительность одновременности выведем традиционным способом. Пусть на оси X в инерциальной системе K происходят два события в точках x_1, x_2 в один и тот же момент времени t. Отметим моменты совершения этих событий t'_1, t'_2 в системе K'. Согласно полученной формуле (4.5) находим:

$$t'_1 = \frac{t-\frac{v}{c^2}x_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \qquad t'_2 = \frac{t-\frac{v}{c^2}x_2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

Мы видим, что t'_1 не равно t'_2, то есть, *два события, одновременные относительно K, оказываются разновременными относительно K'*. Это расхождение во времени тем больше, чем далее отстоят друг от друга с точки зрения системы K места, где они произошли:

$$t'_2 - t'_1 = \frac{\frac{v}{c^2}(x_1 - x_2)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Итак, получив уравнения, в точности совпадающие с уравнениями преобразований Лоренца в СТО, мы показали, что преобразования Лоренца и основные следствия из них можно вывести, используя *единственное* предположение: скорость света *"c"* всегда одна и та же, независимо от того, движется ИСО или покоится. Следовательно, это предположение, постулат является *единственным* необходимым и достаточным условием для появления преобразований Лоренца и всех следствий из них. Поэтому есть достаточные основания считать, что математика кинематического раздела СТО является элементарной математической задачей для школьников старших классов вида "Из пункта А в пункт Б выехал поезд...".

4.2 Вывод СТО из принципа относительности

Как мы показали, для вывода всех лоренц-следствий СТО достаточно одного (второго) постулата – о постоянстве скорости света. Но существует и противоположный подход: для получения этих же следствий достаточно другого (первого) постулата – принципа относительности (равноправия всех ИСО). Причём утверждается, что принцип постоянства скорости света вообще является излишним. Однако, в процессе вывода следствий СТО из принципа относительности неизбежно появляется параметр, который играет в уравнениях Лоренца ту же роль, что и скорость света. То есть, принцип постоянства скорости света для принципа относительности всё-таки необходим.

Покажем это, воспользовавшись в немалой степени методикой Степанова [99]. Запишем результирующие уравнения преобразований времени и координаты между двумя инерциальными системами отсчета в следующем виде:

$$x' = f(x, t, v),\ t' = g(x, t, v) \qquad (4.6)$$

Задачу будем рассматривать как чисто математическую, идеализированную. Поэтому примем, что эти преобразования координат и времени являются линейными функциями:

$$\begin{cases} x' = kx + mt \\ t' = nx + pt \end{cases} \qquad (4.7)$$

Коэффициенты k, m, n, p являются функциями, зависящими от относительной скорости систем отсчёта v. Будем считать, что в начальный момент времени $t = t' = 0$ начала координат систем совпадают $x = x' = 0$. Координата начала подвижной системы отсчета описывается уравнением $x = vt$. Подставляем $x' = 0$ и $x = vt$ в первое уравнение и получаем:

$$0 = kvt + mt$$

откуда находим:

$$m = -kv \qquad (4.8)$$

Теперь подставляем $x = 0$ и $x' = vt$ в оба уравнения и получаем:

$$\begin{cases} -vt' = k \times 0 + mt \\ t' = n \times 0 + pt \end{cases}$$

после упрощения:

$$\begin{cases} -vt' = mt \\ t' = pt \end{cases}$$

и затем после подстановки из второго уравнения в первое и учетом (4.8) находим:

$$-vpt = mt,$$

$$-vp = m = -vk,$$

$$k = p$$

Вставляем полученные соотношения в исходные уравнения (4.7):

$$\begin{cases} x' = kx - kvt = k(x - vt) \\ t' = p(\frac{n}{p}x + t) = p(t + \frac{n}{p}x) \end{cases}$$

Введём обозначения (подстановки):

$$\begin{cases} \gamma(v) = k = p \\ \sigma(v) = -\frac{n}{p} \end{cases}$$

Введённые параметры (подстановки) являются функциями скорости, но в дальнейшем для краткости мы будем записывать их без признака функциональности – без скобок с аргументом v:

$$\begin{cases} x' = \gamma[x - vt] \\ t' = \gamma[t - \sigma x] \end{cases} \qquad (4.9)$$

Такой окончательный вид принимают преобразования между системами отсчёта с учетом этих упрощений.

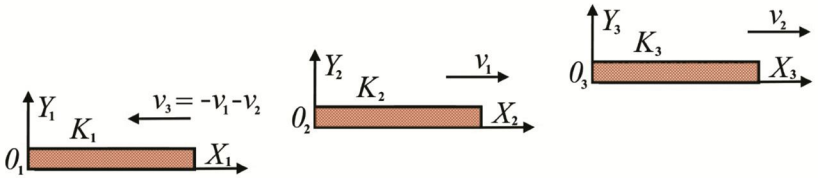


Рис.4.4. Три системы отсчета, движущиеся друг относительно друга.

Для определения введённых параметров γ и σ, исходя из принципа относительности (первый постулат СТО) – равноправия всех инерциальных систем отсчета, рассмотрим три такие произвольные ИСО - K_1, K_2 и K_4. Установим, что система K_2 движется относительно K_1 со скоростью v_1, система K_3 - относительно K_2 со скоростью v_2 и система K_1 - относительно K_3 со скоростью $v_3=-(v_1+v_2)$.

Пометим координату x и время t цифровыми индексами, соответствующими номерам систем, к которым они относятся, и запишем преобразования для каждой из них:

$$\begin{cases} x_2 = \gamma_1[x_1 - v_1 t_1] \\ t_2 = \gamma_1[t_1 - \sigma_1 x_1] \end{cases} \quad \begin{cases} x_3 = \gamma_2[x_2 - v_2 t_2] \\ t_3 = \gamma_2[t_2 - \sigma_2 x_2] \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = \gamma_3[x_3 - v_3 t_3] \\ t_1 = \gamma_3[t_3 - \sigma_3 x_3] \end{cases}$$

Подставим x_2 и t_2 из второй системы уравнений в третью:

$$\begin{cases} x_1 = \gamma_3[\gamma_2(x_2 - v_2 t_2) - v_3\gamma_2(t_2 - \sigma_2 x_2)] \\ t_1 = \gamma_3[\gamma_2(t_2 - \sigma_2 x_2) - \sigma_3\gamma_2(x_2 - v_2 t_2)] \end{cases}$$

Раскроем круглые скобки:

$$\begin{cases} x_1 = \gamma_3[\gamma_2 x_2 - \gamma_2 v_2 t_2 - v_3\gamma_2 t_2 + v_3\gamma_2\sigma_2 x_2] \\ t_1 = \gamma_3[\gamma_2 t_2 - \gamma_2\sigma_2 x_2 - \sigma_3\gamma_2 x_2 + \sigma_3\gamma_2 v_2 t_2] \end{cases}$$

Вынесем за скобки общие множители:

$$\begin{cases} x_1 = \gamma_3[\gamma_2 x_2 - \gamma_2 v_2 t_2 - v_3\gamma_2 t_2 + v_3\gamma_2\sigma_2 x_2] \\ t_1 = \gamma_3[\gamma_2 t_2 - \gamma_2\sigma_2 x_2 - \sigma_3\gamma_2 x_2 + \sigma_3\gamma_2 v_2 t_2] \end{cases}$$

и сгруппируем общие члены:

$$\begin{cases} x_1 = \gamma_3\gamma_2[(1 + v_3\sigma_2)x_2 - (v_2 + v_3)t_2] \\ t_1 = \gamma_3\gamma_2[(1 + \sigma_3 v_2)t_2 - (\sigma_2 + \sigma_3)x_2] \end{cases}$$

Полученные уравнения должны иметь (и имеют) такой же вид, что и уравнения системы (4.9). Это значит, что, как и в системе уравнений (4.9) в этой системе коэффициенты при первых слагаемых в уравнениях - один и тот же коэффициент:

$$\gamma(v) = \gamma_3\gamma_2(1 + v_3\sigma_2) = \gamma_3\gamma_2(1 + \sigma_3 v_2)$$

После сокращения и элементарных преобразований получаем:

$$v_3\sigma_2 = v_2\sigma_3$$

Из этого равенства следует, что следующие отношения имеют одно и то же значение для всех систем отсчёта, независимо от скорости их движения:

$$\frac{v_3}{\sigma_3} = \frac{v_2}{\sigma_2} = \frac{v}{\sigma} = c^2 = const \qquad (4.10)$$

Это отношение мы обозначили квадратом величины (константы) "c" - по первой букве слова "const". Поясним, почему необходимо приравнять

отношения именно квадрату. Из второго уравнения системы (4.9) следует, что все полученные отношения имеют размерность квадрата скорости. Чтобы убедиться в этом, анализируем размерности величин (индекс "разм" означает, что рассматривается не значение, а размерность величин):

$$t' = \gamma\left[t - \sigma x\right] \rightarrow t_{разм} = \sigma_{разм} x_{разм} \rightarrow \sigma_{разм} = \frac{t_{разм}}{x_{разм}}$$

Очевидно, что в скобках стоят величины с размерностью времени. Отсюда следует, что квадрат размерности константы "с" равен квадрату размерности скорости, а сама величина "с" имеет, соответственно, размерность скорости:

$$c^2_{разм} = \frac{v_{разм}}{\sigma_{разм}} = \frac{v_{разм} x_{разм}}{t_{разм}} = v^2_{разм}$$

Это и означает, что все отношения (4.10) равны *квадрату* некоторой величины "с".

Уравнения (4.9) должны быть справедливы и для обратного преобразования, когда системы отсчёта "меняются местами". Относительная скорость при этом меняет свой знак:

$$x = \gamma(-v)\left[x' + vt'\right]$$

Подставим в это уравнение значения штрихованных величин из исходной системы (4.9):

$$x = \gamma(-v)\left[\gamma(x - vt) + v\gamma(t - \sigma x)\right] = \gamma(-v)\gamma\left[x - vt + vt - v\sigma x\right]$$

и окончательно:

$$x = \gamma(-v)\gamma\left[x - v\sigma x\right] \qquad (4.11)$$

Из соотношений (4.10) находим:

$$\sigma = \frac{v}{c^2}$$

Подставляем это значение в (4.11) и получаем:

$$x = \gamma(-v)\gamma[x - \frac{v}{c^2} vx] = \gamma(-v)\gamma[1 - \frac{v^2}{c^2}]x$$

В результате преобразований получаем:

$$\gamma(-v)\gamma = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \qquad (4.12)$$

Функция *γ(v)* является четной. Это видно из следующих соображений. Если мы развернём оси двух систем отсчёта на 180°, то скорость также изменит свой знак. Это равнозначно тому, как если бы мы смотрели на эти системы через зеркало (зеркало заднего вида автомобиля): направления

осей и движения развернутся. Поэтому первое уравнение системы (4.9) будет иметь вид:

$$-x' = \gamma(-v)(-x + v\sigma x)$$

Сравнивая эти уравнение, получаем:

$$x' = \gamma(v)(x - v\sigma x) = -\left[\gamma(-v)(-x + v\sigma x)\right]$$

Раскрываем скобки:

$$\gamma(v)(x - v\sigma x) = \gamma(-v)(+x - v\sigma x)$$

и получаем признак четности функции:

$$\gamma(v) = \gamma(-v) \qquad (4.13)$$

Подставляем полученное значение (4.13) в (4.12) и находим:

$$\gamma(-v)\gamma = \gamma^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Теперь находим значение функции гамма:

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

и подставляем его в уравнения (4.9):

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \qquad t' = \frac{t - \sigma x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad (4.14)$$

Имея два этих уравнения, можно легко вывести все остальные следствия преобразований Лоренца, как это было показано в предыдущем разделе.

4.3 Анализ принципов СТО

Итак, мы вывели явный вид уравнений (4.6) преобразования между двумя инерциальными системами отсчёта и получили уравнения Лоренца (4.14), в которые мы были *вынуждены* ввести некую константу *c*, значение которой нам, строго говоря, неизвестно. Дотошный читатель, наверное, уже давно держит в голове мысль: когда же, наконец, и каким образом автор статьи объявит эту константу скоростью света. По мнению ряда авторов, вопрос этот не простой. Например, Степанов считает (у него эта константа α является обратной величиной к нашей константе - c), что "*функциональная форма* преобразования между наблюдателями двух инерциальных систем отсчёта полностью определяется с точностью до константы α. Выяснение её *значения* и *знака* — это уже вопрос экспери-

ментальный. Фундаментальная константа α могла оказаться и нулевой, однако в нашем Мире она больше нуля". [99]

На сайте библиотеки Физического факультета СПбГУ С.Н.Манида (у него величина g также является обратной величиной к нашей константе c): "вводит некоторую постоянную величину, размерность которой — обратный квадрат скорости. Эта величина одинакова во всех системах отсчета, и ее численное значение не может быть выведено из каких-либо общих принципов. Экспериментальное значение этой величины $g = c^{-2}$, где c — скорость света в вакууме". [99]

"мы вывели соотношения из принципа относительности и получили следствием постоянство скорости *c* во всех инерциальных системах отсчета. Важно отметить принципиальное отличие данного подхода к выводу преобразований Лоренца от общепринятого. Постоянство скорости света во всех инерциальных системах отсчета — это экспериментальный факт, установленный с определенной степенью точности. Приведенный выше вывод не опирается на этот факт, из него следует только *существование* скорости, одинаковой во всех инерциальных системах отсчета". [56]

На одном из форумов в интернете опубликован анализ статьи Фейгенбаума, посвященной, в частности, выводу соотношений СТО из принципа относительности. Там [105] сказано:

"Чтобы вывести "специальную теорию относительности" (СТО) постулат постоянства скорости света не нужен.

Это значит, что возможно, что скорость света не постоянна (если она меньше фундаментальной константы С). Формулы СТО – логически не зависят от постулата постоянства скорости света. Фейгенбаум пишет, что СТО можно было бы открыть ещё во времена Галилея. Всё, что для этого нужно, это – принцип равноправности равномерно движущихся относительно друг друга систем (принцип относительности Галилея) и изотропия пространства".

Проводится анализ самой константы, аналога скорости света [105]:

"Ясно только, что подход Фейгенбаума кардинально меняет всё наше понимание того, что такое релятивистские эффекты. Фундаментальная константа, стоящая в релятивистских формулах не обязательно равна скорости света. Только опыт может определить её значение. Если скорость света меньше этой константы, то фотоны должны иметь массу и, как любые массивные частицы, испытывать гравитационное притяжение, что, возможно, объясняет явление искривления лучей вблизи массивных тел".

Приведённые соображения резонны, однако... Как бы там ни было, но использование для вывода СТО только принципа относительности неизбежно *вынуждает* нас, требует помимо нашей воли ввести некую константу, сильно напоминающую скорость света в преобразованиях Лоренца в "стандартной" (эйнштейновской) СТО. То есть, принцип относительности сам по себе всё-таки недостаточен для получения релятивистских эф-

фектов. В обязательном порядке ему необходим помощник - светоподобная константа. Попробуем предположить, что эта константа – не скорость света. Но она имеет размерность скорости и, следовательно, это скорость чего-то. Но чего? Рассмотрим, какими свойствами она обладает.

В СТО Эйнштейна есть раздел, в котором он анализирует уравнения Максвелла и приходит к выводу, что они инвариантны относительно преобразований Лоренца. У Эйнштейна преобразования Лоренца основаны как на принципе относительности, так и на постулате о постоянстве скорости света. Следовательно, если относительно этих преобразований уравнения Максвелла инвариантны, то принцип относительности в трактовке Эйнштейна имеет силу, справедлив. Тогда возникает вопрос: если принцип относительности соблюдается в виде инвариантности уравнений Максвелла по отношению к преобразованиям Лоренца, то как они могут быть одновременно инвариантны относительно других псевдо-Лоренцевых преобразований, в которых присутствует не скорость света, а какая-то другая константа? Как можно представить себе, что существуют *два* различающихся принципа относительности? Один из них - это принцип относительности, на который ссылается Эйнштейн при выводе уравнений Лоренца, содержащих скорость света как инвариант. Второй - это принцип относительности Фейгенбаума, Маниды и Степанова, из которого выведены те же преобразования Лоренца, но содержащие некую константу, подобную скорости света, но не равную ей. Здесь возможны только два вывода: либо уравнения Лоренца-Эйнштейна не соответствуют принципу относительности, либо найденная светоподобная константа – это скорость света.

Далее. Из основного уравнения (4.14) Лоренца мы видим, что скорость света - это максимально возможная скорость. Никакая система отсчёта не может двигаться с этой или большей скоростью, поскольку в знаменателе появляется ноль или квадратный корень из отрицательного числа:

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

Но точно такое же уравнение появляется и при выводе преобразований из принципа относительности, но уже не со скоростью света, а с другой аналогичной константой. То есть в этом случае ни одна система отсчета не может двигаться уже с другой скоростью, с другим максимумом. Очевидно, что эта "другая" скорость не может быть меньше скорости света, если она претендует на звание максимально возможной скорости, поскольку скорость света достоверно измерена. Значит, она может быть только больше скорости света (равенство отождествляет их). Следовательно, в этом случае скорость света - не максимально возможная скорость. Теряют смысл устоявшиеся понятия лоренц-инвариантности, светоподоб-

ных и времениподобных интервалов, световой конус Хокинга, радиус Шварцшильда и др. Но Эйнштейн получил максимально возможную скорость, используя как принцип постоянства скорости света, так и принцип относительности. И вновь получается, что принцип относительности Эйнштейна и принцип относительности Степанова - Маниды - Фейгенбаума - это два разных принципа относительности, поскольку они дают разные значения максимально возможной скорости. Два разных принципа относительности для одной теории - это полный абсурд. Вывод уравнений Лоренца на основании одного только постулата о постоянстве скорости света также противоречит уравнениям, выведенным на основании принципа относительности "второго рода" (с трактовками Фейгенбаума и др.). То есть эти два принципа - постоянства скорости света и "новой" относительности оказываются в этом случае несовместимыми. Постоянство скорости света противоречит принципу относительности "второго рода". Другими словами, в таком принципе относительности скорость света не является инвариантом, и системы отсчёта становятся неравноправными, поскольку протекание физических процессов в них зависит от скорости их движения: скорость света можно складывать со скоростью движения системы.

Все эти абсурдные следствия снимаются, если принять значение константы, равное скорости света. Тогда неизбежно следует: для вывода всех следствий СТО, преобразований Лоренца, как минимум, невозможно обойтись без постулата о постоянстве скорости света и, как максимум, для их вывода вообще необходимо и достаточно только одного этого постулата - только он не приводит к кривотолкам по поводу неясной константы. Сам по себе постулат об инварианте скорости света включает в себя основной элемент принципа относительности - одинаковое протекание физических явлений, зависимых от скорости света. А это, в соответствии с известным мнением Лоренца - едва ли не все явления природы. Такой принцип относительности оказывается в определённом смысле следствием инвариантности скорости света, зависимым от него, что, видимо, отвергает трактовку принципа относительности Фейгенбаумом и сторонниками.

Учитывая серьёзность доводов процитированных авторов, можно сказать, что объективно они являются наиболее сильными опровержениями специальной теории относительности Эйнштейна, рубящими, что называется, теорию под самый корень, отвергающими её на самом фундаментальном уровне - теоретическом, в противовес доводам традиционных альтернативщиков, анти-СТО-в с их разными мысленными экспериментами.

Два постулата у Эйнштейна неразрывны, взаимозависимы, не существуют один без другого. Принцип относительности порождает принцип постоянства скорости света. Фраза симметрична неспроста: с одной стороны, использование принципа относительности приводит к появлению принципа постоянства скорости света, а с другой - использование принципа постоянства скорости света означает провозглашение и использование

принципа относительности. Кто кого порождает? Каждый - каждого! Действительно, принцип относительности как принцип равноправия всех инерциальных систем отсчёта провозглашает, что во всех этих системах существует одна и та же максимальная скорость, один и тот же инвариант скорости, один и тот же вид уравнений Максвелла, а при выводе уравнений Лоренца неизбежно "порождает" одну и ту же константу скорости для всех систем, причём эта константа неизбежно проявляется как скорость света. С другой стороны, принцип постоянства скорости света означает не что иное, как равноправие всех систем по отношению к этой скорости, что является, по меньшей мере, частью принципа относительности. Вывод уравнений Лоренца из принципа постоянства скорости света даёт однозначно такой же их вид, что и при выводе на основе принципа относительности. А это означает, что принцип относительности един для обоих подходов, что существует лишь одни принцип относительности - это принцип, который как неотъемлемую часть содержит в себе принцип постоянства скорости света, равноправия, так и сам является прямым следствием принципа постоянства скорости света.

5. Подобия принципа относительности

Специальную теорию относительности не раз пытались уличить в наличии внутренних противоречий. В многочисленных мысленных экспериментах утверждается, что рассуждения, касающиеся одного и того же явления в двух разных системах отсчета приводят к взаимно исключающим результатам. Среди таких экспериментов встречается, хотя и редко, критика самого принципа относительности. Приводятся примеры неких подобий этого принципа, которые как следствие делают сам принцип иллюзорным. Делается вывод, что относительность заключается лишь в том, что все релятивистские эффекты для наблюдателя "кажущиеся". Нет ни отставания часов, ни сокращения размеров тел – всё это иллюзии. В интернете можно встретить, например, описание такого "подобия" принципа относительности. Два наблюдателя на расстоянии держат в руках одинаковые карандаши. Каждому из них кажется, что его собственный карандаш – больше, чем у партнера. Вроде бы, всё выглядит как соответствие релятивистскому принципу относительности, ведь размер карандаша зависит от места нахождения наблюдателя. Похожий пример приводится и в работе, критикующей теорию относительности:

"Пусть два джентльмена одинакового роста входят в разные комнаты, разделённые прозрачной перегородкой. Они не знают, что перегородка – это двояковогнутая линза. Первый джентльмен утверждает, что он выше своего коллеги. Второй, сравнивая свой рост с видимым ростом коллеги, утверждает противоположное. Кто из них прав? Кто из них выше на самом деле?

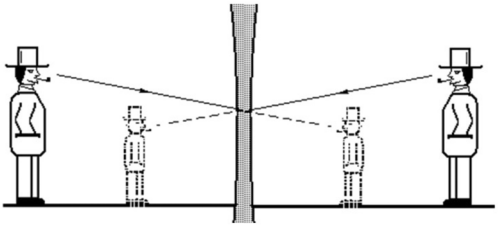


Рис.5.1. Иллюстрация к примеру о сущности и явлении [51]

Сейчас ответ для нас очевиден. Неверно сравнивать характеристику сущности (собственный рост) с характеристикой явления (наблюдаемый, кажущийся рост), интерпретируя её как "сущность". Характеристики сущности могут искажаться при отображении в систему отсчёта наблюдателя" [51].

Здесь явно не указывается на собственно парадоксальность принципа относительности. Однако в тексте очевидна параллель между ним и анализом кажущейся, "искаженной" характеристики наблюдаемого объекта. Это явная подмена понятий: материализация свойства. Действительно, ответ, хотя и другой, для нас очевиден. Любые измеряемые, наблюдаемые, воображаемые "характеристики сущности" являются для нас, наблюдателей мысленными. Мы воспринимаем любую сущность, явление и их характеристики нашими органами чувств. Все они являются лишь биохимическими процессами в нашем мозгу. Но это уже исключительная область философии: считать ли их существующими во внешнем мире независимо от нашего сознания, да и признавать ли независимое существование самого внешнего мира. В серьёзной науке как-то не принято слишком много внимания уделять этой философской стороне. Мы просто считаем эти явления реальными.

Но автор цитаты считает, что релятивистские противоречия можно легко разрешить, если разделить эффекты на явление и сущность. Он утверждает, что "неверно сравнивать характеристику сущности (собственный рост) с характеристикой явления (наблюдаемый, кажущийся рост), интерпретируя её как "сущность". Получается, что собственный рост – это сущность, а рост партнера – характеристика. Однако и свой рост, и рост партнера он воспринимает исключительно собственными органами чувств, то есть сами по себе ни первое, ни второе сущностями не являются. Разницы нет: и то и другое – это характеристики сущностей – двух материальных объектов, джентльменов. Сущность – джентльмен являет нам свою характеристику – рост. Бесспорно, что эти наблюдения зависят от наблюдателя и, соответственно, его точки наблюдения. Как и в предыдущем примере с карандашом, всё вроде бы в точности выглядит как соответствие принципу относительности.

Ещё одно такое же сравнение с принципом относительности рассматривается в работе [98], где ему сразу же даётся объяснение. Два автомобиля находятся напротив друг друга, и водители видят ветровые стёкла своей и встречной машин:

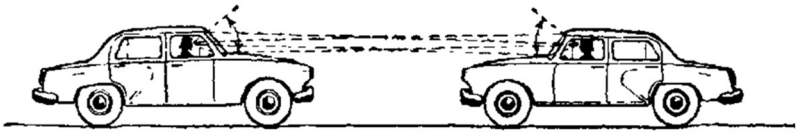


Рис.5.2. Каждому шоферу ветровое стекло своей кабины видно под большим углом зрения, чем такое же стекло встречного автомобиля [98]

"Каждому шоферу ветровое стекло своей кабины видно под большим углом зрения, чем такое же стекло встречного автомобиля. Каждый шофер с одинаковым основанием считает, что по угловым размерам его стекло больше" [98].

Здесь также усматривается кажущееся противоречие, хотя всё в точности соответствует релятивистскому принципу относительности:

"Но никакого противоречия между их мнениями не возникает, потому что речь идет не о двух величинах, а о четырех:

1) угол, под которым первое стекло видно первому шоферу;

2) угол, под которым второе стекло видно первому шоферу;

3) угол, под которым первое стекло видно второму шоферу;

4) угол, под которым второе стекло видно второму шоферу.

Каждому понятно, что нельзя сказать просто: "угол, под которым виден такой-то предмет", надо еще обязательно добавить – кому" [98].

Всё верно, но ведь и согласно релятивистскому принципу относительности лоренцево сокращение тел можно описать в точности так же. Действительно, здесь два измеряемых объекта – ветровые стёкла. Неточно то, что шоферы наблюдают углы. Если их спросить о размерах видимых им стёкол, то говорить они будут, скорее всего, об их линейных размерах. Это более естественный и обычный подход. Именно так мы обычно сравниваем размеры объектов вдали: именно их линейные, а не угловые размеры. Лишь затем, обнаружив, что грузовик вдали кажется таким же по высоте, как и находящаяся ближе малолитражка, мы понимаем, что всё связано именно с их удалением от нас, и мы их видим просто под разными углами. Особенно это заметно, когда нам заранее неизвестны типичные размеры двух сравниваемых объектов. Например, два облака на чистом небе мы сравниваем по их линейным размерам: это облако больше, чем другое.

Сравнение лоренцевых длин объектов, например, стержней можно описать так же, как и сравнение стёкол. В этом случае у нас также два физических объекта: движущийся стержень и неподвижный стержень, длины

которых в состоянии покоя равны. Здесь так же речь идёт о четырёх величинах:

1) длина неподвижного стержня, видимая неподвижному наблюдателю;
2) длина неподвижного стержня, видимая движущемуся наблюдателю;
3) длина движущегося стержня, видимая неподвижному наблюдателю;
4) длина движущегося стержня, видимая движущемуся наблюдателю.

Сходство описания, как видим, абсолютное и, по сути, не позволяет с уверенностью противопоставить принцип относительности и его "иллюзорное" подобие.

Казалось бы, подход к релятивистскому принципу относительности как к простому эффекту наблюдения "кажущихся" величин вполне обоснован. Выходит, что все эффекты специальной теории относительности – это результат искаженного восприятия, все эти эффекты – кажущиеся, нет никаких реальных сокращений движущихся тел и замедления хода часов?

К сожалению противников теории относительности, это ошибочное предположение. Связано оно с элементарным непониманием сути теории.

Главное, что объединяет все эти "подобия" принципа относительности – это подмена непосредственного измерения измерением *воображаемым*. Возьмём те же два стержня: движущийся и неподвижный. Произведём корректное физическое сравнение их длин.

Измерение первое. Когда стержни поравняются так, что начало движущегося стержня (стержень-1 на рисунке 5.3) совместится с концом неподвижного (стержень-2 на рисунке 5.3), мы сравним положение конца движущегося стержня и начала неподвижного. Строго механически: нанесением меток, фотографированием или каким-либо подобным образом. И мы сразу же определённо, независимо от методов измерения обнаружим, что начало неподвижного стержня выступает за пределы движущегося, то есть, движущийся - короче. Это однозначно определённый, независимый от наблюдателя результат.

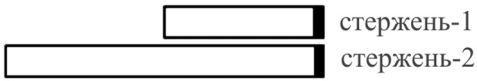


Рис.5.3. Измерение стержня 1 в ИСО стержня 2. Кадр из анимации [21]

Измерение второе. Переместимся в систему отсчета движущегося стержня. Теперь для нас они поменялись ролями: движущийся стержень стал неподвижным, а неподвижный, наоборот, стал подвижным. Вновь повторим описанную выше процедуру измерения. Когда стержни поравняются так, что начало движущегося стержня (стержень-2 на рисунке 5.4) совместится с концом неподвижного (стержень-1 на рисунке 5.4), мы сравним положение начала движущегося стержня и конца неподвижного. И в этом случае мы сразу же определённо, независимо от методов измерения обнаружим, что конец неподвижного стержня выступает за пределы

движущегося, движущийся короче. Это однозначно определённый, независимый от наблюдателя результат.

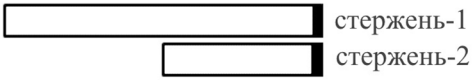


Рис.5.4. Измерение стержня 2 в ИСО стержня 1. Кадр из анимации [21]

Следует отметить, что в этом месте традиционные альтернативщики, противники СТО демонстрируют полное непонимание принципа относительности. Этого не может быть!!! Какой же стержень короче на самом деле?!!! В первом случае "проскочил метку" один стержень, а во втором – другой! Так не бывает, это невозможно! Убедить их в том, что они заблуждаются, удается редко. Почему же в этих двух случаях измерений вторые концы стержней не совмещаются? Для объяснения следовало бы привлечь принцип относительности одновременности, но этот принцип является для альтернативщиков настоящим кошмаром. В каждом случае совмещение концов стержней производится в один и тот же момент времени по собственным часам наблюдателя. Если для него показания часов на концах своего стержня одни и те же, то показания часов на концах движущегося стержня – разные. По этой причине, например, "проскочивший" своё положение второй конец движущегося стержня на рис.5.3 просто уже находится в своём будущем, следовательно, за это время он "ушёл" дальше.

Поэтому мы остановимся на более простых доводах. Противоречия нет, поскольку сравниваются разные точки зрения. В этом случае полезными могут оказаться и "подобия принципа относительности". Почему стёкла автомобилей в приведённом выше примере кажутся двум шофёрам разными, понятно, видимо, каждому. Поэтому должно быть доступно пониманию и то, что относительные размеры движущихся одинаковых стержней также могут быть разными для каждого из наблюдателей. Это не фантастика, это возможно. Просто нужно понять, что механизм возникновения этой разницы различен. В релятивистском случае разница длин фиксируется строго инструментально, а не "на глазок". В рассмотренных выше примерах достаточно всего лишь произвести корректные измерения сравниваемых объектов, чтобы убедиться в их равенстве. Надо просто совместить друг с другом карандаши, джентльменов или ветровые стекла. Тогда и все четыре измерения стекол из списка совпадут, чего не будет в случае со стрежнями. Таким образом, принцип относительности – это действующий релятивистский принцип, не имеющий ничего общего с его "кажущимися" подобиями.

Прямое измерение лоренцева сокращения тел в реальных экспериментах затруднено. Объяснение проникновения космических лучей (пимезонов) хотя и использует этот эффект, но он не является прямым,

наблюдаемым сокращением тел. Иначе дела обстоят с замедлением темпа хода часов. Существующие атомные часы с высочайшей точностью дают реальную возможность измерить замедление их хода при движении. Такие эксперименты проводились и подтвердили справедливость этого вывода теории [118].

6. Парадокс близнецов (парадокс Ланжевена, часов)

Кто-то считает, что теория относительности настолько сложна, что понять её дано далеко не каждому. С другой стороны, есть высказывания, что теория относительности – одна из красивейших физических теорий. Видимо, всё это так. Постулаты, исходные предположения теории, хотя и оригинальные, но логически обоснованы и не противоречат здравому смыслу. Выводы теории, хотя и сопровождаются часто словом "парадокс", тем не менее, прекрасно уживаются со здравым смыслом и логикой. И, тем не менее, теория относительности изобилует парадоксами, самым известным из которых, видимо, является парадокс близнецов.

Непрекращающиеся дискуссии и обсуждения по этому парадоксу идут и в литературе и на многочисленных форумах в интернете. Предложено и продолжает предлагаться множество его решений (объяснений), из которых делаются выводы от непогрешимости СТО до её ложности. Впервые этот парадокс сформулировал Эйнштейн таким образом:

"Если в точке А находятся двое синхронно идущих часов и мы перемещаем одни из них по замкнутой кривой с постоянной скоростью до тех пор, пока они не вернутся в А (…), то эти часы по прибытии в А будут отставать по сравнению с часами, остававшимися неподвижными…". [117]

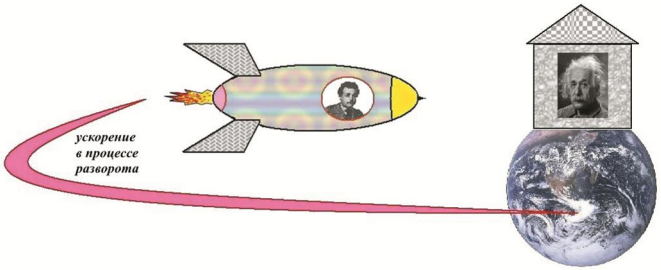


Рис.6.1. Парадокс близнецов

В настоящее время чаще встречается формулировка не с часами, а с близнецами и космическими полётами: "Если один из близнецов улетает на космическом корабле к звёздам, то по возвращению он оказывается моложе своего остававшегося на Земле брата" (рис.6.1). Парадокс, кажущееся противоречие с теорией относительности заключается в том, что движущимся близнецом можно считать того, который оставался на Земле. Сле-

довательно, улетавший в космос близнец должен ожидать, что остававшийся на Земле брат окажется моложе него.

Но парадокс имеет простое объяснение: две рассматриваемые системы отсчета на самом деле не являются равноправными. Близнец, который улетал в космос, в своём полёте не всегда находился в инерциальной системе отсчета. На этапах разгона, торможения, разворота он испытывал ускорения и по этой причине к нему в эти моменты неприменимы положения специальной теории относительности. Для земного брата он находился в движении, и его часы отставали, но для него самого часы земного брата шли совсем по другому графику, в том числе с опережением. Поэтому нет никакого противоречия (парадокса). Причём, если трактовать его корректно, без повторной встречи, то в полном согласии с теорией, без парадоксов и противоречий: да, действительно, для каждого из близнецов брат окажется моложе.

Можно сказать, что "парадокс близнецов" является рядовым явлением теории относительности и ни в малейшей мере не противоречив. Это удивительное, даже забавное следствие теории, следствие, математически строго описанное и обоснованное, не более того. Чтобы понять эту красивую математику, нужно лишь приложить немного усилий. Удивительно, что есть масса работ, описывающих различные решения "парадокса", но к нему возвращаются вновь и вновь, предлагая всё новые и новые объяснения. Неужели парадокс настолько сложен, что ни одно из решений не является окончательным? Можно ли провести реальный эксперимент, чтобы определить, кто же из близнецов "на самом деле" окажется моложе и почему? Например, что будет, если провести вариант эксперимента с "парадоксом близнецов", который можно назвать по аналогии "парадоксом трех близнецов". Такой эксперимент позволяет исключить влияние неинерциальных этапов и более наглядно увидеть, есть ли противоречие.

Сформулируем условия эксперимента в шутливой форме. Предположим, что две планеты – Земля и Ялмез (слово Земля в обратном прочтении), являющаяся колонией Земли и расположенная в далекой галактике, образуют инерциальную систему отсчета. В некоторый момент времени мимо Земли в сторону планеты Ялмез направляется звездолёт, летящий с субсветовой скоростью. Когда звездолёт оказывается рядом с Землёй, происходит удивительное событие: рождаются близнецы-тройняшки. Один из них родился на Земле, другой – на планете Ялмез, а третий – на звездолёте. Не требуется никакой синхронизации часов, скрупулёзного учёта относительностей одновременности и других хитростей СТО, чтобы понять: в момент рождения два из близнецов находились в одной точке пространства (условно, разумеется), поэтому они – ровесники. При этом, как видим, нет никаких нарушений инерциальности: обе системы – ИСО звездолёта и ИСО Земля-Ялмез без всяких оговорок – инерциальные. Поэтому мы ожидаем интересные выводы о возрасте близнецов, для чего лишь необходимо

решить вопрос: каким образом сравнить их возрасты по прилёту третьего близнеца на планету Ялмез. Предположим, что скорость звездолёта была такой, при которой замедление темпа времени движущихся часов равно двум. Это приблизительно 0,86с километров в секунду.

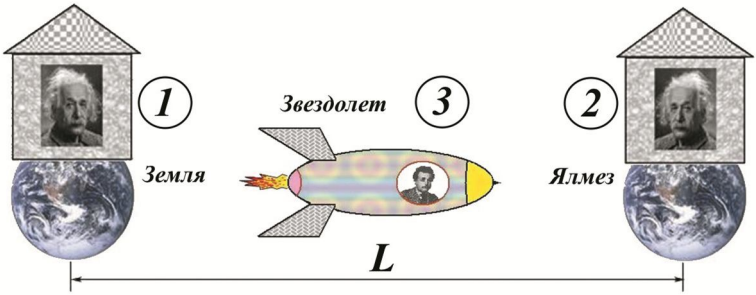


Рис.6.2. Вариант парадокса близнецов – три близнеца

Примем расстояние между Землёй и Ялмез в ИСО этих планет таковым, что звездолёт одолеет его за 40 лет, то есть L=34,4с километров. По прошествии 40 лет по земному времени близнец, родившийся на звездолете, прибывает на планету Ялмез. Звездолёт летит мимо, но между близнецом 2 и близнецом 3 в одно короткое мгновение происходит диалог. В короткий момент встречи близнецы 2 и 3 обнаружили, что второй близнец старше третьего. Для близнеца на Ялмез это в точности соответствует выводам теории относительности, поскольку в его ИСО первый и второй близнецы всегда ровесники. С их точки зрения третий близнец двигался, и его часы и возраст отстали от возраста близнеца на Ялмез так же, как и от возраста земного близнеца.

А как обстоят дела с точки зрения третьего близнеца? Ведь он же явно видит: брат старше него, а первый является ровесником ему, поэтому, получается, что нет никакой относительности? Может быть, действительно, молодым оказался тот из близнецов, который двигался на звездолёте? При анализе этой ситуации слабым утешением является то, что для третьего близнеца возраст первого "видится" совсем не таким же, каким он видится второму близнецу. Но как это происходит? Слишком уж это не очевидно. Более того, может показаться даже, что СТО ошибается, ведь с логической точки зрения и с позиции здравого смысла мы готовы просто поверить в то, что летящий оказался моложе.

6.1 С чего начались все эти "парадоксы"?

В жизни, как обычно, всё оказалось несколько сложнее. Сознание некоторых физиков и математиков отказывается принять новые взгляды относительности. Есть много таких, кто прикладывает немалые усилия к

опровержению теории относительности. При этом опровергатели пытаются сделать это самым исчерпывающим образом, пытаются выбить фундамент из-под теории, зрят, так сказать, в самый её корень – в математику. Но это бесперспективное направление – математика специальной теории относительности внутренне безупречна, непротиворечива, и опровергнуть её математическими средствами в принципе невозможно.

Противники специальной теории относительности придумывают множество сложных и хитрых экспериментов, якобы вскрывающих противоречия в теории относительности. Например, такой, в котором луч света предполагается "искривленным", что, конечно же, не так.

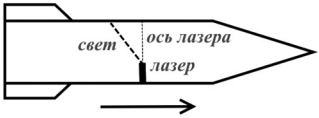


Рис.6.3. Схема из статьи, направленной на опровержение СТО

Однако при тщательном рассмотрении всегда обнаруживаются не учтенные особенности математики теории. Как правило, камнем преткновения оказывается самое, пожалуй, изысканное явление СТО: "относительность одновременности". И только тщательное, внимательное изучение математики СТО может снять все возражения, поскольку против собственно математики СТО нет ни одного довода оппонентов. За более чем вековой срок жизни СТО в ней не вскрыто ни единой математической ошибки. Если математика СТО является истинной, то и все следствия из неё тоже обязательно истинны.

Другой вопрос – трудности восприятия этих выводов и самой математики. Как ни странно это звучит, но самыми трудно воспринимаемыми из этих выводов являются наиболее простые – преобразования Лоренца. Из них следуют такие явления как сокращения движущихся отрезком, отставание движущихся часов, относительность одновременности событий. Это удивительные явления, загадочные на первый взгляд и даже парадоксальные. Действительно, как это происходит, что мои часы отстают по отношению к твоим, но и твои тоже отстают по отношению к моим?! Это же парадокс, противоречие! Это недоумение непосредственно относится и к мысленному эксперименту с тремя близнецами. Присмотримся к поведению часов рис.6.4, находящихся рядом с каждым из близнецов, обозначив их теми же номерами. Как сказано выше, при мимолетной встрече второго и третьего близнецов, они обнаружили, что второй близнец старше третьего, а часы третьего Т3 отстали от часов второго Т2 (всё ровно на 20 лет). Близнец 2 утверждает: третий пролетел расстояние L, на что у него ушло 40 лет. При этом в результате лоренцева замедления времени в ИСО звездолета прошло только 20 лет.

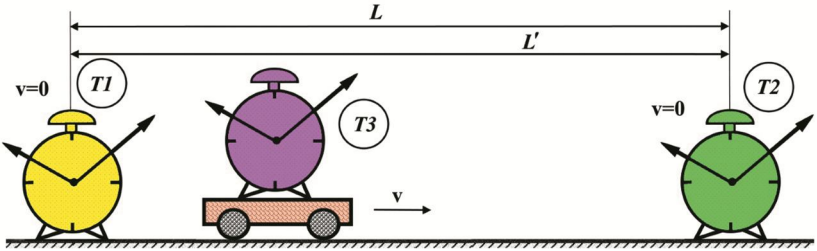


Рис.6.4. Так чьи же часы отстают?

Все верно. Но ведь первый и второй близнецы тоже двигались – по отношению к третьему. Значит, их часы тоже должны были отстать – по отношению к часам третьего близнеца. Второй близнец утверждает:

- Третий пролетел расстояние L, равное 34,4с километров.

- Нет, - утверждает третий, - Я пролетел только 17,2с километров. Поэтому по моим часам прошло не 40 лет, а только 20. Именно столько лет мне сейчас.

- Как так?! – не сдаётся второй, - Мы измерили расстояние между Землёй и Ялмез, оно в точности равно 34,4с километров.

- Так это же в вашей ИСО. А в моей ИСО – движетесь вы по отношению ко мне, поэтому этот отрезок – расстояние между Землёй и Ялмез – для меня является укороченным и имеет длину L', равную 17,2с километров.

- Да, верно, - соглашается, наконец, второй близнец, - Но ведь и для нас все интервалы в твоей ИСО укорачиваются. Почему же ты не учитываешь это сокращение?

- Учитываю. Но сейчас мы говорим лишь об одном отрезке – интервале между планетами в ИСО Земли – Ялмез. А этот отрезок по отношению к Земле неподвижен, а по отношению ко мне – движется. Поэтому и сокращается. Вот и получается, что я пролетел расстояние с точки зрения моей ИСО ровно в два раза меньшее, чем измерено в вашей ИСО. А поскольку первый брат двигался по отношению ко мне со скоростью 0,86с километров в секунду, то его часы отстали по отношению к моим. Поэтому ему сейчас только 10 лет. Ведь мне-то уже 20 лет.

- О чём ты говоришь? – воскликнул удивленно второй брат, - Ему ровно столько же, сколько и мне! Мы с ним ровесники и наш возраст одинаков.

- Вот именно, - подвел итог третий брат, - ты верно заметил: ровесники именно вы, поскольку находитесь в одной и той же ИСО. Это друг для друга у вас одинаковый возраст. Но для меня, из моей ИСО возраст первого брата равен 10 годам, именно в этом и состоит относительность: значения величин определяются тем, из какой системы отсчёта они получены.

К этому разговору близнецов можно добавить, что он в точности описывает реально наблюдаемый физический процесс со временем жизни пионов, в котором пион выступает в роли третьего близнеца и за счёт движения "живет" дольше своих "неподвижных" (земных) собратьев, что даёт ему возможность пролететь сквозь атмосферу Земли намного дальше, чем это возможно при его "стандартной продолжительности жизни".

Рассуждения на тему ошибочности СТО нередки на форумах, посвященных теории относительности. Но главная их беда и ошибочность, к сожалению, состоит в нежелании вникнуть в математику теории. Выводы теории противоречат лишь привычным, классическим представлениям. Эти привычные представления применяются к теории вопреки её утверждениям. Теорию относительности обвиняют в ложности утверждений, которых она не делала! Ей приписывают выводы, которых она не делает, и затем их пытаются опровергнуть. Непросто осознать, как получается, что отрезок А короче отрезка Б, но при этом отрезок Б короче отрезка А. Или часы Т1 отстают по отношению к часам Т2, но при этом и часы Т2 отстают по отношению к часам Т1. Разумеется, такое сравнение бессмысленно, две величины не могут быть одновременно меньше друг друга. Хитрость состоит в том, что при наличии двух часов на самом деле имеется четыре величины для сравнения:

1. Показания часов А с точки зрения А;
2. Показания часов А с точки зрения Б;
3. Показания часов Б с точки зрения А;
4. Показания часов Б с точки зрения Б.

То, что показания п.1 больше показаний п.3, ни в коей мере не противоречит тому, что показания п.2 меньше показаний п.4. Но для понимания этого необходимо внимательно ознакомиться с положениями СТО, в особенности с её фундаментальным принципом относительности. Только в этом случае станет понятно, как нужно сравнивать показания часов п.1 - п.4. То же самое можно сказать и о длинах отрезков, которые тоже имеют не два значения, а четыре.

Таким образом, для обвинений СТО в парадоксальности и противоречии здравому смыслу явления Лоренца не дают никаких оснований.

6.2 Что опроверг опыт Майкельсона

Как мы показали выше, наиболее распространенные представления о СТО не содержат в себе ни противоречий, ни парадоксов в глубоком смысле этого слова. На уровне выводов всё достаточно просто и непротиворечиво. Может показаться, что вообще "СТО – это же элементарно!" Почему же тогда не утихают споры вокруг неё? Почему множество физиков и математиков пытаются найти в ней противоречия, отвергают её?

Есть ли вообще какая-нибудь тайна СТО, которая может объяснить все загадки теории?

В мире проведено и проводится много экспериментов, ставящих цель найти не очередное доказательство справедливости теории, а хоть что-то, что с нею не согласуется. Но всё тщетно – СТО получает только очередные подтверждения.

За несколько лет до появления теории относительности, в 1881 году, Майкельсон провёл опыт, который вполне мог стать родителем теории относительности и преобразований Лоренца. Главной целью опыта был поиск абсолютной системы отсчета, связанной с эфиром. На заре своего возникновения СТО, ссылаясь на этот опыт, прямо отвергла такую систему отсчета. Опыт Майкельсона, действительно, не показал наличия такой системы, наличия эфира и явился подтверждением положений теории относительности.

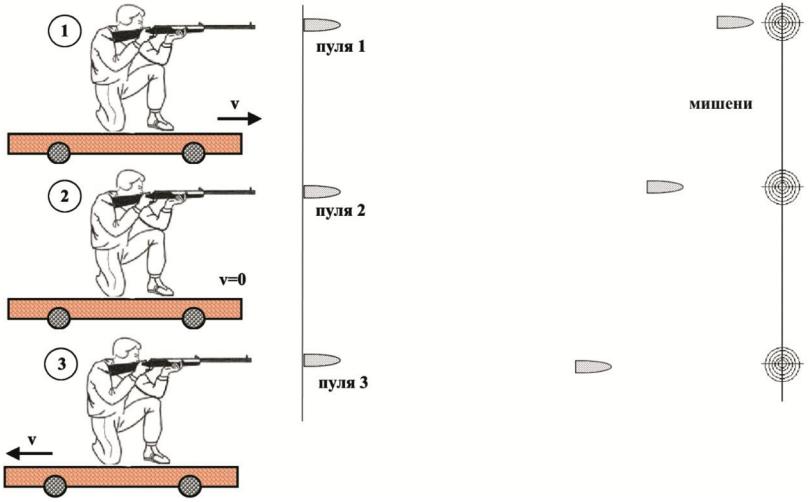


Рис.6.5. Три стрелка и мишени

Согласно существовавшей на тот момент теории неподвижного эфира, можно было измерить абсолютное движение Земли по отношению к эфиру. Проведём такую аналогию. Три стрелка стреляют по мишеням (рис.6.5). Первый стрелок находится на платформе, которая приближается к мишени. Второй неподвижен. Третий находится на платформе, которая удаляется от мишени. В тот момент, когда все три стрелка поравнялись, они выстрелили. Первой достигнет мишени пуля, выпущенная первым стрелком; затем мишени достигнет пуля второго стрелка; последней в мишень попадет пуля третьего стрелка. Разница во времени попадания пуль в мишени зависит от скорости платформ. То есть, измеряя задержку попада-

ния пули в мишень, мы можем оценить скорость движения платформы (аналога Земли):

По аналогии со стрелками появилась идея определить абсолютную скорость Земли. Но оказалось, что с фотоном ситуация иная. Если стрелки выпустят в мишень световые лучи, то все лучи достигнут мишени одновременно, независимо от скоростей платформ. Не смотря на то, что ИСО приобрела скорость, скорость фотона осталась прежней и по-прежнему t = L/c. Это довольно странно, поэтому проанализируем процесс.

Не вдаваясь в технические детали опыта и установки Майкельсона, рассмотрим физическую сущность опыта, используя методику Майкельсона. Для этого возьмем платформу длиной L, которую пересекает фотон, испущенный неизвестным источником и просто пролетающий мимо. Фотон для наблюдателей на платформе пролетит через неё за время t = L/c.

Затем разгоним платформу до скорости v и вновь замерим время пролёта фотона. Время окажется с точности таким же. Но почему? Платформа разогнана, а фотон, как ни в чём не бывало, преодолевает её за то же самое время. Проведём мысленный опыт на установке, отчасти подобной установке Майкельсона и изображенной на рис.6.6. Изобразим фотон бейсбольным мячом, а зеркало – битой, которая отражает фотон-мяч от противоположной стенки и возвращает его к мишени. Если наблюдателю ничего не известно о движении своей системы отсчета, он считает её покоящейся и вычисляет, что фотон преодолеет платформу за время t = 2L/c (путь туда и путь обратно).

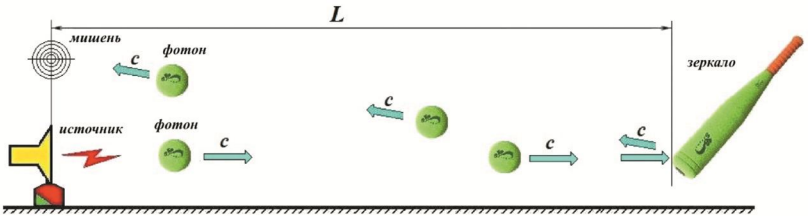


Рис.6.6. Полет фотона с точки зрения наблюдателя внутри ИСО

Легко заметить, что этот рисунок является подобием рисунка 4.1. Поэтому и весь анализ на его основе также будет полностью соответствовать анализу, проведенному в разделе 4.1 Вывод СТО из принципа постоянства скорости света, в результате которого мы вновь получим те же самые преобразования Лоренца.

7. Парадокс близнецов - мнимый парадокс СТО

Многочисленные дискуссии по парадоксу близнецов, идущие в литературе и в интернете, видимо, не прекратятся никогда. Предложено и продолжает предлагаться множество его решений (объяснений), из которых

делаются выводы как о непогрешимости СТО, так и её ложности. Тезис, послуживший основой парадокса, как известно, был сформулирован Эйнштейном в его основополагающей работе по специальной (частной) теории относительности "К электродинамике движущихся тел" в 1905 году [117].

В дальнейшем этот тезис получил известные ныне собственные имена "парадокс часов", "парадокс Ланжевена" и "парадокс близнецов". Последнее название прижилось, и в настоящее время чаще встречается формулировка не с часами, а с близнецами и космическими полётами: если один из близнецов улетает на космическом корабле к звёздам, то по возвращению он оказывается моложе своего остававшегося на Земле брата.

Гораздо реже обсуждается еще один, также описанный в этой же работе Эйнштейна и следующий сразу же за первым, тезис об отставании часов на экваторе от часов, находящихся на полюсе Земли. Смыслы обоих тезисов совпадают, то есть, в сущности, оба они описывают парадокс близнецов:

"… часы с балансиром, находящиеся на земном экваторе, должны идти несколько медленнее, чем точно такие же часы, помещённые на полюсе, но в остальном поставленные в одинаковые условия". [117]

На первый взгляд это утверждение может показаться странным, ведь расстояние между часами неизменно и нет относительной скорости между ними. Но на самом деле на изменение темпа хода часов влияет мгновенная скорость, которая, хотя и меняет непрерывно своё направление (тангенциальная скорость экватора), но все в сумме они дают ожидаемое отставание часов.

Собственно парадокс, кажущееся противоречие в предсказаниях теории относительности возникает, если движущимся близнецом считать того, который оставался на Земле. В этом случае теперь уже улетавший в космос близнец должен ожидать, что остававшийся на Земле брат окажется моложе него. Так же и с часами: с точки зрения часов на экваторе движущимися следует считать часы на полюсе. Таким образом, и возникает противоречие: так кто же из близнецов окажется моложе? Какие из часов покажут время с отставанием?

Чаще всего парадоксу обычно даётся простое объяснение: две рассматриваемые системы отсчета на самом деле не являются равноправными. Близнец, который улетал в космос, в своём полёте не всегда находился в инерциальной системе отсчета, в эти моменты он не может использовать уравнения Лоренца. Так же и с часами.

Отсюда следует сделать вывод: в СТО не может быть корректно сформулирован "парадокс часов", специальная теория не делает двух взаимоисключающих предсказаний. Полное решение задача получила после создания общей теории относительности, которая решила задачу точно и показала, что, действительно, в описанных случаях отстают движущиеся часы: часы улетавшего близнеца и часы на экваторе (см. 8. Итак, парадокса

близнецов больше нет!). "Парадокс близнецов" и часов, таким образом, является рядовой задачей теории относительности.

7.1 Задача об отставании часов на экваторе

Мы опираемся на определение понятия "парадокс" в логике как противоречия, полученного в результате логически формально правильного рассуждения, приводящего к взаимно противоречащим заключениям (Энциклопедический словарь), или как два противоположных утверждения, для каждого из которых имеются убедительные аргументы (Логический словарь). С этой позиции, "парадокс близнецов, часов, Ланжевена" парадоксом не является, поскольку нет двух взаимоисключающих предсказаний теории.

Сначала покажем, что тезис в работе Эйнштейна о часах на экваторе полностью совпадает с тезисом об отставании движущихся часов. На рисунке показаны условно (вид сверху) часы на полюсе T1 и часы на экваторе T2. Мы видим, что расстояние между часами неизменно, то есть, между ними, казалось бы, нет необходимой относительной скорости, которую можно подставить в уравнения Лоренца. Однако, добавим третьи часы T3. Они находятся в ИСО полюса, как и часы T1, и идут, следовательно, синхронно с ними. Но теперь мы видим, что часы T2 явно имеют относительную скорость по отношению к часам T3: сначала часы T2 находятся на близком расстоянии от часов T3, затем они удаляются и вновь приближаются. Следовательно, с точки зрения неподвижных часов T3 движущиеся часы T2 отстают, то есть, часы T2 отстают также и от часов T1.

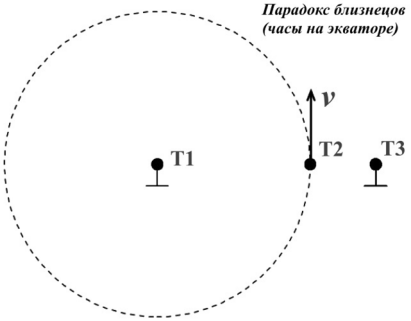


Рис.7.1. Движущиеся по окружности часы отстают от часов, находящихся в центре окружности. Это становится более очевидно, если добавить неподвижные часы вблизи от траектории движущихся

Переместим теперь часы T3 настолько близко к траектории T2, что в какой-то начальный момент времени они окажутся рядом (рис.7.2). В этом случае мы получаем классический вариант парадокса близнецов. На ри-

сунке мы видим, что сначала часы Т2 и Т3 были в одной точке, затем часы на экваторе Т2 стали удаляться от часов Т3 и по замкнутой кривой через некоторое время вернулись в исходную точку.

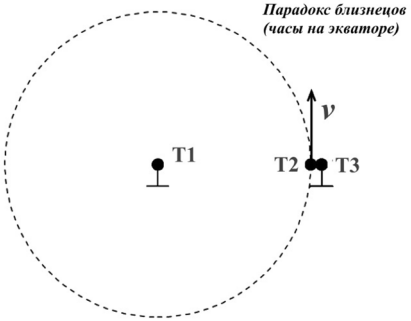


Рис.7.2. Движущиеся по окружности часы Т2 сначала находятся рядом с неподвижными часами Т3, затем удаляются и через некоторое время вновь сближаются с ними.

Это полностью соответствует формулировке первого тезиса об отставании часов, послужившего основой "парадокса близнецов". Но часы Т1 и Т3 идут синхронно, следовательно, часы Т2 отстали также и от часов Т1. Таким образом, оба тезиса из работы Эйнштейна в равной степени могут служить основой для формулировки "парадокса близнецов". Величина отставания часов в этом случае определяется уравнением Лоренца, в которое мы должны подставить тангенциальную скорость движущихся часов. Действительно, в каждой точке траектории часы Т2 имеют скорости, равные по модулю, но разные по направлениям. Как эти разные скорости внести в уравнение? Очень просто. Давайте, в каждую точку траектории часов Т2 поместим свои собственные неподвижные часы.

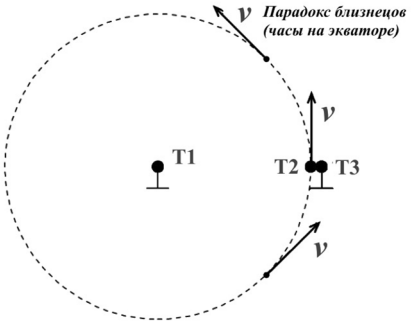


Рис.7.3. Движущиеся часы имеют постоянно изменяющееся направление скорости.

Все эти новые часы идут синхронно с часами T1 и T3, поскольку все они находятся в одной и той же неподвижной ИСО. Часы T2, проходя каждый раз мимо соответствующих часов, испытывает отставание, вызванное относительной скоростью именно мимо этих часов. За мгновенный интервал времени по этим часам, часы T2 также отстанут на мгновенно малое время, которое можно вычислить по уравнению Лоренца.

Здесь и далее мы будем использовать одни и те же обозначения для часов и их показаний, а также систему единиц, в которой скорость света c = 1:

$$dT2 = dTi\sqrt{1-v^2}$$

Проинтегрируем это выражение по всем часам и найдём суммарное время отставания:

$$T2 = \int_0^T dTi\sqrt{1-v^2} = \sqrt{1-v^2} \times \int_0^T dTi = T\sqrt{1-v^2}$$

Очевидно, что верхним пределом интегрирования являются показания часов T3 в момент, когда часы T2 и T3 вновь встретятся. Как видим, показания часов T2 < T3 = T1 = T. Лоренцев множитель мы выносим из-под знака интеграла, поскольку он является константой для всех часов. Введённое множество часов можно рассматривать как одни часы - "распределённые в пространстве часы". Это "пространство часов", в котором часы в каждой точке пространства идут синхронно и обязательно некоторые из них находятся рядом с движущимся объектом, с которым эти часы имеют строго определённое относительное (инерциальное) движение.

Как видим, получено решение, полностью совпадающее с решением первого тезиса (с точностью до величин четвертого и высших порядков). По этой причине, дальнейшие рассуждения можно рассматривать как относящиеся ко всем видам формулировок "парадокса близнецов". Можно было бы объявить приведенное решение блестящей победой теории, но напомним о главном доводе – полное и непротиворечивое решение парадокс близнецов имеет только в общей теории относительности. Приведенное решение не является полностью свободным от противоречий. При интегрировании мы исходили из малости интервалов, что позволяет рассматривать их прямолинейными. Однако, малость интервалов компенсируется их бесконечным числом. Поэтому нам следовало бы учесть это и в отношении ускорения. Малость ускорения на этих коротких интервалах может быть компенсирована их большим числом, то есть на темп хода движущихся часов на экваторе, видимо, влияет и эквивалентная гравитация. Поэтому отбрасывание влияния ускорения на замедление хода часов, по большому счету, является смелым и недостаточно обоснованным допущением.

7.2 Вариации на тему "парадокса близнецов"

Парадокс часов, как отмечено выше, означает, что специальная теория относительности, вроде бы, делает два взаимно противоречащих друг другу предсказания. Действительно, как мы только - что вычислили, движущиеся по окружности часы отстают от часов, находящихся в центре окружности. Но и часы Т2, движущиеся по окружности, имеют все основания утверждать, что они находятся в центре окружности, вокруг которой движутся неподвижные часы Т1. Уравнение траектории движущихся часов Т2 с точки зрения неподвижных Т1:

$$x^2 + y^2 = R^2$$

где,

x, y – координаты движущихся часов Т2 в системе отсчета неподвижных;

R – радиус окружности, описываемой движущимися часами Т2.

Очевидно, что с точки зрения движущихся часов Т2, расстояние между ними и неподвижными часами Т1 также равно R в любой момент времени. Но известно, что геометрическим местом точек, равноудалённых от заданной, является окружность. Следовательно, и в системе отсчета движущихся часов Т2, неподвижные часы Т1 движутся вокруг них по окружности:

$$x_1^2 + y_1^2 = R^2$$

где,

x_1, y_1 – координаты неподвижных часов Т1 в системе отсчета движущихся;

R – радиус окружности, описываемой неподвижными часами Т1.

А это, в свою очередь, означает, что с точки зрения специальной теории относительности и в этом случае должно возникнуть отставание часов. Очевидно, что в этом случае, наоборот: $T2 > T3 = T$. Получается, что и на самом деле специальная теория относительности делает два взаимоисключающих предсказания $T2 > T3$ и $T2 < T3$? И это действительно так, если не принять во внимание, что теория была создана для инерциальных систем отсчета. Здесь же движущиеся часы Т2 не находятся в инерциальной системе. Само по себе это не запрет, а лишь указание на необходимость учесть это обстоятельство. И это обстоятельство разъясняет общая теория относительности. Применять его или нет, можно определить простым опытом. В инерциальной системе отсчета на тела не действуют никакие внешние силы. В неинерциальной системе и согласно принципу эквивалентности общей теории относительности на все тела действует сила инерции или тяготения. Следовательно, маятник в ней отклонится, все

незакреплённые тела будут стремиться переместиться в одном направлении.

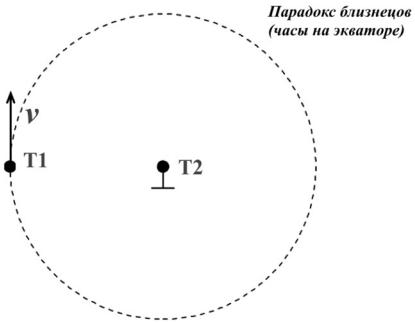


Рис.7.4. С точки зрения движущихся часов Т2 вокруг них по окружности движутся неподвижные часы Т1.

Такой опыт рядом с неподвижными часами Т1 даст отрицательный результат, будет наблюдаться невесомость. А вот рядом с движущимися по окружности часами Т2 на все тела будет действовать сила, стремящаяся отбросить их от неподвижных часов. Мы, разумеется, считаем, что никаких иных гравитирующих тел поблизости нет.

Таким образом, движущийся с часами Т2 наблюдатель должен учесть факт неинерциальности своей системы отсчета в соответствии с положениями общей теории относительности. Эти положения говорят, что часы в поле гравитации или в эквивалентном ему поле инерции, замедляют свой ход. Поэтому в отношении неподвижных (по условиям опыта) часов Т1 он должен признать, что эти часы находятся в гравитационном поле меньшей напряженности, поэтому они идут быстрее его собственных и к их ожидаемым показаниям следует добавить гравитационную поправку.

Напротив, наблюдатель рядом с неподвижными часами Т1 констатирует, что движущиеся часы Т2 находятся в поле инерционной гравитации, поэтому идут медленнее, и от их ожидаемых показаний следует отнять гравитационную поправку.

Как видим, мнение обоих наблюдателей полностью совпали в том, что движущиеся в исходном смысле часы Т2 отстанут. Следовательно, специальная теория относительности в "расширенной" трактовке делает два строго согласованных предсказания, что не даёт никаких оснований для провозглашения парадоксов. Это рядовая задача, имеющая вполне конкретное решение. Парадокс в СТО возникает лишь в том случае, если использовать её положения к объекту, не являющимся объектом специальной теории относительности. Но, как известно, неверная посылка может привести как к правильному, так и к ложному результату.

7.3 Эксперимент, подтверждающий СТО

Следует отметить, что все эти рассмотренные мнимые парадоксы соответствуют мысленным экспериментам на основе математической модели под названием Специальная Теория Относительности. То, что в этой модели данные эксперименты имеют полученные выше решения, не обязательно означает, что в реальном физическом эксперименты будут получены такие же результаты. Математическая модель теории прошла многолетнее испытание и в ней не найдено никаких противоречий. Это значит, что все логически корректные мысленные эксперименты неизбежно будут давать результат, подтверждающий её.

В этой связи представляет особый интерес эксперимент, который общепризнанно в реальных условиях показал точно такой же результат, что и рассмотренный мысленный эксперимент. Непосредственно это означает, что математическая модель теории верно отражает, описывает реальные физические процессы.

Это был первый эксперимент по проверке отставания движущихся часов, известный как эксперимент Хафеле – Китинга, проведённый в 1971 году [118]. Четверо часов, сделанных на основе цезиевых стандартов частоты, были помещены на два самолета и совершили кругосветное путешествие. Одни часы путешествовали в восточном направлении, другие обогнули Землю в западном направлении. Разница в скорости хода времени возникала из-за добавочной скорости вращения Земли, при этом учитывалось и влияние поля тяготения на полетной высоте по сравнению с уровнем Земли. В результате эксперимента удалось подтвердить общую теорию относительности, измерить различие в скорости хода часов на борту двух самолетов. Полученные результаты были опубликованы в журнале Science в 1972 году.

В этой связи можно привести один показательный диалог на форуме в интернете. Кто-то из участников форума возмутился, что все физики только и заняты тем, что подтверждают и подтверждают теорию относительности, проводя каждый раз всё более сложные и дорогостоящие эксперименты. На это другой участник форума возразил, приведя целый список таких подтверждающих экспериментов. Он сказал, что, наоборот, каждый из экспериментаторов стремится найти не подтверждение, а опровержение теории относительности. За очередное подтверждение теории никаких наград не дадут. А вот опровергнувший теорию относительности станет равным по величию Эйнштейну и Ньютону.

8. Итак, парадокса близнецов больше нет!

В качестве названия главы взята в переводе фраза из книги Лесли Мардера "Парадокс близнецов" [57, с.199]. Как отмечено выше, парадокс

близнецов берёт своё начало в основополагающей работе по теории относительности – работе Эйнштейна 1905 года "К электродинамике движущихся тел" [117]. Здесь мы не подвергаем критике или сомнению утверждение о том, что в общей теории относительности, действительно, "парадокса больше нет", что в ней парадокс близнецов не является парадоксом, а имеет четко обоснованное решение. Здесь мы рассмотрим в общих чертах выкладки, которые можно отнести к релятивистскому решению парадокса, один из вариантов такого решения с использованием динамических диаграмм Минковского. Следует особо подчеркнуть, что парадокс, вернее задача, имеет решение только в общей теории относительности. Напротив, специальная теория относительности не позволяет его разрешить, парадокс не является задачей специальной относительности. Эту позицию четко сформулировал Розман:

"При изучении СТО указывается, что "парадокс близнецов" не может быть объяснен в рамках этой теории. … Этот парадокс не может быть разрешен в рамках СТО, так как рассматриваемые СО не равноправны (как это требуется в СТО): космический корабль не может рассматриваться ИСО, так как движется на отдельных участках траектории неравномерно.

Только в рамках ОТО мы можем понять и объяснить "парадокс близнецов" естественным образом, опираясь на положения ОТО" [96, с.220].

Опуская промежуточные выкладки, приведем заключительное уравнение, с помощью которого и выводится это решение:

$$\tau = t\left(1+\frac{\varphi}{c^2}\right) \quad при \quad \varphi<0 \qquad (9.15)$$

"из которой ясно видно, что темп хода часов замедляется в гравитационном поле с потенциалом φ (то же справедливо и для эквивалентной ускоренно движущейся СО, каковой в нашей задаче является космический корабль с "близнецом" "В").

Таким образом, часы на Земле покажут больший промежуток времени, чем часы на космическом корабле при его возвращении на Землю". [96, с.220]

К сожалению, Розман не приводит развёрнутых выкладок, делая лишь риторическое, но весьма показательное заключение:

"Повторим еще раз, что "парадокс близнецов" не имеет никакого объяснения в специальной теории относительности, в которой используются только равноправные инерциальные СО. По СТО "близнец" "В" должен вечно равномерно и прямолинейно удаляться от наблюдателя "А" (по сути дела, он не должен взлетать с Земли, именно поэтому мы берем слово "близнец" в кавычки). В популярной литературе часто обходят "острый" момент в объяснении этого парадокса, заменяя физически длящийся разворот космического корабля "назад к Земле" его мгновенным разворотом, что невозможно. Этим "обманным маневром" в рассуждениях устраняют

ускоренное движение корабля на развороте и тогда обе СО ("Земля" и "Корабль") оказываются равноправными и инерциальными, в которых можно применять положения СТО. Но такой прием нельзя считать научным". [96, с.220]

Можно ли сказать лучше? Вряд ли. Эту очевидную, по сути, мысль следовало бы принять к сведению не только всем противникам специальной теории относительности, которых можно назвать обобщенным именем "антиСТО", но и её убеждённым сторонникам, поскольку и первые, да и многие из вторых по-прежнему пытаются решать "парадокс близнецов" средствами специальной относительности. Здесь же, у цитированного автора мы видим основное направление решения парадокса:

"В заключение следует отметить, что "парадокс близнецов" является, по сути дела, разновидностью того эффекта, который … назывался изменением частоты излучения в гравитационном поле". [96, с.220]

Следует признать, что попытки найти в литературе собственно решение парадокса часов в рамках общей теории относительности принесли достаточно скромный результат. Из многих десятков просмотренных учебников, статей и рефератов лишь одна содержала подробное решение этого парадокса – книга Скобельцына "Парадокс близнецов в теории относительности" [97]. С выкладками в книге следовало бы ознакомиться, а лучше тщательно проанализировать и изучить всем, кто ищет решение парадокса близнецов и, особенно, ищет в парадоксе признаки ошибочности теории относительности. Однако, решение Скобельцына относится к довольно фантастическому варианту парадокса с нефизическими значениями параметров: мгновенным разворотом и бесконечно большим ускорением при развороте. Тем не менее, решение следует признать достаточно корректным. В предлагаемой работе, тем не менее, мы попробуем получить такое же решение, но уже с реально достижимыми значениями ускорений и времени разворота.

Сначала обратим внимание на очевидное обстоятельство в процессе движения сравниваемых часов (в системах отсчета близнецов):

"… если рассматривать ситуацию, возникающую при осуществлении цикла движений с "путешествующим" в космосе В и остающимся "неподвижным" на Земле его близнецом А, то имеет место следующее: когда в середине путешествия В направление скорости его (В) изменяется на противоположное и в некоторый момент времени он начинает сближаться с А, то в течение того времени, когда он, находясь на большом расстоянии от А, движется в направлении к А ускоренно, ему (В), считающему себя неподвижным, представляется, что течение процессов в системе А *убыстряется*". [97, с.167]

Это убыстрение времени совершенно очевидно, поскольку, если по итогам совместного движения одни часы отстали, то нет и быть не может

другого заключения: вторые из этой пары часов шли быстрее! При выводе своего решения автор делает ссылку на предшественника:

"…нижеследующие выкладки в значительной части представляют собой "парафразу" в упрощенном виде выводов, содержащихся в книге Мёллера [59], рассмотревшего впервые … в достаточно общем виде вопрос о "парадоксе часов" с точки зрения общей теории относительности". [97]

Следует отметить, что выкладки Скобельцына являются более конкретными и последовательными, чем у Меллера, который в работе по указанной ссылке приводит лишь основные, хотя и важные, тезисы для решения парадокса, а самого развернутого решения, собственно говоря, нет. В том или ином виде решение парадокса близнецов в общей теории относительности, как сказано выше, опирается на так называемое "гравитационное красное смещение" и принцип эквивалентности. Мардер описывает эту картину следующим образом [57, с.199]:

"Всякий раз, когда действовало ускорение, вызванное работой двигателей, M мог считать, что двигатели удерживают его в состоянии покоя в однородном гравитационном поле — это соответствует принципу эквивалентности. Так как у наблюдателя R двигателей нет, он свободно падает в этом гравитационном поле. … Но часы, помещенные в область с повышенным значением гравитационного потенциала, должны спешить…".

Здесь наблюдателей M и R можно назвать двумя близнецами рассматриваемого парадокса. Описанная картина означает, что второй из близнецов, улетавший на корабле в космос, в момент разворота оказывается в эквивалентном гравитационном поле. То есть, хотя на самом деле он и не находится вблизи какого-либо массивного гравитирующего тела, но согласно принципу эквивалентности теории относительности мы можем с полным правом рассматривать его находящемся именно вблизи такого тела. Условно говоря, космический корабль является как бы массивной планетой, создающей гравитационное поле такой напряжённости, что ускорение свободного падения на ней в точности равно ускорению, создаваемому двигателями корабля при его развороте. Напомню, что самым высоким гравитационным потенциалом, а точнее, нулевым обладает область полностью свободная от массивных, гравитирующих тел. В нём часы идут с наибольшей скоростью (темпом). Поскольку ко второму близнецу, находящемуся на Земле, не приложены никакие силы, он тоже может рассматриваться как находящийся в гравитационном поле корабля. Однако, здесь следует сделать оговорку. Второй близнец, землянин находится в гравитационном поле Земли. Для простоты мы принимаем, что в рассматриваемом случае масса Земли равна нулю, то есть влиянием её гравитационного поля мы пренебрегаем. Это вполне допустимо, поскольку второй близнец мог находиться вовсе и не на Земле, а на небольшой космической станции с пренебрежимо малой массой.

Таким образом, этот второй близнец находится в эквивалентном гравитационном поле космического корабля и под его действием совершает "свободное падение" на корабль. Согласно общей теории относительности и в соответствии с релятивистским явлением "гравитационного красного смещения" все часы, удалённые от центра корабля, идут в более быстром темпе, спешат. Изменение этого темпа хода часов и даёт уравнение общей теории относительности [96, с.220]:

$$d\tau = dt\sqrt{\left(1+\frac{xg(t)}{c^2}\right)^2 - \frac{u^2}{c^2}} = dt\sqrt{1+\frac{2\chi}{c^2} - \frac{u^2}{c^2}} \qquad (8.1)$$

где:

dτ, dt - интервалы времени, прошедшие по часам, соответственно, на "падающем" (Земля) и на гравитирующем теле (космическом корабле);

x - расстояние между телами (между близнецами); понятно, что она зависит от времени, поскольку "падение" земного брата в "гравитационном" поле брата-космонавта происходит с ускорением;

g(t) - ускорение свободного падения на гравитирующем теле;

u - скорость падения или относительная скорость близнецов, также зависящая от времени;

χ - так называемый, гравитационный потенциал, создаваемый "гравитационным" полем корабля при его развороте в точке пространства, в которой находится земной брат; также очевидно, что значение потенциала зависит от расстояния между близнецами и, соответственно, величины ускорения корабля в этой точке.

Нас не должны интересовать промежуточные выкладки, на основании которых получено это уравнение. Его приводят разные авторы как основное уравнение, являющееся как описанием гравитационного красного смещения, так и решением парадокса близнецов. В этом уравнении мы видим, в чем, собственно, и состоит сущность решения парадокса близнецов в общей теории относительности. С одной стороны, в процессе сближения братьев и увеличения их относительной скорости часы земного брата замедляются. Это соответствует специальной теории относительности и является причиной возникновения парадокса. Однако, с другой стороны, эквивалентный "гравитационный" потенциал корабля приводит к противоположному эффекту: он вызывает ускорение хода земных часов. В сумме оба эффекта должны привести к тому, что показания часов земного брата в момент встречи будут больше показаний часов улетавшего брата, как того и требует корректное решение парадокса близнецов. Получается, вопреки специальной теории относительности, что движущиеся часы (часы земного брата) идут быстрее, чем неподвижные (часы на корабле).

Эти обобщенные рассуждения воплощены в графическом, числовом виде на динамических диаграммах Минковского (рис.8.1). На этих диа-

граммах произведен обмен местами осей времени *ct* и расстояний *x*. Это не новый приём, им пользуются и другие авторы. В данном случае такое расположение осей удобно, поскольку делает картину более естественной и наглядной. Как видим, корабль взлетает строго вертикально вверх и затем опускается так же сверху на Землю. Можно заметить, что эта картина полностью совпадает с задачей классической физики о броске камня вертикально вверх. Систему отсчёта земного брата обозначим буквой А, а систему отсчета корабля – буквой В. Штриховой параболической линией ветвями вниз изображена мировая линия космического корабля. Точкой и короткими осями *t′-x′* изображена система координат, связанная с кораблем: здесь хорошо видна основная особенность диаграмм Минковского - косоугольные оси координат движущихся объектов. Оси *t-x* относятся к системе отсчета Земли. Вертикальная линия, соединяющая корабль и Землю, – это линия "настоящего времени" в системе отсчета Земли. Эта диаграмма является базовой. На ней мы видим исходные, заданные нами параметры движения. Угол наклона мировой линии корабля в начале и конце пути имеет тангенс, равный скорости корабля при отлёте от Земли и при его возвращении. Мировая линия корабля пересекает мировую линию Земли в двух точках – нулевой и 240 месяцев, являющихся временами начала и окончания полёта корабля.

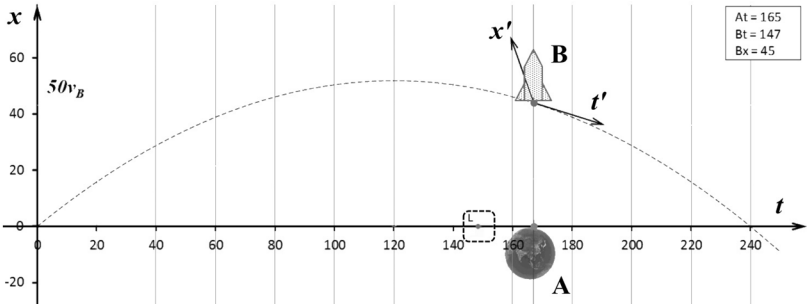


Рис.8.1. Диаграмма Минковского – релятивистское решение "парадокса близнецов". Картина с точки зрения близнеца А. Кадр из анимации [21]

Приведённая диаграмма относится к системе покоя условно неподвижного близнеца – на Земле. Однако, в парадоксе близнецов нас в первую очередь должна интересовать картина, какую наблюдает улетавший брат. Действительно, с точки зрения земного, неподвижного брата ситуация предельно ясна. Она полностью и корректно описывается математикой специальной относительности и даёт исходные данные для последующих расчетов. Для удобства этих последующих расчетов мы приняли:

1. Начальная скорость корабля 0,866c или 259 628 км/сек;
2. Интервал времени, на котором исследуется парадокс - 240 месяцев;
3. Величина ускорения разворота неизменна на всём протяжении полёта.

Этих трёх условий достаточно, чтобы вычислить все остальные параметры. Действительно, начальная скорость означает, что в момент начала удаления близнецов корабль уже имеет начальную скорость, тормозные двигатели включены и корабль движется с фиксированным ускорением разворота. Мы постулируем, что корабль приобрёл эти параметры движения до первой встречи близнецов, и нам нет необходимости учитывать переходные процессы. В момент их второй встречи при возвращении через 240 месяцев, корабль будет иметь точно такую же скорость, поскольку ускорение неизменно. Время полёта, равное 20 годам, мы взяли произвольно просто из соображений "круглости" и учета, что это наглядный возраст близнецов. По начальной скорости и времени полёта можно легко вычислить ускорение разворота (торможения). Заметим, что особенностью построения диаграмм является их интервальность, то есть все графики являются на самом деле не сплошными кривыми, а ломаными. В точности с формулировкой Эйнштейна.

Таким образом, в нулевой точке начала отсчета скорость корабля равна 0,866 и далее она снижается. В конечной точке, в момент встречи близнецов, скорость корабля также достигает этой же скорости со знаком минус. Уравнение движения корабля с точки зрения землянина в этом случае имеет вид:

$$\boldsymbol{v}_B=\boldsymbol{v}_0-\boldsymbol{a}t_A \qquad (8.2)$$

где:

$\boldsymbol{v}_B$ – текущая скорость корабля;

$\boldsymbol{v}_0$ – начальная скорость корабля, равная 0,866;

$\boldsymbol{a}$ – искомое ускорение торможения корабля.

t_A – время полёта корабля от встречи до встречи, равное 240 месяцам.

Как мы приняли, в момент второй встречи скорость корабля будет такой же, но с противоположным знаком:

$$-\boldsymbol{v}_0=\boldsymbol{v}_0-\boldsymbol{a}t_A$$

Откуда:

$$-\boldsymbol{a}t_A=-2\boldsymbol{v}_0$$

$$a=\frac{2v_0}{t_A} \qquad (8.3)$$

Значение скорости корабля 0,866 взято как округленное значение дроби √3/2. Следовательно, из заданного условия времени tA движения корабля по часам Земли, равным 240 месяцев, находим ускорение разворота (торможения):

$$a=\frac{2v_0}{t_A}=\frac{2\times\sqrt{3}/2}{240}=\frac{\sqrt{3}}{240}\approx 0{,}00722$$

Поскольку мы взяли значение скорости света, равное единице, то и ускорение мы получили в схожих единицах измерения. Если перевести ускорение в обычные единицы, то мы получим величину, почти в 11 раз меньшую ускорения свободного падения на Земле:

$$a = \frac{\sqrt{3} \times 299'792'458}{240 \times 30 \times 24 \times 3600} \approx 0{,}835 \text{м}/сек^2 \approx 0{,}09g$$

Таким образом, по истечении 240 месяцев, корабль, движущийся с отрицательным ускорением 0,007 и начальной скоростью 0,866, вернётся на Землю, имея скорость минус 0,866. Эти условия, как указано выше, позволяют нам исключить из рассмотрения не только начальный этап разгона и конечный этап торможения, но и моменты изменения ускорения при развороте. Действительно, ускорение связано с приложением к кораблю некоей силы. Эта сила не может быть приложена и снята мгновенно, поэтому следовало бы учитывать и этапы нарастания и уменьшения не только скорости корабля, но и его ускорения. Кроме того, в дальнейшем нам будет проще учитывать эффект гравитационного красного смещения, поскольку постоянное ускорение означает и постоянное эквивалентное гравитационное поле корабля – его "гравитационный" потенциал.

В соответствии с приведённым уравнением движения можно найти удаление, путь, пройденный кораблем в системе координат Земли:

$$x_B = v_0 t - \frac{at^2}{2} \qquad (8.4)$$

Подставляя в него полученное значение ускорения разворота (8.3) и начальную скорость корабля, получаем уравнение его движения в системе Земли:

$$x_B = v_0 t - \frac{2v_0}{t_A}\frac{t^2}{2} = v_0 t \cdot \left(1 - \frac{t}{t_A}\right)$$

После подстановки заданных условиями задачи числовых значений, получаем уравнение:

$$x_B = \frac{\sqrt{3}t}{2} \cdot \left(1 - \frac{t}{240}\right) \qquad (8.5)$$

Именно это уравнение (8.5) было использовано для построения мировой линии корабля как функции расстояния от времени полёта на приведённой на рис.8.1 диаграмме Минковского. Нам также известно, что время на корабле течёт медленнее, чем на Земле, поэтому мы можем по уравнению движения корабля вычислить темп хода времени на нём и, соответственно, время в пути по часам корабля:

$$dt_B = dt_A\sqrt{1 - v_B^2} = dt_A\sqrt{1 - (v_0 - at)^2}$$

Подставляя в уравнение исходные данные, находим интегрированием время в пути по часам корабля:

$$t_B = \int_0^{t_A} \sqrt{1 - \left(v_0 - \frac{2v_0}{t_A} t \right)^2} \, dt = \int_0^{t_A} \sqrt{1 - v_0^2 \left(1 - \frac{2t}{t_A} \right)^2} \, dt$$

После подстановки числовых значений заданных условиями задачи, получаем уравнение для показаний часов на корабле с точки зрения Земли:

$$t_B = \int_0^{240} \sqrt{1 - \frac{3}{4} \left(1 - \frac{2t}{t_A} \right)^2} \, dt \qquad (8.6)$$

Показания часов корабля в соответствии с функцией (8.6) изображены на диаграмме рис.8.1 в виде индикатора - штрихового квадрата, помеченного буквой L (лоренцево замедление времени). В процессе полёта корабля видно, что этот индикатор отстаёт от линии настоящего. В конце полёта индикатор показывает время (в нашем примере) – 205 месяцев. Это и есть возраст улетавшего брата - $\boldsymbol{t}_B$, каким он будет в момент встречи близнецов.

Однако, следует упомянуть об одном упрощении. Мы посчитали возраст космонавта без учета того, что он двигался в условиях гравитационного поля. На самом деле в этом случае его возраст должен быть ещё меньше, ведь часы на корабле имели не только лоренцево замедление, но и замедление вследствие действия гравитации. То есть, возраст земного брата в этом случае должен быть ещё больше по сравнению с возрастом космонавта. Но ниже мы увидим, что возникает некоторая погрешность, которая существенно превышает эту неучтенную нами поправку.

Итак, картина, которую наблюдают с Земли, вполне корректна и не вызывает никаких возражений по существу. Строго в соответствии с формализмом специальной относительности улетавший брат оказывается моложе брата, остававшегося на Земле. Но парадокс состоит в том, что по отношению к улетавшему брату неподвижным был космический корабль, а двигался земной близнец. Поэтому, казалось бы, моложе должен был оказаться брат на Земле. Но это не так. Согласно общей теории относительности, ускоренное движение корабля привело к тому, что с точки зрения корабля часы на Земле шли *ускоренно*. Эта ситуация изображена на диаграмме Минковского рис.8.2. На ней неподвижной системой отсчета является система корабля, а движется Земля. Параболическая штриховая линия на диаграмме является мировой линией Земли в системе отсчета корабля. На диаграммах не показаны традиционные мировые линии света. Вместо них показаны тонкой штриховой линией график скорости Земли с точки зрения корабля. Она обозначена как $50\boldsymbol{v}_A$, то есть её масштаб увеличен в 50 раз, иначе линия будет практически сливаться с осью t'. Видим, что "скорость" Земли остается неизменной на всём протяжении полёта корабля.

Как и на предыдущей диаграмме, здесь штриховыми квадратами показаны два индикатора хода часов на Земле. Один из них, слева, отобража-

ет показания часов на Земле, которые вычислены по правилам специальной относительности, то есть без учета гравитационного замедления хода часов. Этот индикатор помечен буквой L (лоренцево замедление времени). Второй индикатор, справа, отображает время с учетом гравитационного замедления. Он помечен буквой ***g***. Числовые значения часов выведены в отдельную табличку на диаграмме и помечены:

At – показания часов на Земле с учетом только лоренцева замедления с точки зрения наблюдателя B;

At' – показания часов на Земле с учетом как лоренцева замедления времени, так и гравитационного красного смещения с точки зрения наблюдателя B;

Bt – показания часов наблюдателя B;

Ax – расстояние между наблюдателями с точки зрения наблюдателя B.

Все эти числовые значения показаний часов вычислены по правилам, соответственно, специальной (лоренцево замедление) и общей относительности (гравитационное замедление). Как видим, отказ от учета гравитационного замедления времени приводит к фактическому парадоксу близнецов, что видно по индикатору лоренцева замедления времени. Он показывает, что в этом случае моложе должен оказаться улетавший близнец. Напротив, учет гравитационного замедления времени показывает, что часы на Земле с точки зрения космического корабля имеют более высокий темп, идут *ускоренно* по отношению к часам корабля. Собственно говоря, в этом и заключается решение парадокса близнецов.

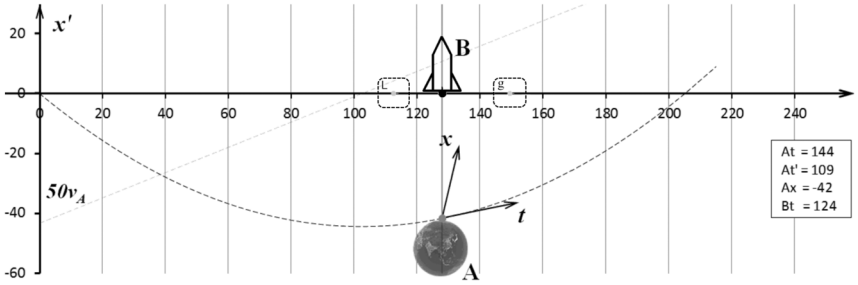


Рис.8.2. Диаграмма Минковского – релятивистское решение "парадокса близнецов". Картина с точки зрения близнеца B. Кадр из анимации [21]

Правда, следует отметить небольшую погрешность. Конечно, согласно уравнениям общей относительности часы на Земле действительно идут более быстрым темпом и опережают часы на корабле. Но скрупулёзные расчёты этого опережения не дали абсолютно полного совпадения. С точки зрения Земли, часы на ней показали при встрече близнецов 240 месяцев.

С точки зрения корабля, часы на Земле показали при встрече близнецов только 231 месяц. Расхождение почти 5%. Вычисления проводились с точностью до трёх знаков после запятой. Разбиение отрезков при графическом интегрировании – от 240 до 50 000. Во всех случаях получался один и тот же результат – 231 месяц. Несомненно, источником погрешности является упрощенное уравнение (8.1).

Рассмотрим подробнее вычисления, проделанные при формировании этих диаграмм. Движение земного близнеца с точки зрения космического корабля описывается такими же уравнениями, как (8.2), (8.3) и (8.4). Однако значения некоторых параметров движения, очевидно, будут другими. Действительно, время в пути космического корабля, как мы определили выше, составляет 205 месяцев. Следовательно, величина ускорения при движении Земли с точки зрения космонавта будет иной:

$$g = \frac{2v_0}{t_A} = \frac{\sqrt{3}}{205} \qquad (8.7)$$

Кроме того, с ускорением движется всё-таки не Земля, а корабль, поэтому мы обязаны принять во внимание гравитационные релятивистские эффекты. Воспользуемся приведённым выше уравнением (8.1). Согласно принципу эквивалентности общей теории относительности, действие сил инерции при ускоренном движении тел эквивалентно действию гравитационного поля, создаваемого массивным телом. В этом случае, движущееся ускоренно тело может рассматриваться как покоящееся. Напротив, Земля с его точки зрения находится в свободном падении в эквивалентном гравитационном поле корабля. Это свободное падение Земли описывается уравнением (8.1):

$$d\tau = dt\sqrt{\left(1+\frac{xg(t)}{c^2}\right)^2 - \frac{u^2}{c^2}} \qquad (8.1)$$

В рассматриваемом варианте мы приняли, что скорость света равна единице, а величина ускорения - постоянная:

$$d\tau = dt\sqrt{(1+xg)^2 - u^2}$$

Это ускорение вычисляем по формуле (8.7), а "высоту", с которой "падает" Земля в эквивалентном гравитационном поле корабля, находим по формуле (8.4). Подставляем их в уравнение (8.1) и производим тривиальные преобразования:

$$\tau = \int_0^{t_B} \sqrt{\left(1+g\left(v_0 t - \frac{gt^2}{2}\right)\right)^2 - (v_0 - gt)^2}\, dt$$

Здесь tB=205 – время в пути по часам корабля. Раскрываем скобки и группируем однотипные члены:

$$\tau = \int_0^{t_B} \sqrt{1 - v_0^2 + 4gv_0 t - \left(2 - v_0^2\right) \cdot g^2 t^2 - v_0 g^3 t^3 + \frac{g^4 t^4}{4}} dt$$

Теперь можно подставить конкретные числовые значения:

$$v_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \qquad g = \frac{\sqrt{3}}{t_B}$$

После упрощения получаем:

$$\tau = \int_0^{t_B} \sqrt{\frac{1}{4} + 6\frac{t}{t_A} - \frac{15}{4}\left(\frac{t}{t_A}\right)^2 - \frac{9}{2}\left(\frac{t}{t_A}\right)^3 + \frac{9}{4}\left(\frac{t}{t_A}\right)^4} dt$$

Видим повторяющееся отношение, поэтому делаем очевидную упрощающую подстановку $t_B=205;\ t = 205s;\ dt = 205ds$, после чего получаем:

$$\tau = 205 \times \int_0^1 \sqrt{\frac{1}{4} + 6s - \frac{15}{4}s^2 - \frac{9}{2}s^3 + \frac{9}{4}s^4} ds$$

Это уравнение и было использовано для вычисления гравитационного красного смещения при замедлении темпа хода часов Земли с точки зрения космического корабля. Как сказано, это уравнение позволяет производить своеобразное "табличное" интегрирования. Дробность интервала выбиралась 205, 300, 500 и 51252. Во всех случаях величина интеграла имела фактически одно и то же значение – 230,73 месяца.

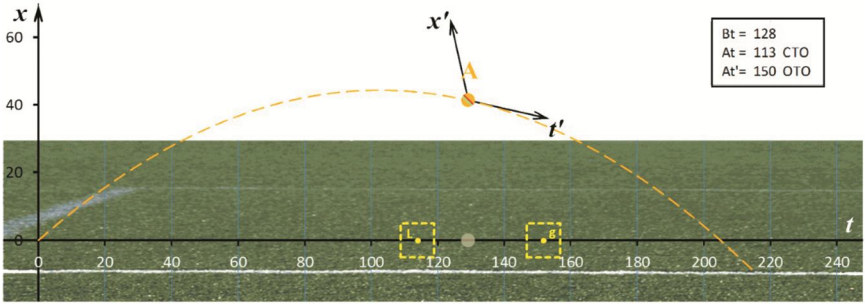


Рис.8.3. Диаграмма Минковского – наглядная демонстрация принципа эквивалентности общей теории относительности на примере решения "парадокса близнецов". Картина с точки зрения близнеца В на космическом корабле. Кадр из анимации [21]

Принцип эквивалентности можно продемонстрировать на следующей условной, но в высшей степени наглядной диаграмме Минковского (рис.8.3 и рисунок на обложке). На диаграмме система отчета космического корабля изображена зелёной лужайкой или футбольным полем. На поле даже видна белая разметка. Нет никаких принципиальных препятствий считать, что космический корабль достаточно большой и на нём есть такое

полноразмерное футбольное поле. На этом поле кто-то из игроков подбросил высоко вверх мяч. Обычный резиновый детский мяч, с двухцветной полоской по экватору. Задача, как видим, очень напоминает задачу из классической физики с подбрасыванием вертикально вверх камня. Ну, или можно с не меньшими основаниями считать, что мяч брошен под углом к горизонту. Или это был выстрел из пушки. Всё это эквивалентные картины. Но наша диаграмма ещё более условна. Мяч на самом деле, вовсе и не мяч. На самом деле это планета. Земля. И эта планета, как мяч, находится в свободном падении в "гравитационном" поле корабля. И здесь мы можем использовать всю мощь общей теории относительности.

Поскольку "мяч" - Земля находится на некоторой высоте в "гравитационном" поле корабля, то часы на ней идут быстрее, чем на лужайке. Общая теория относительности предлагает конкретные уравнения для вычисления этого "ускорения" хода часов (8.1). На числовой шкале вдоль горизонтальной разметки "футбольного поля" движутся три метки: квадрат с буквой L внутри, полупрозрачный круг и квадрат с буквой ***g***. Буква L обозначает, как уже было сказано, традиционный, лоренцев "парадокс близнецов". Это темп хода часов, без учета гравитации. Это "неправильные" часы. Полупрозрачный кружок – это, как нетрудно догадаться, тень от "мяча" - Земли, показывающая равномерный ход часов на корабле – время "настоящего". В момент "падения" Земли-мяча на лужайку, она сливается с собственной тенью. И, наконец, "правильные" гравитационные часы ***g***, которые движутся по оси времени t, отмечая на ней время, которое соответствует расчетам по правилам общей теории относительности.

9. Мнимые парадоксы СТО

Парадокс близнецов, таким образом, имеет все признаки рядовой задачи теории относительности. Ничего парадоксального и противоречивого в этой задаче нет, есть лишь некорректное использование её формализма, неумышленное игнорирование её кинематических эффектов, навязывание ей высказываний или предсказаний, которых она, вообще-то, не делала.

Тем не менее, парадокс продолжает активно обсуждаться на многочисленных научно-популярных площадках. Однако, определенные сомнения в его справедливости возникают, по всей видимости, и у его сторонников, противников СТО, названных нами антиСТО. Иначе трудно объяснить причину появления множества других якобы парадоксов СТО, мнимых парадоксов. При их внимательном анализе всегда можно увидеть всё те же проблемы подмены понятий. Теории относительности навязываются предсказания, которых она не делает. Упускаются из виду или игнорируются её базовые принципы: второй постулат, запрещающий движение быстрее скорости света, относительность одновременности и другие кинематические эффекты (уравнения Лоренца). Причем сами авторы парадок-

сов уверены в том, что их идеи в точности опираются на предсказания СТО.

Для того чтобы убедиться в этом, рассмотрим некоторые из таких "парадоксов", парадоксов мнимых, являющихся по существу рядовыми задачами теории относительности. В литературе, в частности, на Википедии есть немало статей, разоблачающих такие мнимые парадоксы. Далее мы рассмотрим несколько новых, менее известных "парадоксов".

10. Парадокс арбалета

Суть парадокса. Металлическая стрела пробивает обкладки конденсатора. В ИСО стрелы конденсатор разряжается, в ИСО конденсатора – стрела слишком коротка. Возникает, как кажется автору, парадокс СТО. Однако, формулировка парадокса ошибочна, никакого парадокса нет.

Этот парадокс, видимо, новый, от сентября 2005 года, ранее не публиковавшийся, назван автором "парадоксом арбалетной стрелы или парадоксом железного крокодила". Текст был выложен на интернет-форуме [36]. Далее, при цитировании описания для лучшего восприятия текста словесные обозначения типа "эл нулевое" заменены на соответствующие математические обозначения и пропущены фрагменты, не имеющие непосредственного отношения к "парадоксу". Текст приведен в авторском виде с минимальными исправлениями, не изменяющими смысл изложения:

"Пусть имеется источник электрического тока (заряженный конденсатор), подключенный через амперметр к двум параллельным медным пластинам, расстояние между которыми равно d_0. Так как цепь разомкнута, то эл. ток отсутствует, конденсатор не разряжается, и амперметр показывает ноль. Чтобы цепь замкнулась, нужно поместить между пластинами токопроводящую перемычку. В качестве такой перемычки используем железную арбалетную стрелу …, длина которой L_0 больше расстояния между пластинами d_0. Пусть стрела посылается из арбалета со скоростью v, пробивает сначала первую пластину, затем вторую. В момент, когда остриё стрелы касается второй пластины, а с первой пластиной контакт сохраняется, в цепи происходит кратковременный разряд конденсатора (стрелка амперметра дёргается), между стрелой и пластинами проскакивают искры. Но это в том случае, когда скорость стрелы невелика, и её длина больше d_0.

Если же стрела движется с околосветовой скоростью, то в соответствии с "преобразованиями Лоренца" её длина сокращается и становится равной

$$L' = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

где v - скорость стрелы относительно пластин, c - скорость света в вакууме. И если v превышает критическую скорость (при которой L'= d_0), то длина стрелы становится меньше расстояния между пластинами, и цепь остаётся разомкнутой, конденсатор не разряжается, искра не проскакивает, стрелка амперметра не дёргается.

Теперь переходим в "систему отсчёта" связанную с наблюдателем, движущимся со скоростью v вместе со стрелой. Относительно этого наблюдателя стрела покоится, и её длина равна L_0. Расстояние между медными пластинами, движущимися относительно стрелы со скоростью v, относительно этого наблюдателя равно

$$d' = d_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

т.е. в системе отсчёта стрелы расстояние между пластинами ВСЕГДА МЕНЬШЕ ДЛИНЫ СТРЕЛЫ И, СТАЛО БЫТЬ, СТРЕЛА ВСЕГДА, ПРИ ЛЮБОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СОЗДАЁТ КРАТКОВРЕМЕННЫЙ КОНТАКТ, приводящий к разряду конденсатора и отклонению стрелки амперметра (скорость эл. тока, как известно, равна скорости света, которая инвариантна: "Ток — направленное движение заряженных электрических частиц. Величина тока измеряется так называемой силой тока которая измеряется в амперах.

Скорость движения частиц зависит от материала проводника, массы и заряда частицы, окружающей температуры, приложенной разности потенциалов и составляет величину, намного меньшую скорости света. Несмотря на это, скорость распространения собственно электрического тока равна скорости света в данной среде, т. е. скорости распространения фронта электромагнитной волны..." [36]

Продолжение описания парадокса размещено в следующем сообщении на форуме.

"у нас же, в данном эксперименте, используется железная перемычка (арбалетная стрела), скорость распространения электромагнитной волны в которой равна скорости света в вакууме…

Таким образом, мы неизбежно приходим к признанию того факта, что ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ "ПРИНЦИПА ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ" ИМЕЕТ МЕСТО НАРУШЕНИЕ ПРИЧИННОСТИ - когда в одной "системе отсчёта" (связанной с летящей стрелой или с бегущим крокодилом) событие (замыкание контактов) ПРОИСХОДИТ ВСЕГДА, а в другой "системе отсчёта" (связанной с контактами-пластинами) - не происходит (L' короче, чем d_0, и одновременного контакта перемычки с пластинами, что явл. НЕОБХОДИМЫМ УСЛОВИЕМ ДЛЯ ЗАМЫКАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ, нет) …

Полагаю, теперь можно наконец поставить точку в споре с релятивизмом! На "парадокс арбалетной стрелы" релятивистам возразить нечего!" [36]

Вывод ожидаемый. Известно, что основной целью выявления парадоксов в специальной теории относительности является стремление показать её внутренние противоречия, что означало бы несостоятельность теории. Но все парадоксы, в конечном счете, оказываются мнимыми, сформулированными на основе ошибочных высказываний, предсказаний, которые не являются высказываниями, предсказаниями специальной теории относительности и противоречат ей. Это касается и описанного "парадокса арбалетной стрелы".

Рассмотрим его более детально и найдём ошибку в формулировании этого мнимого парадокса. В качестве дополнительных иллюстраций используем анимации. Мы откажемся от амперметра, и будем пробивать стрелой сам конденсатор, состоящий из двух пластин. По завершению опыта мы можем проверить, сохранился ли заряд на его пластинах любым доступным физическим методом. Если стрела замкнёт пластины, то разницы потенциалов (зарядов) на них не будет.

Автор рассматривает вариант, когда стрела длиннее расстояния между пластинами. Но для начала будем считать, что они равны: длина стрелы L_0 в точности равна расстоянию между пластинами d_0. Это гарантированно делает при движении её длину меньше расстояния между пластинами. Скорость движения выберем определённо субсветовой, "околосветовой", причём для удобства вычислений и построений, пусть она будет такой v=0,968246c, что коэффициент лоренцева сокращения будет в точности равен 0,25. То есть, при движении с этой скоростью стрела сократится ровно в 4 раза. Здесь и далее по возможности будем использовать систему единиц, в которой скорость света c=1. Уравнения Лоренца выглядят компактнее, если вместо абсолютной скорости ИСО использовать её скорость в долях от света. Действительно:

$$L' = L_0\sqrt{1-\frac{V_0^2}{c^2}} = L_0\sqrt{1-\frac{(k\times c)^2}{c^2}} = L_0\sqrt{1-k^2} = L_0\sqrt{1-v^2}$$

,

где

k - доля скорости ИСО от скорости света, и которую удобно обозначать символом скорости v.

Для заданной скорости получаем:

$$L' = L_0\sqrt{1-v^2} = L_0\sqrt{1-(0{,}968246)^2} = 0{,}25$$

Кадр из анимации пробоя пластин с точки зрения ИСО конденсатора приведен на рис.10.1. Как мы видим, на анимации при равенстве в состоянии покоя длины стрелы и расстояния между пластинами конденсатора разряда не будет, поэтому на рисунке мы заканчиваем полёт стрелы до

того, как она коснётся второй пластины, в этом нет смысла, всё и так очевидно.

Рис.10.1. Пластины конденсатора пробиваются арбалетной стрелой. Вследствие лоренцева сокращения стрела в ИСО конденсатора не может одновременно коснуться двух пластин, замкнуть и разрядить конденсатор. Кадр из анимации [21]

Напротив, если перейти в ИСО стрелы, то укороченным окажется расстояние между пластинами. Теперь уже стрела вполне может коснуться обеих пластин одновременно и, как ожидается, разрядить конденсатор. Но это лишь кажущийся результат. Разряда пластин не будет!

В собственной системе покоя стрела не сокращается и имеет исходную длину. Расстояние между движущимися пластинами при выбранной скорости, напротив, сократится в 4 раза и будет меньше длины стрелы. Следовательно, какое-то время стрела будет касаться одновременно обеих пластин, что, казалось бы, должно вызвать разряд конденсатора. Но это неверное предположение. Фронт электростатического поля движется в металле стрелы со скоростью света, но сами пластины также движутся со скоростью, близкой к скорости света. Фронт волны, согласно второму постулату (принципу) специальной теории относительности, будет двигаться относительно стрелы строго рядом с таким же фронтом светового луча, который мог быть испущен от острия стрелы в момент касания.

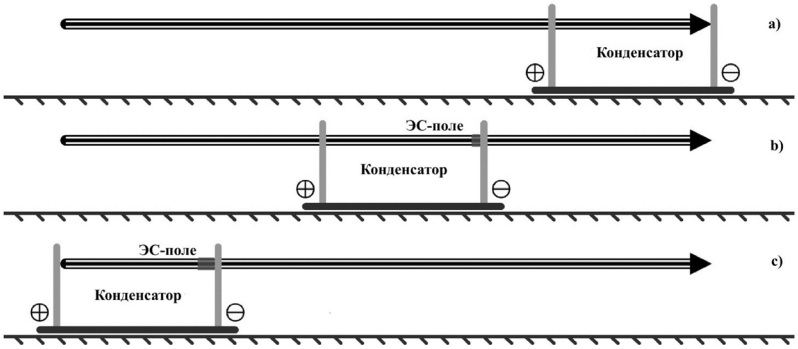


Рис.10.2. Пластины конденсатора пробиваются арбалетной стрелой. Вследствие лоренцева сокращения, в ИСО стрелы расстояние между пластинами меньше длины стрелы. Однако, разряда конденсатора не будет. Приведены три кадра из анимации [21], показывающие положение стрелы в разные моменты времени.

Действительно, второй постулат (принцип) специальной теории относительности утверждает, что скорость световой волны не зависит от того, испускается она покоящимся или движущимся телом [117].

Это означает, что фронт поля будет всегда идти "ноздря в ноздрю" с лучом света, испущенным от кончика стрелы в тот момент, когда она коснётся второй пластины. При этом первая пластина (левая) удаляется от кончика стрелы почти со скоростью света - 0,968с, но всё-таки меньшей, чем скорость света. Хотя электростатическое поле в металле стрелы и распространяется со световой скоростью, но вторая пластина непрерывно "убегает" от его фронта и световой волне не хватит времени, чтобы её догнать, как показано на рисунке.

Рисунок (анимация) построен на основе расчетов по уравнениям СТО и на ней хорошо видно, что в момент выхода стрелы из второй (левой) пластины, фронт волны электростатического поля так её и не достиг. Движения электрических зарядов нет, тока нет, разряда конденсатора нет. Мы здесь обязаны определённо признать: специальная теория относительности сделала два тождественных предсказания в отношении одного и того же процесса: пробития конденсатора стрелой. Парадокса нет.

Приведём эти уравнения, на основе которых построен рисунок (анимация). В системе отсчета конденсатора, в его ИСО стрела будет иметь длину:

$$L_1 = L_0\sqrt{1-v^2}$$

Изначально для удобства построений мы выбрали коэффициент лоренцева сжатия, равный четырем. То есть:

$$\frac{L_1}{L_0} = \frac{1}{4} = \sqrt{1-v^2}$$

Такое сжатие будет происходить при скорости:

$$\frac{1}{16} = 1 - v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{15}{16}} = \frac{\sqrt{15}}{4} = 0{,}968246$$

Для простоты примем, что длина стрелы L_0=1. Очевидно, что время на преодоление этого интервала лучом света или фронтом электростатического поля равно:

$$t_c = \frac{1}{1} = 1$$

Нетрудно убедиться, что каждая пластина конденсатора пройдёт за время парного контакт только 0,75 длины стрелы. На это у них при движении с выбранной скоростью уйдет время:

$$t_1 = \frac{0{,}75}{0{,}968246} = 0{,}774597$$

Это время, в течение которого сохраняется контакт между пластинами, одновременный, парный контакт их со стрелой. С другой стороны, за это время парного контакта фронт электростатического поля со скоростью света пройдёт путь в долях длины стрелы:

$$s_e = ct_1 = 0{,}774597$$

Таким образом, левая пластина за это время дойдёт до конца стрелы, правая пластина – до отметки 0,75 от её длины, а фронт поля – до отметки около 0,77 от её длины. Эти значения заложены в алгоритм построения анимации. Как видим, фронт поля не успел догнать вторую (левую) пластину до того, как стрела вышла из неё.

Отметим, что решение не зависит от абсолютной длины стрелы и расстояния между пластинами. Достаточно того, что в состоянии покоя они равны. Действительно, при движении расстояние между пластинами конденсатора сократится до величины:

$$L_c = L_0\sqrt{1-v^2}$$

При движении со скоростью v время совместного контакта составит:

$$t_{конт} = (L_0 - L_c)/v$$

Или:

$$t_{конт} = \frac{L_0\left(1-\sqrt{1-v^2}\right)}{v}$$

За это время фронт пройдёт путь в долях от длины стрелы:

$$\frac{ct_{конт}}{L_0} = \frac{L_0\left(1-\sqrt{1-v^2}\right)}{v} = \frac{1-\sqrt{1-v^2}}{v}$$

Правая пластина пройдет, очевидно:

$$\frac{vt_{конт}}{L_0} = \frac{L_0\left(1-\sqrt{1-v^2}\right)}{v} = 1-\sqrt{1-v^2}$$

Для рассмотренного выше примера получаем вычисленное выше значение для пути, пройденного фронтом поля при v=0,968246:

$$s_e = \frac{1-\sqrt{1-v^2}}{v} = \frac{1-\sqrt{1-(0{,}968246)^2}}{0{,}968246} = 0{,}774597$$

Полученные выражения позволяют сделать вывод, что при равенстве этих длин, конденсатор не будет разряжен ни при какой скорости. Чтобы фронт поля за время парного контакта прошёл всю длину стрелы, выражение должно быть равно единице. Это достигается лишь при движении конденсатора со скоростью света, что невозможно.

10.1 Длинная стрела

В оригинальной версии парадокса принято, что длина стрелы несколько больше расстояния между пластинами конденсатора. В принятых авторских обозначениях в состоянии покоя длина стрелы L_0, а расстояние между обкладками d_0. Используя систему единиц с единичной скоростью света c=1, получаем, что в системе отсчета стрелы расстояние между обкладками при движении со скоростью *v* сжимается до:

$$d' = d_0\sqrt{1-v^2}$$

Время на прохождение стрелы сквозь конденсатор от момента входя стрелы во вторую обкладку и до выхода конца стрелы из первой обкладки составляет:

$$t_s = \frac{L_0 - d'}{v} = \frac{L_0 - d_0\sqrt{1-v^2}}{v}$$

Это действительно так, поскольку в процессе взаимодействия стрелы и конденсатора левая пластина происходит интервал, расстояние на d' меньшее, чем длина L_0 стрелы. До него и после него нет контакта между стрелой и конденсатором, приводящего к его разряду. С другой стороны, собственно разряд конденсатора не может начаться раньше, чем стрела коснётся правой (второй) обкладки. Следовательно, именно столько времени – t_s есть и у правой обкладки, чтобы передать сигнал левой обкладке в виде фронта электростатического поля, движущегося со скоростью света. Поэтому очевидно, что в момент касания стрелой правой обкладки разряд конденсатора не может начаться: электростатическое поле даже со скоростью света ещё не достигло второй обкладки. Посмотрим, какой точки достигнет это поле в момент выхода стрелы из левой обкладки. Мы вычислили, что время на передачу этого сигнала равно t_s, значит, сигнал поля за это время пройдёт со скоростью света путь ct_s или, с учетом принятой системы единиц, в которой c=1, t_s. Сравним путь, пройденный фронтом поля и длину стрелы через их отношение:

$$\frac{t_s}{L_0} = \frac{L_0 - d_0\sqrt{1-v^2}}{vL_0}$$

Например, для рассмотренного выше случая равенства длин и скорости v=0,968246c получаем:

$$\frac{t_s}{L_0} = \frac{L_0 - L_0\sqrt{1-v^2}}{vL_0} = \frac{1-\sqrt{1-0{,}968246^2}}{0{,}968246} = \frac{1-0{,}25}{0{,}968246} = 0{,}774596$$

Как вычислено выше, за время парного контакта путь, пройденный фронтом поля, составляет в долях длины стрелы t_s=0,77. Как видим, фронт электростатического поля так и не достиг конца стрелы, за время, пока она была совмещена с левой обкладкой конденсатора, время парного контакта.

Сигнал поля прошёл лишь часть расстояния между обкладками конденсатора $d_0/(t_s-(L_0-d_0)) = 0{,}25/(0{,}77-0{,}75) = 0{,}25/0{,}02 \sim 12{,}5$ – примерно тринадцатую часть этого расстояния, что показано и на анимации.

Теперь рассмотрим вариант, когда сигнал поля всё-таки достигнет конца стрелы до того, когда стрела выйдет из второй обкладки, то есть:

$$\frac{t_s}{L_0} = \frac{L_0 - d_0\sqrt{1-v^2}}{vL_0} \equiv 1$$

Очевидно, что это тот момент, когда разряд конденсатора, начавшись, так и не завершится, поскольку это отношение соответствует и моменту его завершения, то есть, это предельное значение длин и скорости. Из выражения находим:

$$vL_0 = L_0 - d_0\sqrt{1-v^2}$$

Преобразуем выражение таким образом, чтобы узнать предельное, крайнее значение отношения длин стрелы и расстояния между обкладками, при котором разряд возможен:

$$L_0(1-v) = d_0\sqrt{1-v^2}$$

$$\frac{L_0}{d_0} = \frac{\sqrt{1-v^2}}{1-v} = \frac{\sqrt{(1-v)(1+v)}}{\sqrt{(1-v)(1-v)}} = \frac{\sqrt{1+v}}{\sqrt{1-v}} = \sqrt{\frac{1+v}{1-v}}$$

Для рассмотренного выше равенства длин как следствие можно получить результат:

$$\frac{L_0}{d_0} = \sqrt{\frac{1+v}{1-v}} = 1$$

Как видим, не существует такой скорости v, при которой это равенство соблюдается: при равных длине стрелы и расстояния между обкладками конденсатора световой сигнал электрического поля не успевает достичь второй обкладки. Как и выяснено выше, конденсатор не будет разряжен также и с точки зрения системы отсчета стрелы.

Из полученного выражения следует, что разрядка конденсатора может начаться лишь при отношении длин, соответствующем каждой конкретной скорости. Для рассмотренной нами скорости в 0,968246c это отношение равно:

$$\frac{L_0}{M_0} = \sqrt{\frac{1+0{,}968246}{1-0{,}968246}} = \sqrt{\frac{1{,}968246}{0{,}031754}} = \sqrt{61{,}98} = 7{,}9$$

Это значит, что разряд конденсатора может начаться, только если длина стрелы больше ширины конденсатора примерно в 8 раз и более. Поэтому заявление автора парадокса о том, что стрела длиннее расстояния между пластинами, по крайней мере, неточное. Это "длиннее" не может превышать величины, соответствующей полученному выражению. Если длина больше, то конденсатор будет разряжен с любой точки зрения.

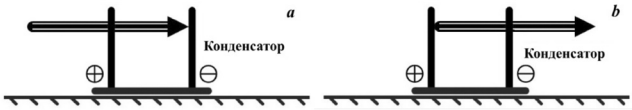


Рис.10.3. Пластины конденсатора пробиваются арбалетной стрелой. Несмотря на лоренцево сокращение, стрела в ИСО конденсатора при некоторой длине может одновременно коснуться двух пластин и разрядить конденсатор. Приведены два кадра из анимации [21], соответствующие моменту замыкания конденсатора и последующему размыканию его пластин.

Рисунок соответствует системе отсчета стрелы Это наглядно показано на анимации, на которой длина стрелы в 8 раз больше расстояния между обкладками в состоянии покоя. Если при выбранной скорости движения расстояние между пластинами конденсатора в состоянии покоя будет в 8 раз меньше длины стрелы, то разряд конденсатора произойдёт. На рисунке тонкой вертикальной стрелкой показано положение второй (правой) пластины, если расстояние между ними в состоянии покоя уменьшить в 8 раз. На анимации паузами зафиксированы моменты, когда стрела коснется второй пластины и когда она выйдет из первой (левой) пластины. На рисунке (кадры) показано, что в момент касания стрелой правой пластины левая находится ровно посередине стрелы. Следовательно, фронт электростатического поля, начав движение в этот момент, определённо достигнет второй пластины раньше, чем конец стрелы выйдет из первой. Разряд конденсатора будет осуществлен. Правда, следует уточнить, для того чтобы весь заряд перетёк с пластины на пластину, стрела должна быть чуть длиннее, чем предельное значение. Кратность длин 8 соответствует возможности начала процесса разрядки конденсатора. Предельное значение равно 7,9 и отношение 8, возможно, обеспечит завершение разряда.

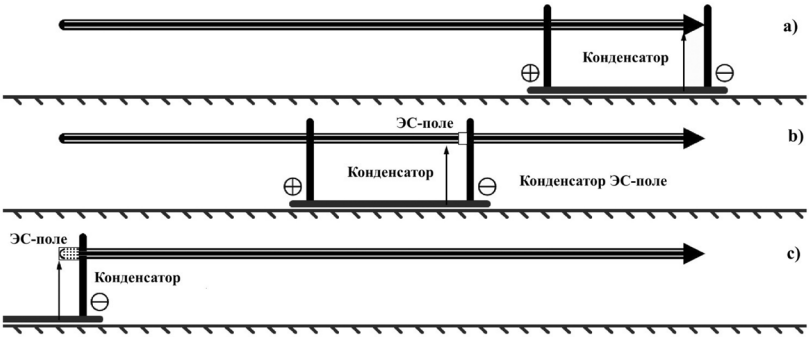


Рис.10.4. Пластины конденсатора пробиваются арбалетной стрелой. Несмотря на то, что вследствие лоренцева сокращения ширина конденсатора в ИСО стрелы многократно короче стрелы, на разряд конденсатора

отводится лишь короткий интервал. Приведены три кадра из анимации [21], соответствующие моменту замыкания конденсатора (a) и началу процесса распространения электрического поля (b), которое достигает второй пластины конденсатора (c), лишь на мгновение создавая возможность для его разряда.

Казалось бы, очевидный разряд с точки зрения ИСО стрелы, как оказалось, и показано на кадрах из анимации, не всегда осуществим. Возможным он становится только в случае более длинной стрелы, чем ширина конденсатора. На рисунке (анимации) показано, что при отношении длин, равном 8, фронт поля успевает достичь второй пластины до того, как стрела выйдет из неё.

На предыдущем рисунке (анимации) рис.10.2 было видно, что поле не успевает достичь второй пластины до выхода из неё стрелы. На данном рисунке тонкой вертикальной стрелкой показано новое положение левой пластины по отношению к правой в ИСО стрелы, когда ширина конденсатора в состоянии покоя меньше длины стрелы в 8 раз. При таком соотношении длин, как видно на кадрах, фронт поля успевает достичь второй, "тонкой" пластины до того, как стрела выйдет из неё.

Итак, мы увидели, что парадоксальные предсказания об арбалетной стреле, сделанные цитируемым автором, не соответствуют предсказаниям специальной теории относительности. Автор, как показано, исходил из ошибочных представлений об этой теории. Кроме того, верно ссылаясь на законы электротехники, в описании своего парадокса он их использовал с ошибками. По его выкладкам получилось, что электростатическое поле в металлах распространяется со сверхсветовой скоростью или даже мгновенно. Формализм СТО автор использовал некорректно, не увидев, что даже при верной её трактовке при указанном им соотношении длины стрелы L_0 и расстояния между пластинами d_0 существуют два варианта: конденсатор может быть как разряжен стрелой, так и не разряжен. Указанное автором значение "стрела длиннее расстояния между пластинами" допускает оба решения.

Парадоксом в теории принято считать два правильных утверждения, противоречащих друг другу. Мы увидели, что при последовательном и корректном применении положений специальной теории относительности в рассмотренной задаче оба утверждения теории верны и не противоречат друг другу. Это означает, что в данном случае парадокса нет, и "парадокс арбалетной стрелы", таким образом, является мнимым, не существующим парадоксом. Это просто рядовая задача теории относительности, при формулировке которой были допущены ошибки. Теории относительности приписаны утверждения, которые сделаны, якобы, от её имени, а на самом деле от имени автора, ошибочно её трактующего. Теория относительности

не делает парадоксальных утверждений, просто не надо приписывать ей того, чего она не утверждает.

В заключение обратим внимание, что парадокс арбалетной стрелы довольно схож с парадоксом шеста и сарая или с парадоксом тележки и ямы. И там и там делаются попытки "приложить" друг к другу релятивистки сокращающиеся объекты, получая выводы, противоречащие друг другу.

11. Парадокс Белла

Этот довольно старый парадокс по-прежнему обсуждается, оппоненты все еще не пришли к единому мнению. Тем не менее, парадокс Белла – необоснованно усиленное название вполне рядовой задачи СТО. Эта задача имеет корректное, непротиворечивое решение в теории относительности. Никаких парадоксов при этом не возникает. На Википедии описание парадокса Белла приводится в следующем виде.

"Парадокс Белла – один из известных релятивистских парадоксов специальной теории относительности, связанный с невозможностью определения понятия "абсолютно твёрдого тела" в пространстве-времени теории относительности. В наиболее известном варианте самого Белла парадокс возникает при рассмотрении мысленного эксперимента, включающего в себя два ускоряющихся в одном и том же направлении космических корабля и соединяющую их натянутую до предела струну (один корабль летит строго впереди другого, т. е. ускорение направлено вдоль струны). Если корабли начнут синхронно ускоряться, то в сопутствующей кораблям системе отсчёта расстояние между ними начнёт увеличиваться и *струна разорвётся*. С другой стороны, в системе отсчёта, в которой корабли сначала покоились, расстояние между ними не увеличивается, и поэтому *струна разорваться не должна*. Какая точка зрения правильная? Согласно теории относительности, первая — разрыв струны" [64].

Формулировка "парадокса" не совсем точная, хотя его решение, несомненно, верное. С точки зрения системы отсчета покоя расстояние между ракетами не изменяется, но трос при этом испытывает лоренцево сокращение. Следовательно, он стремится либо притянуть ракеты друг к другу, либо растянуться вплоть до разрыва. С точки зрения сопутствующей системе отсчета, например, первой ракеты, трос, прикреплённый к ней, не растягивается, ведь это одна и та же система отсчета. Но вторая ракета отстаёт, поскольку между ней и первой, ведущей ракетой расстояние обязано увеличиться. Действительно, если для внешнего наблюдателя "длина интервала между ракетами" неизменно, то в собственных системах отсчета оно увеличивается. То есть, с точки зрения специальной относительности нет никаких противоречий. Трос с очевидностью рано или поздно разорвётся, если он не обладает бесконечной растяжимостью.

Здесь мы исходим из определения логического парадокса как противоречия, которое имеет логически корректный вывод, приводящий к суждениям, взаимно исключающим друг друга. В этом смысле парадокс Белла как таковой, в сущности, не является парадоксом, поскольку его логически корректная формулировка не имеет взаимно исключающих выводов. Это рядовая, элементарная задача СТО и называть её парадоксом – явное преувеличение. Чтобы это увидеть достаточно даже вполне поверхностного знакомства с формализмом специальной теории относительности.

Трудно объяснить, например, как можно предполагать, что с точки зрения системы отсчета какой-либо из ракет расстояние между ракетами может быть неизменным? Если расстояние между ними неизменно в неподвижной системе отсчета, то это прямо означает, что собственная длина дистанции между ними с точек зрения любой из ракет (и с точки зрения троса) должна постоянно увеличиваться в соответствии с преобразованиями Лоренца. Только в этом случае дистанции между ракетами с точки зрения неподвижной системы отсчета будет неизменной.

Наоборот, также невозможно объяснить предположения, что с точки зрения исходной системы отсчета трос не сокращается. Это сокращение прямо следует из преобразований Лоренца.

Как видим, решение "парадокса" является очевидным, не требуется даже никаких вычислений. Трос сокращается, а крепления его концов - нет. Тем не менее, некоторых авторов "очевидность" решения, мягко говоря, не убеждает. Видимо, поэтому в литературе появляются различной сложности математические и не очень решения "парадокса". И даже такие, в которых трос остается целым. Авторы таких решений просто заблудились в собственных уравнениях. Не мудрено. Специально для решения этой задачи Белла формулируются собственные теоремы, выводятся уравнения, строятся диаграммы. Ситуация всё больше уходит в схоластику.

Но к чему элементарную задачку возвеличивать до уровня парадокса? В подтверждение очевидности решения задачи Белла приведём весьма наглядную иллюстрацию этого: анимацию (кадр из неё). Для большей наглядности заменим трос твёрдым нерастяжимым стержнем, который одним концом закреплен на первой, ведущей ракете, а вторым концом – легко разрушающимся соединением на второй, задней ракетой. В процессе движения задний конец стержня либо останется прикрепленным к ракете, либо выпадет из соединения. Этот разрыв соединения полностью соответствует попытке растянуть стержень - трос. Но для чего это нужно? В отличие от троса, собственная длина стержня всегда одна и та же, что позволит легко увидеть со стороны изменение его длины вследствие релятивистских эффектов. Заметить плавное растяжение троса несколько сложнее.

На рисунке показана неподвижная (лабораторная, земная) система отсчета. Параболические линии – это мировые линии ракет и концов стержня (троса) в этой системе. У каждой ракеты вниз вынесены штанги с крепле-

нием, к которым привязаны нулевые координаты их собственных систем отсчета. Системы отсчета троса привязываются к его концам.

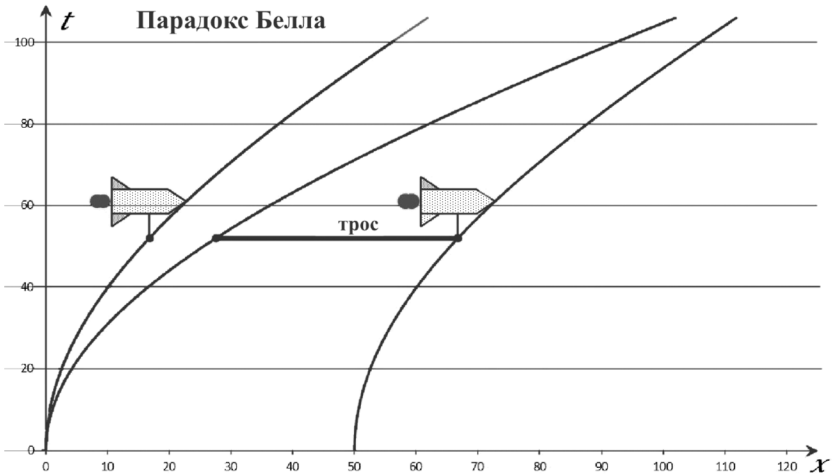


Рис.11.1. Лоренцево сокращение стержня при его ускоренном движении. Расстояние между креплениями, согласно условиям задачи, неизменно. Кадр анимации [21]

В начальный момент времени левая, ведомая ракета и левый конец стержня находятся в начале координат неподвижной системы отсчета. С её точки зрения в процессе ускоренного движения стержень начинает непрерывно сокращаться, хотя в его собственной системе отсчета с ним ничего не происходит. Согласно условиям задачи расстояние между ракетами неизменно. При этом мировая линия второй ракеты не совпадает с мировой линией "хвоста" стержня-троса. Это очевидно, поскольку вследствие постоянного сокращения стержня его конец движется быстрее, чем его начало. Конец стержня пытается "догнать" его начало. Скорости начала стержня и двух ракет равны, поэтому конец стержня "убегает" от второй ракеты, разрушая соединение с ней. Если же трос эластичен и может растягиваться, то разрушения на первых порах не будет. Для этого мы и заменили эластичный трос жестким, нерастяжимым стержнем, чтобы увидеть удлинение на самом начальном этапе. Для эластичного троса разрушающее растяжение и его разрыв может наступить намного позже, а само растяжение не сразу и видно. Отметим кстати, что с рассматриваемой точки зрения конец стержня и его начало находятся в разных системах отсчета! Это довольно любопытная ситуация: одному и тому же жесткому объекту не может быть назначена единая система отсчета. Отсюда также следует

вывод, что стержню не может быть назначена и единая мгновенно-сопутствующая инерциальная система отсчета – МСИСО.

Итак, с точки зрения неподвижной системы отсчета отрыв стержня и разрыв троса очевидны. Теперь перейдём в систему отсчета стержня. Здесь уже очевидно, что стержень и ведущая ракета образуют единую собственную систему отсчета. Они оба жесткие, скреплены друг с другом и движутся с одинаковой скоростью. Поэтому мировые линии ведущей, первой ракеты и концов стержня – прямые вертикальные линии.

Как было отмечено выше, с точки зрения неподвижной системы отсчета к стержню не может быть привязана единая мгновенно-сопутствующая инерциальная система отсчета - МСИСО. Но с точки зрения самого стержня и ведущей ракеты, к которой он прикреплен, этому нет никаких препятствий, ведь с их точки зрения они движутся с одной и той же скоростью.

Очевидно, что никакого парадокса не возникает также и с этой точки зрения – системы отсчета ведущей ракеты и стержня. Мировая линия второй ракеты в этом случае имеет параболическую форму, направленную от первой ракеты. Это не означает, что вторая ракет "летит хвостом вперёд", просто она отстает от первой ракеты. Согласно условиям задачи расстояние между ракетами в неподвижной системе отсчета неизменно. То есть для любой скорости движения ракет расстояние между ними одно и то же. Но согласно преобразованиям Лоренца это расстояние соответствует "укороченному" собственному расстоянию между ракетами в их системах отсчета.

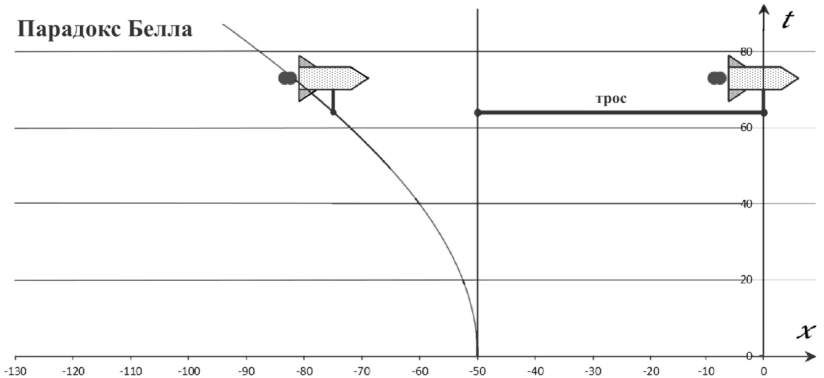


Рис.11.2. Лоренцево увеличения дистанции между ракетами. Длина стержня неизменна, поэтому расстояние между его концом и второй ракетой увеличивается. Один из кадров анимации [21]

Другими словами, для каждого момента движения ракет, для каждого конкретного значения их скорости мы можем привязать к ним соответ-

ствующие МСИСО. При этом обе эти МСИСО будут иметь всегда одну и ту же скорость по отношению к неподвижной системе отсчета. Обе ракеты будут фактически находиться в одной и той же МСИСО. Из этого прямо следует, что дистанция между ними в этих МСИСО будет прямо зависеть от её скорости. Чем выше скорость, тем эта дистанция должна быть больше, поскольку только в этом случае "сокращённая" дистанция, согласно "обращенным" преобразованиям Лоренца, будет неизменной с точки зрения неподвижной системы отчета. Обращенные преобразования Лоренца – это преобразования, в которых по известной сокращенной длине стержня или дистанции между ракетами вычисляются их собственные длины. Таким образом, в системе отсчета первой ракеты и стержня вторая ракета постоянно удаляется, что приводит к разрыву крепления со стержнем. Ну, или соответствующему растяжению и последующему разрыву троса.

В заключение отметим, что на анимациях для релятивистской корректности вычислений – невозможности превысить скорость света – величина ускорения взята "релятивистской":

$$a = a_0\sqrt{1-v^2/c^2}$$

При движении ракет от состояния покоя до скорости, близкой к скорости света, фактическое ускорение будет стремиться от исходного значения a_0 к нулю. В этом случае скорость ракет также будет ограничена скоростью света: на приведённых анимациях она достигает величин порядка 0,98c. Также для простоты вычислений на анимациях началу и концу стержня всегда привязывается единая МСИСО.

12. Парадокс транспортера

Возможно, единственное, либо первое описание и решение парадокса транспортера приводится в работе Соколовского "Теория относительности в элементарном изложении". Сам автор работы указал, что на момент написания книги он не встречал упоминаний об этом парадоксе [98]:

"Что же касается парадокса транспортера, то ранее он, по-видимому, нигде не анализировался".

Отметим, что в цитируемой работе описание и решение парадокса транспортера является исчерпывающим и не вызывает нареканий. Мы обратимся к нему по следующим причинам. Во-первых, при внимательном рассмотрении парадокса транспортера можно заметить его некоторую преемственность от парадокса Белла о тросе и двух ракетах. Во-вторых, есть основания считать, что и сам парадокс транспортера логически является предшественником парадокса колеса и его разновидности – парадокса Эренфеста.

Транспортер представляет собой замкнутую ленту из гибкого материала, которая движется по направляющим с помощью двух шкивов, укреп-

ленных на балке (станине). Как вариант, лента может представлять собой сочленённые жесткие элементы – траки. То есть, в качестве транспортера может рассматриваться обычная гусеница трактора или танка. В нашем случае вариант с траками предпочтительнее, поскольку все релятивистские эффекты можно рассматривать в "чистом" виде, не учитывая растяжения ленты, что делает всю картину существенно более наглядной, в том числе на анимации, становится хорошо заметным движение ленты.

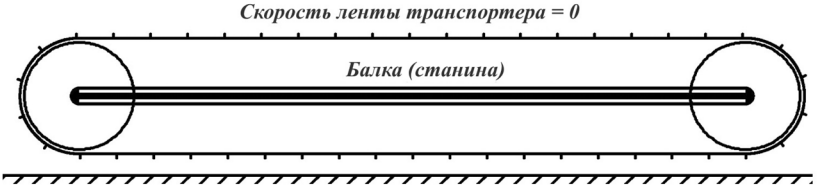


Рис.12.1. Транспортер находится в состоянии покоя. Лента транспортера представляет собой сочленённые нерастяжимые элементы – траки.

Приведём транспортер в действие с таким расчетом, чтобы скорость движения траков на прямолинейных участках была близка к световой. В системе отсчета балки движущаяся лента уменьшит свою длину вследствие лоренцева сокращения. Это приведёт либо к натяжению ленты, если она изначально провисала, вплоть до её разрыва, либо к деформации балки – её сжатию или изгибу вплоть до поломки. Все эти деформации ленты и станины доступны для физического измерения, они являются объективными. Напротив, в системе отсчета ленты, движущейся оказывается станина, которая и будет подвергнута лоренцеву сокращению:

"Если, однако, систему отсчета связать не со станиной, а с лентой, то покоящейся придется считать ленту, а станину — движущейся с большой скоростью. Тогда сократиться должна уже не лента, а станина, результатом чего будет уже не тугое натяжение, а свободное провисание ленты". [98]

Естественно, автор усматривает здесь противоречие, парадокс:

"Но этот вывод явно противоречит принципу относительности: рассуждения, касающиеся одного и того же явления, в двух разных системах отсчета приводят к взаимно исключающим результатам…

Таким образом, мы сталкиваемся с парадоксом: в данном конкретном случае применение теории относительности приводит к отрицанию одной из ее собственных основ – принципа относительности Эйнштейна". [98]

Однако, здесь следует заметить, что вывод о возникновении парадокса несколько преждевременный. На этом этапе его формулировки допущена небольшая неточность, недоговоренность. Было явно сказано, что лента не сокращается в своей системе отсчета:

"…покоящейся придется считать ленту… сократиться должна уже не лента…". [98]

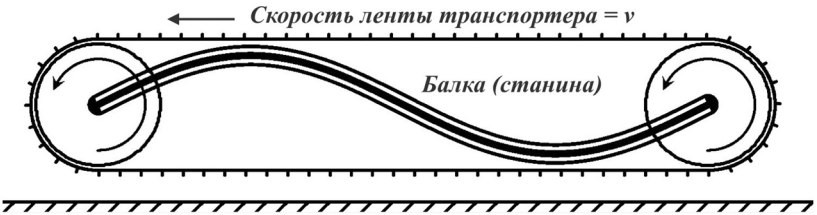


Рис.12.2. Траки ленты транспортера движутся на прямолинейных участках со скоростью v, близкой к световой. Кадр из анимации [21]

Но нельзя оставить без внимания очевидное обстоятельство: разные участки ленты движутся с разными скоростями. То есть, в рассматриваемом случае лента не может находиться в покое, и недопустимо использовать при формулировке "парадокса" заведомо неверное обстоятельство.

Автор верно отмечает, что на суть парадокса никак не влияют участки ленты на шкивах (катках), их влияние может быть уменьшено до сколь угодно малой величины. Далее он справедливо приходит к заключению, что связать систему отсчета с целой лентой нельзя и нужно рассматривать её как отдельные элементы, что так же не отражается на результате. В нашем варианте с траками последнее заключение становится ещё более очевидным, поскольку мы можем связывать систему отсчета с каждым траком в отдельности или с их группой, движущейся с одинаковой скоростью.

Таким образом, пока нельзя говорить об однозначно сформулированном парадоксе. Поэтому, следующий вывод не вполне точен:

"Как и следовало ожидать, рассмотрение в любой действительно инерциальной системе отсчета приводит к одинаковому результату (натяжению ленты). Тем самым парадокс полностью снимается". [98]

Парадокс, как таковой, сформулирован некорректно, поэтому и о его решении говорить нельзя. Можно говорить об ошибочных предположениях, но никак не о конкретном парадоксе. Скорее всего, здесь наблюдается парадокс формулировки. Вместе с тем, нельзя не согласиться с объяснением, почему укорачивается именно лента (и почему парадокс не возник):

"… в данном опыте станина и лента физически неравноправны, так как в отличие от станины лента не может считаться покоящейся ни в одной инерциальной системе (потому что ее части движутся друг относительно друга). По этой именно причине укорачивается лента по сравнению со станиной, а не наоборот". [98]

Разумеется, речь идёт о ленте, движущейся на транспортере, а не лежащей где-нибудь на складе. Следовательно, говорить о парадоксе не вполне корректно. Он не был сформулирован определённым образом и без ошибок. На самом деле данный эксперимент следует считать не демон-

страцией парадокса, а решением обычной, рядовой, хотя и весьма наглядной задачи из курса специальной теории относительности.

В нашем варианте для анимации мы используем ленту, состоящую из траков. Это позволяет наглядно показать на следующем рисунке все линейные характеристики объектов. Допустим, длина ленты, как сумма длин составляющих её траков, в состоянии покоя равна L_0. Для простоты примем, что длина участков ленты, находящихся на шкивах во много раз меньше длины прямолинейных участков и может быть принята равной нулю. Мы исходим в этом из рассуждений автора, которые считаем вполне справедливыми.

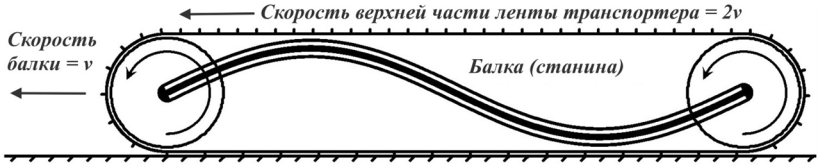


Рис.12.3. Нижняя часть ленты транспортера неподвижна. Балка движется со скоростью v, а верхняя часть ленты – с удвоенной скоростью 2v, близкой к световой. Кадр из анимации [21]

Рассмотрим состояние транспортера в случае неподвижной балки в её системе отсчета. Очевидно, что верхняя и нижняя части ленты движутся с одинаковой скоростью и сократятся в одинаковое число раз. Сокращаясь, лента притянет шкивы друг к другу. В процессе этого балка будет деформирована, она либо изогнётся, либо разрушится, переломится. Напротив, в системе отсчета, например нижней части ленты, будут сокращаться уже сама балка и верхняя часть ленты. Известно, что при движении балки со скоростью v верхняя часть ленты будет двигаться с удвоенной скоростью 2v. Следовательно, длина балки в этом случае будет равна:

$$L_1 = \frac{L_0}{2} \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Здесь учтено, что в состоянии покоя длина балки равна половине длины ленты. Длины верхней и нижней частей ленты будут равны друг другу, поскольку в случае разности их длин, более короткая часть будет "перетягивать" к себе недостающее число траков из другой части. В этом случае условная длина участков в неподвижном состоянии может быть обозначена как L_{0t} (top – верхняя) и L_{0b} (bottom – нижняя). Примем, что $L_{0t} = kL_{0b}$. Понятно, что $L_0 = L_{0t}+L_{0b} = L_{0b}(k+1)$. После достижения скорости балки v длины верхней и нижней частей ленты будут равны:

$$L_{1b} = L_{0b} = \frac{L_0}{k+1}$$

$$L_{1t} = L_{0t}\sqrt{1-\frac{4v^2}{c^2}} = kL_{0b}\sqrt{1-\frac{4v^2}{c^2}}$$

Поскольку они равны:

$$L_{0b} = kL_{0b}\sqrt{1-\frac{4v^2}{c^2}}$$

Откуда находим величину k:

$$k = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{4v^2}{c^2}}}$$

Следовательно, величина $L_{1t} = L_{0b}$, до которой будут стянуты катки, равна:

$$L_{1b} = \frac{L_0}{\frac{1}{\sqrt{1-\frac{4v^2}{c^2}}}+1}$$

Вот теперь мы можем говорить о возможности более корректной формулировки парадокса. Если величина L_1 – сокращение балки окажется меньше, чем L_{1b} – сокращение расстояния между катками из-за сокращения ленты, то лента не натянется, а провиснет. Сравним эти две вычисленные величины, найдя их отношение:

$$\frac{L_1}{L_{1b}} = \frac{\frac{L_0}{2}\times\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{\frac{L_0}{\frac{1}{\sqrt{1-\frac{4v^2}{c^2}}}+1}}$$

Произведя тривиальные преобразования, находим:

$$\frac{L_1}{L_{1b}} = \frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{\sqrt{1-\frac{4v^2}{c^2}}}+\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)$$

Все три выражения с корнями являются монотонно убывающими функциями (не имеющими экстремумов и разрывов) на диапазоне от нуля до с. Легко получить граничные значения данного выражения. При нулевой скорости выражение равно:

$$\frac{L_1}{L_{1b}} \equiv \frac{1}{2}\left(\frac{1}{1}+1\right)=1$$

При увеличении удвоенной скорости до скорости света, значение выражения стремится к бесконечности:

$$\lim_{2v\to c}\frac{L_1}{L_{1b}}=\frac{1}{2}\left(\frac{\sqrt{1-1/4}}{\sqrt{1-4/4}}+\sqrt{1-1/4}\right)\to\infty$$

Следовательно, значение данной функции на всём диапазоне не имеет значений меньше 1, то есть, длина балки (станины) при всех скоростях движения всегда оказывается больше, чем расстояние между "стянутыми" лентой катками. Это означает, что либо балка будет деформирована, либо лента порвётся (растянется, если она эластичная). Например, при скорости 2v=0,866c траки верхней части ленты сократятся ровно в два раз. Скорость балки при этом равна v=0,433c. Значение полученного выражения будет:

$$\frac{L_1}{L_{1b}}\approx\frac{1}{2}\left(\frac{0,9}{0,5}+0,9\right)=1,35$$

То есть, в этом случае лента транспортера будет стремиться сжать балку до уменьшения её длины почти в полтора раза.

Таким образом, и в данном случае сформулировать парадокс транспортера не удалось. В обоих случаях, и с точки зрения балки и с точки зрения любого трака или группы траков, образующих, например, нижнюю часть ленты, результатом будет натяжение ленты, приводящее либо к деформации сжатия, изгиба или слома станины, либо к деформации натяжения вплоть до разрыва ленты. В зависимости от начальных условий: что будет задано более прочным. Парадокс транспортера оказался мнимым, кажущимся парадоксом.

13. Парадокс Эренфеста

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 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.

В литературе приводятся несколько различающихся формулировок "парадокса" Эренфеста. Здесь в кавычки слово парадокс поставлено умышленно, поскольку сейчас мы увидим, что парадокс сформулирован с ошибками, на основе утверждений, приписываемых специальной теории относительности, но которых она не делает. Обобщенно эти различные формулировки парадокса можно свести к трем группам:

- при вращении колеса спицы деформируются;

- невозможно раскрутить колесо из абсолютно твердого материала;

- при раскрутке со световой скоростью (обода) колесо стягивается в точку, исчезает.

Все эти формулировки в своей сути достаточно близки друг к другу и при некоторых условиях объединяются. 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)". [98]

И затем 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". [98]

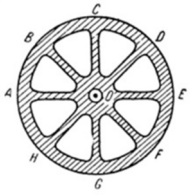


Рис.13.1. Иллюстрация к парадоксу колеса в [98]

Суть решения, как видим, состоит в том, что либо спицы обязательно сократятся, стягиваемые ободом (диаметр колеса уменьшится), либо обод вытянется, разжимаемый спицами (диаметр колеса останется неизменным), в зависимости, от жесткости материала. Видимо, при однородности материала сокращение будет взаимным: сократятся и спицы и обод, но в меньшей мере.

Парадокс колеса в версии Эренфеста рассмотрен в работе "Неисправленная ошибка Пуанкаре и анализ СТО" [51]:

"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". [51]

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 добавляя [51]:

"Сами релятивисты не смогли привести никаких объяснений физических причин ни для объяснения гипотезы, ни для объяснения парадокса".

Однако, это единственное описание эффекта скручивания диска, которое можно найти в интернете при беглом просмотре. Википедия описывает парадокс следующим образом, приводя в тексте ссылку на детскую энциклопедию:

"Рассмотрим окружность (или полый цилиндр), вращающуюся вокруг своей оси. Так как скорость каждого элемента окружности направлена по касательной, то она (окружность) должна испытывать лоренцево 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 уменьшать 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" [66].

Здесь указывается ещё одно проявление парадокса со ссылкой на Эренфеста: абсолютно твердый диск вообще невозможно привести во вращение. Подобная же трактовка приведена и в "Энциклопедии для детей", которая, в свою очередь, ссылается на авторскую работу Эренфеста - короткую заметку "Равномерное вращательное движение тел и теория относительности" от 1909 года [120]:

"Заметка содержала парадоксальное утверждение: абсолютно твердый цилиндр (или диск) невозможно привести в быстрое вращательное движение вокруг центральной оси, в противном случае возникает противоречие частной теории относительности. В самом деле, пусть такой диск вращается, тогда длина его окружности вследствие лоренцева сокращения уменьшится, а радиус диска останется постоянным …. При этом отношение длины окружности диска к диаметру уже не равняется числу n. Этот мысленный эксперимент и составляет содержание парадокса Эренфеста".

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?..". [41]

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". [95]

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 достаточно 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". [121]

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:

13.1 Миф о парадоксе Эренфеста

Рассмотрим по возможности современные версии парадокса, указанные в начале статьи. 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.

Однако, сначала мы рассмотрим его предельную версию. Это версия, в которой спицы или внутренняя часть колеса не вращаются вообще. В этом случае мы избавляемся от всяких сомнений о том, сокращаются спицы или не сокращаются. Такое "колесо", как можно догадаться, имеет вид полого тонкостенного цилиндра или тонкого кольца, насаженного на толстую ось. Решение такого "парадокса" очевидно. И вновь, как выше, слово "парадокс" здесь взято в кавычки исключительно по причине того, что это, собственно, и не парадокс, а псевдо, мнимый парадокс. Специальная теория относительности описывает поведение такого колеса без каких-либо противоречий. Действительно, с точки зрения неподвижной оси "обод" колеса при вращении испытывает лоренцево сокращение, что приводит к уменьшению его диаметра. С этой точки зрения либо колесо лопнет, либо оно сожмёт ось, выдавив на ней выемку, либо при достаточной упругости кольцо растянется. В этом случае внешний наблюдатель не заметит никаких изменений, даже если колесо-кольцо будет раскручено до световой скорости: лишь бы материалу колеса хватило запаса упругости.

Теперь перейдём в систему отсчета колеса-обода. Очевидно, что невозможно привязать систему покоя ко всему колесу, поскольку векторы скоростей точек направлены в разные стороны. В покое может быть одновременно лишь одна точка, касающаяся неподвижной поверхности. Понятно, что такое "неподвижное" колесо – это просто колесо, катящееся по

неподвижной поверхности. О нём мы только-то и можем сказать, что скорость его центра равна половине скорости элемента на верхней части. Но это замечание вдруг неожиданно напоминает нам уже рассмотренный парадокс – парадокс транспортера. Действительно, в том парадоксе тоже есть три точки: неподвижная; верхняя, движущаяся с некоторой скоростью и средняя, движущаяся с половинной от верхней скоростью. Что может быть общего между колесом и транспортером?

Однако, присмотримся более внимательно. Посмотрим на колесо под углом к его оси. Чем этот угол больше, тем сильнее "сплющивается" колесо, принимая вид вытянутого эллипса, что довольно заметно напоминает транспортер. Хотя на получившемся транспортере лента - обод колеса движется по эллиптической траектории, мы вполне можем рассматривать "проекцию" этого обода на горизонтальную ось. В этом случае мы получаем вполне допустимую аналогию задачи о транспортерной ленте и её очевидное решение.

Обод колеса, видимый как транспортерная лента, как и в задаче о транспортере будет сокращаться, что неизбежно приведёт либо к его разрыву, либо к деформации оси, которая под выбранным углом выглядит как станина транспортера. Понятно, что ось может быть сегментированной, то есть состоять из спиц, которые, как и сплошная ось, будут деформированы, если обод окажется прочнее. Таким образом, вариант "парадокса" колеса с тонким ободом и неподвижной осью парадоксом не является, поскольку теория относительности делает о нём непротиворечивые предсказания.

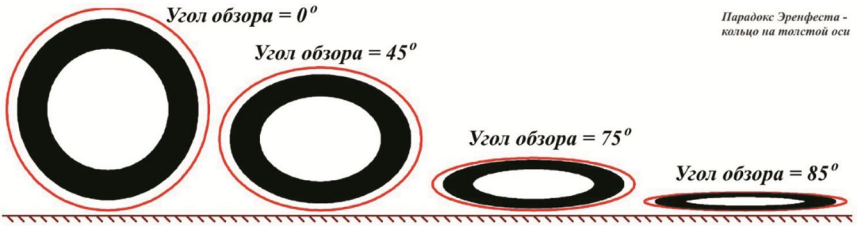


Рис.13.2. Если смотреть на колесо под большим углом, оно выглядит как эллипс. Окружность из утолщенной линии – это внешняя поверхность оси колеса. Окружность из тонкой линии – вращающийся обод (колесо). Кадры из анимации [21], вид колеса под разными углами.

Теперь перейдём к сплошному диску. Более того, будем считать его абсолютно твердым, то есть, рассмотрим вариант парадокса Эренфеста о невозможности раскрутки такого диска. Представим диск как насаженные друг на друга концентрические окружности – ободы 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. Здесь мы решительно отвергаем идею о скручивании как ничем не обоснованную. Тангенциальная скорость каждой точки обода $v_i = \omega R_i$. Сокращенную длину окружности каждого обода определяем по уравнениям Лоренца:

$$L_i = 2\pi R_i \sqrt{1 - \omega^2 R_i^2} \qquad (13.1)$$

Здесь мы 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…1. Из уравнения (13.1) 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:

$$\begin{aligned} R_{1\omega} &= \frac{L_1}{2\pi} = kR_0 \sqrt{1 - \omega^2 k^2 R_0^2} \\ R_{0\omega} &= \frac{L_0}{2\pi} = R_0 \sqrt{1 - \omega^2 R_0^2} \end{aligned} \qquad (13.2)$$

Отношение радиусов ободов после раскрутки равно:

$$\frac{R_{1\omega}}{R_{0\omega}} = \frac{kR_0 \sqrt{1 - \omega^2 k^2 R_0^2}}{R_0 \sqrt{1 - \omega^2 R_0^2}} = k \sqrt{\frac{1 - \omega^2 k^2 R_0^2}{1 - \omega^2 R_0^2}}$$

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 будут "наползать", давить друг на друга. Вычислим это отношение для указанного условия:

$$\frac{R_{1\omega}}{R_{0\omega}} = k \sqrt{\frac{1 - \omega^2 k^2 R_0^2}{1 - \omega^2 R_0^2}} = 1$$

Для наглядности отбросим левое равенство:

$$k \sqrt{\frac{1 - \omega^2 k^2 R_0^2}{1 - \omega^2 R_0^2}} = 1$$

Делим всё на k

$$\sqrt{\frac{1 - \omega^2 k^2 R_0^2}{1 - \omega^2 R_0^2}} = \frac{1}{k}$$

Возводим в квадрат обе части равенства

$$\frac{1-\omega^2 k^2 R_0^2}{1-\omega^2 R_0^2} = \frac{1}{k^2}$$

Избавляемся от дробного вида

$$k^2 - \omega^2 k^4 R_0^2 = 1 - \omega^2 R_0^2$$

Переносим влево члены с радиусами, а вправо члены без радиусов

$$\omega^2 R_0^2 - k^4 \omega^2 R_0^2 = 1 - k^2$$

Собираем подобные члены

$$\omega^2 R_0^2 (1 - k^4) = 1 - k^2$$

Переписываем уравнение как решение для члена с радиусом

$$\omega^2 R_0^2 = \frac{1-k^2}{1-k^4}$$

Видим, что справа в равенстве есть сократимые члены

$$\omega^2 R_0^2 = \frac{1-k^2}{(1-k^2)(1+k^2)}$$

Сокращаем

$$\omega^2 R_0^2 = \frac{1}{1+k^2}$$

Заменяем угловую скорость на линейную

$$v_0^2 = \frac{1}{1+k^2}$$

Извлекаем корень и находим значение скорости

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{1+k^2}}$$

Пересечение может начаться между соседними слоями, для которых почти k = 1. Следовательно, оно возникает при скорости внешнего обода:

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{1+1}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0{,}7$$

Во-первых, полученное решение означает, 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, включая и автора парадокса – Эренфеста – ошибочны: радиус колеса будет уменьшаться без каких-либо препятствий:

"элементы радиуса не подвергаются никакому сокращению по сравнению с состоянием покоя". [121]

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 [98], 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. Сокра-

щаясь 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 усилий деформации 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 будет уменьшать свои размеры и вновь их восстанавливать. Но при одном условии: тангенциальная скорость внешнего обода колеса не должна превышать таинственной величины - 0,7 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.13.3. 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 уменьшится 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 концентрические окружности, через равные интервалы, то в процессе его раскручивания для внешнего наблюдателя эти окружности будут располагаться с интервалами, равно-

мерно уменьшающимися от центра (практически исходная величина интервала) к периферии (уменьшающийся вплоть до нуля).

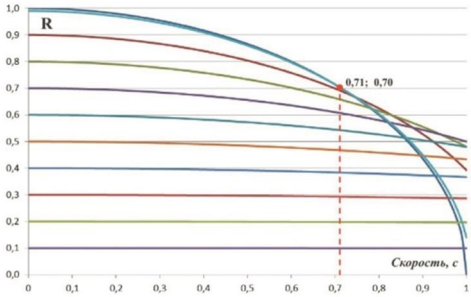


Рис.13.3. Степени сжатия радиусов ободов в зависимости от их удалённости от центра и тангенциальной скорости внешнего обода.

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. На верхней части рисунка а) на виде сбоку мы отчетливо видим поведение каждого слоя-обода конуса, бывшего колеса. Каждый из этих слоёв изображен цветной линией. Эти линии повторяют соответствующие окружности, ободы, для 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. На нижнем рисунке б) раскраска слоев (дисков) отличается от раскраски на рисунке а).

Следует особо отметить следующие очевидные обстоятельства. Согласно теории относительности деформации диска или показанного 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.

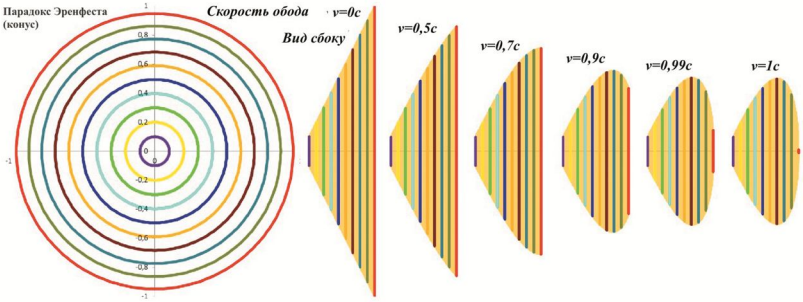


Рис.13.4. Лоренцева деформация конуса при раскручивании. Слева вид вдоль оси конуса - воронки, справа – вид сбоку, перпендикулярно к оси. Справа показаны кадры из анимации [21], соответствующие виду колеса (конуса) "с ребра" при различных скоростях вращения.

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 вернутся 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. Нужно просто вспомнить рассмотренную выше картину с тонкостенным колесом, насаженным на неподвижную ось. Отличие лишь в том, что в рассмотренном случае неподвижная ось не испытывает лоренцева сокращения. Здесь же слои, он нуля до 0,7 от радиуса колеса, сами 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 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. Следовательно, более вероятен разрыв внешних ободов, чем упругое уменьшение объёма внутренних. Это очевидно, поскольку материал один и тот же.

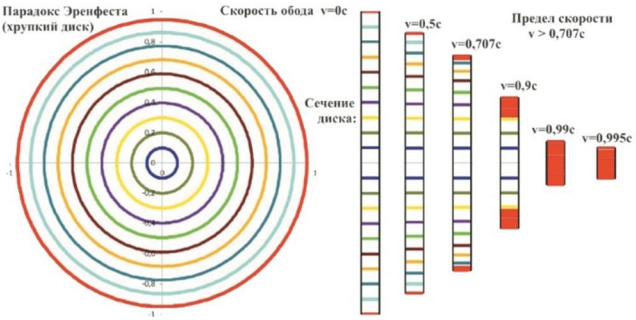


Рис.13.5. Лоренцева деформация диска из обычного твердого материала. Слева показан вид вдоль оси колеса, справа – перпендикулярно к оси для различных скоростей вращения. Кадры из анимации [21].

Здесь и на последующих рисунках раскраска полос сделана наподобие "тельняшки" - светлые цвета (оттенки) чередуются с тёмными. В этом случае при сжатии диска на его разрезе лучше видно, что они не пересекают друг друга, а как бы складываются в виде "гармошки". На кадрах сжатия обычного твердого (хрупкого) диска в красный цвет перекрашены слои (ободы), которые приходят в тесное соприкосновение, с силой давят друг на друга. В этом случае их материал испытывает как усилие на сжатие (внутренние слои), так и усилие на растяжение (внешние слои). При некоторых усилиях внешние слои, что более вероятно, просто будут разорваны, и разлетятся в разные стороны. Как видно на кадрах, 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. На кадрах, как и выше, видно, что слои-ободы складываются в виде "гармошки", не пересекая друг друга. Правда, здесь следовало бы показать утолщение диска в зазоре между внешним ободом и осью. 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.

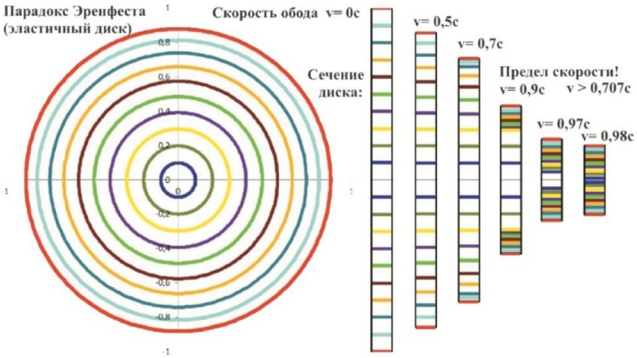


Рис.13.6. Лоренцева деформация диска из эластичного материала. Справа приведены кадры из анимации [21] вида диска "с ребра" для разных скоростей вращения.

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, 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". [66]

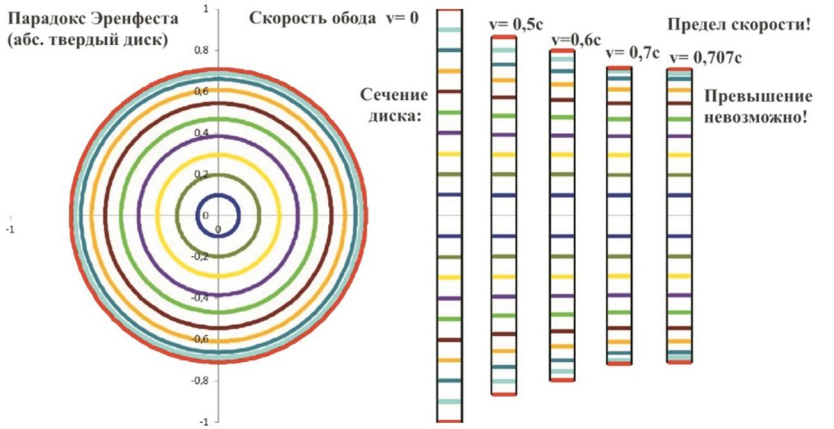


Рис.13.7. Лоренцева деформация диска из абсолютно твердого материала. Справа приведены кадры из анимации [21], вид диска "с ребра" при различных скоростях вращения

Этот вывод не соответствует предсказаниям специальной теории относительности. Кроме того, в работе Эренфеста, которую следует считать первой формулировкой парадокса, нет таких рассуждений. 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 неприменима. 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 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 "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) пропилы внутри него. Получившиеся спицы и пустые интервалы (пространство) между ними движутся как связанные друг с другом части ободов, то есть, являются объектами, которые сокращается как единое целое. И материал спиц, и интервал между ними испытывают тан-

генциальное 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. 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.

После просмотра источников, который нельзя, конечно, назвать исчерпывающим, выяснилось следующее. Изложенное решение парадокса Эренфеста (парадокса колеса) является, видимо, первым с момента его формулировки Эренфестом в 1909 году корректным решением парадокса в рамках специальной теории относительности. Впервые рассмотренное решение обнаружено в начале октября 2015 года.

13.2 Варианты парадокса Эренфеста

Если еще раз обратиться к оригинальной, исходной формулировке парадокса Эренфеста, можно увидеть, что в нем речь шла не о колесе и спицах, а о сплошном цилиндре: "... пусть имеется не абсолютно твердый цилиндр ..." [121]. Исторически сложилось так, что стали говорить о колесе, причем о колесе со спицами. Видимо, это более наглядно демонстриро-

вало 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" [104]. 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.

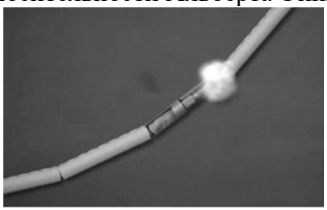


Рис.13.8. Окружность можно представить в виде ряда соединенных сегментов, каждый из которых – вагон (светлый цвет) поезда или локомотив (темный цвет). "Кусок ваты" – дым из трубы локомотива (паровоза). Кадр (35:05) из фильма [104].

Дикторский текст сопровождают соответствующие кадры (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" [104]:

Рис.13.9. Чем быстрее движется поезд, тем короче он становится. Кадр (40:45) из фильма [104] показывает 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 это 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" [104] (41:05).

Такое 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 видит внешний наблюдатель, для которого никакого искривления пространства нет, а сокращение – есть. Для него нет абсолютно никакой разницы, движутся ли вагоны прямолинейно или по окружности. Именно такой второй вариант рассматривал Эйнштейн и в работе "К электродинамике движущихся тел". Там замедление темпа хода часов на экваторе никак не связывалось с искривлением пространства времени, тем более что об этом явлении на тот момент, в 1905 году вообще ничего не было известно.

Сокращение поезда с точки зрения неподвижного наблюдателя прекрасно выписывается в рассмотренный здесь вариант парадокса часов, движущихся по окружности (см. 7.1 Задача об отставании часов на экваторе). Нужно лишь использовать преобразования Лоренца не для замедления хода часов, а для сокращения длины отрезка. Как следствие парадокс с поездом становится мнимым – длина его сокращается без какой-либо связи с числом π.

Следует 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 вагон, 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.

13.3 Обсуждение статьи о парадоксе Эренфеста

После нахождения рассмотренного непротиворечивого решения мнимого парадокса Эренфеста, это решение для рецензирования было направлено 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. Прямым следствием этого и стала ошибочная аргументация рецензента и полученные им неверные выводы. Начинается рецензия с довольно спорного, ничем не подтвержденного утверждения рецензента (здесь и далее ссылки даются по присланному электронной почтой тексту рецензии):

«Единственное с чем можно согласиться в рецензируемой статье - это утверждение, сформулированное в ее заглавии. И справедливость этого утверждения известна уже на протяжении последних 100 лет». (рецензент)

Заметим, что рецензент откровенно лукавит. Известно это утверждение совершенно в ином смысле, чем заявлено рецензентом: именно как парадокс СТО, то есть, явление, не имеющее корректного решения в её формализме. В подтверждение мнения, изложенного в рецензируемой статье, можно привести ссылку на, пусть совершенно неавторитетный, но чрезвычайно популярный источник – Википедию, статьи на которой пишут неглупые люди, и точность информации приемлемая:

«Рассуждение Эренфеста показывает невозможность приведения абсолютно твёрдого тела (изначально покоившегося) во вращение. Оно, тем не менее, не опровергает существования жёстких равномерно вращающихся дисков. Однако их пространственная геометрия должна быть отлична от евклидовой». [66].

Здесь мы видим два взаимоисключающих вывода и описание на Википедии попытки решения этого парадокса в рамках СТО, однако далее делается вывод, что в рамках СТО это невозможно. То есть, парадокс есть и этот парадокс является парадоксом именно СТО, поскольку в её евклидовой геометрии, в плоском пространстве-времени Минковского решения нет. Хотя и не совсем корректно, но утверждается, что согласно рассуждениям Эренфеста привести во вращение абсолютно твердое тело невозможно. При этом возможность существования таких дисков не отрицается. А это, несомненно, является признаком парадокса и определённо – парадокса СТО. Поскольку «решение» этого парадокса возможно лишь с применением неевклидовой геометрии, средствами СТО решение не может быть получено.

С этих точек зрения, как-то нелогично утверждать, что СТО беспроблемно «раскручивает» абсолютно жесткий диск. Рецензент здесь поступает нелогично, «выбрасывая» парадокс Эренфеста из «поля зрения» СТО. Эта задача, бесспорно, является задачей СТО, причём парадоксальной,

неразрешимой – вот это всё и известно свыше ста лет. В рецензируемой же статье приводятся доказательства, что это рядовая задача, имеющая корректное решение исключительно средствам специальной теории относительности. Впрочем, рецензент вообще не касается собственно предложенного решения, ограничившись общими высказываниями.

Вместе с тем, следует отметить, что в первичном изложении парадокса Эренфест не говорит о невозможности раскрутить абсолютно твёрдый диск (цилиндр). В русском переводе его статьи таких формулировок нет. Поэтому звучит парадокс несколько иначе. Если раскрутить цилиндр, то вследствие сокращения его окружности он должен уменьшить свой радиус. Но это противоречит уравнениям Лоренца, которые не допускают радиального (поперечного) сокращения движущихся тел. Здесь у Эренфеста явно и недвусмысленно излагается ошибочную мысль: СТО делает некорректное предсказание, то есть, получен парадокс.

Итак, есть такой парадокс в СТО? Отрицать это нелепо. То есть, парадокс в СТО определённо есть, и является он парадоксом именно СТО и никакой другой теории. Поэтому утверждение рецензента следует считать ошибочным. Ссылок на источники, в которых говорится, что парадокс Эренфеста в СТО отсутствует, рецензент не приводит. Можно утверждать, что таких ссылок не существует: парадокс Эренфеста – общепризнанный парадокс СТО.

Тогда что означает название рецензируемой статьи, утверждающей, что парадокса нет? Смысл названия состоит совсем в ином, нежели это увидел рецензент. Отсутствие парадокса СТО можно трактовать поразному. Во-первых, это может быть обычная задача, имеющая корректное формальное решение, без каких-либо противоречий, что доказывается в рецензируемой работе, и что составляет смысл её названия. Во-вторых, можно заявить, что никто и слыхом не слыхивал ни о каком Эренфесте, и ни о каком вращающемся цилиндре, что, конечно же, не так. И, наконец, в-третьих, сформулированную Эренфестом ситуацию нельзя рассматривать в СТО, она, якобы не подпадает под её формализм, вообще не относится к области специальной теории относительности. Но это мнение, с одной стороны, само по себе спорно, и, скорее всего, относится к области спора о вкусах. Сейчас на СТО возложили куда более вредоносные для неё функции: тахионную механику, принцип реинтерпретации (принцип переключения), распространив её на сверхсветовые сигналы. С другой стороны, в рецензируемой статье однозначно показано, что описанная Эренфестом ситуация имеет четкое аналитическое непротиворечивое решение в рамках формализма СТО без каких бы то ни было модификаций теории. Это рядовая задача, имеющая рядовое решение строго в рамках специальной теории относительности. Тем не менее, рецензент под «известностью утверждения», как видим, подразумевает этот ненадёжный третий вариант, невозможности рассмотрения задачи в рамках СТО:

«Все остальное в этой статье неверно.

Дело в том, что специальная теория относительности оперирует с описанием физических явлений в инерциальных системах координат. В частности, так называемое лоренцево сокращение — это наблюдаемое сокращение размеров движущегося тела по сравнению с его размером в системе координат, движущейся вместе с этим телом - системе покоя. При условии, что обе системы координат – система покоя и система, в которой проводятся измерения, - инерциальные». (рецензент)

Но обратите внимание на сформулированное условие: «обе системы – инерциальные». Это ошибочное утверждение, которое определенно ставит под сомнение квалификацию рецензента в этой области. «Так называемое лоренцево сокращение» будет наблюдаться из неподвижной системы и в случае ускоренного движения наблюдаемой системы. СТО может непротиворечиво применяться к любым движущимся и вращающимся телам лишь при одном, но ином условии: в инерциальной системе должен находиться наблюдатель. Заметим, что это не является откровением, чем-то новым или какой-то модернизацией специальной теории относительности. Вряд ли автора теории Альберта Эйнштейна можно обвинить в некомпетентности. Однако, в основополагающей работе по специальной относительности («К электродинамике движущихся тел») у него рассмотрены два примера: движение объекта по ломаной линии (прототип «парадокса близнецов») и вращение часов на экваторе. В обоих этих случаях наблюдаемая система (движущийся объект) и часы на экваторе определённо не находятся в инерциальных системах отсчета. Другими словами Эйнштейн отчетливо понимал и использовал это – движение с ускорением подпадает под формализм СТО при условии, что наблюдатель находится в инерциальной системе отсчета. В приведённых примерах движущийся «близнец» и часы на экваторе определённо находятся в неинерциальных системах отсчета, поскольку двигаться равномерно и прямолинейно невозможно, если траектория ломаная или круговая. Эти факты рецензент обязан знать.

В парадоксе Эренфеста наблюдатель находится в центре системы и, соответственно, неподвижен. Обод колеса (поверхность цилиндра) движутся вокруг него, поэтому в этом случае говорить о неприменимости СТО недопустимо. Более того, наблюдатель может находиться вообще поодаль, не на оси, а просто во внешней инерциальной системе отсчета. Эффект замедления хода часов на экваторе будет тождественно такой же. Эта задача подлежит безусловному рассмотрению в специальной теории относительности.

«С любым достаточно малым элементом объема на достаточно короткое время, чтобы скорость можно было считать неизменной в пределах объема и временного интервала, всегда можно связать инерциальную систему координат, движущуюся с той же скоростью. Однако, если движение происходит с ускорением или разные элементы объема движутся с

разными скоростями, то описание явления в целом в рамках инерциальной системы координат невозможно». (рецензент)

И вновь рецензент подменяет рассматриваемую задачу, переходя в систему отсчета, связанную с вращающимся диском. В рецензируемой статье этого нет и быть не должно. Ситуация рассматривается *только из системы отсчета неподвижного наблюдателя*. Поэтому нам в решении задачи нет необходимости ограничиваться малыми временами и дистанциями, чтобы «условно» подогнать задачу под мгновенную инерциальность. Любое тело, движущееся с любыми сколь угодно большими ускорениями, по любой замысловатой траектории и сколь угодно долго – корректный объект для рассмотрения в специальной теории относительности. Самый известный пример этого – парадокс близнецов, при рассмотрении ситуации с точки зрения неподвижного близнеца. Разумеется, все гравитационные эффекты должны быть отключены – движущиеся тела должны обладать нулевой массой, а сторонние гравитирующие тела – либо отсутствуют (нулевой гравитационный потенциал), либо их влияние не учитывается. Для мысленного эксперимента вообще и парадокса Эренфеста в частности – это легко осуществимое условие. Действительно, в своей работе Эренфест, как известно, не упоминает центробежных сил, которые могут возникнуть только у тела, имеющего массу. Нигде также нет даже намёка на то, что эффект зависит от того, где находится цилиндр: на Земле или, например, на нейтронной звезде.

Утверждение рецензента о том, что описание в таких условиях невозможно, является грубой ошибкой. Для неподвижного наблюдателя любой объект, движущийся мимо него, подвержен релятивистским, лоренцевым эффектам. В математике СТО известен такой инструмент как МСИСО (мгновенно-сопутствующая ИСО), судя по фразе рецензента, сложно определить, известны ли они ему. Используются МСИСО для исследования именно ускоренно движущихся систем отсчета и приводят к строго корректным результатам.

Можно привести ещё более яркий пример. Для подтверждения релятивистского эффекта замедления движущихся часов был проведён эксперимент [118], в ходе которого двое часов были помещены на самолёты, которые двигались вокруг Земли навстречу друг другу. В литературе результаты представлены как безусловное подтверждение справедливости СТО. Однако, если опираться на доводы рецензента, то это некорректный, ошибочный эксперимент. Самолёты явно двигались не равномерно и прямолинейно, по окружности, то есть не находились в инерциальных системах отсчета. Но это с позиции доводов рецензента. Простой анализ показывает (см. 7.1 Задача об отставании часов на экваторе), что эксперимент корректен, а вычисления замедления часов и фактическое замедление совпали с допустимой погрешностью.

«Такие системы описываются общей теорией относительности и геометрия таких систем, вообще говоря, становится неэвклидовой». (рецензент)

Чтобы понять, что неевклидова геометрия в парадоксе Эренфеста и в рецензируемой статье не используется, зададимся вопросом: становится ли изначально евклидова система (геометрия) неевклидовой, если в ней движется колесо? Для всех наблюдателей, неподвижных в этой системе отсчета, которая по определению является евклидовой? Нет, не становится. Не просто «вообще говоря», а, напротив, никогда и ни при каких условиях движущийся ускоренно объект не превращает внешнюю евклидову систему в неевклидову.

И здесь вновь становится видимым ошибочный подход рецензента при рассмотрении доводов в рецензируемой статье. Колесо Эренфеста в статье рассматривается из инерциальной системы отсчета с евклидовой метрикой. Неподвижному наблюдателю незачем знать, что происходит с точки зрения наблюдателя на колесе, из его системы отсчета, ему это не нужно. Все события с этим колесом, все его геометрические метаморфозы происходят с точки зрения неподвижной системы. Из основ СТО известно, что все лоренцевы эффекты относительны. Об этом так прямо и говорится: с точки зрения наблюдателя отрезок сократился, хотя с точки зрения самого отрезка с ним ничего не произошло [94]. При этом неподвижному (лабораторному) наблюдателю совершенно нет дела до того, что в наблюдаемой системе что-то произошло или не произошло ничего. Для него важно то, что произошло в его собственной системе.

Но задача Эренфеста по определению, изначально сформулирована именно таким образом: деформации колеса наблюдаются из *неподвижной*, инерциальной системы отсчета. И возникающие, по мнению Эренфеста, противоречия никак не связаны с тем, что движущийся с колесом наблюдатель находится, например, в координатах Борна.

«Вращающийся диск или колесо является примером такой системы. Системой покоя в этом случае является равномерно вращающаяся система координат – существенно неинерциальная в отличие от инерциальных, равномерно и прямолинейно движущихся». (рецензент)

Это ошибочная позиция. 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 здесь 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.

Рецензент здесь не видит сути рассматриваемой задачи. 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.

«Хорошо известно [53], что геометрия в равномерно вращающейся системе координат действительно отлична от эвклидовой. В частности, в этой системе координат отношение длины окружности к ее диаметру не равно π и вообще не универсально (зависит от радиуса)». (рецензент)

Да, это известно. Однако, эта известность относится к другой ситуации, никак не связанной с задачей о вращающемся цилиндре. В указанной рецензентом работе находим фразу:

«Рассмотрим две системы отсчета, из которых одна (К) инерциальна, а другая (К') равномерно вращается относительно К вокруг общей оси z. Окружность в плоскости xy системы К (с центром в начале координат) может рассматриваться и как окружность в плоскости x'y' системы К'. Измеряя длину окружности и ее диаметр масштабной линейкой в системе К, мы получим значения, отношение которых равно π, в соответствии с евклидовостью геометрии в инерциальной системе отсчета. Пусть теперь измерение производится неподвижным относительно К' масштабом. Наблюдая за этим процессом из системы К, мы найдем, что *масштаб, приложенный вдоль окружности, претерпевает лоренцево сокращение, а радиально приложенный масштаб не меняется*. Ясно поэтому, что отношение длины окружности к ее диаметру, полученное в результате такого измерения, окажется больше π». [53, стр.309]

В цитате курсивом выделен важный, принципиальный фрагмент:

«масштаб, приложенный вдоль окружности, претерпевает лоренцево сокращение, а радиально приложенный масштаб не меняется» [53, стр.309]

Это едва ли не дословное повторение выводов Эренфеста. То есть, здесь мы вновь видим отчётливо сформулированный парадокс: обод колеса (цилиндра) сократился, а его радиус – нет. В рецензируемой статье это опровергается строго логически, но этих доводов рецензент не понимает. Он со ссылкой на Ландау-Лившица вновь стремится рассматривать задачу из системы отсчета колеса. Но этого нет в рецензируемой статье, все эффекты рассматриваются *только* с точки зрения неподвижного наблюдателя.

«Это изменение масштабов во вращающейся «системе покоя» диска, для внешнего, неподвижного относительно оси вращения, наблюдателя компенсируется Лоренцевым, сокращением, что и устраняет «парадокс Эренфеста». (рецензент)

Во-первых, отметим противоречие в аргументации рецензента. Выше он заявил, СТО не имеет права рассматривать неинерциальные системы отсчета:

«специальная теория относительности оперирует … обе системы координат – система покоя и система, в которой проводятся измерения, - инерциальные». (рецензент)

А в предыдущей цитате он приводит объяснение парадокса с использованием вращающейся системы покоя. Из двух взаимно исключающих аргументов один – неверный. Вопрос к рецензенту: который из этих двух процитированных? Во-вторых, попробуем расшифровать весьма неочевидный смысл цитаты. У Ландау-Лившица и Эренфеста однозначно указывается: оба наблюдателя K и K' видят длину радиуса колеса одинаковой длины, их масштабы равны. То есть, однозначно, определённо цитата гласит: радиус колеса остался таким же, каким был до начала вращения. Но это ошибочный вывод и он опровергается в рецензируемой статье.

Итак, диаметр колеса, по мнению авторитетных физиков, не изменился. Тогда что означает мысль о «компенсации» в цитате рецензента? В чем, собственно, состоит компенсация? Что и кого компенсирует? Да, мы видим изменение масштабов вдоль обода колеса: у двух наблюдателей они теперь разные. Но, как утверждается, вдоль радиуса масштабы неизменные. Следовательно, можно говорить только об изменении масштабов вдоль обода колеса, поскольку другие остались неизменны. Значит, по смыслу следует предположить, что рецензент говорит именно об этих масштабах, вдоль обода, которые разные для обоих наблюдателей. Здесь не акцентируется, что это всё с точки зрения неподвижного наблюдателя, считая это очевидным.

Теперь пробуем приложить к этому изменению упомянутую компенсацию. Масштаб вдоль обода изменился, и это, по мнению рецензента, компенсировалось сокращением Лоренца. Выглядит как-то тавтологично. Изменение масштабов – это следствие лоренцева сокращения, изменение масштабов – это и есть лоренцев эффект. Так причём здесь тогда компенсация? Это непродуманная фраза, не логичная.

Далее, утверждается, что эта «компенсация-изменение масштабов» устраняет парадокс Эренфеста. Мы вынуждены на это возразить. И по мнению Ландау-Лившица, и по мнению Эренфеста, да и по причине присоединения к этим мнениям рецензента – по его мнению тоже – радиальный масштаб не изменился, а вдоль окружности – изменился.

Но это и есть формулировка парадокса Эренфеста, причём в его исходной формулировке, то есть без всякого намёка на объяснение или решение. Что собственно и сделано в цитируемой работе Ландау-Лившица:

«Ясно поэтому, что отношение длины окружности к ее диаметру, полученное в результате такого измерения, окажется больше π» [53].

И где здесь «компенсация» парадокса Эренфеста? Никакой компенсации нет: парадокс так и остался парадоксом в самом чистом виде.

Далее рецензент делает несколько неточное заключение:

«Автор рецензируемой статьи предлагает иной путь разрешения «парадокса Эренфеста». (рецензент)

Поправить рецензента. Нет, в рецензируемой статье предложен не иной путь решения, а просто путь решения парадокса строго методами СТО, поскольку у цитированных авторов решения этими методами нет. Не будем здесь напоминать, что парадокс мнимый.

«Он утверждает, что в статье доказано Лоренцево сокращение радиусов окружностей, имеющих центры на оси равномерно вращающегося диска». (рецензент)

Здесь нужно отметить один нюанс. Правильнее, пожалуй, говорить не «лоренцево сокращение», а «сокращение радиусов вследствие лоренцева сокращения окружности». Но по большому счету, да, такое доказательство есть. Более того, скепсис рецензента вызывает определенный интерес. Действительно, ситуация реально выглядит так, будто мы наблюдаем «Поперечное (радиальное) лоренцево сокращение вращающихся тел».

«А утверждения Эренфеста и многих последующих авторов о неизменности этих радиусов считает ошибочными. Доказательство состоит в том, что автор полагает отношение длины окружности к ее диаметру абсолютно универсальным и всегда равным π. Тогда, если длины окружностей претерпевают Лоренцево сокращение, то и соответствующие радиусы пропорционально уменьшаются». (рецензент)

Да, здесь рецензент по большому счету правильно изложил главную идею рецензируемой работы.

«Однако, как отмечено выше, такое рассуждение обосновано только до тех пор, пока геометрия остается эвклидовой. А это не так в случае неинерциальных систем, в том числе и равномерно вращающихся». (рецензент)

Рецензент совершенно не понимает сути происходящего процесса при вращении колеса, вновь предлагая переход в систему отсчета колеса. Но ведь все парадоксальные эффекты наблюдает один-единственный неподвижный наблюдатель. Мнение вращающегося наблюдатель никого не интересует.

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, согласны Ландау-Лившиц, Эренфест, Эйнштейн и все без исключения сторонники теории относительности, к которым, несомненно, относит себя и наш рецензент.

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 (третий постулат 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 рецензент утверждают, что радиус у окружности остался прежним. И тем самым все перечисленные физики автоматически утверждают: это же парадокс!

Для большей ясности 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 0,866c, 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.

«Более того, автор не замечает, что полемизирует он, по существу, не с Эренфестом, а с основами специальной теории относительности». (рецензент)

Напротив, автор в одиночестве корректно отстаивает фундаментальные принципы СТО, выбивая очередной довод из рук многочисленных её противников. В рецензируемой статье есть ссылка на работу, в которой СТО обвиняется в наличии парадоксов, в частности, парадокса Эренфеста, которые она неспособна решить. Более того, в литературе известна история отношений между Эренфестом и Эйнштейном. Утверждается, что Эйнштейн представил крайне неубедительное решение парадокса. Затем он оказал содействие Эренфесту в трудоустройстве, после чего обсуждение этого парадокса сошло на нет. А вот сторонники и основоположники релятивизма – Эренфест, Эйнштейн (если верить приведённой истории), Ландау-Лившиц и, конечно же, цитируемый рецензент – в этом частном, достаточно мелком вопросе, оказываются релятивистами мнимыми, реальным у которых оказывается то, что они «льют воду на мельницу» альтернативщиков, противников теории относительности, которые с радостью возглашают: специальная теория относительности неспособна решить да-

же парадокс вращающегося колеса, на помойку её! Приведенное здесь решение парадокса строго методами СТО лишает их этой возможности.

«В любом учебнике, излагающем эти основы, при первом же представлении преобразований Лоренца указывается, что при переходе от одной инерциальной системы координат к другой преобразованию подвергаются только масштабы в направлении параллельном скорости относительного движения систем». (рецензент)

Да, это так, ну и что? Где в рецензируемой статье есть переход из инерциальной системы наблюдателя в систему наблюдателя, находящегося на колесе? Нет этого в статье. Да, при инерциальном движении тела оно испытывает продольное сокращение, но не сокращается в поперечном направлении. Где в статье утверждается обратное? Нигде и никогда. Где в рецензируемой стать прямо и определённо применяется преобразование Лоренца непосредственно к радиусу окружности из системы отсчета, связанной с колесом? Нет этого. Получается, что приведённая цитата из рецензии – просто констатация общеизвестных фактов, не имеющих к критике рецензируемой статьи никакого отношения.

«Масштабы же в направлениях перпендикулярных не изменяются». (рецензент)

При инерциальном движении – да. При вращательном, как оказалось, с точки зрения внешней ИСО - изменяются.

«Вряд ли можно спорить с тем, что на вращающемся диске любой элемент радиуса окружности с центром на оси вращения движется перпендикулярно своей длине». (рецензент)

Да, это так, на вращающемся диске любой элемент движется перпендикулярно к радиусу, в чем, собственно, и состоит оригинальность рассуждений Эренфеста.

«Именно об этом и говорил Эренфест». (рецензент)

Рецензент указывает на это как на чуть ли не главное содержание работы Эренфеста. Но это, конечно же, не так. Да, у Эренфеста есть указание на это, но в качестве обоснования того главного в его работе, что содержится в его фразе:

«… величина R' должна удовлетворять двум противоречащим друг другу требованиям» [121].

Здесь R' – радиус вращающегося цилиндра. Два взаимоисключающих утверждения (здесь – требования) называют парадоксом:

«Нередко парадокс возникает, когда два взаимоисключающих (противоречащих) суждения оказываются в равной степени доказуемыми» [67].

Более того, предложенное в статье решение задачи (не парадокса!) Эренфеста позволяет сделать довольно интересный вывод – о поперечном эффекте Лоренца. Действительно, выражения (13.2) определенно *выглядят* как уравнения преобразований Лоренца для радиуса:

$$R_{0\omega} = R_0\sqrt{1-v_0^2} \qquad (13.3)$$

Понятно, что это лишь *следствие сокращения длины окружности*, но совпадение весьма показательно, и именно этот *индуцированный* поперечный эффект Лоренца пытаются опровергнуть все известные авторы.

С учетом приведенных возражений на ошибочные доводы рецензента, которые в следующей цитате он группирует под словом «поэтому», ошибочными являются не «дальнейшие выводы и построения» в рецензируемой работе, а ошибочным является «взгляд» рецензента на них:

«Все дальнейшие выводы и построения в рецензируемой статье основаны на этом утверждении о Лоренцевом сокращении радиусов окружностей, имеющих центры на оси равномерно вращающегося диска, и поэтому, на мой взгляд, не могут быть правильными». (рецензент)

Причиной ошибочности доводов рецензента является невнимательное чтение рецензируемой работы. Сокращение радиуса окружности (цилиндра) *непосредственно* не является лоренцевым, оно является *следствием* лоренцева сокращения собственной окружности. Рецензент ознакомился с работой поверхностно, не вникая, и, видимо, так и не поняв её сути. Но в этой работе все доводы приведены в исчерпывающем виде – ни добавить, ни убавить. И главного рецензент не опроверг: хотя движущиеся тела, как утверждается, не испытывают *поперечного* лоренцева сокращения, радиус вращающейся окружности сокращается. Эренфест, Ландау – Лившиц и Эйнштейн (предположительно, поскольку информации о его способе решения парадокса не найдено) делают ошибочное утверждение о том, что радиус вращающегося колеса (цилиндра) не уменьшается.

Радиус вращающегося колеса уменьшается строго по законам СТО, причем и визуально и формально, в виде уравнений это выглядит так, будто тело испытывает лоренцево сокращение в направлении, поперечном к направлению движения. Доводы рецензента поверхностны, противоречивы и в основной (аргументирующей) части ошибочны.

14. Парадокс с излучением

Пожалуй, одной из самых критикуемых и опровергаемых теорий является специальная теория относительности. За очень редким исключением опровержения представляют собой мысленные эксперименты, имя которым - легион. Многие из них выглядят очень правдоподобно и убедительно, но при детальном рассмотрении в них всегда обнаруживается ошибка. Чаще всего ошибки связаны с подменой понятий. Незаметно для себя автор отклоняется от 2-го постулата СТО либо допуская изменение скорости света, либо вообще принимая её близкой к бесконечности. Много попыток подмены принципа относительности, в том числе главного следствия из него – принципа относительности одновременности. Немало

обычных ошибок в вычислениях или некорректного использования преобразований Лоренца. В рассмотренном ниже "парадоксе" допущена одна из таких ошибок, а также подмена принципа относительности на прямое изменение состояния ИСО (движется – покоится). В этом варианте парадокса СТО использует в качестве аргументов эффект Доплера. Но, как и во многих других случаях, автор и в этом допускает ряд ошибок. Парадокс является мнимым и не содержит никаких противоречий с теорией относительности кроме подмен понятий, не замеченных автором "парадокса". Автор предлагаемого к рассмотрению "парадокса" в преамбуле утверждает:

"В *специальной теории относительности* (СТО) широко известен так называемый "парадокс с часами" (иначе "парадокс близнецов"), который так и не нашёл своего разрешения в рамках существующей *трактовки* теории. Ссылки на то, что он якобы разрешается с применением выводов общей теории относительности, логически не состоятельны". [123]

Официальная релятивистская наука давно перестала рассматривать нападки на теорию относительности с позиций "парадокса близнецов". Есть строгие математические выкладки, которые достаточно сложны, поэтому анти-релятивисты продолжают опровергать СТО "на пальцах". Как и автор нового "парадокса" мы здесь также оставим этот вопрос без рассмотрения, отсылая читателя к разделам выше, и лишь укажем, что, напротив, несостоятельны утверждения о логической несостоятельности выводов СТО.

"Но мы не будем здесь останавливаться на этой проблеме, а рассмотрим ещё один "парадокс". И назовём его "парадокс с излучением". Суть его заключается в следующем". [123]

Поскольку описание довольно объемное и его сложно свести к коротким тезисам, будем рассматривать его последовательно в изложении автора. Исходная "экспериментальная установка" выглядит следующим образом.

"Рассмотрим распространение света от некоторого постоянного источника со скоростью с вдоль некоторой прямой. Теперь представим себе, что вдоль этой же прямой проходят оси х-ов двух некоторых *инерциальных систем отсчёта* (ИСО), в которых измеряют частоту распространяющегося мимо излучения. Скажем, в ИСО1 это делают в точке А, а в ИСО2 в точке В (рис.1).

Об источнике излучения нам ничего не известно. Но это нам и не нужно, так как после самого акта излучения от него ничего больше и не зависит. Излучение распространяясь дальше существует самостоятельно со своими собственными характеристиками. Мы и измеряем их в точках А и В". [123]

Рис.14.1. (Рис.1) Измерение частоты распространяющегося излучения в ИСО1 в точке А и в ИСО2 в точке В.

Вот здесь сразу же обратим внимание на утверждение "ничего больше не зависит", поскольку можно, в общем-то, догадаться, что в дальнейшем оно сыграет решающую роль в подмене понятий. Автор верно отмечает со ссылкой на СТО, что обе ИСО равноправны "во всех отношениях". Следовательно, результаты измерения частоты сигнала и его длины волны у них будут тождественны. В общем-то, за скобками осталось утверждение, что обе эти ИСО не просто тождественны, а фактически являются одной и той же ИСО, поскольку автор неявно предполагает, что они либо обе неподвижны, либо движутся с одной и той же скоростью. Итак, очевидно, что измеренные в этих ИСО частоты равны $v_1=v_2$. Но далее автор осуществляет весьма странный трюк. Хотя частоты, как он заявил, равны, вдруг все-таки выясняется, что одна из ИСО движется. В общем-то, проблемой можно назвать лишь некорректность определения. Правильнее, было бы сказать, что "если ИСО движутся с одной скоростью, то $v_1=v_2$, но если их скорости не равны, то результаты измерения будут иными". Это очевидно. Новая "экспериментальная установка" приобретает следующий вид:

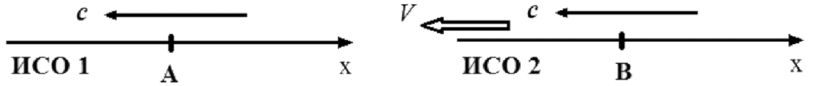


Рис.14.2. (начало цитаты) "Рис.2. Так как ИСО1 "покоящаяся", а ИСО2 движущаяся, то ситуация измерения частоты пролетающего мимо излучения сразу же изменяется.

Что же могут сказать теперь наблюдатели в "покоящейся" ИСО1 в отношении измерений частоты излучения в ИСО2. Напомним, что в ИСО1 частота излучения равна v_1. Но теперь ИСО2 *почему-то вдруг* стала уходить от излучения со скоростью V и в ней *теперь вдруг появляется* эффект Доплера". (конец цитаты) [123]

Удивление автора само должно вызвать удивление. Напомним исходный тезис: от источника излучения "ничего больше не зависит". После изменения условий эксперимента это утверждение перестало быть верным. Каким бы ни был источник излучения, для доплер-эффекта важна относительная скорость источника и приемника. Изначально она была одной, а теперь стала другой. Судя по следующим выкладкам, автор принял скорость источника равной нулю, поэтому доплер-эффект в первом варианте отсутствовал в обеих ИСО. Но теперь условия движения изменились,

поэтому изменилась и относительная скорость источника и одного из приемников – ИСО2, что, собственно, и явилось причиной появления доплер-эффекта. Поскольку приемник стал удаляться от источника, то и эффект проявился в уменьшении частоты сигнала v_2, причем, что следует особо отметить – *с точки зрения наблюдателя* в ИСО2. Но помимо доплер-эффекта автор, в общем-то, верно отмечает:

"Также *мистически вдруг замедляется* и ход собственных часов," [123]

Причем здесь мистика, оставим на совести автора, это рядовой, классический лоренц-эффект, многократно описанный. Но далее автор вновь допускает подмену понятий:

"что увеличивает измеряемую частоту на множитель 1/√(1-V2/c2)". [123]

Неточность состоит в том, что для наблюдателя в ИСО2 ровном счетом ничего не изменилось: ни темп хода времени, ни длина его ИСО, ни относительная скорость по отношению к источнику сигнала. С другой стороны, для наблюдателя в ИСО1 лоренц-эффекты тоже не приводят к "мистическому" изменению доплер-эффекта. Доплер-эффект состоит, как хорошо должно быть известно каждому, в том, что при относительном движении источника и приемника, последний регистрирует разное количество волновых амплитуд. И здесь лоренц-эффекты друг друга компенсируют. Для внешнего наблюдателя время измерения, подсчета числа пиков в движущейся ИСО уменьшается, но и путь, на котором производится регистрация пиков, сокращается ровно во столько же раз. Поэтому следующий вывод автора ошибочен:

"И тогда собственное измерение частоты излучения в ИСО2 даст результат:

$$v_2 = v_1 \frac{1 - V/c}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} = v_1 \sqrt{\frac{1 - V/c}{1 + V/c}} \qquad (14.1)$$

И мы видим, что результаты измерений стали разные. Но всё это пока лишь с точки зрения измерений в "покоящейся" ИСО1". [123]

Как видим, о сокращении длины движущейся ИСО2 нет ни слова. Директивное использование лоренц-множителя выполнено некорректно. Да, с точки зрения неподвижной ИСО1 темп времени в ИСО2 уменьшился, но также и подсчет пиков волны сигнала производится меньшее время с точки зрения ИСО1. Другими словами, через ИСО2 за уменьшенный интервал времени пройдет и меньшее количество пиков волн. Следовательно, использование лоренц-множителя в (1) неправильное: он должен быть также и в числителе дроби, что приведёт к его сокращению, поэтому выражение (14.1) должно иметь вид $v_2=v_1(1-V/c)$. Далее автор вновь допускает неточность. Он вдруг забыл, что в движение приведена ИСО2, а не

ИСО1. То есть, скорость источника относительно приемника в этом случае осталась прежней – равной нулю.

"Если принять за условно покоящуюся ИСО2, то так как ИСО1 теперь движется навстречу излучению, то соответствующий множитель от эффекта Доплера уже будет (1+V/c), а относительное замедление хода часов будет таким же, как и перед этим". [123]

Напротив, если автор все-таки настаивает на том, что движется ИСО1, то это уже будет третий вариант "экспериментальной установки", тогда приведённые выше уточнения будут верны и здесь, поэтому уравнение (2) также должно приведено к виду $\nu_1=\nu_2(1+V/c)$. Однако, далее автор совершает своеобразный трюк, в результате чего у него выражение (1) и новое выражение для новых условий (3) оказываются равными:

"Так что всё получается вроде бы верно. Оба вычисления (1) и (3) дают одинаковый результат". [123]

Однако, проблемы он не видит, поскольку правильные выражения (1) и (3) в принципе не должны быть равными, поскольку в одном случае приемник движется от источника, а в другом – ему навстречу (это следует из очевидного условия сближения этих ИСО). При этом сам факт доплер-эффекта не имеет никаких противоречий. Проблема возникла из-за ошибочного применения принципа относительности. В первом эксперименте в ИСО1 нет доплер-эффекта, поскольку он неподвижен относительно источника. Но, переместившись из одной ИСО в равноправную другую, автор одновременно изменил и условия движения. То есть, новая "равноправная" ИСО1 на самом деле совсем не та ИСО1, которая рассматривалась в первом эксперименте. Там она была неподвижна, а здесь – движется:

"Но при этом возникают вопросы. Спрашивается, как такое может быть, что *равноправие* ИСО сразу же *нарушается* после получения информации об их относительном движении?" [123]

Ответ простой: никакого равноправия в описанной ситуации нет и быть не может. В исходной схеме неподвижна ИСО1, а в ИСО2 наблюдается доплер-эффект, в последней схеме – наоборот. Никаких нарушений при этом не происходит – кто движется, тот и наблюдает доплер-эффекта.

"Кроме того, обратим внимание, что при "покоящейся" ИСО1 эффект Доплера как физическое явление присутствует в ИСО2. Но когда мы своим *волевым* решением делаем "покоящейся" ИСО2, то эффект Доплера сразу же "перемещается" на ИСО1, а в ИСО2 его больше нет. Чем не фокус? А по сути – мистика". [123]

Никаких фокусов и мистики нет: доплер-эффект наблюдается в той ИСО, которая движется. Автор просто подменил понятия: "волевым решением" он делает покоящейся ИСО2, а движущейся – ИСО1 в самом буквальном смысле, а не в смысле равноправия, принципа относительности СТО. Нужно просто убрать кавычки на словах "покоящейся" в цитированной фразе. По отношению к источнику сигнала эти ИСО покоятся или

движутся в самом прямом смысле. Приравняв выражения (1) и (3) и анализируя полученное выражение (4), автор приходит к выводу:

$$v_2 = v_1 \frac{1 - V/c}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} = v_1 \frac{\sqrt{1 - V^2/c^2}}{1 + V/c} \quad (4)$$

"Обе части формулы дают одно и то же численное значение для частоты v_2 , что видно из (1) и (2). Но если левая часть формулы имеет для частоты v_2 чёткий физический смысл, то правая часть уже такого смысла не имеет". [123]

Но суть в том, что оба выражения (1) и (3), полученные автором, во-первых, ошибочны, во-вторых, относятся к разным условиям эксперимента, то есть, в принципе не подлежат приравниванию. И ко всему прочему, выражения (1), (2), (3) и (4) – тождественны, это одно и то же уравнение, записанное в разных вариантах. Буквально, приравняв (1) и (3), автор получил (1). Далее он утверждает [123]:

"В существующей трактовке СТО всё это не находит объяснения".

Однако, из приведенного анализа видно, что его выкладки ошибочны, но при этом имеют абсолютно однозначное объяснение в "существующей трактовке СТО". Можно безусловно согласиться с тезисом, что если теория и её трактовки верны, то в ней не должно быть никаких парадоксов. Опираясь на ошибочные выкладки, автор естественным образом приходит к таким же ошибочным выводам:

"Обе части формулы в соответствии с *принципом относительности* (ПО) должны приводиться к одному виду, соответствующему *объективно реальному проявлению* эффекта Доплера в реально движущейся ИСО". [123]

Обе части формулы ошибочны, они не могли и не привели к появлению доплер-эффекта в неподвижной ИСО1 и его исчезновению в движущейся – ИСО2.

"Действительно, если считать, что ИСО1 *реально покоящаяся* в эфире, т.е. является *абсолютной системой отсчёта* (АСО), то эффект Доплера *объективно реально* существует *только* в ИСО2". [123]

Однако, в рассмотренных выкладках автор, считая ИСО1 "реально покоящейся", на самом деле, не замечая этого, приводит её в движение!

"Тогда формула (1) и есть выражение для этого физического эффекта с учётом замедления собственного хода часов в ней". [123]

Как отмечено, это ошибочное заключение. Помимо замедления хода часов автор обязан был учесть и второй лоренц-эффект – уменьшение длины движущейся ИСО, что приводит к тому, что число подсчитанных пиков за более короткий интервал также уменьшается. Действительно, сокращение времени и длины в ИСО2 наблюдается с точки зрения ИСО1. Следовательно, волна с его точки зрения оказывается "более длинной" по сравнению с длиной ИСО2. Поэтому за более короткое время через измеритель

ИСО2 пройдёт меньшее число пиков. Для большей наглядности приведём такой пример. Мимо часов на перроне вокзала проходит 1 вагон за 5 секунд. Если время перрона замедлилось в 10 раз, то и вагон удлинился по отношению к перрону в 10 раз. Поэтому по-прежнему за те же удлиненные 5 секунд мимо часов будет проходить все тот же один вагон.

"Однако в соответствии с ПО мы должны и в ИСО2, рассматривая её как *условно покоящуюся*, получить и в ней точно такую же формулу, как и в ИСО1 (т.е. в АСО). Поэтому в "покоящейся" ИСО2 мы вначале и получаем формулу (2). Она соответствует тому реально объективному случаю, когда ИСО1 *объективно реально движется навстречу* также объективно реально распространяющемуся в реальном физическом пространстве излучению". [123]

Здесь наиболее отчетливо видна подмена понятий, принятых в начале статьи. Но до сих пор автор этого не замечает. В первом случае *объективно реально движется* ИСО2, а ИСО1 *объективно реально покоится*. Напротив, во втором случае *объективно реально движется* ИСО1, а ИСО2 *объективно реально покоится*. Это два *объективно реально разные случаи*, сравнивать результаты измерений в которых с позиции относительности нельзя:

"С другой стороны, поскольку формула (2) связывает между собой реальные величины v_1 и v_2 в объективно реальном физическом явлении, то вытекающее из (2) выражение (3) для v_2 и должно быть приведено к *выражению эффекта* Доплера в реально движущейся по нашему условию ИСО2". [123]

Автор увлеченно опровергает СТО, совершенно не замечая, что v_1 (v2), измеряемые в первом эксперименте (ИСО2 реально движется) – это совсем другие v_1 (v_2), измеряемые во втором эксперименте (ИСО2 реально покоится). Рассмотренный "парадокс" является мнимым, вызванным сравниванием величин, не имеющих друг к другу никакого отношения:

"Таким образом, данный "парадокс" легко разрешается, если признать, что и излучение, и каждая ИСО имеют свою *собственную* (иначе *абсолютную*) скорость движения относительно неподвижного пространства". [123]

Правильнее было бы не создавать парадокса там, где его нет. Оставим без комментариев рождение абсолютного пространства из этих ошибочных выкладок. Предложенное разрешение мнимого парадокса не нуждается в нем, но и не отвергает его.

"Если мы ничего не знаем, по меньшей мере, о взаимном движении показанных выше на рис.1 ИСО1 и ИСО2, то и не можем говорить о том, что в каждой из них одна и та же измерительная ситуация". [123] (здесь рис.14.1)

Действительно, делать предположения о результатах измерения в неизвестных условиях не имеет смысла.

"Она будет одинаковой только в том случае, когда обе ИСО неподвижны относительно друг друга". [123]

В этом случае они должны рассматриваться как одна и та же ИСО, а "одна и та же измерительная ситуация" должна называться просто измерительной ситуацией. Ведь других нет.

"Тогда они будут и в *одинаковом* движении *относительно самого излучения*, которое объективно реально имеет постоянную скорость движения только в реальном физическом пространстве". [123]

Если эти ИСО являются одной и той же ИСО, то в чем состоит её одинаковость движения? Одинаково с чем? С самой собою? Но вряд ли разумно говорить об отличии себя от себя. Что касается движения *относительно самого излучения*, и его постоянной скорости в реальном физическом пространстве, то это просто несколько вольный пересказ второго постулата СТО. И тут же его искажение. Разной может быть только направление движения, а скорость – всегда одна и та же – скорость света. Неясно, имел ли в виду автор, что в каком-то из направлений скорость фотона не равна скорости света?

"А относительно каждой из ИСО, находящихся в некотором абсолютном движении, реальная скорость излучения будет разной в разных направлениях". [123]

Здесь следует отметить, что СТО нужно рассматривать с двух позиций. Во-первых, это безусловно верная, неопровержимая никакими мысленными экспериментами и парадоксами вроде рассматриваемого. Во-вторых, это физическая теория, примененная к объективной физической реальности. В этом случае, единственным критерием её верности может служить только эксперимент.

"Но все ИСО в СТО как некоторые четырёхмерные пространственно-временные измерительные конструкции устроены так, что любые внутренние "измерения" скорости света относительно их всегда дают то же самое постоянное значение c, как если бы они реально находились в абсолютном покое". [123]

Здесь автор допускает очередную ошибку. Никакие мысленные "внутренние измерения" не могут ничего опровергнуть ни в математической теории СТО, ни в её физическом аналоге. Для математики постоянство скорости света является постулатом и никакие измерения, кроме подтасовок, не могут дать её иного значения. Если в ваших "измерениях" вы получили в мысленном эксперименте иную скорость, ищите ошибку. Постулат не может быть изменён, иначе – это совсем другая теория, не имеющая к СТО никакого отношения. Причем суть второго постулата состоит в довольно-таки удивительном положении: хоть догоняй фотон, хоть убегай от него – он движется по отношению к вам всегда с одной и той же неизменной скоростью света. Автор парадокса заявляет [123]:

"Рассмотренный "парадокс" является прямым доказательством *несостоятельности* существующей официально признанной трактовки СТО".

Нет, рассмотренный "парадокс" является, как мы показали, прямым доказательством ошибочности выкладок автора парадокса.

"И неразрешимость "парадокса с часами" в рамках существующей трактовки теории говорит о том же. И он легко разрешается, если признать реальность указанного выше абсолютного движения" [123]

Парадокс близнецов, он же парадокс часов, он же парадокс Ланжевена для теории относительности не является парадоксом, поскольку давно и окончательно имеет вполне простое объяснение. Можно привести, например, описание в разделе 8. Итак, парадокса близнецов больше нет!

"Поэтому *трактовку* СТО *необходимо изменить*. И это уже давно назревшая необходимость. Уже давно необходимо перевести трактовку этой теории на действительно *материалистическую* основу". [123]

Желающих опровергнуть или пере-интерпретировать СТО всегда было много и, видимо, будет много всегда, причем со ссылками на материалистическую философию без всяких на то оснований. Математику специальной теории относительности лучше оставить в покое, не терять понапрасну время на мысленные её опровержения, которые заведомо обречены на провал. А вот физическую сторону теории, её применимость в реальном физическом мире, можно попытаться уточнить. Насколько математика СТО соответствует реальному миру. Но здесь можно опираться только на эксперименты (см. 19. Три ошибки анти-СТО).

15. Парадокс теплотрассы

Задача "парадокс теплотрассы" призвана, как и множество других мысленных экспериментов, показать противоречивость, ошибочность специальной теории относительности. Однако, эта рядовая задача теории относительности не является парадоксом, это мнимый парадокс. Задача сформулирована с отклонениями от положений теории относительности, с их неверным использованием и трактовкой.

С момента публикации специальной теории относительности в 1905 году её существование неразрывно связано с многочисленными парадоксами. Известно, что первым из них был парадокс, сформулированный в самой теории её автором – Эйнштейном, который впоследствии получил широко известное название – парадокс близнецов. Однако, это название "парадокс" на самом деле неверное. Это явление, математическая задача противоречит классической физике, но внутри теории относительности парадокс близнецов является мнимым, это обычное, рядовое явление.

Удивительные предсказания теории выглядели как вызов здравому смыслу, поэтому нет ничего странного в том, что теория на первых порах приобрела себе больше противников, чем сторонников. Сама теория сфор-

мулирована как классическая математическая задача, непосредственно к физике имеющая довольно отдаленное отношение, хотя и принята ею именно как физическая теория. В этом, собственно, и состоит, если можно так выразиться, парадокс изобилия парадоксов теории. Практически каждый, кто впервые ознакомился с теорией, сразу же испытывает недоумение от её, казалось бы, противоречивых, взаимоисключающих предсказаний. Чаще всего это недоумения по поводу того, что два одинаковых бруска, отрезка оказываются *одновременно* короче друг друга, это нонсенс. Или двое часов, которые *одновременно* взаимно отстают друг от друга.

Чаще всего именно эти два кажущихся противоречия и лежат в основе мысленных экспериментов, предлагаемых авторами для опровержения теории. Однако, сама теория, её математическая сущность изложена предельно корректно и не содержит никаких противоречий. Следовательно, все её корректные логические выводы, следствия также являются математически безупречными. Это значит, что невозможно сформулировать на основе её положений такую мысленную задачу, которая приводила бы к логическому противоречию. Тем не менее, предпринимаются всё новые и новые попытки опровергнуть математическую теорию математическими средствами, изложенными в форме так называемых мысленных экспериментов.

Данная глава посвящена рассмотрению одного из таких мысленных опровержений теории, которое его автор назвал "парадоксом теплотрассы" [69, с.144]. Этот парадокс, как и множество других мысленных экспериментов, является мнимым, то есть, имеющим корректное, логичное, непротиворечивое описание в специальной теории относительности. Как и во многих других подобных "парадоксах" здесь делаются ошибочные предположения, выводы, которые из формализма теории не следуют. Вместе с тем следует отметить, что невозможность опровергнуть теорию относительности мысленными экспериментами не означает невозможность опровержения её физического применения корректными *физическими* экспериментами. Перед описанием "парадокса теплотрассы" обратим внимание на некоторые предваряющие выводы автора парадокса, свидетельствующие о некорректной трактовке им положений теории. Автор приходит к ошибочному выводу, релятивистское сокращение размеров, такое же сокращение вплоть до нуля будет испытывать и "пучок фотонов", движущихся со скоростью света. При этом и все пути для него будут иметь такую же нулевую длину. Из этого он выводит следствие, что вопреки мнению космологов, свет от далеких галактик должен доходить до нас мгновенно.

В этих рассуждениях очевиден целый ряд ошибочных представлений. Во-первых, автор парадокса считает пучок фотонов монолитным "куском". Да, будь это так, то при движении со скоростью света его длина сократилась бы до нуля, о чем в статье Эйнштейна прямо так и сказано. Но пучок

фотонов – это цепочка фотонов, выпущенных друг за другом с некоторой задержкой по времени. Сами фотоны, каждый из них, конечно же, можно условно считать "плоским блинчиком", но между ними всегда есть интервал, и этот интервал сам не движется, поэтому не зависит от скорости фотона. Действительно, первый фотон испущен сегодня, а последний – через год. Неверно утверждать, что они придут к получателю одновременно.

Во-вторых, для света, точнее, для фотона не только расстояния равны нулю, но и время, за которое фотон проходит это расстояние. Тем не менее, деление этого нулевого расстояния на нулевое время почему-то должно дать все-таки конечное значение скорости – скорость света. Казалось бы, противоречие. Но автор парадокса делает довольно распространенную ошибку: привязывает к фотону систему отсчета, что по определению невозможно, поскольку в этом случае коэффициент Лоренца становится неопределенным вследствие деления на ноль.

В-третьих, "время в пути" фотона, которое наблюдают космологи, это совсем не то же время, которое "наблюдает" фотон. Скорость фотона – это скорость света, а расстояние до дальних галактик для космологов – это не расстояние до них с точки зрения фотона. Миллионы и миллиарды световых лет фотоны движутся до космолога с его точки зрения, а не с точки зрения фотона. Поэтому о мгновенности автор парадокса говорит без всяких на то оснований. То же самое следует сказать и о радиолокации: для радиоимпульса все расстояния, конечно, можно посчитать равными нулю, с учетом указанного выше противоречия (привязка к ним ИСО), но для локатора, который неподвижен, все эти расстояния не испытывают никаких сокращений. Таким образом, фундамент для заблуждений автора парадокса, можно сказать, выявлен, "парадокс теплотрасс" вытекает из неверных представлений о лоренцевых сокращений размеров тел.

Причиной формулировки им парадокса теплотрассы являются ошибочные представления о сущности лоренцева сокращения отрезков и замедления времени. Схема, иллюстрирующая сформулированный парадокс, приведена на рис.15.1.

Согласно схеме, от ТЭЦ (иначе их называют ТЭС – тепловая электрическая станция) горячая вода по прямой трубе 3 поступает к потребителю тепла 2, после чего возвращается по обратной трубе 4 на ТЭЦ. Автор парадокса верно указывает, что теплоноситель (вода) должен заполнить трассу без воздушных или паровых включений. Это стандартный режим работы трубопроводов, поскольку иначе возможны как воздушные пробки, так и гидравлический удар. В нормальном режиме вода равномерно циркулирует под действием насосов по теплотрассе, отдавая тепло потребителю. Далее автор парадокса рассматривает ситуацию с точки зрения специальной теории относительности, утверждая, что столб движущейся воды, согласно специальной теории относительности, должен сократиться, а трубы при этом имеют прежние, исходные размеры.

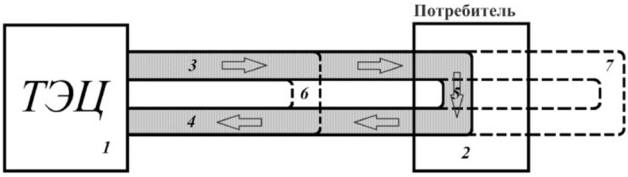


Рис.15.1. Схема парадокса теплотрассы: 1 - ТЭЦ, 2 - потребитель, 3 – подающая труба, 4 - возвратная труба, 5 - место соединения труб в системе отсчета неподвижной воды, 6 - перемычка для потока с точки зрения неподвижного наблюдателя, 7 – перемычка с точки зрения наблюдателя, движущегося с потоком. Рисунок сделан на основе [69, рис.7.3].

И здесь мы сразу же замечаем неточность. Водяной столб – это не фонарный столб. Очевидно, что движение воды в теплотрассе не может мгновенно достичь какой-либо релятивистской скорости. Это прямое нарушение физических законов. Нелишним будет также признать, что масса всей воды в трубе тождественно равна нулю, иначе следовало бы учесть центробежные силы в точках поворота. Без нарушения общности, для определенности и удобства вычислений примем, что в конечном режиме скорость воды равна примерно 0,866c. В этом случае коэффициент Лоренца равен 2, то есть движущиеся тела сократятся ровно в два раза. Такой скорости достичь мгновенно невозможно. Но при плавном увеличении скорости от нуля до 0,866c столб воды всегда будет заполнять весь трубопровод от начала до конца. Просто в процессе разгона воды и релятивистского укорачивания её столба поступление воды на входе будет чуть больше, чем отток на выходе. Утверждение автора парадокса о том, что столб воды оказался физически короче труб теплотрассы и вода уже не достигает потребителя, следует считать, по меньшей мере, неточным.

В любом технически возможном варианте описанного парадокса вода всегда будет достигать потребителя и возвращаться на ТЭЦ. Однако, это не устраняет сути описанного парадокса, а лишь немного его искажает. Поэтому внесем коррективы, не меняющие сути парадокса, но устраняющие указанные неточности. А по ходу прокомментируем одно довольно забавное замечание автора парадокса. Ссылаясь на опыт, он замечает, что на самом деле, что бы там не предсказывала теория относительности, вода всегда возвращается на теплоцентраль, иронично предполагая, что это происходит из прямой трубы 3 в обратную 4 по новой перемычке 6, проложенной под землёй где-то между ТЭЦ и потребителем.

Точно с такой же иронией заметим, что даже при существующих незначительных скоростях теплоносителя производителю всегда возвращается измеримо *меньше* воды, чем отпущено. То есть, опыт все-таки показывает совсем не то, что указал автора парадокса: потеря теплоносителя всегда имеет место. Однако, к теории относительности эти потери не име-

ют никакого отношения, это просто потери на трассе: снижение температуры, утечки и нерегламентированный отбор воды. В том числе, и из-за аварий на теплотрассах.

Автор парадокса рассматривает ситуацию с сокращением столба воды с точки зрения неподвижной системы отсчета – трубопровода – крайне абстрактно, небрежно, умозрительно, "на пальцах". Ему просто показалось, померещилось, что перемычка будет *реально* перемещаться из одной точки в другую. Но давайте откажемся от ненадежных абстракций, а введем конкретные метки, по которым мы можем точно сравнить все интересующие нас длины. Внесем в описание парадокса следующие дополнения, чтобы получить возможность определить количественно, что и как сократилось. Пусть с ТЭЦ вода отправляется "кусками". То есть, через равные интервалы (объемы) воды будем добавлять в неё краситель. В этом случае исходный рисунок парадокса будет иметь вид:

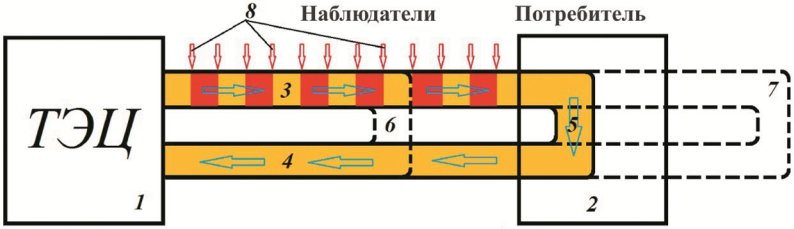


Рис.15.2. Горячая вода подается подкрашенными порциями. Вдоль трубы равномерно размещены наблюдатели 8 (датчики). Рисунок сделан на основе [69, рис.7.3]

Для контроля выходная с ТЭЦ труба сделана прозрачной и вдоль неё размещены датчики 8 (наблюдатели). Эти датчики находятся на таком же расстоянии друг от друга, что и длины цветных "кусков" воды. Теперь мы можем вполне объективно судить о том, насколько сократился "столб" воды. Действительно, при выбранной скорости движения носителя 0,866c каждый отрезок подкрашенной воды сократится ровно в два раза. Если скорость воды нулевая, то каждый из изображенных отрезков будет ровно в два раза длиннее. Пусть их исходная длина была, например, 20 метров. Тогда на рисунке каждый отрезок – это 10 метров. Будем также считать, что изображенная на рисунке трасса на самом деле во много раз длиннее, чтобы получить боле-менее заметные количества отрезков.

Согласно условиям эксперимента в ИСО трубы нам точно известен интервал между краями отрезков воды – 10 метров. Следовательно, мы можем разместить вдоль всей трубы, например, 100 датчиков (наблюдателей) с таким же интервалом. Мы вполне обоснованно примем, что вода движется равномерно, без турбулентностей и размывания границ отрезков. Следовательно, все наблюдатели будут регистрировать эти границы *одно-*

временно по часам неподвижной системы отсчета. Особо отметим слово "*одновременно*", поскольку причиной обнаруженных автором парадокса избыточного давления и прекращения возврата воды по обратной трубе является игнорирование важного положения теории – принципа относительности одновременности. Теперь, благодаря меткам на столбе воды, мы можем вполне точно количественно зафиксировать эффект его сжатия. В неподвижном состоянии (при низкой скорости воды) 100 наблюдателей насчитают только 50 границ, поскольку интервал между границами в этом случае равен 20 метров, и границу будет видеть только каждый второй наблюдатель. Через некоторое время границы сместятся, соседние наблюдатели поменяются ролями, и видеть границы будет уже их вторая половина. И в этом случае общее число границ будет ровно 50.

Увеличим скорость подачи воды. Плавно доведя её до скорости 0,866c. Согласно теории относительности столб воды сократится ровно в два раза. Соответственно, в два раза сократится каждый участок этого столба, то есть, каждый отрезок станет равен 10 метрам. В этом случае с огромной частотой, мельканием все наблюдатели в один и тот же момент времени будут регистрировать границу между раскрашенными областями воды. Подчеркнем: все 100 наблюдателей *одновременно* будут видеть 100 границ. Всё верно: на протяжении длины трубы поместится столб воды, длиннее исходного в два раза, но также сжатого в два раза.

Здесь, как мы видим, никаких противоречий с теорией относительности нет. И в перемычке и в обратной трубе мы будем наблюдать одну и ту же картину – сокращение в два раза отрезков подкрашенной воды. Конечно, в точках поворота вода будет двигаться с ускорением, что выходит за рамки СТО, но мы возьмем трубу намного длиннее перемычки и согласимся, что короткая перемычка не вносит заметных искажений в движение воды на прямолинейных участках. Иначе нам вообще следовало бы отказаться от релятивистского анализа парадокса.

Вот теперь мы можем попытаться обнаружить ошибочные, парадоксальные предсказания СТО, перейдя в систему отсчета воды. Очевидно, одним водолазом здесь не обойтись, поэтому поместим по одному водолазу в каждую раскрашенную область воды. Понятно, что собственные часы всех водолазов синхронизированы в их системе отсчета и всегда показывают одно и то же время. Для наблюдателя-водолаза окружающая его вода будет неподвижной, а двигаться навстречу ему будет труба. Следовательно, согласно теории относительности она должна сократиться, исходную длину будет иметь неподвижный столб воды.

Совершенно верно! Но в этом пока никаких противоречий нет. Ошибочным или, мягко говоря, необоснованным является следующее утверждение автора парадокса. Он вдруг обнаружил, что в трубопроводе резко возрастет давление. Настолько сильно, что водолаза не спасет никакой скафандр. Кроме этого, не будет достигнута и цель эксперимента, ради

которого он проник в трубу. Теперь соединительная перемычка между трубами будет уже за пределами потребителя, поскольку последний стал ближе к ТЭЦ, "утянутый" туда сократившимися трубами.

Дело в том, что с точки зрения водолаза и воды приблизятся к ТЭЦ по Лоренцу не только потребитель, но и перемычка. Более того, все они – и перемычка, и потребитель, и ТЭЦ и всё, что с ними связано, – находятся в той же ИСО трубы, поэтому тоже сократятся в размерах. Следовательно, для водолаза перемычка по-прежнему будет находиться на территории потребителя, а не изменивший своей длины столб воды должен, по логике автора парадокса, вырваться за пределы трубы. Использованное автором парадокса "растаскивание" объектов в одной и той же системе отсчета является очевидной ошибкой, нарушением принципов СТО, навязыванием ей предсказаний, которых она не делает.

Но что происходит на самом деле с точки зрения каждого из участников? Рассмотрим еще раз помеченный отрезок неподвижной трубы, длина которого, согласно принятым начальным условиям, составит 10*100=1000 метров. Примем, что площадь сечения трубы – 1 кв. метр. Тогда с точки зрения ТЭЦ в этом отрезке трубы находится 1000 куб. метров воды. Понятно, что перемычка (разворот) трубы никуда не переместилась, с точки зрения трубы находится в исходном месте, изображенном сплошной линией. Поскольку вода движется, то указанный столб в 1000 куб. метров полностью покинет свой участок трубы за время – 1000/0,866с. То есть, расход воды или объем воды, проходящей через любое сечение трубы, в этой теплотрассе составляет 1000/(1000/0,866с)=0,866с куб. метров за секунду.

Теперь рассмотрим ситуацию с точки зрения воды. В этом случае столб воды не сжат, но сжата по длине труба. Рассмотренный участок трубы, согласно принятым начальным условиям, в этом случае составляет только 500 метров, поскольку он видится водолазам релятивистски сокращенным. Скорость движения воды в трубе в точности равна скорости движения трубы над водой. Следовательно, труба "покинет" участок охваченного ею столба воды за время 500/0,866с. Объем этого охваченного трубою столба воды в этом случае равен, соответственно, 500 куб. метров. Следовательно, за вычисленное время "расход трубы" составит 500/(500/0,866с)=0,866с куб. метров за секунду. Другими словами, этот "кусок" столба воды полностью покинет охватывающий его участок трубы. Но это и есть расход воды через трубу.

Таким образом, с обеих точек зрения – трубы и воды – расход воды через любое сечение трубы один и тот же – 0,866с куб. метров воды. Никакого физического разрыва или сжатия столба воды нет. Это, собственно, должно было быть видно автору парадокса с самого начала, поскольку вода – это не твердая субстанция, а гибкая, эластичная, несжимаемая, повторяющая контуры *открытого, незамкнутого* сосуда, все его изгибы и перемычки.

Явления сжатия трубы или воды относительные, то есть, зависят от точки зрения, наблюдателя, в чем, собственно, и состоит принцип относительности. Но в обоих случаях через каждое сечение трубы проходит один и тот же объем воды за единицу времени (по собственным часам соответствующих наблюдателей). Никакой потери воды или раздавливания водолазов нет: вся недостающая вода добавилась на этапе ускорения, а при сжатии трубы излишки воды просто ушли на ТЭЦ. Нет никаких разумных оснований считать, что вода имеет какие-то загородки, препятствия, заглушки на пути своего движения. Следовательно, никакого увеличения давления, а тем более резкого, не может быть в принципе. Разрыв трубы и гибель водолазов возможны только с точки зрения обычной, классической физики. Если резко увеличить подачу воды, чтобы тем самым увеличить скорость её движения, то возникнет гидравлический удар, который разрушит и трубу и скафандры. Теория относительности здесь ни при чем. Напротив, при плавном увеличении подачи и скорости воды так же плавно будет увеличиваться и её расход через любое сечение – на выходе из ТЭЦ, у потребителя, на входе в ТЭЦ. Возможное возражение "так увеличился объем воды или уменьшился?" имеет ответ – и то и другое, но только в моменты времени по часам соответствующих наблюдателей, согласно принципу относительности одновременности.

Но как же быть с изменением положения перемычки? Здесь тоже нет никаких противоречий и, тем более, парадоксов. Поскольку столб воды (изогнутый) должен сократиться с точки зрения трубы, то на трубу будет действовать со стороны воды некоторая сила, стремящаяся "заставить" перемычку приблизиться к ТЭЦ. Но труба – жесткая конструкция, а вода – гибкая. Поэтому "победит" труба. Она не сократится, а вынудит воду принять от ТЭЦ дополнительный объем. Вот этот новый с дополнением объем и будет релятивистки сокращенным, но до… исходной длины теплотрассы! В трассу поступит на этапе разгона дополнительный объем воды, чтобы релятивистски *сокращенный* её столб был в точности равен длине теплотрассы. В этом состоит отличие парадокса теплотрассы от парадокса транспортера, в котором лента гибкая, но нерастяжимая, что способно привести к деформации станины. Здесь же деформации трубы быть не может, поскольку сжатие воды компенсируется увеличением её объема. Следовательно, с точки зрения трубы и ТЭЦ никакого изменения положения перемычки нет.

А как это выглядит со стороны воды (водолазов)? Там ведь труба все-таки укорачивается? Совершенно верно, укорачивается! Кроме того, с их точки зрения укорачивается и труба, и размеры ТЭЦ, и потребителя и всего города и планеты. Все они становятся короче в направлении движения воды. Следовательно, перемычка с точки зрения воды оказывается на меньшем расстоянии от ТЭЦ. Но и это не является ни противоречием, ни парадоксом. В процессе корректного с физической точки зрения разгона

воды, в теплотрассу постоянно поступает воды больше, чем из неё вытекает (с точки зрения трубы). Подчеркнем, это только в процессе набора скорости, а не в установившемся режиме. Вообще-то, в процессе разгона воды применять СТО, мягко говоря, преждевременно, поскольку движение не является инерциальным. К тому же, игнорирование скорости распространения сигнала, деформации воды или трубы – это прямой отказ от СТО. Фронт увеличенной скорости воды не может мгновенно пройти по всему её столбу. На этом этапе труба плавно сокращается с точки зрения воды, поэтому расход воды на её выходе окажется больше, чем на входе. Таким образом, по достижению стационарного режима с постоянной скоростью движения воды, в нашем случае 0,866с, объем воды в трубе будет ровно таким, уменьшенным, чтобы оказаться равным сокращенной длине трубы (объему теплотрассы).

В обоих случаях связывать величину давления воды в теплотрассе с релятивистским сокращением, видимо, нужно более формально, не образно, не "на пальцах", и оно явно не следует из СТО. Поскольку в ИСО воды она неподвижна и находится в открытом сосуде (выходная труба), то водолазам там должно быть, вопреки мнению автора парадокса, вполне комфортно.

Итак, нет никаких противоречий в том, что в каждой из систем отсчета – трубы и воды – положение перемычки видится в разных местах. Это никак не влияет на процессы прокачки воды, причем расходы воды в обоих случаях оказываются одинаковыми. Нет никакого парадокса и даже противоречия, парадокс теплотрассы – мнимый.

Вместе с тем, при внимательном анализе можно обнаружить дополнительные детали, которые тоже выглядят как парадокс. Если перемычка между трубами достаточно протяженная, то с точки зрения воды она тоже должна сократиться. В свою очередь, это приводит к уменьшению расстояния между трубами! Чем не парадокс, ведь возле ТЭЦ расстояние между трубами другое? Но и этот "парадокс" имеет простое объяснение. В системе отсчета столба воды в перемычке сокращается не только эта перемычка (участок трубы), но и всё окружающее пространство, в том числе и расстояние между входной и выходной трубами возле ТЭЦ. Парадокса нет.

Можно обнаружить и ещё одного кандидата на парадокс – точку поворота вблизи перемычки. Для удобства рассмотрим случай, когда перемычка – это половина окружности и не содержит прямолинейных участков, то есть, соединим обе точки разворота в одну. Возникшая ситуация в точности совпадёт с известным, тоже мнимым парадоксом Эренфеста [4], известным также как парадокс колеса или парадокс паровоза Эйнштейна. Последний описывает движение паровоза с вагонами по замкнутому кругу и грешит массой неестественных допущений. В нашем случае столб воды движется по кругу, поэтому в ИСО трубы радиус перемычки для воды должен сократиться в два раза (при выбранных нами начальных условиях).

Но этому препятствует жесткая труба. И вновь объяснение состоит в увеличении объема воды, поэтому сократившаяся дуга окружности столба воды увеличивается притоком до длины дуги перемычки. Парадокса нет и в этом случае.

Автор парадокса утверждает, что в ИСО воды происходит увеличение давления. Но это неверно. Выше мы определили, что датчики (наблюдатели) зарегистрировали в стационарном режиме на выбранном интервале прямой трубы 100 границ подкрашенных участков воды. А что обнаружат водолазы? Труба для них стала короче, спора нет. Но при этом автор парадокса по какой-то причине не замечает, что на этом укоротившемся отрезке трубы теперь будут находиться уже "несжатые" интервалы воды, поэтому в меньшем количестве:

Сжатая_длина_трубы (1000/2 м) / Несжатый_участок_воды (20 м) = 25

Получается, что и в неподвижном состоянии и в движущейся ИСО воды плотность воды – одна и та же, то есть, никакого увеличения давление в принципе быть не может. Действительно, в исходном состоянии на участке в 1000 метров было 50 участков воды, а в ИСО воды на отрезке 500 метров этих участков стало всего 25. И в том и в другом случае на каждый метр трубы приходится один и тот же объём воды. И, напротив, в ИСО трубы при движении воды на метр трубы придётся воды в два раза больше. Но и здесь об увеличении давления речи быть не может, ведь и водолазы тоже уменьшились в объеме, и на каждого из них приходится такой же объем отрезка столба воды. Собственно говоря, это доводы очевидны и без этих тривиальных вычислений.

Теперь рассмотрим, как выглядит ситуация с точки зрения принципа относительности одновременности СТО. Из приведенных только что выкладок следует, что эти 25 водолазов *одновременно* могут зарегистрировать напротив себя только 25 наблюдателей вне всего отрезка трубы, поскольку "глаза в глаза". Казалось бы, налицо парадокс. Ведь внешние наблюдатели, расположенные вдоль отрезка трубы, видят 100 водолазов, но при этом, как бы одновременно, из этих же ста наблюдателей 25-ти водолазам видны только 25 из них! Но парадокса нет, поскольку одновременность для наблюдателей и водолазов – это *разные* одновременности.

Действительно, допустим, что внешние наблюдатели – очень зоркие и помимо границ цветовых участков они смогли разглядеть показания часов на руках водолазов. При этом они обнаружат очень интересное явление. Каждый из наблюдателей вне трубы будет видеть на часах водолазов разное время. То есть, все внешние наблюдатели смотрят на водолазов *одновременно*, но водолазы находятся при этом по своим часам в *разных* моментах времени. Из этого также следует, что наблюдатели в один и тот же момент времени видят все 100 отрезков столба воды, при этом глядя "глаза в глаза" всем ста водолазам. Но, напротив, что видят водолазы в один и тот же момент собственного времени, мы пока не знаем.

Вновь перейдем в ИСО воды (водолазов). Как подсчитано выше, длина трубы уменьшилась, а отрезки столба воды вернулись в исходное состояние с длиной в 20 метров. Следовательно, напротив всех 100 наблюдателей вне трубы будут находиться только 25 водолазов (и отрезков столба воды). Но теперь у всех этих водолазов часы показывают одно и то же время. То есть, все эти 25 водолазов *одновременно* видят всех 100 наблюдателей из своих 25 раскрашенных отрезков столба воды.

Вот примерно так неформально можно описать удивительную сущность относительности одновременности. Мы не можем сказать: наблюдатели вне трубы и водолазы внутри неё видят одно и то же в один и тот же момент времени, поскольку такого момента времени для них просто не существует. Наблюдатели вне трубы видят *одновременно* 100 водолазов, а этих же 100 наблюдателей *одновременно* изнутри трубы видят лишь 25 водолазов.

Можно согласиться, что это настолько же удивительное явление, насколько и трудное для восприятия. Но оно прямо следует из формализма специальной теории относительности и полностью согласуется со всеми другими её выводами. Так в чем же состоит ошибка автора парадокса? Он утверждал, что в сокращенной в два раза трубе резко возрасте давление, поскольку в уменьшившемся объеме полости трубы оказался увеличенный объем воды. Но это лишь в том случае, если не учитывать принцип относительности одновременности. При его учете оказывается, что *одновременно* по часам водолазов в укороченном отрезке трубы оказываются в 4 раза меньше отрезков столба воды и наблюдателей (25) по сравнению с неподвижной трубой (100). То есть, объем трубы уменьшился ровно во столько же раз, во сколько уменьшился и объем находящейся в ней воды, поэтому никакого увеличения давления нет. Новый, сжатый объем трубы равен 1000/2=500 куб. метров, объем воды в нем равен 20*500/20=500 куб. метров:

Объем_несжатого_отрезка (=20) * число_отрезков (=500/20) = 500 куб.м

Теперь покажем, что распространение этого парадокса на линии электропередач ведёт к таким же ошибкам. По мнению автора парадокса, электрики столкнутся с тем, что при подаче тока в линию электропередачи цепочка движущихся электрических зарядов релятивистски сократится рис.15.3, поэтому "линия разворота" зарядов окажется ближе к источнику, то есть, заряды не дойдут до потребителя, находящегося в конце ЛЭП. Это "ужасное явление сжатия" автор парадокса ранее описывал в другом издании, в качестве "релятивистского", как он заявляет, объяснения "магнитного" взаимодействия токов [69, с.145].

Сначала отметим неточность такого расширения парадокса. Как известно, в металлах скорость движения носителей заряда (электронов) бесконечно далека от релятивистских скоростей.

"Оценка по этой формуле для металлического проводника сечением 1 мм^2, по которому течет ток 10А, дает для средней скорости $\upsilon_д$ упорядоченного движения электронов значение в пределах 0,6–6 мм/с". [119]

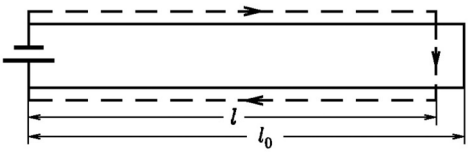


Рис.15.3. Сокращение пути тока (электронов) в ЛЭП согласно автору парадокса. Рисунок из [69, рис.7.4]

Это чуть меньше 2 км/час. Поэтому наблюдать "эйнштейновское сокращение" здесь невозможно. Кроме этого, здесь действительны все те же аргументы, что приведены при рассмотрении парадокса теплотрассы. Никаких ограничителей на пути движения электронов нет точно так же, как нет ограничителей для воды. Поэтому в момент замыкания цепи электроны начнут движение сразу же по все длине, но только после того, как электрическое поле со скоростью света "пронижет" весь проводник. Все ничтожно малые "недостачи и избытки" электронов на концах проводника будут успешно компенсированы источником питания.

Однако, автор парадокса делает, как он считает, интересное наблюдение. Если двигаться вдоль линии со скоростью носителей заряда в проводах, то длина цепочки зарядов не сократится, а сократятся провода ЛЭП и расстояние до потребителя. И вновь, ошибочно ссылаясь на теорию относительности, он приходит к выводу, что теперь цепь окажется замкнутой где-то за потребителем, не проходя через него.

Можно сыронизировать, что обходчик должен идти очень и очень медленно, почти ползком, чтобы не обогнать электроны. А приводить уже рассмотренные выше доводы, пожалуй, нет необходимости, они мало чем будут отличаются. Замечания автора парадокса о том, что на практике подобные чудеса не наблюдаются, что, невзирая на сокращение до нуля измеряемого расстояния для импульсов, радиолокаторы верно определяют эти расстояния, а аварии на теплотрассах и линиях электропередач происходят совсем по другим причинам, являются своеобразным подведением итогов "доказательства" ошибочности теории относительности.

Это так, в рассмотренных задачах никаких чудес, действительно, нет. А есть мнимые парадоксы, сформулированные с большими нарушениями формализма СТО, с навязыванием ей предсказаний и выводов, которых она не делает, которые ей изначально чужды. Все перечисленное работает в полном согласии с этой теорией. Далее автор парадокса приводит уже ставший традиционным пассаж, предостерегая сторонников ТО от бессмысленных попыток сводить к малости, незаметности на практике опи-

санных здесь примеров, поскольку предложенное автором парадокса "решение" является решением в общем виде, решением в принципе на основе мысленных экспериментов в духе Эйнштейна.

Релятивисты и не будут этого говорить. Эти эффекты не просто малы, они мнимые, ошибочные, не существующие. Тем не менее, рассмотренное здесь решение задачи о мнимом парадоксе все-таки имеет определенное положительное значение: это очередное разоблачение антирелятивистских заблуждений, выдаваемых за прорыв в науке, обосновываемый борьбой за её чистоту. Нет, науку лучше все-таки беречь от такой чистки. На основе неверных представлений о теории относительности автор парадокса, как следствие, делает такой же неверный вывод о том, что в реальности движущиеся тела не сокращаются.

Известно, что ошибочные рассуждения почти всегда приводят к ошибочным выводам. В данном случае "почти всегда" можно опустить. Поэтому и очередное следствие доказательств автора парадокса тоже неверны. Автор парадокса делает предположение: поскольку релятивистские сокращения – видимость, и сократиться они могут только согласно закону Гука под действием внешних сил, то методика измерений Эйнштейна оказывается ошибочной.

Пожалуй, это сомнение лучше выразить иначе. Не следует критиковать или опровергать теорию, не изучив её самым тщательным образом. Это не у Эйнштейна неправильная методика, а у его "мысленных" критиков, недостаточно владеющих формализмом теории. И привлекать сюда Гука незачем. Реального, абсолютного механического лоренцева сокращения тел нет, поскольку в собственной системе отчета с ними ровным счетом ничего не происходит, и это просто нужно *понимать*.

Все эти эффекты являются *математическими* следствиями корректной математической модели. Поэтому в любом мысленном эксперименте даже самое хрупкое колечко из тончайшего фарфора при лоренцевом сокращении никогда не разрушится. Напротив, многотонная чугунная болванка сократится без всяких (гуковских) усилий, если двигаться мимо неё достаточно быстро. При этом называть сокращения "кажущимися" тоже не совсем верно, хотя и сам Эйнштейн колебался в этом вопросе. Измерение длины такого сокращенного объекта – это объективный процесс с использованием корректных приборов. Впрочем, критика "иллюзорности" сокращения, с использованием таких же иллюзорных мысленных экспериментов, сама выглядит как-то странно, почти нелепо. Реальные же, наблюдаемые физические релятивистские явления *не имеют* противоречий с их релятивистским объяснением. Мысленные эксперименты в этом случае – дело десятое, забава для теоретиков.

Отметим также, что таким же критическим корректировкам подвергают не только теорию относительности. В этой же книге [69, с.141] высказано мнение, что известный эксперимент с отклонением луча света

Солнцем имеет корректное объяснение и в классической физике Ньютона. Нужно лишь подправить традиционные вычисления, приняв, что корпускулы света движутся с максимально возможной скоростью, поэтому при движении мимо Солнца не увеличивают её. Как следствие, отклонение луча света совпадает с наблюдаемым. Однако, такая "коррекция" физики Ньютона очень уж сильно напоминает внесение в неё 2-го постулата СТО. Если тщательно проанализировать это дополнение, тогда и в классической физике Ньютона неизбежно появятся преобразования Лоренца.

В заключение можно констатировать, что мнимый парадокс теплотрассы явился следствием некорректных допущений его автора, ошибочной трактовкой положений СТО:

- отброшен этап разгона воды, в течение которого релятивистское сокращение столба воды компенсируется закачиванием в трассу её дополнительного объема; удаление излишков с точки зрения воды в её системе отсчета требует применения ОТО, поскольку вода движется ускоренно;

- теории относительности навязано чуждое ей утверждение о возможности мгновенного разгона столба воды в трассе, в результате чего с точки зрения трубы столб воды мгновенно сократился, и выходная часть трубы осталась без воды;

- с точки зрения воды при мгновенном релятивистском сокращении трубы вода в ней оказалась запертой, что привело к резкому повышению её давления; мгновенность ускорения никак не связана с теорией относительности, а причина невозможности воды покинуть трубу при плавном увеличении скорости ничем не обоснована;

- автор парадокса неверно трактует принцип относительности, теряясь в догадках, а где же находится перемычка; с позиций СТО нет никакого парадокса или противоречия в том, что каждый из наблюдателей – труба или вода – видят перемычку в разных местах – это штатное предсказание СТО;

- отказ от принципа относительности одновременности или его незнание и, как следствие, вывод о сжатии воды уменьшившимся объемом охватывающей её трубы.

16. Парадокс шеста и сарая и подобные ему

Этот парадокс описан в Википедии и имеет много схожих в принципе вариантов. Суть парадокса вкратце состоит в следующем. Есть сарай с дверями на входе и выходе и шест, длина которого больше длины сарая. Если движется шест, то он релятивистки сократится и поместится в сарае, двери с обеих сторон можно закрыть. Если движется сарай, то сокращается он, и шест в нем не поместится, одна из дверей останется открытой [65].

Парадокс возникает вследствие игнорирования релятивистского принципа относительности одновременности. В системе отсчета сарая су-

ществует какой-то *один* момент времени, когда оба конца шеста находятся в пределах сарая и двери могут быть одновременно в этот момент времени быть закрытыми. Никаких противоречий нет.

Но противоречий нет и в системе отсчета шеста, хотя с его точки зрения он длиннее сарая и две двери не могут быть закрыты. Согласно принципу относительности одновременности закрытие дверей одновременно в двух систем отсчета происходит в разные моменты времени. В системе отсчета шеста сначала закрывается выходная дверь, и только после того, как конец шеста окажется в сарае, закроется входная дверь. Именно эти два события будут одновременными по собственным часам системы отсчета сарая.

Согласно этому же принципу, в момент времени по часам сарая, когда двери закрыты, часы шеста на концах будут показывать разное время, поскольку с точки зрения системы отсчета сарая эти часы идут не синхронно. Часы в передней части шеста будут показывать большее время, чем часы в его хвостовой части. В тот момент, когда показания часов шеста достигнут таких же показаний, что и в его передней части, эта передняя часть просто пробьет выходную дверь.

Напротив, когда в системе отсчета шеста его головная часть достигнет выходной двери, показания часов сарая у этой двери будут больше показаний часов у входной двери. То есть, для входных дверей еще не настал момент закрытия. Когда же хвостовая часть шеста достигнет сарая, то показания часов этой двери сарая будут такими же, какие были у выходной. С точки зрения шеста, выходная дверь будет выбита.

В целом картина выглядит в точности с предсказаниями СТО: для каждой ИСО движущийся объект выглядит короче своих размеров в неподвижном состоянии.

Этот парадокс имеет несколько тождественных вариаций: карандаш и коробка; тележка и канава; кольцо и стержень. Все они возникают по той же причине – не учитывается принцип относительности одновременности. На самом деле все рассмотренные "парадоксы" являются рядовыми задачами специальной теории относительности. Особняком стоит парадокс субмарины (парадокс Саппли). Его решение представлено и в рамках СТО и в рамках ОТО, что уже выглядит несколько странно. Решение вызывает ощущение схоластичности, поскольку содержит помимо релятивистских общефизические эффекты, к тому же причиной утопления подлодки оказались физически разные эффекты: ускорение жидкости и гравитация, что не может рассматриваться с позиций относительности.

17. Три ошибки анти-СТО

Многие из желающих опровергнуть СТО не стремятся изучить её, считая, что они её и так прекрасно понимают. Очевидно, и история науки

свидетельствует об этом, математика СТО принципиально неопровержима. Последняя возможность для несогласных - это попытаться показать несоответствие математической теории СТО реальному физическому миру. И в этих попытках им следует опираться на результаты опытов в стиле Маринова.

И вообще, зачем нужно опровергать СТО? Под банальным предлогом, что наука должна развиваться, что ошибочные положения, теории тормозят её развитие? Что релятивисты закрыли путь в науку "настоящим" физикам? Ацюковский считает, что "... проведение экспериментов по эфирному ветру сегодня имеет принципиальное значение для науки, т.к. в случае положительных результатов заставляет естествознание вернуться к эфиру, а через это - к дальнейшему продвижению вглубь материи, к выяснению структур всех микрообъектов, структур всех микрообъектов, структур физических полей и, как следствие, к применительно новым технологиям. Это и есть материалистический путь развития, предела которого не существует" [122].

Предположим, что цель будет достигнута, изменится ли что-нибудь от этого? Вряд ли. Теория прочно занимает свою огромную нишу в науке. Её убеждённые сторонники спокойно (или не спокойно) примут ограничения, которые им навяжут противники, и всё останется, как и было, но с поправками на применимость теории.

И кому это нужно? "Все разговоры об опровержениях ТО имеют своим источником неспециалистов. Часто это инженеры или ученые, всю жизнь профессионально работавшие в далекой от ТО сфере. На старости лет им не дает покоя слава Ньютона и Эйнштейна. А еще много любителей (особенно среди молодежи), которые вообще научными исследованиями никогда не занимались. Им просто нравится мечтать об опровержении хорошо установленных научных теорий. Это банальная погоня за сенсацией" [63]. С такими мнениями охотно соглашаются другие участники форумов в интернете: "Кто такой альтернативщик? Это тот, кто не знает физику - но вместо учебы выдает за науку свое о ней мнение". Довод, который может устроить всех. Сторонников: "О чём можно спорить с неучами?!" Противников: "А какие, собственно, доводы приводят релятивисты? Никаких!" При этом как-то забывается, что одним из величайших альтернативщиков был... Эйнштейн, автор той самой опровергаемой СТО, и который по своему альтернативизму уступает, пожалуй, только Копернику.

А, собственно, кто он, альтернативщик? В литературе, в переписке, на форумах альтернативщиками часто называют всех противников релятивизма. Состав их разнообразен - от напористой молодёжи до неугомонных пенсионеров. На жаргоне интернет-форумов это слово порой сокращают до двусмысленного "альт", которое с немецкого переводится как "старый". Однако, понятие альтернативщик по смыслу должно подразумевать исследователя, предлагающего взамен отвергаемой какую-либо другую, альтер-

нативную теорию. Но такая ситуация наблюдается не всегда. Существует довольно большой класс несогласных, которые фактически только отвергают теорию, не предлагая взамен никаких конкретных, завершенных альтернативных теорий или гипотез, то есть, формально они не являются альтернативщиками. Их критика может быть более или менее обоснованной, подкреплённой какими-то доводами, вскрывающими кажущиеся или действительные противоречия в существующих теориях. Видимо, именно их на интернет-форумах иногда насмешливо именуют "опровергунами". Мы же здесь вообще всех несогласных будем называть обобщенно не альтернативщиками, а противниками теории, например, анти-СТО, анти-ОТО и так далее. Анти-СТО будет в таком случае означать противника специальной теории относительности.

Презрительное, высокомерное отношение к противникам теорий - распространённая картина. Считается, что эти противники - это недоучки, лжеучёные, к науке не имеющие никакого отношения, наивно верящие в собственные заблуждения. А, собственно, что есть наука, если не вера, которая ничем не отличается от веры религиозной? Научная истина, научное знание, наука - всё базируется на вере. Главным субъектом религиозной веры является Бог, главным объектом научного, в частности, физического верования - объективная реальность. И как у всякой веры, у науки есть свои догмы. Нередко можно услышать, что на службе у физики находится математика, что она является инструментом физики. Но так ли это? Математика настолько проникла в физику, что во многом практически подменила её. Это свидетельствует о слабости собственно физики как науки, о её зависимости от математики. Всё чаще основой физической теории являются постулаты – приём чисто математический. Но полем деятельности физики являются реальные явления, а не математические модели. И критерием истины для физики является не логика, сколь безупречной она ни была бы, а практика, в частности конкретные материальные (а не мысленные) эксперименты. Только в этом случае реализуется истинно научный метод – "метод проб и ошибок". Отрыв математики от практики в физике и является, пожалуй, основной причиной возникновения разного рода противников.

Какой бы возвышенной целью ни руководствовались анти-СТО, озвученные эпитеты в их адрес в основном ими заслужены. Остановимся на трех наиболее значимых ошибках, допускаемых альтернативщиками, противниками СТО, анти-СТО.

17.1 Здравый смысл не против знаний

Ударам противников релятивизма чаще всего подвергается специальная теория относительности и, заметно реже, – общая теория относительности (которую называют также теорией гравитации), математика которой

существенно сложнее математики СТО. Но и специальную теорию относительности многие её критики попросту не знают или не понимают. Особенно хорошо это заметно в рассуждениях антиСТО-в на многочисленных форумах в интернете. Немалая часть доводов в опровержение релятивизма зачастую сводится к констатации противоречия её со здравым смыслом, житейской логикой, причём это относится практически всегда только к первой, кинематической части работы Эйнштейна. Им вроде как одного взгляда достаточно, чтобы понять ошибочность этой теории. Рассуждения просты. Например, при анализе явления замедления хода движущихся часов. Как известно из СТО, движущиеся часы отстают по отношению к неподвижным часам. Но из той же СТО и неподвижные часы отстают по отношению к движущимся, если смотреть на эти неподвижные часы с точки зрения движущихся часов. Как такое возможно?! Какие же всё-таки часы отстают?! Основанный на этом явлении известный "парадокс близнецов" - любимая тема опровергателей. Впервые парадокс сформулирован в 1905 году Эйнштейном в статье "Об электродинамике движущихся тел". В дальнейшем парадокс видоизменялся и чаще всего формулируется так. Один из двух близнецов улетает с Земли на космическом корабле, а другой остаётся на Земле. По возвращению космонавта на Землю выясняется, что он моложе своего брата-близнеца. Но и близнец на Земле тоже двигался по отношению к близнецу - космонавту. Поэтому он тоже должен быть моложе улетавшего брата. Поскольку этого нет, то противники релятивизма приходят к очевидному с их точки зрения выводу, что СТО ошибочна. Так их стараниями рядовая задача СТО превратилась в парадокс.

Если же рассуждения доходят до уравнений (обычно, преобразований Лоренца), то не каждый "опровергатель" способен объяснить их физический смысл, скатываясь к противоречию с "логикой". Ими создаются всё более и более изощрённые мысленные эксперименты. Но все эти эксперименты в основе своей содержат завуалировано или открыто всё то же противоречие со здравым смыслом, и должны якобы привести к парадоксу. Ну, не могут двое часов одновременно отставать друг от друга! Причину такой критики понять не сложно: авторы исходят из собственных представлений об СТО, из упрощённой проекции её на сознание автора. А если всё очевидно и просто, то незачем глубоко и тщательно вникать в отвергаемую теорию. На одном из интересных сайтов в Интернете, целиком посвящённом теории относительности Эйнштейна, на главной странице записано: "В мире есть не больше сотни людей, понимающих теорию относительности". Но это, пожалуй, правильнее отнести к общей теории относительности. По сравнению с нею специальная теория относительности вполне доступна пониманию, поэтому больше всего споров идет вокруг неё. К тому же, именно эта часть теории относительности более отчётливо, более выпукло противопоставляет себя "здравому смыслу". Почти каждый, впервые услышав выводы специальной теории относительности, сразу

испытывает недоумение: как же это возможно, ведь теория делает совершенно несовместимые друг с другом утверждения! Пытливый разум новичка начинает искать примеры из окружающей действительности, которые, по его мнению, не укладываются в эти утверждения теории. И даже находит такие примеры! Но сторонники специальной теории относительности так же уверенно убеждают его: нет, эти примеры ошибочные (и всегда оказываются правы)! Теория относительности объясняет эти примеры совершенно иначе, не так, как это кажется на первый взгляд. Споры обычно затягиваются, новичок продолжает копаться в литературе, тщетно пытаясь найти ошибку в теории. Если ему хватает настойчивости и, скажем прямо, способностей, через некоторое время он и сам начинает видеть ошибки в своих примерах. Однако, почерпнутые из литературы знания позволяют придумать новые, более хитрые примеры, вроде бы опровергающие теорию… И вновь начинаются ожесточенные споры с теми, кто теорию защищает. Но ошибки в опровергающих доводах обнаруживаются вновь и вновь. Есть ли этому конец?

17.2 Как опровергнуть неопровержимое

Все "парадоксальные" выводы специальной теории относительности являются следствием всего двух постулатов. Мы принимаем эти постулаты за истинные утверждения, поэтому и все выводы, полученные корректными логическими и математическими преобразованиями, мы обязаны признать такими же истинными. Действительно, мы же не ставим под сомнение истинность математических и формальных логических преобразований? Разумеется, если в них нет математических или логических ошибок. Но в специальной теории относительности таких ошибок нет – это доказано за столетие множеством исследователей. Эйнштейн эти постулаты (он называл их принципами) изложил в своей основополагающей работе 1905 года [117]. Со временем эти принципы для простоты стали формулировать немного иначе, кратко, примерно в таком виде:

1. Все физические законы имеют одинаковый вид во всех инерциальных системах отсчёта.

2. Скорость света является максимальной скоростью, и она одинакова во всех инерциальных системах отсчёта.

В самих этих постулатах (принципах) никаких противоречий со здравым смыслом не видно. Парадоксально выглядят логические следствия из них - преобразования Лоренца и те эффекты, которые из них следуют. Хотя уравнения Лоренца появились раньше специальной теории относительности Эйнштейна, в теории относительности они получили серьёзную теоретическую основу. Из этих преобразований следовало, что движущиеся часы отстают, а предметы сжимаются. Оказалось, что одновременность относительна: события, одновременные для одного наблюдателя, для дру-

гого происходят в разное время. В целом специальная теория относительности Эйнштейна – это выводы, математические следствия из фактически единственного, довольно странного утверждения: фотон движется с одной и той же световой скоростью относительной любой подвижной или неподвижной системы отсчёта. Если мы движемся и измеряем скорость фотона, пролетающего мимо нас, то получаем скорость света. Точно также неподвижный наблюдатель, измеряя скорость того же фотона, получает ту же скорость света. И мимо движущегося наблюдателя и мимо неподвижного фотон движется с одной и той же скоростью – световой.

Все эти странности получены как корректные математические выводы, поэтому СТО по своей сути является теорией математической, имеет всё её признаки: методология вывода, исходные постулаты. Это красивая и прозрачная теория, и за более чем столетний срок ошибок в её положениях не найдено. Математически она неопровержима. Поэтому любой опровергающий мысленный эксперимент, являющийся приёмом математическим, априори обречён на неуспех. Нет и быть не может опровержения СТО, использующего её математический аппарат и показывающего не умозрительно-логические, а математические ошибки в теории. Заявления "ты не прав" и доказательства "на пальцах" доводами не являются. Не существует мысленных экспериментов, математически рассчитанных с помощью уравнений СТО и противоречащих ей. Тем не менее, исподволь, неявно, возможно, не отдавая отчёта самим себе, её критики пытаются, в конечном счете, с помощью математического аппарата самой СТО показать нарушение принципа инвариантности скорости света, что один и тот же фотон движется с разными скоростями в разных ИСО. Но математическая теория СТО внутренне непротиворечива и самодостаточна, поэтому все "мысленные" эксперименты можно поделить на две категории: эксперименты, основанные на математике СТО, и эксперименты, навязывающие теории утверждения, противоречащие её сути. Первые из них никогда ей не противоречат. Вторые живут собственной жизнью и к специальной теории относительности не имеют никакого отношения.

17.3 Последний гвоздь

Поскольку математика СТО принципиально неопровержима, остается только физический эксперимент, который мог бы показать несоответствие утверждений математической теории физической реальности. Такой эксперимент "должен быть проведен по определенным правилам и согласно определенным критериям. Это означает, что экспериментальная проверка сама по себе имеет свою методологию, свои принципы: проверка должна быть множественной, в разных условиях, в разных местах, в разное время (т.е. полученные результаты должны быть инвариантны по отношению к установке, месту, времени, личности, и пр.); должна быть указана ошибка,

которая должна лежать в определенных пределах для всех результатов; и мн. др." [33]

Действительно, математика теории безупречна. Но она основана на постулатах, которые принимаются без проверки. А постулаты могут и не соответствовать реальности. В этом случае и все корректные, логичные следствия из этих постулатов тоже не будут соответствовать реальности. Поэтому для доказательства несоответствия математической теории физической реальности необходимо выбрать либо постулат, либо какое-нибудь следствие теории, которое можно проверить в физическом эксперименте. Одним из следствий СТО является известное утверждение невозможности определить состояние движения ИСО (скорость, направление) изнутри неё. Об этом пишут многие, в частности, Гришин Ю.А. в статье "Перестаньте критиковать СТО" [33]:

"СТО утверждает только, что никакими экспериментами невозможно обнаружить разницу между инерциальными системами отсчета, даже если в этот разряд включить систему, привязанную к эфиру. В теории Лоренца, на которую намекает Эйнштейн названием своей статьи, есть эфир (электромагнитный, а не механический!), но и там, как ни странно, невозможно обнаружить разницу между инерциальными системами отсчета, включая и эфир".

Шаляпин А.Л. ссылается на Анри Пуанкаре [109], который:

"показывает, что исходя из представлений об эфире и уравнений Максвелла – Лоренца, невозможно обнаружить абсолютное движение".

Являясь логическим следствием принципа постоянства скорости света, это утверждение достаточно "удобно" для проверки, поэтому критикам СТО следует обратить на него самое пристальное внимание.

Если удастся определить состояние движения изнутри ИСО, то это утверждение и, автоматически, все другие положения СТО становятся ошибочными. Такое движение, очевидно, может быть только абсолютным, оно явно подтверждает наличие абсолютной системы отсчёта, которая сама по себе (очевидно) неподвижна. Возможность определения движения из ИСО ставит под удар другой важный принцип релятивизма – принцип эквивалентности. Определить природу инерционных сил становится возможным – то ли это гравитационные силы, то ли это силы, вызванные ускоренным движением системы отсчёта.

Таким образом, в попытках опровергнуть СТО есть только один путь: показать её несоответствие реальному миру, показать, что принцип постоянства скорости света (принцип относительности) неверен, что можно определить состояние движения ИСО изнутри. Однако эксперименты, способные показать такое несоответствие, противниками релятивизма проводятся зачастую поверхностно, некорректно, разрозненно, без учёта достижений других исследователей. Каждый стремится изобрести что-то своё. При этом не уделяется должного внимания подготовке, проведению

и анализу эксперимента. Тем не менее, при всей их слабости, эти эксперименты всё-таки показывают, хотя и недостаточно отчетливо, отклонение от постулатов СТО. Показывают, что скорость света не является инвариантом. Поэтому противникам релятивизма остро необходимо повторять эти эксперименты, пропагандировать их, обсуждать на форумах и в СМИ. В результате будет показана ошибочность либо этих экспериментов, либо основ СТО. Рассмотрим наиболее весомые из таких экспериментов.

17.4 Эксперименты Маринова

Опыт Маринова – первая, не по времени, но по яркости и целенаправленности попытка проверки нарушения принципа относительности [58]. Поэтому на форумах имя Маринова встречается чаще других антирелятивистов – экспериментаторов. Понятно, что опыты эти с порога, без обсуждения подвергаются критике сторонников релятивизма. Однако принципы, заложенные в них, являются предельно чёткими. В журнале "Письма в Физический Мир России" опубликована статья Маринова, в которой показана одна из экспериментальных установок (рис.17.1).

"В одном из таких экспериментов, выполненном несколько лет назад болгарским физиком С.Мариновым, лучи двух лазеров направлялись навстречу друг другу сквозь расположенные один против другого отверстия в двух черных, поглощающих свет дисках, укрепленных на общей оси. Когда ось приводится во вращение, световые лучи уже не попадают точно в центры противостоящих отверстий, так как за время движения света от одного диска к другому последний успевает чуть-чуть повернуться, и часть света уходит за край отверстия. Чем быстрее вращается ось, тем большая часть запаздывающего света поглощается дисками. Интенсивность прошедших сквозь два отверстия лучей фиксируется высокочувствительными детекторами". [23]

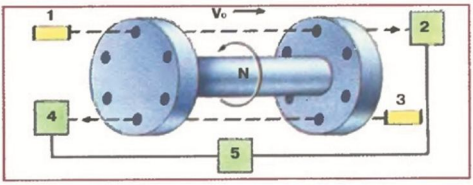


Рис.17.1. Экспериментальная установка С.Маринова. Рисунок взят из журнала "Техника - молодёжи", N10, 2002 год, с.5 [61], он упрощённый и отличается от оригинального рисунка Маринова

Для опровержения этой аксиомы Маринов проводит в 1973 году в Софии "девиационный эксперимент со связанными зеркалами". Эксперимент был не очень точен, и Маринов измерил только максимальную про-

екцию абсолютной скорости Земли по оси аппарата, получив её величину в диапазоне 30 – 230 км/сек.

В 1975-76 годах там же он проводит другой, "интерференционный эксперимент со связанными зеркалами", который был гораздо точнее. Проводя измерения в течение шести месяцев, Маринов получил для модуля абсолютной скорости Солнца значение в диапазоне 283 – 323 км/сек.

Эти результаты заметно противоречат приведённой "фундаментальной аксиоме". В этой же статье Маринов формулирует ещё одну аксиому:

"Фундаментальной экспериментальной аксиомой общей теории относительности считается следующее утверждение: никаким физическим экспериментом, проведенным в ускоренно движущейся лаборатории, нельзя установить, является ли это ускорение кинематическим, то есть порожденным ускоренным движением лаборатории по отношению к отдаленным звездам, или гравитационным, то есть порожденным близлежащими массами, например, массой Земли. Эту аксиому и ее следствия можно назвать принципом эквивалентности". [58]

И эту аксиому Маринов экспериментально ставит под вопрос, приводя доводы о её ошибочности:

"Мой интерференционный эксперимент со связанными зеркалами был проведен в течение полугода, и я заметил, что из-за движения Земли вокруг Солнца измеряемая абсолютная скорость Земли изменялась. Значит, кинематическое ускорение лаборатории приводит к изменению ее абсолютной скорости. Однако, мой аппарат может оставаться годами под воздействием гравитационного притяжения Земли, но регистрируемая им абсолютная скорость при этом изменяться не будет. Этим показана несостоятельность принципа эквивалентности, утверждающего, что нельзя отличить экспериментально кинематическое ускорение от гравитационного.

Эксперимент по выявлению несостоятельности принципа эквивалентности лучше провести в ракете, ускоряемой под воздействием выбрасываемой массы. Когда ракета ускоряется в космосе по направлению ее абсолютной скорости, динамометр в ракете будет указывать на наличие ускорения, и ее абсолютная скорость будет расти. Однако, если ракета покоится на поверхности планеты, чья орбита перпендикулярна абсолютной скорости Солнца, то динамометр в ракете будет указывать на наличие ускорения (планетарного гравитационного ускорения), но ее абсолютная скорость изменяться не будет". [58]

С ним соглашается А.Л.Шаляпин:

"Результаты экспериментов С.Маринова с вращающимися дисками свидетельствуют в пользу факта движения Земли в абсолютном пространстве (то есть относительно неподвижного эфира) со скоростью порядка 300 км/с". [109]

И приводит слова небезызвестного диссидента и "альтернативщика" О.И.Митрофанова:

"Последний гвоздь в релятивистские бредни вколотил С.Маринов. Итак, вопреки категорическому запрету теории Эйнштейна, измерена абсолютная скорость Земли в неподвижном эфире. … опыт Маринова замалчивают. Релятивисты сидят тихо, как мышь под веником, не потому, что "настоящих буйных мало", а просто крыть нечем…". [109]

В статье, подготовленной на основе обзора В.С.Барашенкова и М.З.Юрьева "Нарушается ли принцип относительности?", вышедшего в свет в журнале "Физика ядра и элементарных частиц", приводится описание опытов Маринова и выводы из них, в частности:

"Одно из основных положений теории относительности состоит в том, что скорость света не зависит от направления его движения, поэтому ослабление обоих лазерных лучей вращающимися дисками должно быть одинаковым. А вот эксперименты Маринова показали, что это не так! Опыты повторялись в нескольких вариантах на установках, где трудно контролируемая, подверженная деформациям механическая система дисков заменялась оптической, с отражающими зеркалами; и, тем не менее, результат получался один и тот же: скорость света во встречных пучках разная. И самое главное - добавка к скорости, которая в одном пучке увеличивает, а в другом уменьшает среднюю скорость света, во всех опытах оказалась равной 300-400 километрам в секунду, то есть такой же, как измеренная астрономами скорость движения Земли по отношению к заполняющему космос фону нейтрино и фотонов. Измерения повторялись в разное время суток и разное время года с тем, чтобы поверхность планеты, а вместе с ней и измерительная установка были по-разному ориентированы относительно скорости Земли. Это позволило вычислить не только величину добавки к скорости, но и направление. Оно тоже оказалось близким к тому, что дают астрономические наблюдения". [23, 25]

Справедливости ради нужно отметить, что доводы Маринова иногда подвергаются критике корректно, как говорится, с калькулятором в руках. Вот пример (взят с одного из форумов по физике):

"Начнём считать. Исходные данные (из статьи Маринова):

1. Скорость вращения дисков $\omega = 200$ об/с.

2. Расстояние между дисками $L = 1{,}2$ м.

3. Радиус расположения отверстий на дисках $R = 0{,}12$ м.

4. Заявленная Мариновым погрешность $\Delta v = 40$ км/с $= 4 \times 10^4$ м/с

5. Скорость света (возьмем приближённое значение, сути это не изменит) $c = 3 \times 10^8$ м/с

Считаем:

1. Линейная скорость движения отверстий $v = 2\pi\omega R = 2 \times 3{,}14 \times 200 \times 0{,}12 = 150{,}7$ м/с.

2. Время прохождения светового луча от одного диска до другого $t = L/c = 1{,}2/3 \times 10^8 = 4 \times 10^{-9}$ секунды.

3. Величина смещения отверстия на втором диске за время прохождения светового луча между дисками $\Delta L = vt = 150,7 \times 4x10^{-9} = 6,03x10^{-7}$ метра = 0,6 микрона.

4. Относительная величина изменения времени прохождения луча света между дисками исходя из заявленной Мариновым погрешности $\delta = \Delta v/c = 4x104/3x10^{8} = 1,33x10^{-4}$.

5. Требования к точности изготовления (геометрии отверстий) $\Delta l = \Delta L x \delta = 0,6 \times 1,33x10^{-4} = 8x10^{-4}$ микрона.

Немного поясню относительно пункта 5, т.е. как связана точность изготовления геометрии отверстий и погрешность измерения не изотропности скорости света. Дело в том, что фототок, поступающий с фотодетекторов, усредняется, поэтому "куски света", как пишет Маринов, при неточности изготовления отверстий (считая, что отклонение от номинального положения носит случайный характер) при отклонении скорости света всё равно будут проходить, но уже через другие (смещённые) отверстия, и никакого изменения фототока не произойдёт! Т.е. в этом смысле неточность изготовления отверстий эквивалентна тому, что отверстия на втором диске как бы имеют не круглую, а овальную, вытянутую по окружности вращения форму. Таким образом, точность соблюдения геометрии отверстий играет решающую роль в этом эксперименте".

Доводы, как видим, отчасти весомые. Однако… Что же всё-таки показал прибор Маринова, какое изменение фототока, если он такой "неточный в изготовлении"? Величины скоростей у Маринова, действительно, имеют большой разброс. Но ведь скорости-то измерены! Плохо то, что нет (в свободном доступе) реальной сводки скоростей, из которой можно было бы увидеть: когда направление измерительной оси прибора Маринова совпадает со скоростью движения Земли в пространстве, прибор показывает некоторую скорость (причём по величине близкую к полученным из других источников). Напротив, когда направление оси прибора перпендикулярно к направлению движения Земли в пространстве, то прибор показывал отсутствие движения. Видимо, нужны исследования трудов Маринова, чтобы найти эти выводы в чётко сформулированном виде. Конечно, если они есть. Необходимо провести повторные эксперименты с аналогами этого прибора, чтобы получить эти выводы о скоростях Земли.

Другой из формально релятивистов В.Петров приводит следующее "удивлённое" возражение по экспериментам Маринова:

"Кроме того, согласно Маринову, Земля *одновременно* движется в двух взаимно перпендикулярных направлениях: относительно Солнца с орбитальной скоростью ~ 30 км/сек и со скоростью 362 ± 40 км/сек в направлении, перпендикулярном орбитальной скорости. Очевидно, что этого никак не может быть!" [68]

Получается, что автор цитаты ставит под сомнение возможности тел двигаться с разными скоростями по двум координатам. Наверное, он уди-

вится ещё больше, если сказать, что тело может двигаться и с ещё одной скоростью – по третьей координате.

Вот другое "удивлённое" опровержение опытов Маринова:

"Полученные Мариновым результаты об "абсолютной" скорости Земли, имеющей порядок 300 - 400 км/с, не согласуются с известными опытными данными. Наша планета, конечно, вращается вокруг Солнца с орбитальной скоростью около 30 км/с. Но она еще якобы куда-то движется с примерно в десять раз большей скоростью! Куда - в сторону Полярной звезды или туманности Андромеды?" [106].

Мы просто присоединимся к ответу редакции на это "опровержение":

"В связи с этой публикацией рекомендуем читателям вернуться к статье "Одинока ли Вселенная?" ("ТМ", No1 за 2002 г.), где говорится о том, что радиофизики точно установили: наша Солнечная система (а, следовательно, и Земля) действительно летит со скоростью около 400 км/с в направлении созвездия Льва..." [106]

Экспериментальные установки Маринова достаточно просты конструктивно, и его опыты могут повторить другие исследователи. Полезно это как противникам, так и сторонникам релятивизма. Прибор является однокоординатным измерителем абсолютной скорости в пространстве и позволяет "в одном подходе", изменяя направление его оси, измерить скорости Земли в разных направлениях и сопоставить их с данными астрономических наблюдений. А измерения независимых исследователей могли бы исключить субъективные, географические, временные и прочие факторы.

17.5 Эксперименты Торра-Колена-ДеВитта

В статье "Новый Эксперимент по Анизотропии Скорости Света: Обнаруженные Гравитационные Волны и Абсолютное Движение", Р.Т.Кахилл приводится подборка экспериментов по обнаружению абсолютного движения разными исследователями:

"Первый эксперимент по односторонней скорости распространения в коаксиальном кабеле был выполнен в Университете Штата Юта в 1981 году Торром и Коленом. Устройство состояло из двух рубидиевых часов, размещенных на расстоянии приблизительно 500 м; 5МГц радиочастотный (РЧ) сигнал распространялся между часами через закопанный коаксиальный кабель, заполненный азотом, поддерживаемым в постоянном давлении 2 фунта на квадратный дюйм. Торр и Колен нашли, что, в то время как время путешествия туда и обратно оставалось постоянным в пределах 0.0001% с, как ожидалось в Гл.2, наблюдались изменения в одностороннем времени путешествия". [44]

С этими выводами нечётко соглашается Шаляпин:

"В этих экспериментах сравнивалась фаза двух рубидиевых стандартов частоты, разнесенных на расстояние 500 м, с целью обнаружения возможной анизотропии скорости распространения света при однократном прохождении трассы. При реализации экспериментов обнаружены большие суточные вариации скорости света, порядка 10^{-3}-10^{-2} для разнесенных часов, тогда как при сближении часов подобных вариаций не наблюдалось. На основе анализа точности показано, что предлагаемые эксперименты могут надежно обнаружить движение Солнечной системы в плоскости Галактики при достаточно длительном накоплении данных. Результаты экспериментов Торра - Колена, в принципе, можно было бы интерпретировать как еще одно свидетельство о нарушении принципа относительности, согласно которому невозможно обнаружение абсолютного движения Земли в абсолютном пространстве (эфире)". [110]

Эксперименты, подобные экспериментам Торра-Колена, провел позднее ДеВитт:

"В течение 1991 г. Роланд ДеВитт выполнил самый обширный эксперимент по анизотропии движения РЧ-сигнала в коаксиальном кабеле, накопив данные за 178 дней. … Эксперименты Миллера и ДеВитта будут в конечном счете признаны как два из самых существенных экспериментов в физике, ибо, использовав различные экспериментальные методы, они независимо обнаружили по существу одинаковую скорость абсолютного движения". [44]

В них, как отмечено, получены выводы:

"ДеВитт распознал, что эти данные были свидетельством абсолютного движения… Данные ДеВитта проанализированы … и получены предполагаемые … скорость 430 км/сек". [44]

Экспериментальные установки Торра-Колена, ДеВитта, являются однокоординатными измерителями скорости, как и прибор Маринова. Но они достаточно сложны в исполнении, поэтому повторить эти эксперименты может далеко не каждый. Установка жестко привязана к Земле, поэтому измерение скоростей в различных произвольных направлениях имеет большие практические сложности. Можно лишь фиксировать направление измерительной оси установки по расположению планеты в пространстве в различные периоды её движения по орбите.

17.6 Эксперимент Штыркова

Эксперименты Е.И.Штыркова со спутником Земли в 1997 – 2000 годах [111, 112, с.361] всерьёз до сих пор практически не обсуждаются, ссылок на них в интернете немного:

"Однако недавно во время слежения за поведением спутника на геостационарной орбите равномерное движение Земли было экспериментально обнаружено без привлечения астрономических наблюдений за звезда-

ми. Было доказано, что движение Земли проявляется в аберрации электромагнитных волн (эффект первого порядка), распространяющихся от источника излучения, который фиксирован относительно приемника и самой Земли, что и позволило непосредственно измерить параметры ее движения.

Источник находился на геостационарном спутнике, а приемник в антенне наземного радиотелескопа. В такой ситуации, когда спутник неподвижно "висит" над Землей, относительная скорость источника и приемника равна нулю и их координаты (геоцентрическая долгота и широта спутника, а также геодезические координаты телескопа) остаются постоянными в течение долгого времени, т.е. источник и приемник принадлежат одной и той же системе координат (системе Земли)". [112, с.361]

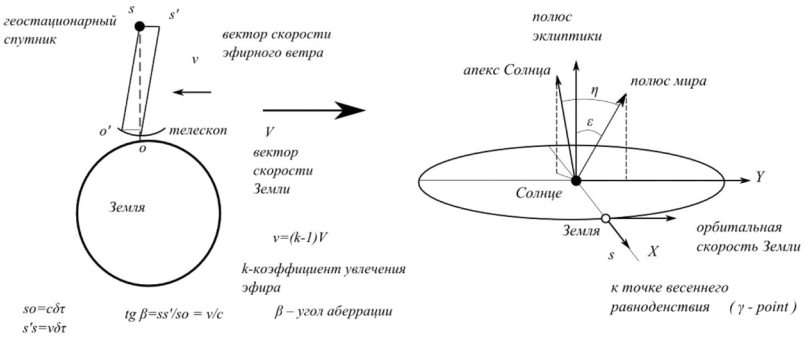


Рис.17.2. Экспериментальная установка Е.И.Штыркова с геостационарным спутником Земли.

В опубликованных работах Штыркова подробно описаны схемы, процедуры расчета и все условия проведения эксперимента (рис.17.2). При анализе экспериментальных данных автором были получены выводы о наличии эфирного ветра:

"В результате этого эксперимента наблюдалось практически полное совпадение полученного среднегодового значения скорости эфирного ветра (29,4 км/с) с известной из астрономических наблюдений орбитальной скоростью Земли (29,765 км/с). Этого было вполне достаточно для сделанного заключения о том, что движение Земли действительно может оказывать свое влияние на результат эксперимента, выполняемого на ней, а составляющая ее движения при этом может быть выделена в явлении первого порядка по отношению скорости Земли к скорости света. Такой экспериментальный результат противоречит положению специальной теории относительности о том, что все результаты любых экспериментов, проводимых на Земле с использованием различных эффектов, не зависят от движения Земли. Это и может служить основанием для пересмотра

утверждения специальной теории относительности о независимости скорости света от движения наблюдателя". [112, с.362]

И вновь, в полном согласии с выводами Маринова об ошибочности одного из важных утверждений специальной теории относительности, Штырков делает свой вывод:

"Совпадение параметров движения Земли, измеренных в данном эксперименте, со значениями, принятыми в наблюдательной астрономии, подтверждает достоверность полученных результатов и позволяет сделать вывод о том, что скорость равномерно движущейся системы координат (в нашем случае Земли) может быть реально измерена устройством, в котором источник излучения и приемник находятся в покое как относительно друг друга, так и самой системы координат. Этот экспериментальный факт является основанием для пересмотра утверждения специальной теории относительности о независимости скорости света, измеряемой в движущейся системе координат, от движения этой системы". [112, с.372]

Особенностью экспериментальной установки Е.Штыркова является то, что она не только жестко привязана к Земле, но и имеет ограниченные места расположения. Эта особенность не позволяет произвольно ориентировать установку в пространстве, чтобы измерить все возможные значения скоростей Земли в нём. Однако степень совпадения полученного результата с другими источниками настолько высока, что выводы из эксперимента просто невозможно оставить без внимания. Тем не менее, результаты экспериментов были подвергнуты критике:

"…дискуссионная статья Е.И.Штыркова "Измерение параметров движения Земли и Солнечной системы", опубликованная в "Вестнике КРАУНЦ", ошибочна, а скорость равномерно движущейся лабораторной системы отсчета не может быть измерена с помощью аберрации света. Аберрация света относится к ненаблюдаемым величинам. С помощью аберрации света можно измерить только относительное изменение скорости движения лабораторной системы отсчета относительно эфира (звезд), но не абсолютную скорость. Однако это не является основанием для пересмотра утверждения специальной теории относительности о независимости скорости света от движения наблюдателя" [52].

Доводы, выкладки и заключение оппонента, несомненно, заслуживают пристального внимания, тем более что все необходимые данные для этого в работах Штыркова имеются:

"А работа в том виде, в каком она представлена, ошибочна, и для правильной интерпретации полученных результатов необходимо сделать перерасчет" [52]

Отметим важное, на наш взгляд, утверждение оппонента в отношении этих опытов о возможности измерить "только относительное изменение скорости". Возможно, разногласия возникли из-за толкования понятия "аберрация". Аберрация света – кажущееся отклонение небесных светил от

их истинного положения на небесном своде, вызванное относительным движением светила и наблюдателя. В опытах Штыркова Земля и спутник неподвижны друг относительно друга:

"доказано, что скорость равномерно движущейся лабораторной системы координат (в нашем случае Земли) реально может быть измерена при помощи устройства, в котором *источник излучения и приемник находятся в состоянии покоя относительно друг друга и этой же системы координат*". [112, с.358]

Очевидно, что возникающий при этом эффект лишь проявляется, как аберрация, которая вызвана эфирным ветром.

Экспериментальная установка Штыркова однокоординатная и составляет с планетой единый комплекс. Поэтому выбрать произвольное направление измерения невозможно, нужно фиксировать фактическое положение "прибора" в пространстве. В процессе движения Земли результирующий вектор скорости в направлении измерительной оси "прибора" в пространстве постоянно изменяется. Следовало бы ожидать, что среди значений измеренных скоростей должно было оказаться и значение скорости порядка 200 км/сек. В работах Штыркова найти указаний на такую скорость не удалось.

17.7 Опыт Галаева

В предисловии редактора к работе отмечено [30]:

"... работа харьковского ученого Ю.М.Галаева и его группы представляет собой особую ценность, ибо она вновь подтверждает наличие на Земле эфирного ветра.

... разработана оригинальная методика измерения эфирного ветра в радиодиапазоне фазовым способом путём сопоставления фаз двух лучей, идущих разными путями, использующая градиент скорости эфирного ветра над поверхностью Земли, что является экспериментом первого порядка (ранее считалось, что этого сделать нельзя принципиально).... Итогом этой большой работы является подтверждение существования эфирного ветра в мировом пространстве со всеми вытекающими отсюда выводами".

В статье установка описана следующим образом [29]:

"При реализации метода использована приземная радиолиния прямой видимости со встречным распространением радиоволн миллиметрового диапазона. В этом случае основным механизмом формирования полей в пунктах приёма является интерференция прямых волн и волн, отраженных от земной поверхности, т.е. волн, которые распространялись на разных высотах от земли".

"Радиолиния представляет собой радиоинтерферометр, который благодаря суточному вращению Земли поворачивается в потоке эфира. Для

наблюдения интерференционных волн применён способ измерения характеристик радиотрактов".

"Измерения проведены в приземной радиолинии прямой видимости протяженностью 13 км".

"... точки А и В - конечные приемопередающие пункты. Пункт А находился на северной окраине г.Харькова, пункт В - в с.Русские Тишки. Антенна пункта А находилась на высоте 30 м от поверхности земли, а антенна пункта В на высоте 12 м".

"Конечные пункты радиолинии были оснащены идентичными комплектами приемопередающей и регистрирующей аппаратуры".

Эксперименты проводились круглосуточно (с техническими паузами) на протяжении 5 месяцев с сентября 1998 г. по январь 1999 г. с общим временем непрерывных измерений 1288 часов. Выполненные оценки показали, что в Харькове скорость эфирного ветра достигает значения Wk ~ 1414 м/с. На основании полученных результатов авторы пришли, в частности, к заключению, что было обнаружено относительное движение Земли и среды распространения радиоволн, а результаты работы могут рассматриваться как экспериментальное подтверждение гипотезы о существовании в природе такой материальной среды, как эфир.

Основные результаты работ Галаева приведены в сборнике статей "Эфирный ветер" под редакцией В.А.Ацюковского [122]. В частности, утверждается, что:

- экспериментально показана зависимость скорости эфирного ветра от высоты над земной поверхностью, которая в диапазоне высот от 1,6 м до 1830 м растёт от 200 м/с до 10000 м/с;

- итоги экспериментов первого порядка, полученные в диапазонах радио и оптических волн, могут рассматриваться как экспериментальное подтверждение представлений о существовании в природе эфира – материальной среды, ответственной, в частности, за распространение электромагнитных волн.

Обращаем внимание, что автор использовал интерференционный метод, который, как признал Ацюковский, не позволяет определить абсолютное движение, но якобы показал. Однако, в экспериментах Галаева не произведено сопоставление результатов ни по орбитальной скорости Земли, ни по скорости солнечной системы в пространстве. Хотя результаты и трактуются как свидетельства в пользу наличия эфира, но это, собственно говоря, какой-то другой эфир, не эфир Маринова. В опытах Маринова эфир не увлекается Землёй, а в опытах Галаева, видимо, увлекается. Поэтому нужны дополнительные перерасчеты, преобразования, которые могли бы показать взаимосвязь этих моделей эфиров. Формально же опыты Галаева противоречат опытам Маринова, Штыркова и других. Неясно, как можно использовать результаты Галаева для опровержения утверждения СТО о невозможности определения скорости инерциально движущейся

системы физическим экспериментом, проведенным в ней самой. Более похоже на то, что они его подтверждают.

17.8 Опыт Краснова

Автор рассматривает справедливость принципа относительности на эффекте, лежащем в основе явления аберрации, то есть смещении центра окуляра относительно луча, при движении телескопа в перпендикулярном направлении к лучу света [50]. Особенностью эксперимента является то, что автор замеряет не угол, на который необходимо наклонить телескоп, чтобы луч попал в центр окуляра, как это делал Бредли при определении скорости света, а величину смещения окуляра относительно луча в двух противоположных положениях телескопа. Для этого он сначала фиксировал точку положения луча на окуляре, после чего поворачивал телескоп вокруг оси на 180° и фиксировал вторую точку положения луча. Измерив расстояние между двумя точками, зная расстояние от источника до шкалы отсчета, автор вычислял скорость движения прибора (системы) в пространстве.

Целью опыта было зафиксировать орбитальное движение Земли, находясь в закрытом помещении. Измерения проводились два раза в сутки – в полдень, когда луч света распространялся по направлению к солнцу, и в полночь, когда прибор вместе с Землей поворачивался на 180 градусов и луч света распространялся в противоположном направлении (в обоих случаях перпендикулярно движению Земли):

"Для практической проверка данного способа, позволяющего непосредственно измерять расстояние, на которое смещается в пространстве инерциальная система и по величине этого смещения вычислять скорость ее движения, был собран прибор (фиг.6), состоящий из двух отражающих поверхностей 1 и 2, источника света 3, шкалы отсчета 4.

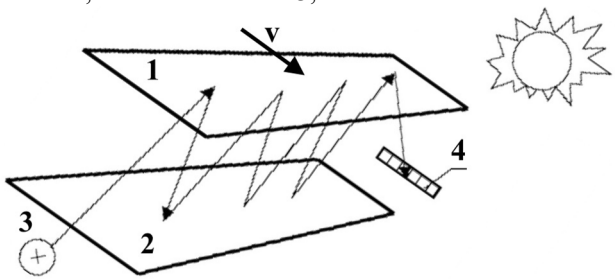


Рис.17.3. Экспериментальная установка Краснова [50, фиг.6]

"Целью опыта было – находясь в закрытом помещении зафиксировать орбитальное движение Земли. Измерения проводились два раза в сутки – в полдень, когда луч света распространялся по направлению к солнцу, и в

полночь, когда прибор вместе с Землей поворачивался на 180 градусов и луч света распространялся в противоположном направлении (в обоих случаях перпендикулярно движению Земли)" [50].

Автор утверждает, что было зафиксировано движение прибора (инерциальной системы) относительно луча:

"Было зафиксировано движение прибора (инерциальной системы) относительно луча. И так, рассмотрен опыт с четкой и понятной методикой, позволяющий наблюдателю, находящемуся в закрытой кабине, определять, движется она прямолинейно и равномерно или находится в состоянии покоя" [50].

На основе наблюдений автор приходит к выводу:

"Совершенно очевидно, описанный способ позволяет определять абсолютное движение тел. Это подтверждается опытом (проведенная практическая проверка, а также наблюдения Бредли)". [50]

Заметим, что ссылка на наблюдения Бредли вряд ли уместна, ведь аберрационные наблюдения Брэдли показали движение Земли относительно источника света, звёзд, а не относительно абсолютного пространства. Для обоснования вывода из, несомненно, интересного и перспективного опыта, очевидно, следовало предоставить более подробное описание проведённой проверки, протокол, конкретные числовые результаты определения абсолютного движения. Из переписки с автором выяснилось, что работы в этом направлении он больше не проводит, а интересующие данные не сохранились. Из описания следует лишь гипотеза, что эксперимент действительно должен фиксировать "сдувание" светового луча эфирным ветром, факт получения объявленных результатов остаётся под вопросом.

17.9 Эксперимент Ацюковского

Эксперимент по исследованию галактического эфирного ветра проведен в НИИ авиационного оборудования в г. Жуковском Московской области в период с 1990 по 2000 годы [122, с.377]. Отмечено, что сделаны лишь предварительные выводы, которые могут быть использованы при дальнейших исследованиях эфирного ветра методами значительно более простыми, чем те, которыми располагали Майкельсон и его последователи.

Названо ошибкой ранних исследований рассмотрение эфира как идеальной жидкости, не имеющей вязкости, и без какого бы то ни было торможения проникающей во все виды вещества. В основу измерений эфирного ветра нужно было положить представление об эфире как о газоподобной среде, подчиняющейся всем известным законам обычного реального, т.е. вязкого и сжимаемого газа.

Целью эксперимента было подтверждение существования в природе эфирного ветра и подтверждение возможности его измерения не интерферометрическим способом первого порядка.

В качестве измерительного инструмента был выбран обычный лазер. Эфирные потоки, обдувая лазерный луч, будут его искривлять подобно тому, как обычный ветер искривляет консольно закрепленную балку, и отклонение луча будет пропорционально квадрату его длины. Схема установки показана на рисунке 17.4. Отклонение пятна лазерного луча от его невозмущенного положения фиксируется двумя парами фотосопротивлений, включенных соответственно в две мостовые электронные схемы. Одна пара фотосопротивлений расположена горизонтально и фиксирует отклонение луча в горизонтальной плоскости, вторая пара расположена вертикально и фиксирует отклонение луча в вертикальной плоскости.

В эксперименте использовалась оптическая скамья, длиной 1,2 м, шириной 15 см и толщиной 8 см, выполненная из искусственного гранита. Скамья размещалась на двух подушках, положенных на два стула, чем предотвращалось влияние возможных вибраций. В помещении поддерживалась постоянная температура.

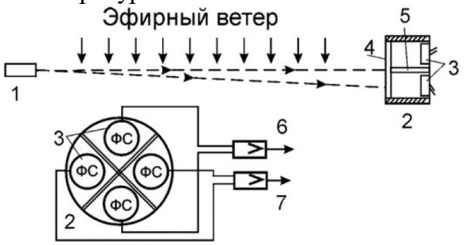


Рис.17.4. Схема измерения скорости эфирного ветра с помощью лазерного луча: 1 — лазер; 2 — детектор; 3 — фотосопротивления; 4 — матовое стекло; 5 — непрозрачная перегородка; 6, 7 — усилители сигнала отклонения луча.

В установке использовался газовый лазер ЛГ–65, в детекторе фотосопротивления типа ФС–1, размещенные крестообразно. Перед фотосопротивлениями было помещено матовое стекло для обеспечения рассеивания света, и весь детектор размещен в зачерненной изнутри алюминиевой трубке длиной 15 см для предотвращения внешней засветки. Общая длина лазерного луча составляла 7 м благодаря использованию многократного отражения луча от зеркал с поверхностным отражением. Запись производилась на стандартный промышленный самописец с бумажной лентой.

Автору не удалось провести систематические исследования скорости эфирного ветра и оценить его величину. Тем не менее, суточные отклонения лазерного луча имели место, следовательно, можно считать подтвержденной возможность использования физического эффекта отклонения лазерного луча под воздействием эфирных потоков.

Добавим, что ниже рассмотрена конструкция экспериментальной установки, во многом совпадающей с конструкцией Ацюковского

(18.1 Галактический панорамный спидометр) с использованием светочувствительной матрицы.

17.10 Опыт Довженко

Описание установки А.Довженко по проверке принципа относительности Эйнштейна можно найти в его статье на сайте STL [37] (начало цитаты):

"Схема опыта весьма проста – луч света (от любого источника на вращающейся платформе), направляется ВДОЛЬ движения Земли и фиксируется место его попадания. Затем платформа поворачивается на 90° и выясняется, – насколько сместилась точка его попадания в "мишень".

Поскольку скорость Земли в 10 000 раз меньше скорости света, то смещение точки попадания луча будет во столько же раз меньше длины хода луча. И, собственно, все! Ясно, что длину хода луча желательно выбирать большую, чтобы смещение было заметнее. В моем опыте источником света стал "лазер" от учебной указки, способный давать четкое пятно на удалении около 100 м.

Здесь и далее "лазер", который оказался всего – лишь бескорпусным светодиодом и линзой перед ним. От лазера у него только монохроматический красный свет, не более того. Поворотной платформы такой длины у меня не было, но нашелся подходящий школьный коридор, ориентированный с востока на запад, по земной параллели" (конец цитаты).

Схематично установка по приведённым описаниям имеет вид, подобный изображенному на рис.18.1. Установка является двухкоординатным измерителем скорости в абсолютном пространстве. Однако "сканирование" всех возможных направлений привязано к суточному движению Земли. То есть, за сутки измерительная плоскость "установки" производит один оборот вокруг оси, параллельной оси вращения Земли. Ось вращения Земли была параллельна плоскости мишени (и её оси x0), поэтому на мишени должны были отразиться все возможные значения её скорости в абсолютном пространстве. К сожалению, качество исполнения "установки" низкое, поэтому получить наглядные показания практически невозможно. Сам автор признаёт это (начало цитаты [37]):

"Поэтому моя просьба ко всем, кто найдет время и возможность вытащить в коридор лазер и повторить мой опыт – сделайте это под протокол, т. е. документально. Может со временем количество этих опытов перейдет в качество"

"Опыт проводился в г. Омске в середине августа месяца 2006 года, поэтому ровно в полдень, когда Солнце светит с юга, сама Земля летит почти точно с востока на запад. Именно в это время был включен "лазер" и зафиксировано место попадания его пятна.

Через 6 часов Земля повернулась на положенные 90°, и пришло время проверить величину смещения пятна света. Поскольку замеренная длина коридора равнялась 60 м, то ожидалась линейная величина смещения в 6 мм. Что и подтвердилось вполне! Далее, по прошествии ещё 6 часов, пятно вернулось в первоначальное положение. Ещё далее, ещё 6 часов, пятно двигалось в направлении, противоположном первому, после чего к концу суток снова вернулось на "нейтральное" место!

"Лазер" был весьма жестко закреплен на кафельном полу, "мишень" также крепко приклеена к стене коридора, управление "лазером" (вкл. – выкл.) удлинено проводами и вынесено подальше от него, чтобы исключить механические воздействия. В продолжение опыта посторонние люди отсутствовали, так что чистота опыта была соблюдена вполне. Ход луча был с запада на восток, но это только по чисто техническим причинам – так был расположен лестничный марш.

Осталось уточнить, что от "нейтрального положения" пятно света смещалось по вертикали – ведь в этой плоскости происходило вращение Земли относительно расположения здания, с этим согласится любой из тех, кто понял суть опыта.

Ясно, что выявилась скорость Земли в 30км/сек" (конец цитаты).

Результат эксперимента Довженко с лазерной указкой представляет собой (рис.17.6) один тетрадный лист с нанесёнными на него вручную "контурами" лазерного луча (красное пятно, показывающее пятно от лазерного луча, здесь добавлено для большей наглядности).

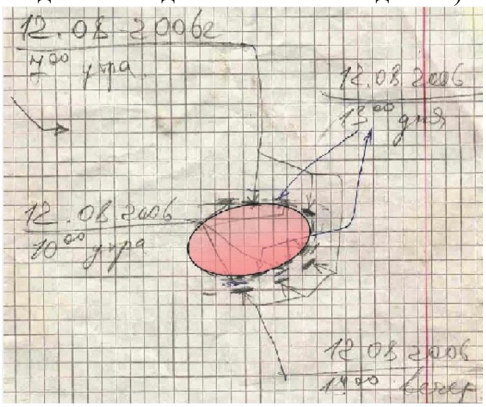


Рис.17.6. Тетрадный лист с результатами замеров (карандашные пометки) эксперимента Довженко с лазерной указкой летом 2006 года.

Позднее Довженко провёл ещё один эксперимент, результаты которого он предоставить не смог (начало цитаты [37]):

"Опыт требовал контрольной проверки на предмет отсутствия температурных сдвигов частей здания, для чего (уже в другой школе), вполне

подошел коридор, ориентированный с севера на юг. Логика говорила о том, что теперь пятно от "лазера" за те же сутки станет двигаться по эллипсу. Смещение вдоль его малой оси должно зависеть еще и от угла наклона Земной оси к плоскости её орбиты, а величина длинной оси эллипса зависит только от скорости Земли и от длины хода луча "лазера". Смещения ожидались меньшие, чем в первом опыте, поскольку здесь длина коридора была только 45 метров, да и Земля двигалась несколько в ином направлении (прошел месяц от первого опыта и был уже сентябрь). Здесь луч имел ход с севера на юг и тоже по чисто техническим причинам.

В полном соответствии с ожиданиями – пятно от "лазера" двигалось по эллипсу! Удивительным оказалось то, что величина смещения превысила ожидания и весьма значительно. Конечно, оба варианта опыта были лишь качественными, их целью было только выявить само смещение и проверить соответствие его величины теоретическим предположениям. Точные замеры величины сдвигов пятна света требуют применения более мощных лазеров и прочего, но это уже не принципиально, поскольку эффект выявляется даже таким примитивным "оборудованием".

Между тем, второй вариант опыта позволяет выдвинуть предположение, что в нем удалось отчасти выявить и движение Земли (и всей Солнечной системы), по отношению к центру нашей Галактики – Млечный Путь. Это так, поскольку большее смещение пятна указывает на выявление скорости, величина которой превышает 30 км/сек". (конец цитаты).

Тем не менее, основываясь лишь на этом неубедительном листке тетради, автор делает решительные и далеко идущие выводы:

"Теперь о некоторых выводах и следствиях из этого опыта:

4. Ликвидируется понятие Инвариантности скорости света, ибо оно родилось из "факта" невозможности прежде в закрытом эксперименте выявить скорость Земли, или "эфирный ветер"". [37]

17.11 Эксперименты Приставко

Свои эксперименты по проверке принципа относительности автор снял на видеокамеру и выложил в интернете. Затем он попытался обсудить свои идеи на нескольких форумах. Опыты настолько же эффектные и наглядные, насколько и ненадежные [74, 75, 77]. Однако на форумах они были подвергнуты уничтожающей критике с формулировкой вида "этого не может быть" [79, 80]. По разрозненным описаниям из имеющихся ссылок [70 - 80] можно составить схему экспериментальной установки:

"Источник и мишень расположены на брусе 150х150 и расстояние между ними 6 метров. Перемещение луча света по оси ОУ".

В наших целях, для сопоставимости с другими описаниями мы чуть изменим на рисунке назначения осей координат, совместив ось распространения луча с осью 0Z.

"Источник и мишень расположены на брусе 150х150х6000 мм. Брус установлен на бочку, точнее между брусом и бочкой расположен лист фанеры".

"Схема установки проста: на брус 150х150х6000 мм с помощью металлических уголков толщиной 2 мм крепятся источник света, мишень и регистрирующее устройство. Эта конструкция устанавливается на металлическую бочку накрытую листом фанеры. На фанеру кладётся поворотный диск, а на него балка с приборами. Включаются источник света и прогревается 30 минут. Включается регистрирующее устройство и начинается поворот установки на 360 градусов. Потом диск меняется на кусок бруса, и балка изменяет положение по вертикали. Координатная сетка на мишени имеет шаг 1 мм".

Как и установка Довженко, установка Приставко может быть представлена рисунком 18.1. Как и следовало ожидать, на форумах при обсуждении своих экспериментов Приставко не нашёл сторонников, а встретил критику в весьма резких тонах:

"Ну да, так же как Вам до здравого смысла. Разберитесь в начале с теорией, рассчитайте установку, покажите результаты теоретические, а затем из опыта. Тогда можно разговаривать. А так беспредметный разговор. Желаю успеха!"

"А вот мне интересно, раздел "Дискуссионные темы" действительно должен являться площадкой для публикации всевозможными неадекватами своего бреда, вызванного непониманием стандартных вопросов?"

"В пургаторий, ввиду полного неприятия автором здравой критики"

"А у Вас - деревянная дура со скрежетом и толчками вращается на бочке. Фи! Ничего, кроме мусора, Вы не наблюдали и нам не показали".

"Наиболее вероятная причина "данных" в первом эксперименте - недостаточная жесткость конструкции. Во втором - нагрев источника при работе".

"По-моему, уровень "ниспровергателей СТО" катастрофически падает. Раньше они хоть пытались объяснить опыт Майкельсона на основании классической механики. Сейчас они "меряют" сами не зная что и объявляют это опровержением СТО".

"Вы пробовали оценить, например, эффекты связанные с температурным расширением (источник ведь работает неприрывно продолжительное время)? Небольшой перекос в источнике за счет этого - и вы имеете сдвиги в сантиметрах за счет расстояния до мишени".

"Мой друг использовал вэб-камеру луч был в трубе, иначе его "сдувало" труба подвешивалась вертикально. Что- то померять можно было только ночью, про проходе поезда в километре от того места все плясало".

Посмотрим, что же всё-таки "намерил" Приставко на своей установке.

Фильм, который условно назовём "19 июля", показывает вращение установки в горизонтальной плоскости на 360 градусов. В этом опыте ав-

тор зарегистрировал многократные отклонения луча лазера от первоначального положения при повороте установки. С небольшими вариациями видеокадры крайних положений установки имеют следующий вид. Исходное (первоначальное) положение луча и максимальное отклонение луча от исходного (первоначального) положения при повороте установки (предположительно) на 90 градусов:

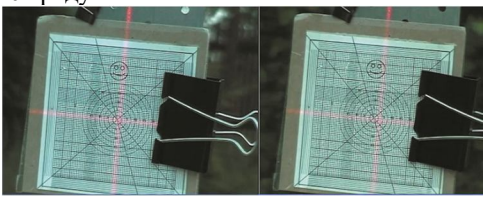


Рис.17.8. Кадры из видеоклипа Приставко в эксперименте с поворотом платформы вокруг вертикальной оси. Кадры отобраны "на глазок", по их номерам. Считаем, что они соответствуют двум положениям балки, отстоящим друг от друга на 90 градусов.

При повороте установки в вертикальной плоскости также зафиксировано отклонение. В фильме, который условно назовём "19 июля по вертикали", производилось вращение установки в вертикальной плоскости до положений "мишень снизу" и "мишень сверху" (в среднем, горизонтальном положении балки луч совпадает с центром мишени).

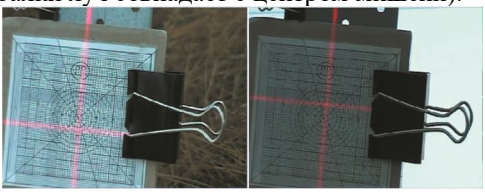


Рис.17.9. Кадры из видеоклипа Приставко в эксперименте с поворотом платформы вокруг горизонтальной оси. Кадры отобраны "на глазок", по их крайним положениям (максимальным отклонениям) вверху и внизу.

Отдельно стоящим экспериментом является опыт с "длинным" лучом лазера (около 32 метров), который сведён к двум фотокадрам в две различные даты (рис.17.10). На фотографии видно, как за указанный интервал времени между двумя измерениями, пятно от луча лазера сместилось на мишени. Фотокадры у автора имеют названия: "Начало наблюдений 7 мая в 11 часов 45 минут" и "Последнее измерение 20 мая 12 часов 42 минуты".

Установка Приставко, как и установка Довженко, является "панорамной". Это значит, что она регистрирует вектор скорости во всех направлениях. Однако в видеофильмах установка не привязана к определённому пространственному направлению, и по имеющимся видеокадрам невозможно определить точку в Галактическом пространстве, куда эта скорость

направлена. Тем не менее, мы можем достаточно определённо выяснить скалярную величину этой скорости. По опубликованным клипам Приставко можно получить несколько значений этой скорости и сравнить их с известными значениями.

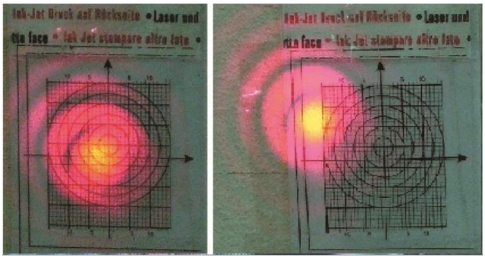


Рис.17.10. Фотоснимки В.Приставко в эксперименте с неподвижным лазером и мишенью, расположенными на расстоянии ок.32 м друг от друга. Кадры получены 7 мая и 20 мая.

Поскольку прибор Приставко является панорамным, он отражает все значения абсолютной скорости точки расположения прибора в пределах одного цикла (оборота). Очевидно, что только одно значение является максимальным – это значение в направлении вектора скорости. Если провести линию, соединяющую центр исходного положения луча лазера с его центром в положении максимального отклонения, можно получить линию (вектор), вдоль которой движется точка размещения установки, и в пределах доступной точности измерения определить её абсолютную скорость. Отклонение луча лазера на видеокадрах составляет в среднем около 3-4 мм при вращении прибора в горизонтальной плоскости. Отношение смещения пятна к длине луча (около 6 метров) составляет 1500-2000. Из этого получаем абсолютную скорость порядка 150-200 км/сек. Это значение приблизительно совпадает с известными скоростями движения точки на поверхности Земли в галактическом пространстве. Известно, что скорость любой точки на поверхности Земли имеет три составляющие: скорость вдоль поверхности Земли за счет суточного вращения, орбитальную скорость Земли и скорость солнечной системы в галактическом пространстве. Последняя из этих скоростей по разным данным имеет значение в пределах 200 - 600 км/сек. Поскольку установка Приставко панорамная, она в обязательном порядке должна была зафиксировать максимальное значение результирующей скорости движения, то есть её значение должно было быть близко к 600 – 200 км/сек.

Измерения скорости при вращении установки в вертикальной плоскости дают другие значения. Поскольку установка одна и та же, значения скоростей должны быть близкими. Тем не менее, во втором случае отклонение (размах) составило около 13 мм, что соответствует скорости 650 км/сек. Можно предположить, что завышенное значение скорости (по от-

ношению к первому измерению) вызвано влиянием прогиба балки. Когда лазер с источником питания оказываются внизу (мишень на фоне неба), то, вследствие их консольного закрепления, луч лазера "задирается" вверх (над балкой), что даёт дополнительное отклонение к верхнему краю мишени. Наоборот, когда мишень внизу, а лазер сверху, луч лазера "пригибается" к балке, что даёт дополнительное отклонение уже к нижнему краю мишени. Как видим, получен 3-4-х кратный разброс двух видов измерений, что не входит ни в какие допустимые рамки точности.

В третьем измерении (32-х метровый замер) зафиксировано отклонение приблизительно 16 мм, что соответствует абсолютной скорости 150 км/сек. Насколько результаты опытов Приставко достоверны, можно предположить, рассматривая известные данные, полученные из других доступных источников в интернете:

"Солнце (и Солнечная система) движется со скоростью 20 км/с в направлении к границе созвездий Лиры и Геркулеса. Это объясняется местным движением внутри ближайших звезд. Эта точка называется апексом движения Солнца".

"Солнце движется к АПЕКСУ – приблизительно к звезде ВЕГА со скоростью 20 км\сек. Сближаемся с Вегой со скоростью 14 км\сек, т.к. она тоже движется"

"Солнечная система участвует во вращении вокруг центра Галактики со скоростью около 220 км/с. Это движение происходит в направлении созвездия Лебедя".

Приставко получил результаты в трёх разнотипных экспериментах: вращение установки вокруг вертикальной оси; вращение установки вокруг горизонтальной оси; измерение отклонения на дистанции 32 метра. Первые два эксперимента дали несогласующиеся результаты: величины полученных скоростей в них различаются в несколько раз. Такой разброс экспериментальных результатов слишком велик для того, чтобы сделать хоть какое-то заключение на их основе об абсолютной скорости Земли (вернее, точки на её поверхности, в которой размещена измерительная установка Приставко), и определить направление движения.

Результаты третьего эксперимента получены 7 мая в 11 часов 45 минут и 20 мая 12 часов 42 минуты. Как видим, даты достаточно близки, следовательно, положение Земли на орбите изменилось не сильно. Кроме того, время практически совпадает, значит, векторы скорости в двух измерениях имеют близкие направления (почти коллинеарны). Поэтому такая большая разница в отклонениях (смещениях на мишени) лазерного луча является очевидной ошибкой.

17.12 Заключение

Можно оспаривать, отвергать или замалчивать результаты Маринова, Торра-Колена, Штыркова, Довженко, Приставко и других. Однако более правильным является продолжение их работ, тщательная их проверка, повторные, многократные эксперименты. Отсутствие настойчивости в этом вопросе, пожалуй, главная ошибка основной массы противников СТО. Изобретение всё новых и новых *мысленных* опровержений *математики* СТО бесперспективно. Только реализация экспериментальной методологии Маринова может дать окончательный ответ. Должен быть чётко сформулирован и экспериментально доказан тезис: существует способ определить абсолютное движение ИСО. То есть, абсолютное движение и АСО существуют, а все ИСО не равноправны, принцип относительности неверен. Следом сразу же будет поставлен под сомнение принцип эквивалентности: всегда можно определить характер сил инерции – гравитационные они или инерционные. Эти утверждения несовместимы с релятивизмом, а их истинность делает ошибочной главную концепцию СТО – инвариантность скорости света. Вместе с тем и среди сторонников эфирных концепций просматриваются разногласия (увлекаемый эфир Миллера и неувлекаемый эфир Маринова), что серьёзно подрывает их позиции. Кстати…

"…мы не можем в теоретической физике обойтись без эфира, т.е. без континуума, наделенного физическими свойствами, ибо общая теория относительности, основных идей которой физики, вероятно, будут придерживаться всегда исключает непосредственное дальнодействие; каждая же теория близкодействия предполагает наличие непрерывных полей, а следовательно, существование эфира" (1924). [115]

18. Проверка второго постулата СТО

Можно уверенно заявить, что математика специальной теории относительности принципиально неопровержима никакими мысленными экспериментами. Последняя возможность противников релятивизма - это попытаться показать несоответствие математической теории СТО реальному физическому миру. Существует квантовая нелокальность, которая требует наличия сверхсветового агента – тахиона, квантино. Сверхсветовая информация отвергает инвариантность скорости света и позволяет показать в реальном физическом эксперименте синхронность хода часов во всех ИСО, отвергая тем самым второй постулат СТО. Следовательно, нужно ожидать и других экспериментов, которые прямо покажут неинвариантность скорости света. Далее мы рассмотрим один из возможных экспериментов, опровергающих второй постулат.

Главными проблемами подобных экспериментов являются ничем не подкрепленный скепсис и, с другой стороны, грубо выполненные измере-

ния. Это изготовленная "на коленке" установка, отсутствие массива результатов измерений, проведенных в разное время и в разных местах, протоколов, документации, слабый анализ этих результатов и тому подобное. Наконец, скудная информация о результатах. Опыты Маринова хоть както упоминаются в интернете, а опыты Довженко, Штыркова, Приставко известны лишь малому кругу людей. На этом пути мнение Маринова о возможности физическим экспериментом в ИСО установить её скорость является наиболее удобным для проверки специальной теории относительности, поэтому её критикам следует обратить на него самое пристальное внимание.

Если удастся определить состояние движения изнутри ИСО, то это утверждение и, автоматически, все другие положения СТО становятся в физическом мире ошибочными. Такое движение, очевидно, может быть только абсолютным, оно явно подтверждает наличие абсолютной системы отсчёта, которая сама по себе (очевидно) неподвижна. Возможность определения движения из ИСО ставит под удар другой важный принцип релятивизма – принцип эквивалентности. Определить природу инерционных сил становится возможным – то ли это гравитационные силы, то ли это силы, вызванные ускоренным движением системы отсчёта. Таким образом, в попытках опровергнуть СТО есть только один действенный путь: показать её несоответствие реальному миру, показать, что принцип постоянства скорости света (принцип относительности) неверен, что можно определить состояние движения ИСО изнутри.

Опыты эти - единственное эффективное направление в деле проверки соответствия математики СТО физическому миру. При этом имеющиеся в наши дни технические средства позволяют сконструировать компактную установку для такой проверки.

Рис.18.1. Схема галактического панорамного спидометра. Лазер и матрица жестко закреплены на платформе, которая закрыта кожухом для защиты от влияния внешней среды.

Назовём такой прибор галактическим панорамным спидометром (ГПС). Название отражает тот факт, что результатом измерений этим прибором является его вектор скорости в абсолютном галактическом пространстве. По сложившейся традиции исследуемый прибором параметр будем называть "эфирным ветром". Вектор v скорости эфирного ветра, очевидно, направлен противоположно вектору скорости движущейся системы. Прибор (измеритель) представляет собой платформу длиной 1 метр (здесь и далее все размеры и характеристики ориентировочные), на одном

конце которой закреплен лазер, а на другом – светочувствительная матрица WEB-камеры (без входной оптики). Луч от лазера фокусируется на матрице, для чего он должен быть достаточно острым, чтобы пятно на поверхности матрицы было максимально контрастным. Вся система помещается в короб для защиты от постороннего света, движения воздуха и т.п. Отметим, что данная конструкция практически тождественна конструкции Ацюковского (17.9 Эксперимент Ацюковского), отличаясь от неё лишь технологией реализации, конструкцией датчиков, а также совпадает с конструкциями установок Довженко и Приставко, отличаясь от них размерами и видом основания (пол коридора, балка).

Назовём *измерительной плоскостью* прибора плоскость мишени x0y, то есть плоскость матрицы, экрана, на который попадает, проецируется луч w лазера. Этот луч может попасть в любую точку мишени в зависимости от направления эфирного ветра (направления движения в эфире), поэтому прибор является панорамным, круговым. Линию z0, проходящую через центры мишени и лазера, назовём *главной осью прибора*. Горизонтальную ось x0 назовём *измерительной осью*, отклонение пятна лазерного луча по этой оси является основной целью измерения. В исходном состоянии луч лазера направлен вдоль главной оси прибора. На мишени будут отображаться в "радарном" виде все величины скоростей прибора в пространстве (эфирного ветра): при изменении направления прибора будет отклоняться и точка на матрице.

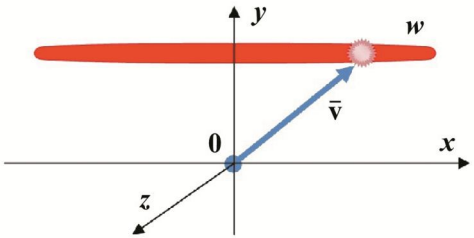


Рис.18.2. Схема движения луча при вращении платформы вокруг вертикальной оси. Пятно луча лазера w должно оставлять на мишени строго горизонтальную линию.

В процессе измерения эфирного ветра измерительную ось x0 вращаем в пространстве таким образом, чтобы получить на мишени максимальное отклонение луча по оси x0. При этом отображающиеся на мишени величины отклонений лазерного луча - отрезки от центра мишени до пятна, принимаются равными проекции скорости на плоскость мишени с точностью до постоянного множителя. При длине луча 1 метр ожидаемое максимальное его отклонение луча (половина размаха) должно ориентировочно составить:

$$x_{max} = 1000 * 200 / 300\,000 = 0{,}67 \text{ мм},$$

где:

1000 – длина луча, мм

200 – максимальная ожидаемая скорость Земли в пространстве (галактическая), км/сек

300 000 – скорость света, км/сек

Светочувствительная матрица имеет размеры 1/6" - 1/3" мм с числом пикселей 320x240, 1280x960 и более, что составляет порядка 100 точек на миллиметр и позволяет ожидать достаточно высокую точность измерений.

"Радарное" отображение рисуется (рис.18.2) на мишени лучом лазера либо в процессе вращения прибора вокруг *рабочей оси* y0 (быстрое получение траектории), либо в процессе вращения прибора вместе с Землёй (медленное получение траектории). Если вектор скорости эфирного ветра не лежит в плоскости x0z, то при полном обороте прибора вокруг рабочей оси y0 луч лазера w начертит на экране отрезок, параллельный оси x. Очевидно, что при указанных условиях вращения прибора луч не может отклоняться под углом к осям координат.

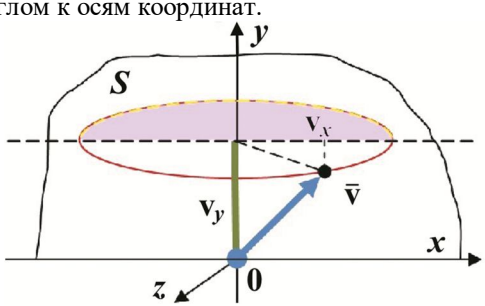


Рис.18.3. "Радарное" сканирование пространства

В процессе вращения платформы вокруг вертикальной оси конец вектора скорости v в системе отсчета платформы описывает окружность r. Проекция вектора скорости на ось вращения v_y имеет неизменное значение. Величина проекции вектора скорости v_x на ось x зависит от направления этой оси в пространстве. Траектория луча при вращении прибора вокруг оси y0 должна быть строго параллельна оси x0. Действительно, как бы ни был в пространстве направлен вектор скорости v, его проекция на ось вращения y0 будет неизменной: v_y = const. В зависимости от направления оси x0 будет изменяться только проекция вектора скорости v_x на эту ось. При вращении измерительной плоскости S (мишени) вокруг оси y0 произвольный вектор v имеет с этой осью неизменный угол, поскольку для этой оси и вектора при вращении ничего не изменяется. Следовательно, вектор v своим концом описывает окружность r в плоскости, параллельной плоскости x0z.

Целью экспериментов на основе галактического спидометра является получение следующих результатов:

1. Регистрация как факта *отклонения* лазерного луча. Этот факт можно трактовать как наличие эфирного ветра.

2. Регистрация *величин* отклонения лазерного луча. Ожидается, что максимальное из значений этих величин будет иметь значение, соответствующее скорости движения Земли в абсолютном пространстве порядка 200 км/сек.

3. Регистрация *направлений* максимального отклонений лазерного луча. Ожидается, что одно из направлений будет соответствовать направлению движения Земли (вместе с солнечной системой) в галактическом пространстве в сторону созвездия Лебедя.

Все эти результаты могут быть получены в условно "закрытом" помещении, чтобы исключить возможность получения из других источников информации о скорости и направлении движения Земли. И это будет бесспорным опровержением утверждения о невозможности физическим экспериментом в ИСО определить её скорость. Методика эксперимента для получения перечисленных результатов включает следующие этапы.

1. Констатация существования эфирного ветра. Свидетельством его наличия является отклонение луча лазера при "сканировании" галактического пространства во всех направлениях, то есть поворот измерительной оси x последовательно во всех возможных направлениях. "Увлечение" эфира считаем ошибочной гипотезой. Отсутствие отклонения луча лазера отвергает гипотезу о существовании эфирного ветра.

2. Определение полного размаха отклонения луча. Поворачивая прибор вокруг рабочей оси y0 (вертикальная ось), определяем два положения, в которых отклонения луча лазера по измерительной оси x0 максимальны. Затем поворачиваем ось x0 в среднее положение, в котором отклонение по этой оси равно нулю. Это положение означает, что вектор скорости эфирного ветра лежит точно в плоскости x0z. В этой плоскости Земля движется в абсолютном пространстве к точке, находящейся в этой же плоскости.

3. Вращаем прибор вокруг оси x0 до момента, когда лазерный луч будет направлен точно в центр координат x0y. Это означает, что вектор скорости эфирного ветра точно параллелен оси z0. В этом направлении Земля движется в абсолютном пространстве к точке, которая также находится на этой линии.

4. Теперь вращение вокруг оси y0 позволит найти наибольшее отклонение луча лазера по оси x - это и есть модуль вектора скорости эфирного ветра. Отклонение вокруг оси y0 в обратном направлении даст такой же по величине модуль вектора скорости, но с противоположным знаком. Этот удвоенный модуль пропорционален скорости эфирного ветра, которая равна скорости Земли в абсолютном пространстве. Коэффициент пропорциональности определяется конструктивными параметрами установки.

Наличие светочувствительной матрицы позволяет оснастить установку компьютером для обработки цифровой информации. При этом можно

вручную "сканировать" пространство, в реальном времени наблюдая на экране направление и значение эфирного ветра. Эту информацию можно отображать, например, в виде своеобразного компаса: вращающегося небосвода, на котором показана точка, в которую направлен вектор движения Земли. Компьютерная обработка информации позволит на общем экране вывести рядом с результатами измерений также и реальные положение и скорость прибора в космическом пространстве, полученные из других, наблюдательных источников.

В качестве измерителя вместо платформы с матрицей можно использовать длиннофокусную фотокамеру, "нацеленную" на контрастный объект или точечный источник света. Разрешение современной камеры настолько высоко, что также позволит зафиксировать смещение изображения под действием эфирного ветра.

18.1 Основания для проверки второго постулата

Возникает резонный вопрос: а зачем нужно проверять второй постулат? Разве есть сомнения в его справедливости? Понять причины сомнений в правильности СТО на заре её создания ещё как-то можно. Однако, и в наши дни, столетие спустя, когда СТО уже получила многочисленные подтверждения, не прекращаются попытки её опровержения как "мысленными", так и конкретными физическими экспериментами. Но мысленные эксперименты всегда оказываются ошибочными, и практически все корректные физические экспериментов неизменно показывают правильность СТО. Так нужно ли вообще пытаться искать ошибки в такой теории?

Видимо, нужно. Вопреки безупречности математической версии второго постулата, незначительное число физических экспериментов зафиксировали небольшие, но заметные отклонения от выводов СТО, от этого постулата. Скорость света зависит от скорости движения источника, то есть не является инвариантом. Такие выводы следуют из физических опытов Маринова, Штыркова, Галаева и других, рассмотренных выше. Конечно, эти выводы, следует признать, сами по себе вызывают недоверие, поскольку эксперименты выполнены в достаточно спорных условиях. Но, не смотря на это, эксперименты показывают довольно-таки устойчивые результаты, противоречащие СТО. Например, в этих опытах можно явно определить направление движения ИСО. Хотя точность и не высока, но это направление все-таки не выглядит как случайное совпадение. Это уже достаточное основание для проведения повторных проверок, экспериментов с использованием более точных и чувствительных приборов.

С другой стороны, приближённым, не точным на самом деле является и ещё один фундаментальный принцип - принцип эквивалентности. В той же мере, что и замена короткого участка кривой линии прямым отрезком. Имея достаточно времени и энергии всегда можно отличить силу гравита-

ции от силы инерции. Первая всегда является центральной силой, а вторая – параллельной. Двигаясь перпендикулярно направлению этих сил, в первом случае мы обнаружим вращение вектора силы, которая всегда направлена к некоторой точке – центру гравитирующей массы, а во втором случае направление силы всегда будет односторонним, параллельным направлению движения.

Принцип относительности, в сущности, является постулатом, который реально проверялся лишь косвенно, для отдельных весьма специфических условий. Проверка хотя бы части физических законов в ИСО, движущейся по отношению к Земле со скоростью, например, более половины скорости света, пока ещё не проводилась. Мы принимаем его, как и принимают постулат: на веру. В сущности, принцип постоянства скорости света является одной из формулировок этого постулата: в любой ИСО фотоны движутся с одной и той же скоростью. Однако, возникает веское основание против этого: квантовая нелокальность. О том, что квантовая механика несовместима с теорией относительности, говорилось много и давно [17, 19, 32, 100] (см. также 20.2 Квантовая механика против СТО). Действительно, мгновенность передачи "квантовой информации" несовместима с постулатом о предельности скорости света. Против этого по большому счёту выдвигается два оправдания. Во-первых, квантовая информация формально не передаёт классической информации, которую можно извлечь. Во-вторых, сверхсветовые перемещения явным образом теорией относительности не запрещены. Эти оправдания ошибочны, поскольку запутанность явным образом позволяет синхронизировать часы в движущихся ИСО и, тем самым, демонстрирует, что часы идут синхронно. А возможности расширения теории относительности на сверхсветовое движение на самом деле не существует. При исследовании сверхсветовых сигналов (тахиона) теория относительности даёт абсурдные предсказания от мнимых физических характеристик до перемещения во времени и нарушения причинности. Например, хорошо известные уравнения Лоренца для сокращения длин движущихся отрезков и темпа хода часов приводят к плохо объяснимым мнимым величинам:

$$L' = L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = i\gamma L \qquad t' = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = i\gamma t \tag{18.1}$$

где γ - лоренцев множитель.

Невозможно отрицать, что квантовая нелокальность требует наличия *физического* носителя квантовой информации, какими бы ни были её внешние проявления (вероятностный характер). Это следует из стандартной модели взаимодействий и частиц. Каждому виду взаимодействия соответствует тот или иной носитель. Сильные взаимодействия осуществляется посредством глюонов, слабое – бозонов, электромагнитное – фотонов и гравитационное – гравитонов. То, что две запутанные квантовые части-

цы осуществляют "синхронизацию" своих состояние со сверхсветовой скоростью означает, что ни один из перечисленных "переносчиков" взаимодействий не может осуществить эту операцию. Следовательно, безусловно, должен быть ещё какой-то, сверхсветовой переносчик. Таким переносчиком может быть тахион. Но это обобщённое название сверхсветовой частицы. Для квантовой информации может быть использовано более походящее название – квантино, впервые использованное Вейником. Сам факт существования нелокальности, запутанности требует наличия тахиона, квантино, то есть может рассматриваться как доказательство их существования.

Превышение тахионом скорости света неизбежно приводит к нарушению инвариантности скорости света. Поскольку инвариант автоматически делает скорость предельной, максимально возможной, то в этом случае место инварианта скорости света явочным порядком должен занять инвариант скорости тахиона.

Однако, здесь становится заметным искусственно созданное противоречие. Многие исследователи рассматривают тахион как лоренц-инвариантный объект. Следовательно, его скорость не может быть инвариантом. В доказательство приводится *релятивистское* уравнение для энергии тахиона, из которого следует, что энергия тахиона изменяется, поэтому и скорость его также не может быть одинаковой для всех ИСО. Но это явная рекурсия: изменчивость энергии тахиона является следствием того, что ему назначили лоренц-инвариантность, которая ведёт к изменчивости энергии. Если же отказаться от лоренц-инвариантности тахиона, то противоречия исчезают. Скорость тахиона становится инвариантно-пригодной, исчезают все мнимые характеристики, движение в прошлое и нарушение причинности. Вот только скорость света переходит в разряд обычных скоростей. Таким образом, для устранения всех релятивистских странностей и абсурдов при рассмотрении тахиона инвариантом следует считать скорость тахиона, а не скорость света. Становится видимой логическая цепочка: квантовая нелокальность требует наличия сверхсветового материального носителя информации в полном согласии со стандартной моделью элементарных частиц и взаимодействий; нелокальное явление запутанности позволяет доказать синхронность хода движущихся часов; сверхсветовой аргумент в дополнение к запутанности также отвергает инвариантность скорости света. Поэтому следует ожидать доказательства неинвариантности скорости света в реальном физическом эксперименте в духе опытов Маринова.

Тем не менее, нужно это ещё раз со всей определенностью подчеркнуть: специальная теория относительности - это *математическая* теория. В области действия своих математических постулатов она принципиально не может быть ошибочной. Попытки опровержения её мысленными (читай: математическими) экспериментами успеха иметь не будут. Только

конкретный физический эксперимент может показать, насколько полно математика специальной теории относительности описывает реальный физический мир, но пока они её подтверждают.

19. Великая Тайна Специальной теории относительности

Итак, если относиться к СТО как к исключительно математической задаче, доказанной теореме со всеми её кинематическими преобразованиями, то и к её постулатам следует относиться точно так же – как к математическим. В этом случае никаких парадоксов и неясностей в области существования теоремы нет и быть не может, поскольку за век её существования ни один математик не нашел ни малейшего изъяна в её логике.

Однако, это утверждение нельзя с уверенностью считать справедливым при расширении области теории на реальный физический мир. Принято считать, что теория относительности очень сложна, и понять её может не каждый. Вместе с тем, она является одной из красивейших физических теорий. Математический аппарат её, хотя и сложный, но, пусть хотя бы в общих чертах, все-таки доступен для понимания, логически обоснован и, по большому счету, не противоречат здравому смыслу. Тем не менее, при внимательном анализе теории можно заметить, что постулат об инвариантности скорости света вообще-то содержит одну малозаметную тонкость. Здравый смысл и логика не позволяют дать даже просто описание механики этого основания теории, главного, краеугольного камня теории. Реализация, проявление второго постулата специальной теории относительности не имеет даже простейшего, схематического такого описания: как же всё это происходит.

Ни "парадокс близнецов", ни магические преобразования Лоренца, ни принцип относительности, ни плохо понимаемая многими относительность одновременности не противоречат логике и здравому смыслу и при некоторых усилиях доступны пониманию. Но механизм, механика, реализация второго постулата специальной теории относительности не имеют вообще никакого описания. Напомним, что согласно этому постулату (принципу) независимо от источника излучения света движется в условно покоящейся системе отсчета всегда с одной и той же скоростью. Другими словами, с какой бы скоростью ни двигался наблюдатель, он всегда движется по отношению к фотону со скоростью света.

Вроде бы, всё просто и ясно. Но стоит лишь задуматься над тем, почему так происходит, как "работает" этот постулат, и ясность исчезает. С математической точки зрения проблем нет – имеется исходный постулат, доказательства не требующий. Но эту математическую теорию распространили на физическую реальность, в которой постулаты имеют совершенно иной смысл. И сразу возникает этот серьезный вопрос, как же математический постулат проявляет себя в *физической* реальности? Ответ не

просто не очевиден, но его даже можно назвать Великой Тайной Специальной теории относительности.

Несомненно, Специальная теория относительности – это стройная, законченная математическая система, в которой нет никаких вопросов, требующих решения, рассмотрения, осмысления. Но это, так сказать, изнутри теории, после того, как мы согласились с её базовыми принципами, приняли априори её постулаты. Однако, здравый смысл и элементарная логика не могут принять за истину сам принцип. Ни СТО, ни физики, ни математики не дают никакого описания механизма действия второго принципа (постулата) СТО. Каким образом происходит явление, что скорость света не зависит от скорости источника? Собственно, почему скорость света константа, представить несложно. Её может определять соответствующие свойства материи (аналога эфира), первоосновы, которая формирует всё сущее: вещество, физический вакуум, поля и прочее. Эта первооснова может обладать некоторой инерцией при передаче своих деформаций, проявляющихся как движение материи, излучений, полей. Поэтому испущенный фотон в дальнейшем взаимодействует только со средой, которая не даёт ему разогнаться выше скорости света *по отношению к этой среде*. Но это не объясняет *инвариантного* постоянства скорости в общем случае, во всех ИСО. То есть проявления принципа логичны, а сам принцип – нет. Рассмотрим это противоречие в мысленном эксперименте на примере поведения фотона в некоторой *единственной* ИСО.

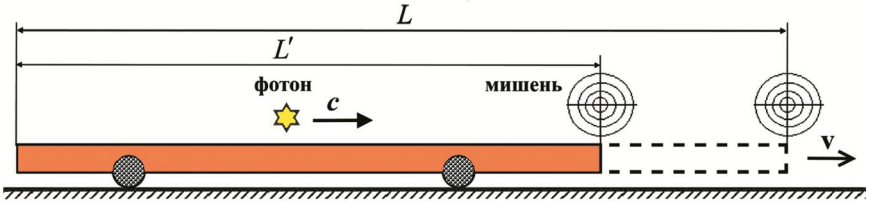


Рис.19.1. Схема движущейся ИСО. Длина платформы для внутреннего наблюдателя L' = L. Фотон преодолевает это расстояние (от начала платформы до мишени) за время t. Относительная скорость фотона, движущегося мимо платформы, не зависит от её скорости. Почему?

В исходном состоянии система неподвижна (условный покой), и фотон преодолевает интервал L за время t. Условная неподвижность означает лишь то, что мы не знаем предысторию этой ИСО, разгонялась ли она ранее. Поэтому здесь мы принимаем на веру истинность принципа равноправия всех ИСО.

Разгоним ИСО до некоторой скорости v. То, что теперь ИСО находится в движении, нам известно достоверно, ведь мы сами придали ей эту скорость, которую при необходимости можно точно вычислить. Вопрос (с достаточно очевидным ответом) о том, по отношению к чему эта скорость,

пока оставим без рассмотрения, нас интересует только факт того, что скоростной режим был изменён. В этой, теперь уже движущейся ИСО, тот же фотон пролетает такой же отрезок L' за такое же время t.

Это настораживает, ведь нам определенно известно, что мишень (дальняя точка отрезка L) от фотона удаляется, поскольку у неё есть собственная скорость убегания от фотона. Либо источник фотона придал ему дополнительную скорость… что невозможно, поскольку наблюдения справедливы для любого фотона: от неподвижного (в этой ИСО) источника, удаляющегося (находящегося в ранее неподвижной ИСО) и догоняющего источников, либо… отрезок (и вся ИСО) сократился абсолютно? Подчеркнём это обстоятельство: сократился не по отношению к какой-то другой ИСО, а чисто механически, как обычная пружина. А это противоречие с теорией. Тогда по какой причине осталось неизменным время фотона в пути?

В этой движущейся ИСО наблюдатель по-прежнему считает, что длина отрезка неизменна (что провозглашает и СТО), и время движения фотона точно такое же, что и в том случае, когда ИСО была неподвижна. Для наблюдателя ничего не изменилось. Мишень удаляется от догоняющего её фотона. Но время и длина – не изменились. Мы можем разогнать эту ИСО ещё больше (фиксируя разгон по ускорению) – результат останется неизменным: время в пути и путь для наблюдателя не изменяются. Единственным внешним (общим) объектом для ИСО и фотона является окружающее пространство, в котором они оба движутся, если не считать газы от реактивного двигателя, с помощью которого наша ИСО разгоняется. Все вопросы снимает постулат: директивно принимается, что скорость фотона внутри любой ИСО одна и та же – c. Как это обеспечивается (в описательном смысле), не уточняется. Как в философии здесь возникает "основной вопрос". В зависимости от ответа на него исследователь будет либо релятивистом, либо классическим физиком. Мы либо принимаем на веру постулат релятивизма, и все неясности исчезают, либо отвергаем его, и настороженно наблюдаем логическое противоречие. Никаких доказательств постулат не требует – только вера.

И вновь. В соответствии с постулатом: если ИСО движется, то фотон пересекает её за то же время, что и в неподвижном состоянии. Мишень в движущейся ИСО определенно убегает от фотона, но он всё-таки догоняет её за то же самое время, что и до разгона мишени. Не абсурд ли это? С математической точки зрения СТО непротиворечива, и никаких претензий к ней нет и быть не может. Может быть проблема с физической точки зрения? Правомерно ли СТО "накладывается" на реальность? В одном из постулатов так и говорится: все законы физики одинаковы во всех ИСО. Если упростить, то это в первую очередь можно отнести к скорости света. То есть во всех ИСО скорость света одна и та же. Обращаем на это внимание: *постулируется*, что скорость света одна и та же в любой ИСО. То есть,

неясность по отношению к здравому смыслу *заложена* в постулате. Неясный механизм постулирован, поэтому и в физической интерпретации СТО неясности, противоречия быть не должно! Мы принимаем, что независимо от скорости движения ИСО фотон преодолеет её за одно и то же время. Мы это принимаем изначально, бездоказательно, постулятивно как истину, поэтому никакие утверждения о том, что движение фотона является противоречивым, нелогичным должны оказаться лишенными оснований. Постулат не требует доказательства, но его смысл должен быть раскрыт. Тем не менее, никем не объяснённый *постулат* определенно является нелогичным, противоречивым, парадоксальным, что не исключает его последующее применение, анализ, исследование.

Из этого можно вывести основную цель при критике релятивизма - доказать, что постулат об инвариантности скорости света не имеет отношения к *физической* реальности. В противном случае все выводы, основанные на этом постулате, не могут признаваться противоречием. Они есть логичное, осмысленное следствие постулата, закономерное его следствие. Смысл имеет только критика *физического* постулата. Лишь обоснование абсурдности постулата может сделать абсурдными следствия из него: как это фотон умудряется догнать убегающую мишень, не затратив на это никакого дополнительного времени! Только в этом случае противоречие здравому смыслу и логике могут стать действительными противоречиями. Здесь нам не удалось логически, без противоречия со здравым смыслом дать описание механизм сохранения скорости света в неподвижной/движущейся ИСО. Нет такого описания и в СТО. При этом не ясны не только причина, но даже само элементарное внешнее описание, как скорость света умудряется при разгоне системы остаться неизменной? Как описать инвариантность скорости света? КАК это выглядит? Такой вот простенький вопрос: КАК? Объяснение из разряда "вследствие искривления пространства-времени" ничего не объясняет.

20. Теория относительности и квантовая механика

Можно, конечно, явочным порядком отклонить все рассуждения о Великой Тайне СТО. Есть 2-ой постулат, вот и не нужно заморачиваться. Ведь все математические мысленные опровержения теории успешно преодолеваются, а размышления о физической реализации постулата слишком мутные, невнятные, нечетко выражены. Спору нет, даже формулировка Великой проблемы 2-го постулата довольно затруднена, требует более глубокого анализа. Проблема есть, как не заметай её под ковер. Но вместе с тем, у СТО есть проблемы более серьезные и, очень даже вероятно, что все эти проблемы – одного поля ягодки.

Часто можно встретить такое пацифистское высказывание – о "мирном сосуществовании" СТО и квантовой механики. К чему бы это?! Очень

похоже на то, что о желании мира говорят в преддверии войны. Если говорят, что СТО и квантовая механика мирно сосуществуют, то это явный намек на некие обстоятельства, которые подвергают сомнению это сосуществование. Эти обстоятельства известны как конфликт СТО с квантовой механикой. Причём конфликт этот тоже является логически противоречивым и принудительно выталкивается за рамки здравого смысла. Речь идет о квантовой нелокальности, запутанности квантовых частиц.

При исследовании, обсуждении явления запутанности частиц в квантовой механике и мгновенности коллапса волновой функции всегда особо подчеркивается отсутствие противоречия между квантовой механикой и специальной теорией относительности. Однако, явление запутанности, тем не менее, позволяет в принципе организовать проведение эксперимента, который явным образом может показать, что движущиеся друг относительно друга часы идут синхронно. Это приводит к тому, что утверждение СТО об отставании движущихся часов становится ошибочным. Есть веские основания полагать, что между квантовой теорией и специальной теорией относительности существует *неустранимое* противоречие, касающееся скорости передачи взаимодействия и квантовой нелокальности. Положение квантовой теории о мгновенности коллапса вектора состояния противоречит постулату СТО об ограниченности скорости передачи взаимодействия, поскольку существует способ использовать коллапс для формирования сигнала синхронизации, становящегося фактически классическим информационным сигналом, но мгновенно, со сверхсветовой скоростью распространяющимся в пространстве. Отсюда следует вывод, что одна из теорий – квантовая или специальная теория относительности, либо обе теории требуют пересмотра в вопросе о скорости передачи взаимодействия. Для квантовой теории – это отказ от квантовой корреляции запутанных частиц (нелокальности) с мгновенностью коллапса волновой функции на любом расстоянии, для СТО – это предельность скорости передачи взаимодействия. Следовательно, мы можем говорить уверенно о безупречности, неопровержимости, отсутствии внутренних противоречий и парадоксов только в отношении *математической* специальной теории относительности. Является ли *физическая* СТО, то есть теория в приложении к физической реальности, свободной от противоречий, можно судить только на основании *физических*, а не *мысленных* экспериментов. Основания для сомнений в такой применимости математической СТО к физическому миру уже имеются.

20.1 Сверхсветовая скорость света

Один из малозаметных парадоксов 2-го постулата, его следствия о предельности скорости передачи взаимодействия состоит в особенности квантово-механического корпускулярно-волнового дуализма. Это понятие

возникло как компромисс между двумя проявлениями сущности фотона (и других квантовых частиц). За квантовыми частицами закреплены две формы проявления - волна и корпускула. Как известно, волна характеризуется явно определяемой длиной. Эта характеристика, например, однозначно использована в эталоне метра, который определяется как заданное количество периодов некоторого излучения. Волновое поведение фотона используется также в объяснении космологического красного смещения, эффекта Доплера. То есть волновое проявление фотона характеризуется его пространственной протяженностью. Это не точечная субстанция, это некоторое пространственно распределенное образование. Вместе с тем, по большому счету, дуализм содержит в собственном определении серьезное логическое противоречие. Если фотон одновременно или попеременно является и частицей и волной, то из этого должен следовать вывод, что на самом деле он не является ни тем, ни другим.

Учитывая скорость его распространения, фотон должен иметь весьма протяженный вид, напоминающий своеобразное "копьё". Но при взаимодействии с другими частицами и с веществом, фотон проявляет себя уже как частица, этакая "капля энергии", у которой, во всей видимости, протяженность небольшая. Иначе при контакте с объектом "голова фотона" должна вступить во взаимодействие существенно раньше, чем его "хвост". И в этом случае, фотон-волна либо вступает во взаимодействие плавно, как бы переливаясь из одной емкости в другую, либо схлопывается мгновенно в точку. В последнем случае скорость его "хвоста" должна быть выше скорости света.

Для объяснения явления можно сослаться на принцип неопределенности Гейзенберга. Действительно, время реакции, схлопывания волны в точку и длина этого отрезка волны вполне могут уложиться в допустимые гейзенберговские границы. Однако, сам факт сверхсветового движения при этом никуда не исчезает. Длина волны может достигать километров. Явление интерференции также свидетельствует о сверхсветовой способности "схлопывания" фотона в точке взаимодействия.

При прохождении фотона через полупрозрачное зеркало (расщепитель) он как бы оказывается одновременно в двух разделённых точках пространства (рис.20.1), которые могут быть на довольно большом расстоянии друг от друга. Фотон может быть зафиксирован (зарегистрирован, измерен) в каждом из каналов, что позволяет предположить, что он действительно разделятся на две половинки [81]. Однако эти две половинки обладают уникальным свойством: они схлопываются одна в другую и только одна в другую и никуда более, причем, как и "фотонное копьё" - мгновенно. При этом никакое препятствие не может помешать этому схлопыванию: ни поля, ни вещество, ни расстояние. В пользу такого предположения свидетельствует экспериментально исследованное явление запутанности квантовых частиц, которые "чувствуют" друг друга мгновенно

на любом расстоянии. Справедливости ради заметим, что расстояние на самом деле может оказаться ограниченным и как-то зависеть от принципа неопределенности Гейзенберга.

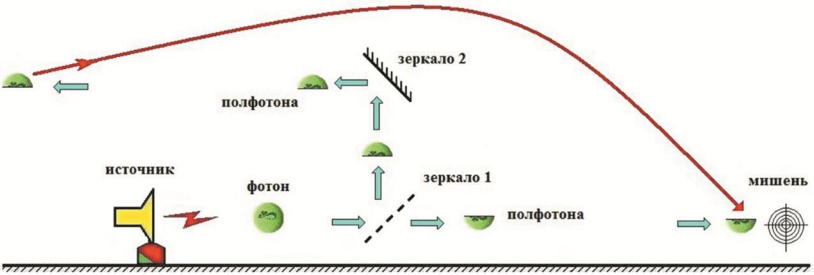


Рис.20.1. Схлопывание разделенного на половинки фотона

Еще раз отметим, что указанное противоречие 2-го постулата малозаметно, поскольку обсуждений его на форумах и в литературе не видно. Куда более серьезной проблемой для теории относительности является мгновенное взаимодействие запутанных квантовых частиц.

20.2 Квантовая механика против СТО

Даже на этапе логического анализа и мысленных экспериментов можно обнаружить, что встречающиеся в литературе мнения о "мирном сосуществовании" квантовой теории и специальной теории относительности являются просто благими пожеланиями, ничем реально не подкрепленными, не обоснованными. На самом деле взгляды этих двух теорий на скорость передачи взаимодействия являются непримиримыми и взаимоисключающими. Одна из этих двух теорий (или обе) требует пересмотра в отношении скорости передачи взаимодействия.

В чем, собственно, состоит противоречие, можно показать на таком примере. Пусть два одинаковых поезда движутся навстречу друг другу (по смежным путям). В момент, когда поравняются их локомотивы, все часы в поездах устанавливаются в нулевые показания (в рамках своих ИСО). Это не обязательно должно быть сделано физически – можно условно или просто зафиксировать показания первых часов, в локомотиве, затем просто используя для всех остальных часов смещение их показаний от нуля. При этом для наблюдателей в хвостовых вагонах поездов часы хвостового вагона встречного поезда, согласно СТО, будут казаться установленными в будущее. Например, в поезде А часы в своем хвостовом вагоне сброшены в ноль. Но, по мнению наблюдателя в этом вагоне, часы в хвостовом вагоне встречного поезда В будут установлены в "будущее", например, в показания 60 минут. И наоборот. В процессе сближения часов они будут взаимно отставать и при встрече их показания сравняются.

Мы не можем дважды совместить двое относительно движущихся часов без того, чтобы привести их в ускоренное движение и тем самым выйти за рамки СТО. Вот если бы можно было сравнить показания часов, не расположив их дважды рядом, а сняв показания с разнесенных на расстояние часов мгновенно. Вот если бы можно было мгновенно "слетать" в удаленную точку и посмотреть, что показывают часы там! Что они показывают "на самом деле" в данный момент времени по нашим часам? Мы догадываемся, что с точки зрения симметрии они показывают такое же время, как и наши часы, но с точки зрения СТО такой "полет" означает путешествие в будущее! Может быть, такую возможность может предоставить квантовая корреляция запутанных частиц? Очевидно, что сам факт мгновенной передачи информации в любом виде опровергнет один из постулатов СТО и, следовательно, саму СТО.

Однако, другая теория, квантовая утверждает, что при измерении одной из запутанных частиц, вторая мгновенно и на любом расстоянии проецируется в собственное состояние, которое строго и однозначно соответствует состоянию первой измеренной частицы. Конечно, узнать о том, что эти частицы ведут себя синхронно, одинаково, будто они подсмотрели состояния друг друга, мы можем, лишь передав информацию от одной частицы к другой обычным способом – со скоростью, не превышающей скорость света. Квантовая теория утверждает, что передачи *классической* информации при коллапсе волновой функции не происходит, поэтому формально мгновенная скорость "распространения" корреляции не противоречит СТО. И все-таки, можно ли использовать корреляцию для проверки СТО? Если удастся показать, что квантовая корреляция может использоваться для передачи информации с мгновенной скоростью, то признание истинности СТО потребует в ответ признать ошибочность положения квантовой теории о нелокальности.

20.2.1 Квантово-релятивистский мысленный эксперимент

Формально, в логических рассуждениях можно показать противоречие в предсказаниях СТО и квантовой механики при наличии сверхсветовых взаимодействий, используя мысленный экспериментальный комплекс, изображенный в условной форме на следующем рисунке. На рисунке источник запутанных фотонов S испускает равномерные последовательности фотонов $v_1 \ldots v_N$ в противоположных направлениях к A и B. Два объекта A и B, изображенные в виде самолетов и находящиеся на одинаковом удалении от источника S, приближаются к нему с одинаковыми скоростями. Этот предшествующий момент на рисунке не отражен.

В момент, когда объекты A, B и S поравнялись, часы на объектах A и B синхронизируются с часами неподвижной ИСО, в которой находится и источник S. В процессе движения наблюдатели на объектах A и B пропус-

кают полученные фотоны через одинаково ориентированные поляризаторы. Вследствие запутанности, фотоны будут одинаково зарегистрированы обоими наблюдателями: они либо оба пройдут через поляризаторы, либо оба будут ими задержаны. Записывающее устройство фиксирует интервалы времени между фотонами, прошедшими через поляризатор.

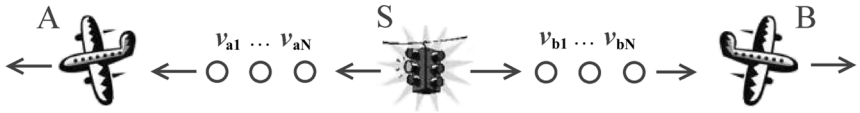


Рис.20.2. Экспериментальный комплекс для рассмотрения противоречия между квантовой механикой и СТО

Поскольку фотоны проходят через поляризаторы случайным образом, то интервалы между регистрациями могут быть как минимальными (два подряд идущих фотона прошли поляризатор), так и кратными ему (если несколько идущих подряд фотонов были задержаны поляризаторами). Обозначим эти интервалы, имеющие в общем случае разные длительности, последовательными числами 0, 1, 2, 3 и так далее. Например, интервал 0 – это длительность между двумя подряд фотонами в состоянии с вертикальной поляризацией. Интервал 1 – то же самое, но для горизонтальной поляризации. Соответственно, каждый четный номер интервала 2, 4, 6 и так далее – это, соответственно, 2, 3, 4 и так далее количество фотонов, зарегистрированных с вертикальной поляризацией. Одновременно с регистрацией каждого фотона записывающее устройство фиксирует время его регистрации.

В идеальном случае (без потерь фотонов и нулевой погрешности установки поляроидов) – последовательности будут идентичными от первого до последнего символа. С точки зрения трех ИСО: неподвижной, А и В оба фотона каждой пары измерены на А и на В *абсолютно* одновременно. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим этот процесс с точки зрения наблюдателя А. В момент измерения фотона наблюдателем А, этот фотон определенно находится на объекте А, с какой бы точки зрения мы его ни рассматривали – это *место* совершения события. Парный ему фотон В проецируется в собственное состояние на объекте В с точки зрения неподвижной ИСО. Следовательно, это также *место* совершения события и оно одно и то же для любой ИСО. Отметим это с еще большей определенностью: событие "ПРОЕЦИРОВАНИЕ ФОТОНА В СОБСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ" с точки зрения *неподвижной* ИСО произошло в А (В). Место происхождения этого события пространственно строго определено, оно произошло именно в этой точке пространства и ни в какой другой. В соответствии со специальной теорией относительности – это событие произошло именно в этом *месте* и с точки зрения *любой* другой ИСО.

Таким образом, в момент измерения фотона на А исследователь точно уверен, что второй фотон пары находится на В. Если бы исследователь А сказал, что фотон был измерен на В по часам А уже давно (или просто в другое время), то фотон в этот момент по часам А *не находится* на В. Следовательно, уникальное мгновенное событие "*ПРОЕЦИРОВАНИЕ*" оказывается произошедшем в *разных* местах, что является абсурдом.

Аналогично, в момент измерения фотона на В исследователь В точно так же уверен, что первый фотон пары находится в этот момент на А. При этом для нас сейчас неважно: каждый из фотонов спроецирован в собственное состояние *до* измерения (в результате чужого измерения) или в *результате* измерения (своего). В соответствии с формулой Лоренца:

$$t_B = \frac{t_A + \frac{\mathrm{v}}{c^2} L}{\sqrt{1 - \frac{\mathrm{v}^2}{c^2}}} \qquad (20.1)$$

и в связи с коллапсом вектора состояния запутанных фотонов исследователь А считает, что на В напротив текущего измерения записано время (20.1). Сам исследователь А запишет напротив этого же измерения собственное время - t_A. Противоречие между квантовой теорией и теорией относительности состоит в конфликте отношений к принципу предельности скорости передачи информации. Однако, утверждения о "мирном сосуществовании" между КМ и СТО опираются на то, что при коллапсе волновой функции запутанных частиц нет передачи *классической* информации, поэтому нет и противоречия с теорией относительности. Но продолжим наш эксперимент. Через какое-то время мы прекращаем запись показаний датчиков поляризаторов и возвращаем объекты А и В в какое-то общее место. Просмотрим архивы записывающих устройств А и В, поочередно становясь на позиции квантовой механики и специальной теории относительности.

20.2.2 Если права квантовая теория

Экспериментальный комплекс, изображенный на рисунке, симметричен, поэтому к каждому из исследователей А и В фотоны будут поступать в одинаковой последовательности (очередности): из интервалов 0, 1, 2, 3 и так далее. Попробуем найти в записях последовательности интервалов (сигнатуру) вида, например, "000-111-000", которую назовем "меткой". Поскольку фотоны поступают случайным образом, то такая последовательность парных прохождений коррелированных фотонов вполне вероятна. Если же такую последовательность мы не обнаружим в наших архивах, то мы возьмем любую другую, достаточно редкую последовательность, поскольку нам нужна "опорная метка", то есть точка в записях, с которой

мы начнем сравнивать их друг с другом. Допустим, мы все-таки нашли метку "000-111-000".

Если фотоны принимают собственные состояния в соответствии с квантовой теорией *мгновенно* на любом расстоянии, то мы имеем полные основания утверждать, что эти две последовательности – метки "сформировались" одновременно с точки зрения всех ИСО – A, B и S. Это означает, что наблюдатель A словно бы мгновенно "перепрыгнул" на B и посмотрел показания его часов, которые и записал вместо своих. Можно сказать иначе: наблюдатель A как бы дистанционно сделал запись метки "000-111-000" в журнале B, против которой наблюдатель B не успел поставить свое время. Эта метка является уникальной: она единственная (либо первая из нескольких возможных), она появилась на A и на B абсолютно одновременно (в противовес "относительности одновременности"), она является *сигналом* синхронизации. Хотя этот сигнал не был передан от одного наблюдателя к другому, он, безусловно, *возник* одновременно, и каждый из наблюдателей вправе считать, что именно он *сгенерировал* этот сигнал своим поляризатором. Нас не удивляет, когда мы пытаемся несколько раз щелкнуть зажигалкой, пытаясь зажечь ее. Иногда для этого приходится проделать несколько попыток. Так и здесь: наблюдатель включает свой прибор и "щелкает" измерителем, пытаясь поймать "искру" - метку "000-111-000". Наконец, он фиксирует эту последовательности и говорит: сигнал сформирован! Этот сформированный сигнал мгновенно оказывается *сформированным* и на приборе второго наблюдателя. Еще раз отметим: одновременность формирования сигнала снимает вопрос о том, какой из исследователей был "чуть-чуть впереди" другого. Этот сигнал синхронизации наблюдатели могут использовать для любых других целей, например, послать друг другу световой сигнал или синхронизировать свои часы (сбросить в ноль секунды, минуты).

Очевидно, что при последующем сравнении архивов записей, наблюдатель A ожидает увидеть в записях B против метки "000-111-000" время в соответствии с уравнением специальной теории относительности (20.1), то есть показания часов B, отличные от показаний часов A. То же самое ожидает увидеть и B в отношении записей A. Однако, безусловно очевидно, что эти две записи будут *идентичными*. Таким образом, квантовая теория опровергает выводы специальной теории относительности об отставании часов: часы движущихся относительно ИСО идут синхронно.

20.2.3 Если права специальная теория относительности

Специальная теория дает для показаний часов уравнение, но исключает возможность непосредственно сравнить эти показания дважды. Мы можем либо изначально синхронизировать часы, предполагая, что в дальнейшем каждые из них относительно отстают, либо совместить их в конце

некоторого движения, заключив, что показания часов ранее были с некоторым опережением. СТО исключает возможность любого физического сопоставления интервалов времени, прошедшего в каждой из ИСО. Постулат об ограниченности скорости передачи сообщения приводит любое такое измерение в соответствии с формулой (20.1). Просмотрим архивы с точки зрения СТО.

Повторим с её точки зрения выше проведенные рассуждения. Поскольку экспериментальный комплекс симметричен, то к каждому из исследователей А и В фотоны будут поступать в одинаковой последовательности (очередности): из интервалов 0, 1, 2, 3 и так далее. Попробуем найти в записях метку "000-111-000". Очевидно, нет никаких препятствий, что такая метка будет найдена. Поскольку фотоны запутаны, они явно будут давать одинаковые результаты при измерении каждым из поляризаторов. Допустим, мы нашли метку "000-111-000".

Если фотоны принимают собственные состояния вопреки квантовой теории без взаимной, *мгновенной* синхронности друг с другом, но строго *одинаково*, поскольку фотоны *просто* имеют одинаковые состояния, для чего расстояние значения не имеет, то мы имеем безусловные основания утверждать, что эти две последовательности – метки "сформировались" в строгом соответствии с положениями СТО и принципа "относительности одновременности". Это означает, что каждый из наблюдателей записывает показания собственных часов в момент получения своей метки. Однако эта метка не является уникальной: каждый из наблюдателей получает ее по своим собственным часам, метка не является сигналом синхронизации.

Очевидно, что при последующем сравнении архивов записей, наблюдатель А ожидает увидеть в записях В против метки "000-111-000" время, в точности совпадающее с собственными записями, поскольку он знает: эксперимент симметричен. При этом наблюдатель А знает, что время, когда наблюдатель В сделал свою запись в журнале, определяется в соответствии с уравнением (20.1) и не совпадает со временем, когда такую же запись сделал наблюдатель А в своем журнале. Записи в архивах были сделаны в разное время с точки зрения обоих наблюдателей, но эти записи *одинаковые*. Таким образом, эти две записи будут *идентичными* по содержанию, но разновременными по созданию. Специальная теория относительности строго последовательно и логично следует своим принципам и дает согласующиеся выводы.

Итак, единственным пунктом доводов, который отвергается в этом анализе специальной теорией относительности, является предположение о *мгновенном* распространении корреляционной связи между частицами. Только отказ от этого предположения, позволяющий исключить двойное место свершения события, позволяет получить правильные выводы в рамках СТО. Все остальные доводы в этих рассуждений сделаны в строгом соответствии с СТО и не могут ставиться под сомнение. Следовательно,

СТО явно требует *непризнания* положения квантовой теории о мгновенности коллапса вектора состояния запутанных частиц. В рамках СТО положение квантовой теории о мгновенности коллапса является *ошибочным* положением. Таким образом:

1. Между квантовой теорией и специальной теорией относительности существует неустранимое противоречие, касающееся скорости передачи взаимодействия и квантовой нелокальности.

2. Положение квантовой теории о мгновенности коллапса вектора состояния противоречит постулату СТО об ограниченности скорости передачи взаимодействия, поскольку существует способ использовать коллапс для формирования сигнала синхронизации, являющегося фактически *классическим* информационным сигналом, мгновенно распространяющимся в пространстве.

3. Одна из теорий – квантовая или специальная теория относительности, либо обе теории требуют пересмотра в вопросе о скорости передачи взаимодействия. Для квантовой теории – это отказа от квантовой корреляции запутанных частиц (нелокальности) с мгновенностью коллапса волновой функции на любом расстоянии, для СТО – это предельность скорости передачи взаимодействия.

20.3 Нечисто что-то в релятивистском королевстве

Приведённый выше анализ и простой мысленный эксперимент показывают, что есть обстоятельства, позволяющие усомниться в истинности СТО, расширенной на физическую реальность. Вопреки принципу относительности физические эксперименты регистрируют какую-то странную сверхсветовую скорость. Возможно, поэтому многие исследователи отвергают постулат о постоянстве скорости света. Квантовая механика, поведение квантовых частиц в состоянии запутанности явно демонстрируют признаки противоречия с принципом относительности СТО. Это не удивительно. Телепортация, нелокальность квантовой механики, квантовая корреляция все чаще в литературе сопровождаются эпитетами "чудо", "магия", причем не в переносном, а в самом прямом смысле. Журнал Nature: учёные сказали "прощай" реальности [8, 9]. Электронный журнал "Квантовая магия": "Мы вступаем в "потустороннюю" для привычных представлений область квантовых уровней Реальности, попадаем в сферу того самого "тонкого мира" или "Царства Небесного" – мира нелокальных квантовых корреляций, характерные особенности которого изложены в религиозных и мистических учениях. И все эти знания, накапливаемые тысячелетиями, на мой взгляд, как нельзя лучше пересекаются с современными представлениями о несепарабельных состояниях" [40].

20.3.1 Противоречие между КМ 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 [116]. Суть парадокса сводится к непризнанию нелокальности квантовой механики, которой и противопоставлен локальный реализм. Суть этого противопоставления хорошо сформулировал российский физик С.И.Доронин [38, 39]:

"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. 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*". [116, 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". [34]

Следует отметить, что Эйнштейн не отрицал зависимость состояния 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". [114, 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". [116, 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! Без сверхсветовой связи, как видим, объяснить корреляцию не удается. Теорема Белла, если быть строго последовательными, не отрицает наличие эйнштейновских элемен-

тов 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 [1, 2, 3].

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 (локализму). 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 дальнодействии", 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 конста-

тация 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 [114, 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 проделывают 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 [86].

20.3.2 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 [1, 2, 3], показывает, что часы в движущихся друг относительно друга ИСО идут синхронно вопреки положениям СТО. Соберём экспериментальная 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 каждый 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 **a**. Анализатор II в направлении **b** (движение фотона вправо) действует аналогично. 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-Бома с фотонами, приведенному в статье Алена Аспекта.

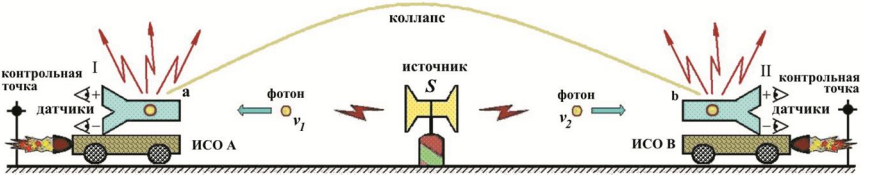


Рис.20.3. Две движущиеся инерциальные системы с точки зрения неподвижной ИСО. Источник запутанных фотонов неподвижен и фотоны из каждой пары приходят в движущиеся ИСО одновременно. Строенные стрелки-молнии указывают на точки, в которых находились фотоны в момент коллапса волновой функции.

Допустим, что скорость сближения двух ИСО равна приблизительно 0,86c, что соответствует релятивистскому замедлению времени в 2 раза. Расстояние между ИСО A и B выбираем таким, что каждая из ИСО достигнет источника фотонов S через 2 часа. Каждый из фотонов v1 и v2 достигает соответствующего измерителя I или II, в котором происходит его измерение, в результате чего волновая функция $\Psi(1,2)$ системы запутанных фотонов коллапсирует. Жёлтой линией 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 красными молниями). При этом невозможно определить, какая из частиц первой приобретает собственное состояние вследствие взаимодействия с измерителем, а какая – вследствие полученного "сигнала" от другой.

20.3.3 Измерения

В момент, когда каждая из ИСО A и B поравнялись с контрольными точками в неподвижной ИСО, изображенными по краям рис.20.3 жирными точками с крестиком, показания их таймеров (часов) сбрасываются в ноль – этот момент считается началом отсчета. При этом с точки зрения, например, ИСО B показания часов A становятся равны 1 часу (то есть, установлены в будущее):

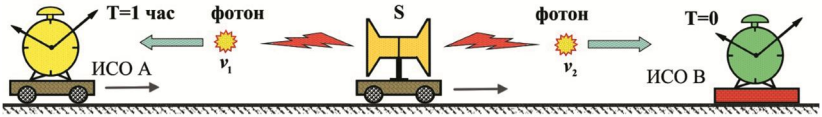


Рис.20.4. Вид с точки зрения ИСО В. Она неподвижна, а часы в движущейся ИСО А установлены в 1 час.

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:

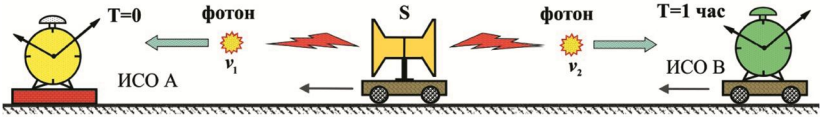


Рис.20.5. Вид с точки зрения ИСО А. Она неподвижна, а часы в движущейся ИСО В установлены в 1 час.

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.

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.

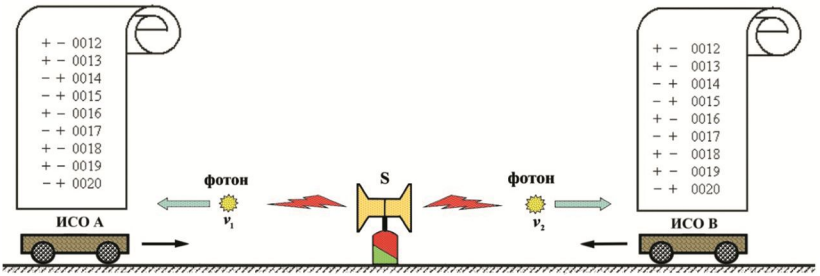


Рис.20.6. Сигнатуры (на рулонах бумаги), в которых отображены данные датчиков и показания часов с точки зрения неподвижной ИСО.

Будем использовать запутанные частицы в состоянии Белла, когда в результате коллапса обе квантовые частицы будут, как и в экспериментах Алена Аспекта, 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. Действительно, оба фотона запутанной пары имеет одинаковую поляризацию, согласно выводам из экспериментов Аспекта [1, 2, 3]:

А каковы будут при этом записи в третьих столбцах, колонках лент? Эти показания 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 v1 зарегистрирован измерителем I, в такой же самый момент будет зарегистрирован измерителем II и фотон v2. 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.

20.3.4 Анализ результатов

Когда две ИСО сойдутся в точке размещения источника запутанных фотонов S, будут получены две ленты с записями A и B. Как было показано выше, 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 A. 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 B. На первый взгляд может показаться, что это означает одинаковый темп хода часов в ИСО A и ИСО B с точки зрения ИСО A. На самом же деле СТО даёт этому простое объяснение: хотя часы в ИСО B идут в два раза медленнее, но и фотоны прибывают в неё в два раза реже, поскольку интервалы в ИСО B также сокращены в два раза. Поскольку расстояния в ИСО B с точки зрения ИСО A укорочены в два раза, то в интервал между двумя фотонами помещается два отрезка ИСО B, что соответствует в два раза более редкому поступлению фотонов в ИСО B. Но поскольку часы ИСО B с точки зрения ИСО A идут также в два раза медленнее, то и показания часов, фиксирующих прибытие фотонов, будут такими же, как и в ИСО A. То есть, формально равенство записей лент A и B 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 I и II одновременно. Поэтому коллапс волновой функции пары происходит "по вине" одного из фотонов, которым может быть любой фотон из пары. Очевидно, что оба фотона при этом находятся вблизи своих измерителей. Конечно, учитывая волновой характер фотона, нельзя говорить с определенностью о его местонахождении. Но, если бы мы использовали макроскопический коммутатор, например, ячейки Пельтье П, как показано на следующем рисунке, то мы могли бы на некотором расстоянии от измерителя включить его и гарантировать, что сущность, которую мы обозначаем как фотон, явно прошла через него и явно находится вблизи от измерителя. Быстродействие ячейки Пельтье достаточно высоко, и мы можем включать её каждую секунду за несколько микросекунд до срабатывания датчика. В этом случае, если фотон уже прошёл через неё, то сработает один из датчиков анализатора. Если же фотон не успел пройти через ячейку, то он будет отклонён ею в сторону и ни один из датчиков не сработает. В этом случае на ленте будет отсутствовать соответствующая запись. Хотя точность такой "пеленгации" всё-таки невысока (метры пути), но она вполне достаточна для последующего анализа. Эти доводы позволяют нам рассматривать фотон как точечный объект.

В соответствие с СТО в момент, когда с точки зрения ИСО А первый фотон из пары был зарегистрирован измерителем II в ИСО В, второй фотон находился на большом удалении от ИСО А. Действительно, с её точки зрения ИСО В находится на меньшем удалении от источника S (в два раза), чем ИСО А, поэтому и достигнет он её в два раза быстрее. Это означает, что когда фотоны получили собственные состояния, первый из них находился в измерителе ИСО В (точка коллапса III), а второй – на подлете к ИСО А (точка коллапса II):

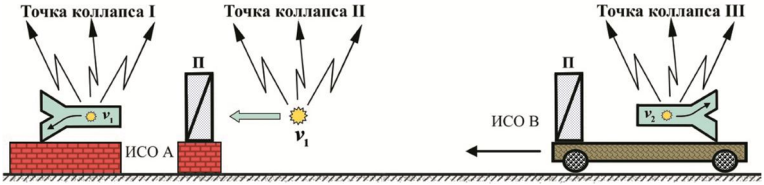


Рис.20.7. Точки в пространстве, где коллапсируют фотоны с точки зрения неподвижной ИСО А.

На первый взгляд никакого противоречия нет: фотон А получил своё состояние вдали от ИСО А (точка коллапса II), затем прибыл в неё и был зарегистрирован в соответствующем канале измерителя I. В этом случае будет наблюдаться описанная выше картина на лентах А и В – тождество (или симметрия). Причём коммутатор (ячейка Пельтье - П) точно зафиксирует местоположение фотона, поскольку направление его поляризации для такой фиксации значения не имеет: коммутатор сработает только после того, когда через него пройдет фотон. Тем не менее, возникает парадокс. Оказывается, фотон не может получить своё состояние нигде, кроме как вблизи от измерителя – в точках коллапса I и II.

20.3.5 Парадокс коллапса волновой функции

Рассмотрим описанную картину с точки зрения неподвижной ИСО. Вследствие симметрии системы мы явно наблюдаем: фотоны получили своё состояние вблизи от измерителей. Коммутаторы П (рис.20.7) лишь позволяет нам удостовериться, что сущности, которые мы обозначаем как фотон, одновременно находятся вблизи от измерителей. Что означает "вблизи"? В экспериментах по квантовой нелокальности точность фиксации местоположения фотона достигала единиц метров. Этого более чем достаточно для наших целей.

Итак, коллапс волновой функции происходит, когда оба фотона из пары находятся в непосредственной близости от своих измерителей. Только там и нигде более. Об этом нам говорят наблюдения в неподвижной ИСО. В ней однозначно и определенно мы приходим к выводу: в момент коллапса волновой функции оба фотона находились вблизи от своих изме-

рителей. Коммутатор Пельтье как вспомогательное средство мог бы доказать это: если бы один из фотонов находился чуть дальше, то он вообще не достиг бы своего измерителя. Подчеркнем, что ячейки П ничего нам не говорят о том, был ли фотон в собственном состоянии или нет. Они лишь свидетельствуют, что фотон был вблизи от измерителя, когда измеритель сработал. Это очевидное обстоятельство.

Таким образом, мы можем с уверенностью утверждать: фотон в момент перехода в собственное состояние находится вблизи измерителя. Но эти рассуждения проделаны для неподвижной ИСО. Справедливы ли они для ИСО А и ИСО В? 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 фотона происходит в измерителях I или II. То есть, два события: упомянутое "Проецирование фотона в собственное состояние" и "Измерение фотона в измерителе I или II" - это два события, 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. Например, если метеорит упал на Луну, то из какой бы ИСО мы не рассматривали это событие – метеорит упал именно на Луну и никуда более. Вопрос относительности одновременности 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 метеорит окажется именно на Луне.

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. С точки зрения ИСО А, фотон v_2, зарегистрированный измерителем II в движущейся ИСО В, получил собственное состояние в точке коллапса I. А с точки зрения неподвижной ИСО фотон v_2 получил своё собственное состояние в точке коллапса II. 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 рас-

стояния между объектами. А мгновенная передача сигнала в СТО невозможна. Но с другой стороны, собственно передачи сигнала не зарегистрировано, и, более того, в квантовой механики введено понятие "нелокальность", чтобы подчеркнуть, что поведение запутанных частиц не связано с передачей классической информации. Для определенности просто ввели новое понятие – квантовая информация.

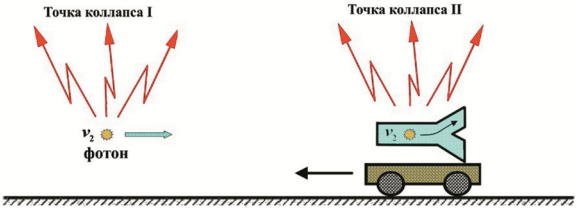


Рис.20.8. С точки зрения ИСО В фотон v_2 не мог коллапсировать нигде, кроме как в его анализаторе. Поэтому точка коллапса I – ошибочна, и мнение ИСО А об этой точке также неверно.

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 сверхсве-

товой 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.

20.3.6 Квантовая синхронизация часов

Не менее серьезной и очевидной проблемой для теории относительности, запрещающей передачу сигналов быстрее скорости света, является то, что квантовая механика позволяет синхронизировать любые часы со сверхсветовой или мгновенной скоростью. Способ и схему для осуществления квантовой синхронизации можно пояснить с помощью следующего рисунка.

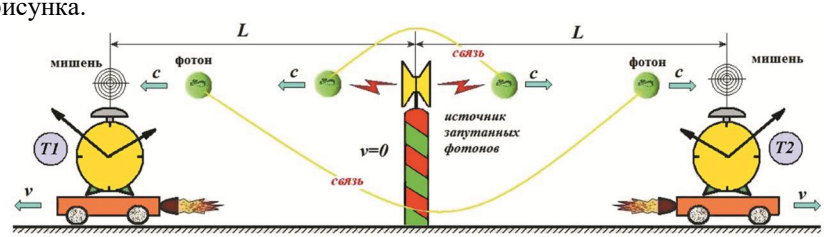


Рис.20.9. Квантовая синхронизация часов

Две запутанные частицы (фотоны), изображенные на рисунке в виде теннисных мячей, мгновенно получают собственные состояния при кол-

лапсе общей для них волновой функции – это положение квантовой механики. Поскольку существует, по крайней мере, одна ИСО, в которой каждый из фотонов получает своё состояние в пределах измерительного устройства (мишени), нет никаких разумных оснований утверждать, что существуют другие ИСО, в которых эти состояния фотоны получили вне измерительных устройств. Отсюда неизбежный вывод, что срабатывание двух измерителей происходит одновременно с точки зрения любых ИСО, поскольку для любой ИСО оба измерителя (мишени на рисунке) сработали одновременно вследствие коллапса волновой функции.

В частности это означает, что собственный измеритель неподвижной ИСО сработал *абсолютно одновременно* с измерителем в движущейся ИСО, поскольку квантовые запутанные частицы (фотоны) в момент коллапса находились в пределах измерительных устройств, а коллапс происходит мгновенно. Использование сигнатур (последовательностей сигналов измерителей) позволяет впоследствии показать синхронность хода часов (часы Т1 и Т2).

21. СТО неприменима к сверхсветовым сигналам

С учетом рассмотренных выше мысленных экспериментов вызывает удивление, что в настоящее время, во втором десятилетии 21-го века практически все физики-релятивисты допускают непротиворечивое распространение положений специальной теории относительности на сверхсветовые явления. При этом забывается, что теория изначально была сформулирована на основе принципа постоянства скорости света, что напрямую вело к признанию её предельности. Как следствие, использование сверхсветовых сигналов в специальной теории относительности вынуждает её делать взаимоисключающие, ложные предсказания. Движение в прошлое сверхсветовых сигналов – это специфическая особенность именно этой теории, вызванная ошибочной интерпретацией недопустимых для неё сигналов. Сверхсветовые сигналы в теории относительности разрушают все её кинематические эффекты – преобразования Лоренца, замедление времени, сокращение отрезков и относительность одновременности. Прямо говоря, применение теории относительности к сверхсветовым сигналам превращает её в абсурд. Помимо возможных физических сверхсветовых носителей к противоречиям приводит теорию и ненаблюдаемая непосредственно сверхсветовая "квантовая информация", позволяющая осуществить реальную сверхсветовую синхронизацию часов.

21.1 Анализ истоков сверхсветовой СТО

Применимость СТО к сверхсветовым сигналам была провозглашена не сразу. Как пишет Фейнберг, 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 c, где c – скорость света в вакууме" [103, 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" [107, с.112].

На такую странную мысль, как иногда утверждается, наталкивают сами преобразования Лоренца: а что будет, если подставить в них скорость, большую, чем скорость света? В результате родилась новая, сверхсветовая частица, которую сейчас называют тахионом. Но теория изначально была сформулирована на основе принципа постоянства скорости света, приводящего к признанию её *предельности*. Хотя она и создавалась в рамках досветовых 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. Даже Эйнштейн считал, 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 неизбежно 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 разрешить. 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 самом деле, можно решить такие причинные парадоксы, изобретенные для движения "быстрее, чем c": даже если это и не является широко признанным" [12].

Приведённое высказывание о парадоксах заметно осторожное: утверждения о возможности движения со сверхсветовой скоростью основываются на результатах экспериментов, но делать на их основе выводы о нарушении причинности не следует. Вместе с тем, существование причин-

ных парадоксов, вызванных движением быстрее света, все-таки признаётся, но предлагается некоторое их решение. Однако, эти решения не общепризнанные, то есть против них самих, надо думать, 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" [5].

Это можно рассматривать как 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 очень быстро поглощаются, исчезают, то это, можно допустить, решает проблемы причинности. Как говорится, нет частицы – нет проблем. Но поглощаются ли тахионы вакуумом? Кроме того, это не снимает принципиального теоретического вопроса – если бы тахионы не поглощались, 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>>c" [49].

Здесь высказывается в высшей степени 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. 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" [14].

Этот оптимистичный вывод на самом деле имеет статус благого пожелания, и ниже будет подвергнут обоснованному (несомненно, это получится) опровержению. Именно сама специальная теория относительности при её последовательном применении *решительно отвергает любые*

сверхсветовые переносы информации любого рода. Появление сверхсветового носителя, тахиона с самого начала сопровождалось различными противоречиями. Следующая цитата, например, подтверждает мнение многих авторов (это один из них) о невозможности привязать к сверхсветовому объекту инерциальную систему отсчета:

"... сверхсветовые движения допускаются специальной теории 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". Помимо этого, согласно преобразованиям Лоренца, у тахиона масса оказывается мнимой величиной, о взвешивании которой говорить не приходится:

"Поскольку мнимой величине нельзя приписать физического смысла, скептики могут отвергнуть понятие мнимой массы. Не следует быть столь поспешным. Как мы уже видели, все наблюдатели имеют скорость, ограниченную с. 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" [27, 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 противоречит тахиону и вообще любому сверхсветовому движению или информационным сигналам.

До настоящего момента - начала 2017 года - нет достоверных данных об обнаружении тахионов или каких-либо других сверхсветовых носителей, хотя и приводятся 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 "доказательство" существования тахионов или просто сверхсветовых частиц. Например, недавние споры в средствах массовой информации по поводу сверхсветового движения нейтрино закончились признанием поспешности выводов о сверхсветовом движении.

В заключение ещё одно мнение 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" [102, с.73].

Далее в книге приводится доказательство этой теоремы и делается важный 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" [102, с.75].

Это весьма веские и резонные основания. Как видим, основой доказательства является привлечение принципа причинности, принципа, который многими физиками рассматривается как не имеющий строгого доказательства, являющийся, по сути, общим физическим постулатом, универсальным, установленным эмпирически принципом, опровержение которого в настоящее время невозможно. Считается, что в рамках специальной теории относительности сверхсветовой сигнал не нарушает принцип причинности, если с его помощью невозможно передать взаимодействие, информацию. То есть, принцип причинности запрещает их передачу со сверхсветовой скоростью.

"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 [102, с.76].

Довольно спорное утверждение, более того, ошибочное. Есть постулаты теории относительности, и из простых логических выкладок, основанных на этих постулатах, следует *предельность* скорости света. В классической, ньютоновой физике таких ограничений нет. Правда, автор здесь под "другими законами" неявно подразумевает законы детерминизма и причинно-следственных отношений, нарушением которых являются сверхсветовые парадоксы причинности теории относительности. Эти законы, очевидно, являются для теории относительности "внешними". В последующих выкладках будет показано, что не только возможна передача сверхсветовой информации, но она уже фактически привнесена в специальную относительность и неизбежно ведёт её к противоречивым, взаимоисключающим предсказаниям, абсурду.

21.2 Равноправие систем отсчета и нелокальность

Первый постулат СТО принят, впрочем, как и положено для постулатов, на веру. Доказательств (проверки) его для релятивистских скоростей нет. Косвенное доказательство, например, с мюонами вряд ли можно считать доказательством того, что в ракете, движущейся с около-световой скоростью, биологические процессы будут такими же, как на Земле. Мы просто верим в это.

С другой стороны, сверхсветовые корреляции квантовых частиц противоречат теории относительности тоже с достаточно большой долей слепой веры. В экспериментах сверхсветовая квантовая информация зарегистрирована на 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 её разрушения не вследствие влияния окружения (декогеренции), а исключительно из-за удаленности? Вопрос пока открытый.

21.3 Стрела времени, прошлое и будущее

Главной сущностью парадоксов теории относительности при сверхсветовой передаче информации является конфликт с причинностью. Поэтому в самом начале рассуждений необходимо хотя бы вкратце остановиться на принципе причинности. Именно он, в сущности, и по признанию физиков запрещает сверхсветовое движение с передачей информации, а теория относительности лишь опирается на него, обосновывая выводы о том, что в ней нет такого движения с переносом информации. Вместе с тем:

"...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" [27, с.125].

Как можно заметить, в цитате подвергается сомнению, с одной стороны, собственно нарушение причинности при сверхсветовой передаче информации, а с другой - обязательность соблюдения принципа причинности. Сохранение причинности, таким образом, должно происходить вследствие замены последовательности событий:

"При рассмотрении не принимается во внимание относительное изменение последовательности событий, сопровождающее распространение сверхсветовых сигналов" (там же, с.124).

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

"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" [103].

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 реальный 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 разобщенных точках, одно является причиной, другое — следствием, причем причина всегда предшествует по времени следствию, и эта последовательность не может быть нарушена выбором системы отсчета" [102].

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 не классическое 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 это влияние 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" [102, с.78].

Необратимость термодинамических процессов ассоциируется с так называемой "стрелой времени", отражающей неизменный ход времени из прошлого в будущее. Причинность 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 всяких "демонов Лапласа". Постулат Лапласа о возможности предсказания всех событий во Вселенной не имеет даже гипотетических оснований, поскольку для описания бесконечного числа связей, требуется и рекурсивно бесконечное описание самого описания, ведущее к экспоненциальному, бесконечному увеличению этого описания. Причина и следствие связаны "влияющим" сигналом, который в СТО имеет скорость света, а в физике Ньютона – бесконечную скорость. 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 [47]:

"… правильнее 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".

21.4 Как возникает петля времени в СТО

Сверхсветовые коммуникации в СТО всегда приводят к так называемой сигнализации в прошлое. Конечно, можно так сконфигурировать систему, что эта сигнализация окажется завуалированной, скрытой в последующих или предыдущих этапах исследования. При сигнализации в прошлое всегда возникает либо реальная, либо потенциальная "петля времени". В самом широком смысле это понятие тождественно понятию абсурда, противоречия, возникновению физически невозможных ситуаций. Понятно, что и здесь тоже эти ситуации можно завуалировать соответствующей конфигураций эксперимента, поэтому такие "петли времени" являются потенциальными (в "парадоксе дедушки" его ведь можно и не трогать). Вместе с тем, и реальная и потенциальная "петли времени" являются физически невозможными, недопустимыми ситуациями. Чтобы наглядно продемонстрировать абсурдность ситуации с путешествием в прошлое и возникновения реальной "петли времени", рассмотрим мысленный эксперимент "парадокс взрывателя", являющийся менее криминальным вариантом "парадокса дедушки". На рис.21.1 показаны две ИСО А и В (далее кратко - А и В).

Будем считать, что в условное время ровно 00 часов по часам обеих систем В начинает удаляться от А со скоростью 0,87с. 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 движение систем было без ускорений. Пусть ровно через 2 часа после начала движения в системе от-

счета A по таймеру T срабатывает реле K, которое контактами U включает передатчик P, который посылается сверхсветовой (мгновенный) сигнал s на удаляющуюся платформу B. Характер сигнала не важен: это может быть любой сверхсветовой носитель информации - тахион, квантино, информион, почтовый голубь или ямская гоньба (историческая почтовая служба в России). В соответствии с СТО часы на платформе B с точки зрения отправителя A за время движения отстали и показывают только 1 час, поскольку и A и B двигалась 2 часа, а на B часы шли в два раза медленнее. Полученный на платформе B сигнал s с помощью реле M запускает ретранслятор R, который посылает в сторону A ответный сигнал q.

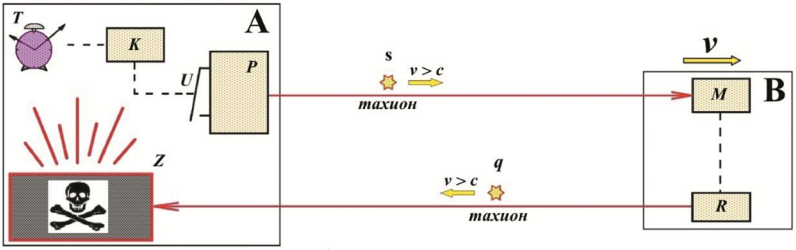


Рис.21.1. Схема установки для демонстрации "парадокса взрывателя"

Как мы определили, с точки зрения теории относительности B 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 B с точки зрения A в момент получения на платформе B сигнала s. Эти показания мы вычислили по правилам теории относительности, в которой сверхсветового движения, вообще-то, нет. То есть, время 1 час в B мы получили по указанию, требованию, предсказанию СТО. В свою очередь, с точки зрения B по часам A прошло также ровно в 2 раза меньше времени. Действительно, по требованию СТО мы принимаем: поскольку B как бы получил сигнал в 1 час, то на A, по его мнению, прошло 30 минут. И вновь принимаем во внимание приведённое выше замечание о сверхсветовых сигналах, которых в СТО нет. Итак, A получит ответный сигнал q, по мнению B и требованиям СТО, именно в 30 минут от начала разлёта. Далее по полученному на платформе A 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 A, как это считает B. Но тогда, следовательно, получается, что в 2 часа на платформе A не может сработать таймер T, не может сработать реле K и включить своими контактами U передатчик P. Следовательно, не может быть отправлен сигнал s, поэтому не будет включено реле M на платформе B и не будет запущен ретранслятор R, который не сможет отправить обратный сигнал q на платформу A, при отсутствии которого не сработает взрывное

устройство Z и не уничтожит передатчик P. Это абсурд. Сигнал на уничтожение получен с B, поскольку об этом была дана команда с A в 2 часа таймером T и остальными элементами схемы. Но таймер T на A был уничтожен ещё в 00:30 минут, за полтора часа до его предполагаемого срабатывания. А если таймер не сработал, то на B 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?!!

Возник замкнутый порочный круг, парадокс причинно-следственной связи, который никак не может быть урегулирован, сглажен выбором системы координат для изменения временного порядка обмена сверхсветовыми сигналами [24]. Это верно лишь частично: 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 всегда будет наблюдаться парадокс. Принцип реинтерпретации (см. 25 Тахион и причинность) не решает проблему включения сверхсвета в СТО; напротив, он фактически отвергает причинность своими фокусами с перестановкой местами причин и следствий, поскольку формально провозглашает обратное движение во времени [27].

Подобные терминологические фокусы с причинностью 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 новый 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 P. 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 K. Спонтанное – это синоним "беспричинного". Если мы и можем допустить, что контакты как бы сами собой замкнулись, то спонтанное, самопроизвольно, ничем не вызванное появление напряжения на катушке реле K допустить просто невозможно. Это тем более невозможно, ведь передатчик P был уничтожен перед получением антитахиона. Может быть, что-то прояснит принцип реинтерпретации 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 устрой-

ству, 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, парадоксальным. 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, невидим.

С учётом сказанного следует неизбежный вывод: сверхсветовые коммуникации (перенос вещества, передача информации) *несовместимы* с теорией относительности, поскольку приводят к абсурду. Специальная теория относительности справедлива *только* в рамках своих постулатов и их следствий, в частности, невозможности движения со сверхсветовой скоростью. Само формальное, в математической форме, представление о движении сверхсветовых сигналов в прошлое является 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 саму СТО в математическом смысле 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, а 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. Как говорится, нет сверхсветового носителя - нет проблем. Ведь отсутствие таких реальных сверхсветовых носителей, которые гипотетически могли бы привести теорию к абсурду, по факту не делает теорию абсурдной. Таких процессов в природе пока не найдено. Однако, известно явление сверхсвето-

вого переноса так называемой "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!

22. Сигнализация быстрее света

Передача сигнала со сверхсветовой скоростью в принципе возможна. Такой вывод неизбежно следует из логического анализа некоторых широко известных физических явлений, имеющих бесспорные, общепризнанные, многократно проверенные экспериментальные подтверждения. Это означает, что современная физика не отвергает возможности создания не только сверхсветового "телеграфа" (радио, телевидения, связи), но не отвергает и материальную телепортацию, то есть перенос (транспортировку) материальных тел в пространстве, минуя промежуточные точки. На настоящий момент считается, что скорость такой передачи не просто сверхсветовая, а мгновенная, расстояния – ничем не ограничены, и эта скорость реально зарегистрирована в экспериментах. Рассмотрим, из чего следуют эти выводы.

Вопреки приведённому выше утверждению есть много сторонников и обратного утверждения, что движение быстрее света физически не зарегистрировано ни в одном эксперименте. Это ограничение скорости движения является одним из математических следствий специальной теории относительности Эйнштейна – СТО, которая постулировала инвариантность скорости света с. Скорость света согласно СТО имеет одно и то же значение во всех ИСО. Кто бы и где бы ни измерял её - они все получат одно и то же значение скорости. Инвариантность скорости света и ведёт к её предельности.

Никакая другая скорость (тел) не может её превысить [113], (см. также 4. Причина СТО). Это положение, имеющее название лоренц-инвариантность, является доминирующим в современной физике и считается Законом Природы. Ничто не может её нарушить. Скорость света - это максимум, предел скорости передачи информации.

Она лежит в основе так называемого "локального реализма" Эйнштейна, провозгласившего независимость состояния одной системы от изменений в другой системе, пространственно отделенной от неё.

Однако, наряду с СТО существует ещё одна доминирующая физическая теория - квантовая механика. В квантовой механике известно явление "запутанности". 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 получат определенные поляризации, а волновая функция коллапсирует. 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 получат определённые поляризации, определяемые их исходной, совместной волновой функцией. Этот процесс происходит мгновенно и на любом расстоянии между частицами.

22.1 Что такое информация

Что же представляет собой эта загадочная "квантовая информация"? И вообще, что это такое - информация в самом общем смысле? Ответ на этот вопрос нас интересует не в виде определения понятия - "что такое информация", а в том фундаментально, философском виде, из которого можно заключить или отвергнуть, что информация - это свойство материи, которое не может существовать и передаваться 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 они 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 бумаги? Физический вакуум в данном объеме? Всё это содержит информацию в том или ином виде.

Можно ли вообще привести пример чего-либо, не содержащего информацию? 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? Да, сами по себе они - информация, но при этом являются такими же принадлежностями *нечто*, в приведённом контексте вполне даже очевидных, 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" [46].

То есть, нет материи – нет времени? Да, именно так. Понятие времени не менее сложное, чем понятие информации. Если задуматься о сущности времени, то выяснится, что оно не имеет однозначного определения [88]. Есть ведь и такое определение у Эйнштейна: "Время – это то, что показывают мои часы". Объяснение сущности одного неопределённого понятия "информация" через не менее неопределённое понятие "время" вряд ли внесет ясность в этот вопрос. Никакая информация не "витает" просто так в воздухе, она всегда неразрывно привязана к своему носителю – материальному образованию. В работе "Вселенная разумная" Карпенко приводит слова Д.И.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" [43].

Сказано вполне определенно: информация и материя неразделимы.

"В физическом мире (человека) информация материализуется через свой носитель и вследствие ему существует" [108].

И здесь признаётся, что информация существует только в единстве и неразрывности с носителем.

"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" [31].

Информация - абстракция, но без материи недоступна. Они неразрывны. Сформулировано не вполне определенно, но звучит 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" [54].

"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:

"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" [46].

В Википедии приводится еще одно определение информации:

"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" [42].

Как видим, информация отнесена к свойствам материи. Свойства материи, в свою очередь, неотделимы от материи, и информация проявляется всегда, в какой бы форме материя не выступала. Более того, можно утверждать, что существует только материя, всё остальное - её свойства: пространство, время, вещество и, конечно, информация [88, 91].

"... формула информации, зафиксированная как открытие в Международной регистрационной палате информационно-интеллектуальной новизны... переводится следующим образом:

"Информация представляет собой всеобщее свойство взаимодействия материального мира, определяющее направленность движения энергии и вещества" [35].

В этой 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:

"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" [60].

Во всех материальных объектах информация присутствует всегда:

"… 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" [46].

Таким образом, поразмыслив над понятием информации, выслушав мнения оппонентов, пытаясь найти любые как обоснованные, так и фантастические определения, можно прийти только к одному неизбежному выводу, что любая информация - это неотрывная от материи часть, информация - это буквально *материя* в какой-либо из своих форм (вещество, поле, плазма и прочее). Информация немыслима 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 какую-либо информацию.

Невозможно представить себе, например, вещественный носитель, то есть, по сути – вещество, который 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 какой-либо из своих форм.

Здесь необходимо уточнить и сущность понятия материи [88, 91]. Материя – это то, что обладает способностью существовать. Кратко: материя – существует. Материя – это то, что существует. Главное после существования свойство материи – это её изменчивость. Изменчивость – это тождественно движение 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 обозначает "вещество", но эти понятия все-таки имеют разный смысл. Вещество - это проявления материи.

Итак, любая информация неотрывна от материального носителя. Вообразить информацию без материального носителя *невозможно*. Ограничимся приведёнными выше доводами, поскольку для нас 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.

22.2 Сущность квантовой информации

Нет никаких оснований отрицать, что квантовая информация является одной из разновидностей информации. Она "функционирует", проявляется в таких явлениях, как запутанность, квантовая телепортацию и, видимо, интерференция [81]. Что же это за информация? И здесь нас вновь должна интересовать только та часть ответа, из которой можно заключить или отвергнуть, что и "квантовая информация" - это не самостоятельная бестелесная, нематериальная абстракция, существующая независимо от материи, а неотъемлемое её свойство.

В соответствии со специальной теорией относительности предельной скоростью передачи информации является скорость света. 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 передаётся некоторым образом другой квантовой частице практически мгновенно, или со скоростью, многократно превышающей скорость света. Это явление связано с коллапсом волновой функции и обычно обозначается как нелокальность или несепарабельность.

Можно считать, что само явление нелокальности берет своё начало от ЭПР-парадокса: парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена [116]. Парадокс был сформулирован в 1935 году в виде 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 [114, с.290, 116].

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 [6, 7], что доводы, приводимые Эйнштейном и его сотрудниками, не вполне корректны и противоречат данным экспериментов. Анализируя теории с дополнительными параметрами, 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, задействованный сигнал должен распространяться мгновенно так, что такая теория не может быть лоренц-инвариантом" [6, 7, 87, 86].

Удивительно, но это определенно означает, что если квантовые частицы не обмениваются информацией и ведут себя статистически, случайным образом, то такой информацией должны обмениваться измерительные приборы. Как говорится, с больной головы, да на здоровую. Получается, что и это допущение не позволяет избавиться от обмена информацией, то есть материальным носителем со сверхсветовой скоростью и на любые расстояния.

В 1981 году Ален Аспект провел ряд экспериментов [1, 2, 3], которые полностью подтвердили правоту Белла и показали, что действительно передача состояния от одной частице к другой происходит со сверхсветовой скоростью. Казалось бы, налицо явное противоречие между квантовой механикой с её мгновенным коллапсом волновой функции и нелокальностью и СТО, которая не допускает сверхсветовой скорости передачи информации.

Однако наличие какого-либо 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.

При этом явление запутанности, нелокальности наиболее отчетливо демонстрирует реальность считающейся иллюзорной "квантовой информации". Упрощённо запутанность можно описать как передачу состояния от одной частицы из пары запутанных частиц к другой частице при коллапсе волновой функции, описывающей их общее состояние.

В экспериментах Алена Аспекта поведение запутанных частиц описывается законом Малуса [1, 2, 3]:

$$P_{++}(\mathbf{a},\mathbf{b}) = \frac{1}{2} \times \cos^2(\mathbf{a},\mathbf{b}) \qquad (22.1)$$

где:

P_{++}(**a,b**) - вероятность обнаружить частицы в "синхронном", синглетном состоянии. Для запутанных фотонов, например, - это обнаружение состояния, когда фотоны имеют одинаково направленные спины;

(**a,b**) - угол между поляризаторами.

Покажем, какое отношение к квантовой информации имеет это уравнение. Очевидно, что по внешнему виду это выражение представляет собой формулу для определения вероятности совместного наступления двух зависимых событий [85]. То есть, события "измерение 1-го фотона" и "измерение 2-го фотона" являются *зависимыми*. Эта зависимость событий и означает передачу какой-то информации. Невозможна зависимость событий без передачи *информации* между этими зависимыми событиями.

Уравнение закона Малуса имеет ярко выраженную форму закона классической теории вероятностей, описывающего вероятность наступления двух *зависимых* событий. Первый сомножитель "1/2" в уравнении (22.1) – это событие "вероятность перехода в собственное состояние первой частицы", второй сомножитель "$\cos^2$(**a,b**)" – событие "вероятность перехода в собственное состояние второй частицы после того, как измерена первая". То есть, события "переход одной частицы" и "переход другой частицы" согласно теории вероятностей являются событиями *зависимыми* [85]. Одна из частиц явно *влияет* на другую частицу. Действительно, 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:

"Два события A и B называются зависимыми, если появление одного из них изменяет вероятность появления другого".

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".

Или более подробно:

"Событие B называется независимым от события A, если появление события A не изменяет вероятности B, то есть PA(B) = P(B)".

Если второе событие наступило - то вероятность совместного обнаружения фотонов становится определённой величиной. Этот факт описывается в теории вероятностей теоремой умножения вероятностей для зависимых событий:

"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)PA(B)".

То есть, текстовое изложение и словесное описание выражения закона Малуса однозначно показывают, что названные два события, входящие в него - *зависимые*. Действительно, вероятность 1\2 – это вероятность наступления события для первого измеренного фотона. С этой вероятностью он получит, например, положительную поляризацию. Второй сомножитель $\cos^2(\mathbf{a},\mathbf{b})$ – это вероятность второго события, что второй фотон также получит положительную поляризацию при условии, что первый фотон был измерен и получил положительную поляризацию. Таким образом, события измерения фотонов зависят друг от друга, влияют друг на друга. А влияние, безусловно, требует передачи информации или энергии от влияющей частицы к той, на которую она влияет. Невозможно описать зависимость без передачи влияния, энергии, информации – "текста" зависимости. Тот факт, что на сегодня исследователи не смогли обнаружить "переносчика" этого влияния, не даёт оснований для его отрицания. Тем не менее, считается, что явление запутанности не позволяет передавать информацию, в чём, собственно, и состоит смысл понятия "нелокальность".

Использование понятия "нелокальность" в классическом смысле - это столбовая дорога в мистику или, как минимум, в религию. То, что между запутанными частицами в эксперименте не обнаружена передача каких-либо сигналов (волн, полевых влияний и других) говорит лишь о том, что эта информация *гипотетически* может быть 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 следует ожидать, что квантовая информация может быть "прочитана" в таком "сопутствующем", не в первозданном виде, не в виде собственно "квантовой информации", а в виде возникшей от её передачи поляризации фотонов. Такое сопутствующее считывание квантовой информации из запутанных частиц производил Ален Аспект в своих знаменитых экспериментах:

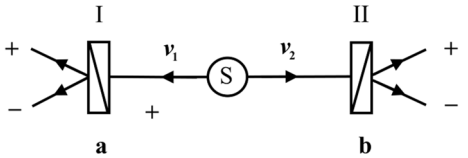


Рис.22.1. Мысленный эксперимент Эйнштейна-Подольского-Розена-Бома с фотонами. Два фотона v_1 и v_2, испускаемые источником S в состоянии $|\Psi(1,2)\rangle$, проанализированы линейными поляризаторами I и II в направлениях **a** и **b**. Можно измерять вероятности одинарного или парного обнаружения в каналах поляризаторов.

Источник S испускает в противоположных направлениях **a** и **b** пары запутанных фотонов v_1 и v_2, проходящих в дальнейшем через поляризато-

ры I и II. Свои наблюдения Ален Аспект описывает следующим образом [1, 2, 3]:

"i. Фотон v_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 v_1 сделано, фотон v_2, который не имел определенной поляризация перед этим измерением, проектируется в состояние поляризации, параллельное результату измерения на v_1. Это очень удивительно, потому что это изменение в описание v_2 происходит мгновенно, безотносительно расстояния между v_1 и v_2 в момент первого измерения.

Эта картина находится в противоречии с относительностью. Согласно Эйнштейну, событие в данной области пространства-времени не может находиться под влиянием события, произошедшего в пространстве-времени, которое отделено пространственно-подобным интервалом".

В своих экспериментах Аспект использовал пары запутанных частиц, изменяя состояние которых он фиксировал это сверхсветовое взаимное влияние состояния одной частицы на состояние другой. Здесь мы видим кажущееся противоречие между квантовой механикой с её мгновенным коллапсом волновой функции (нелокальностью) и СТО, которая не допускает сверхсветовой скорости передачи информации, поскольку собственно передачи информации в классическом смысле нет.

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, каковым не является утверждение, что "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*" [62, с.8], ни даже мало-мальски философского обоснования. Коротко и ясно: связи нет, а зависимость есть. Мистика, да и только.

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 [93, 86]. То есть запутанные фотоны имеют более сильную связь, *зависимость* между собой, чем в общем схожие с ними незапутанные, независимые фотоны.

22.3 Квантино - носитель квантовой информации

Итак, как видим, между квантовыми частицами явно просматривается некоторое информационное взаимодействие. Это взаимодействие имеет свои явно выраженные черты, отличительные от четырёх других известных взаимодействий: гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого ядерных взаимодействий. Частицы, ответственные за эти четыре взаимодействия, известны. Это гравитоны (гипотетическая частица), фотоны, 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 за какой-то особой частицей, дополнив Стандартную модель частиц и взаимодействий ещё одной разновидностью частиц.

Можно предложить варианты её названия и зону "ответственности". Она может называться, например, информино или информион 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 способность, 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.

Этот носитель отчетливо проявляет себя именно в квантовом информационном взаимодействии частиц, поэтому ему можно дать другое название, более подходящее, чем информино или информион. Это могут быть, например, такие названия: "квантон", "квантинион" или "квантино". Автором последнего названия, вероятно, является А.И.Вейник, неоднократно упоминавший эту частицу в своих работах [28]:

"...скорость квантино ... может изменяться от нуля до бесконечности".

"Кванты, или мировые постоянные, излучают и поглощают поле (квантино)".

Остановимся пока на последнем названии – квантино. Сложность обнаружения квантино (и тахиона) сопоставима со сложностью регистрации других слабо взаимодействующих частиц - нейтрино, wimp-ов, бозона Хиггса, который был обнаружен на мощнейшем ускорителе частиц – Большом адронном коллайдере - БАК.

О попытках обнаружить квантино (или тахион) достоверно ничего не известно. Тем не менее, существование такой частицы кажется очевидным. Их обнаружение и разработка средств 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.

22.4 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 (20.3.2 Мысленный эксперимент) воспользуемся парой своеобразных игральных костей, названных квантовыми "нелокальными кубиками". При

их использовании наблюдатели E и D увидят, что одни и те же "грани" 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.22.2. 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. Они могут быть раскрашенными как на рисунке, 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" [85]. Напротив, как другую крайность, можно взять традиционный байт - 8 запутанных пар фотонов. В этом случае получится совершенно невообразимый "кубик" с 256-ю гранями [89].

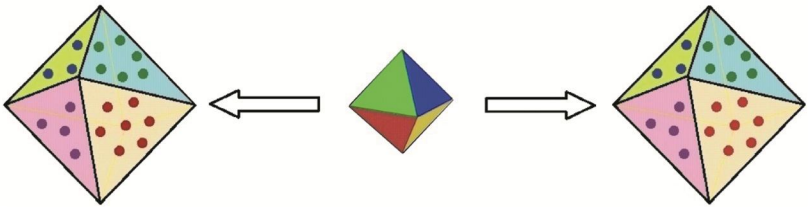


Рис.22.2. Два восьмигранных игральных кубика (игральные кости), сделанные из октаэдров

Как известно, понятие "нелокальность" отражает сверхсильные корреляции, превосходящие классические. Такие сильные вероятностные корреляции Эйнштейн называл "пугающим дальнодействием". Суть её про-

стыми 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 относительности. 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) как достоверный факт со всеми её свойствами, а расстояние, на котором они проявляются, будем считать неограниченным.

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 $\nu_1 \ldots \nu_3$, которые поступают на соответствующие поляризаторы $П_1$ и $П_2$. С выходов поляризаторов фотоны последовательно поступают на дешифраторы с индикаторами $ДИ_1$ и $ДИ_2$ на сторонах каждого из участников.

Рис.22.3. 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:

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

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:

$$\left|\psi\right\rangle = \left|\phi_1^{+}\right\rangle \otimes \left|\phi_2^{+}\right\rangle \otimes \left|\phi_3^{+}\right\rangle = \frac{1}{\sqrt{8}}\left(\left|0_1 0_1\right\rangle + \left|1_1 1_1\right\rangle\right)\cdot\left(\left|0_2 0_2\right\rangle + \left|1_2 1_2\right\rangle\right)\cdot\left(\left|0_3 0_3\right\rangle + \left|1_3 1_3\right\rangle\right)$$

Уравнение отражает вероятность совместного наступления трёх независимых событий в соответствии с теорией вероятности. Раскроем скобки и запишем все слагаемые уравнения:

$$\left|\psi\right\rangle = \frac{1}{\sqrt{8}}\left|0_1 0_1 0_2 0_2 0_3 0_3\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|0_1 0_1 0_2 0_2 1_3 1_3\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|0_1 0_1 1_2 1_2 0_3 0_3\right\rangle +$$
$$+ \frac{1}{\sqrt{8}}\left|0_1 0_1 1_2 1_2 1_3 1_3\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|1_1 1_1 0_2 0_2 0_3 0_3\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|1_1 1_1 0_2 0_2 1_3 1_3\right\rangle +$$
$$+ \frac{1}{\sqrt{8}}\left|1_1 1_1 1_2 1_2 0_3 0_3\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|1_1 1_1 1_2 1_2 1_3 1_3\right\rangle$$

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:

$$\left|\psi\right\rangle = \left|0_1 0_1 1_2 1_2 0_3 0_3\right\rangle$$

Для "нелокальных кубиков" это означает выпадение стороны с двумя точками сверху на каждом из кубиков. Поскольку кубики абсолютно равноценные, то можно записать для них одно общее, более наглядное уравнение, не забывая, что оба кубика всегда дают одинаковый результат:

$$\left|\psi\right\rangle = \frac{1}{\sqrt{8}}\left|000\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|001\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|010\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|011\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|100\right\rangle +$$
$$+ \frac{1}{\sqrt{8}}\left|101\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|110\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{8}}\left|111\right\rangle +$$

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:

$$-v_2-\Rightarrow\left|0_1 0_1 1_2 1_2 0_3 0_3\right\rangle = 010_2 = 2_{10}$$

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.

Теперь, имея 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 следующую минуту. 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".

22.5 Мысленный эксперимент с нелокальными кубиками

Вернёмся к ситуации рассматриваемого мысленного эксперимента 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 совершению, 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.

№ 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

Более того, каждый из участников, согласно теории относительности, вполне обоснованно будет считать, что именно он первым бросил свой кубик. 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. Рассмотрим эту ситуацию подробнее (рис.22.4). 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.

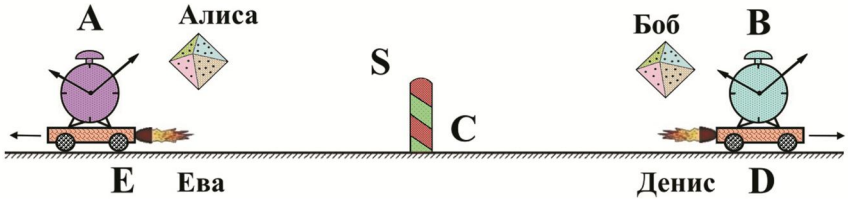


Рис.22.4. Алиса и Боб бросили квантовые нелокальные кубики

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).

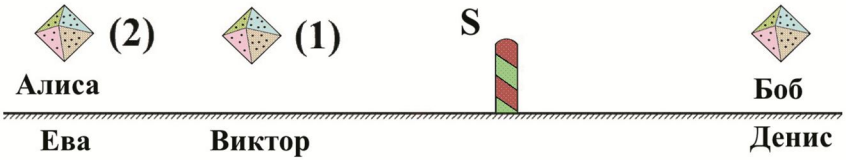


Рис.22.5. Где находился кубик Алисы, в точках (1) или (2) в момент бросания кубика Боба?

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. Это примерно то же самое, что и утверждение: с точки зрения Марса метеорит упал на Землю, а с точки зрения Венеры - на Луну. Куда же всё-таки упал метеорит?

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 ин-

формация 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 получате-

лям – 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 измерениям 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 призрачной "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. Видимо, "сверхсветовой тахионный релятивист" назовет приведенные доводы бредом, плодом воспаленного воображения. Однако, следует полагать, что последовательный релятивист просто обязан заявить: "Долой тахионного коня из теории относительности!" "Тахионный конь" - это аллегорическое подобие античного троянского коня или компьютерного вируса - трояна. Специальная теория относительности не способна одолеть этого монстра. Это чужой монастырь, с уставом, отвергающим релятивистские постулаты, релятивистскую причинность и релятивистский детерминизм. А в чужой монастырь со своим уставом не ходят.

23. Тахион и теория относительности

Введение в СТО сверхсветовых частиц - тахионов (квантино) разрешает движение в прошлое, приводит к нарушению причинности и отрицает инвариантность скорости света - второй постулат СТО. Инвариантной должна быть в этом случае скорость тахиона. Движение в прошлое и нарушение причинности - это явление, присущее только специальной теории относительности. В теориях, не базирующихся на инварианте скорости света, при сверхсветовых коммуникациях нет ни движения в прошлое, ни нарушения причинности. Сверхсветовые связь, движение и тахион несовместимы со специальной теорией относительности. Предсказания специальной теории относительности к тахионам неверны, абсурдны.

Тахион – это гипотетическая частица, движущаяся со сверхсветовой скоростью. Однако, во всех выкладках, если это прямо не влияет на выводы по причине, например, заряда частицы, нет никакого смысла делать различия между тахионом и любой другой частицей, движущейся со сверхсветовой скоростью. Например, сверхсветовой частицей квантино, упоминавшейся Вейником [28]. Общепринятой скорости движения тахиона нет, в литературе вообще не указывается какая-либо определённая его скорость. Из логических соображений следует рассматривать три варианта этой скорости: бесконечно большая скорость (мгновенная), переменная в процессе движения и некая фиксированная сверхсветовая скорость. Первый вариант не физичен по причине бесконечности, поэтому не заслуживает серьёзного внимания. Реалистичным неявно считается второй вариант, но третий - более простой, более удобный для анализа.

Общепризнано, что сверхсветовую частицу впервые описал Зоммерфельд [15], затем теоретически его исследовали многие физики. Сам термин тахион был предложен в 1967 году Фейнбергом [103]. Справедливости ради следует заметить, что Зоммерфельд исследовал 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". [15]

Он приходит 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" [15].

Полученные выводы, таким образом, относить к тахиону, который, по мнению многих исследователей, не имеет заряда и может иметь любую сверхсветовую скорость, вряд ли корректно:

"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" [15].

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" [15].

Использование математики теории относительности, в основе которой лежат те же работы Лоренца, как известно, приводят к тому, что тахион приобретает весьма экзотические характеристики. Считается, что в момент испускания тахиона в сторону наблюдателя возникает картина, которую Википедия описывает следующим образом [101]. Рассматривается тахион, "наивно уподобленный обычному "шарику", который можно наблюдать визуально в отраженном свете.

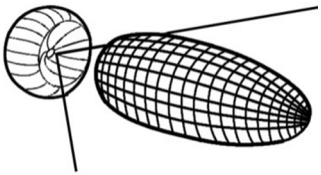


Рис.23.1. Рисунок из Википедии: таким мог бы видеться наблюдателю тахион. Кадр из анимации [21]

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 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. Подобный эффект можно обнаружить со сверхзвуковым движением. 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.

На рисунке не учтены релятивистские эффекты – сжатие движущихся объектов, хотя в литературе в большинстве случаев принимается, что тахион не нарушает лоренц-инвариантности. В этом случае, казалось бы, уравнение должно иметь такой же вид, как и для досветовой скорости:

$$L' = L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \qquad (23.1)$$

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. Для простоты примем, что на рисунке выше объект – тахион, движущийся слева направо, изображён вытянутым в 3-4 раза. Это соответствует скорости тахиона, превышающей скорость света примерно в 4 раза. Отношение квадратов скоростей существенно больше единицы, поэтому отбросим единицу за малостью:

$$L' = L\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}} = iL\frac{v}{c} = i4L \qquad (23.2)$$

В левой половине рисунка лоренц-инвариантность не учтена: сфера тахиона не вытянута, а сжата, хотя некоторые авторы считают, что под научным употреблением термина тахион подразумеваются лоренц-инвариантные объекты, которые не нарушают принцип относительности.

Если внимательно приглядеться, то можно сделать вывод, что приведённый из Википедии рисунок более соответствует ньютоновой физике: приближающийся тахион видится сжатым, а удаляющийся – вытянутым. Действительно, если осветить приближающийся тахион, то 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.

Теперь посмотрим, что показывают часы, движущиеся со сверхсветовой скоростью, часы на тахионе. Аналогичные уравнения для времени показывают:

$$t' = t\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}} = it\frac{v}{c} = i4t \qquad (23.3)$$

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

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{imc^2}{4} = \frac{\mu c^2}{4} \qquad (23.4)$$

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 может быть только масса тахиона. Аналогично, получаем уравнение для импульса тахиона:

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{im\vec{v}}{4} = \frac{\mu\vec{v}}{4} \qquad (23.5)$$

Как в уравнении для энергии, здесь также мнимой приходится сделать массу. Все эти мнимые параметры тахиона мы получили, применив к нему математику специальной теории относительности. То есть, вся эта "мнимость" - следствие релятивистских операций над тахионом. Что такое "мнимая длина" представить вряд ли возможно. Для того чтобы избавиться от проблемы измеримости мнимых характеристик тахиона, Биланюк просто предлагает постулировать их мнимость и довольствоваться тем, что эти величины просто недоступны измерению [27].

В этом случае уравнение будет иметь иной, "спокойный" вид:

$$L' = L\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}} = iL\frac{v}{c} = i4L = 4l \qquad (23.6)$$

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 основное состояние струны является тахионом, так как для квадрата массы струны получается отрицательное выражение, то есть, мнимая масса [26].

Применение к тахиону лоренц-инвариантности формально исключает вопросы о нарушении причинности. В некоторых работах проскальзывает мысль, что сверхсветовая скорость тахиона – едва ли не условность, что она не позволяет передавать информацию быстрее света, следовательно, не нарушает постулатов СТО, что и приводит к сохранению причинности. Другими словами, поскольку тахион не передает информации со сверхсветовой скоростью, он не нарушает постулатов СТО и причинности. С другой стороны, есть противоположный подход к передаче информации, от

противного. Тахион потому не может передавать информацию со сверхсветовой скоростью, что будет нарушена причинность. Как неоднократно отмечено, 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 и даже её опровержение [55].

Наличие таких сигнальных процессов неизбежно привело бы и к другим противоречиям, например к сверхсветовой синхронизации часов с нарушением требований лоренц-инвариантности [103]. Добавим к этому 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. 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".[27].

И это верно! Друзья-скептики утверждают, что преобразования Лоренца появились как следствие инвариантности скорости света. Если есть инвариантная скорость, то она становится предельной скоростью передачи информации и наоборот (см. 4. Причина СТО). В этом случае нет и быть не может других скоростей, превышающих эту, инвариантную. Но инвариант является определяющим условием при решении одного из важнейших вопросов теории относительности - синхронизации часов, находящихся в разных точках. Этому вопросу Эйнштейн уделил достаточно много внимания, а при обсуждении СТО до сих пор идут жаркие споры о способах синхронизации и их достоинствах-недостатках. Признание сверхсветовой скорости тахиона требует, как предположил Фейнберг, замены инварианта скорости света на инвариант скорости тахиона:

"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" [103].

Однако сам же и отвергает такую возможность:

"Более детальный анализ показывает, что такая точка зрения обманчива. Из общей теории относительности известно, что возможно согласовать измерения, выполняемые двумя наблюдателями, с часами, синхрони-

зованными произвольным образом. Однако в общем случае законы физики не обязаны быть инвариантными по отношению к преобразованиям, полученным таким образом. В частности, ясно, что если для синхронизации часов различных наблюдателей использовать тахионы, имеющие бесконечную скорость, то скорость света не будет одинаковой для этих наблюдателей" [103].

Здесь прямо сказано со ссылкой на теорию относительности, что сверхсветовая передача информации несовместима со вторым постулатом СТО, основой этой теории, нарушает инвариантность скорости света. Поэтому исследование свойств тахиона с теоретических позиций теории относительности, то есть фактически включение его в релятивизм, где ему на самом деле нет места (место ему в квантовой теории поля), неправомерно. Тахион явно противоречит математическому аппарату теории относительности, поэтому он должен быть исключён из него. При этом очевидно, что в рамках классической физики Ньютона тахион непротиворечив. Сверхсветовая синхронизация остро поднимает проблему нового инварианта скорости – тахиона [103].

Это весьма серьёзный вопрос, подвергающий сомнению сами основы теории относительности. Того, чтобы скорость тахиона могла быть инвариантом, Фейнберг не допускает довольно замысловатой, двусмысленной фразой, что для этого скорость тахиона должна быть одной и той же для двух разных ИСО. Он считает это невозможным, ссылаясь на эмпирический факт, под которым явно просматривается второй постулат СТО, а также на использование света для синхронизации [103, с.141].

Однако, в своей аргументации он упускает из виду важное обстоятельство. Выполнение условия независимости энергии тахиона от скорости запрещается теорией относительности, вторым постулатом об инвариантности скорости света. То есть, инвариант скорости может быть только один. Если инвариант – свет, то он запрещает тахиону быть инвариантом. Если инвариант – тахион, то быть инвариантом будет запрещено свету. Но инвариант и предельность скорости – жёстко связанные понятия. Только максимальная скорость может быть инвариантом, хотя это не обязательно. Если есть скорость, больше скорости света, то инвариантом скорость света уже быть не может. Очевидно, что для синхронизации могут использоваться только два вида сигналов – инвариантный и мгновенный. И они противоречат друг другу. Ввиду неопределенности понятия мгновенности, такой сигнал может и не быть инвариантом.

Для анализа проблемы инварианта скорости тахиона рассмотрим одно из главных, приведённых выше уравнений Лоренца "поэлементно":

$$L' = L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \qquad (23.1)$$

Нас должно интересовать главным образом подкоренное выражение. Опишем входящие в него величины полным, развёрнутым текстом:

c - это скорость света, инвариантной величины; значение этой скорости неизменно, из какой бы системы отсчёта мы её ни фиксировали;

v - это скорость инерциальной системы отсчёта, движущейся относительно нашей условно неподвижной системы, и длину которой мы вычисляем в этом уравнении; инерциальная система отсчета представляет собой, условно говоря, некоторую тележку, с которой связана система координат, и на которой установлены часы. Это описание полностью соответствует принципам, использованным при создании и положенным в основу специальной теории относительности.

Сразу же с далеко идущими последствиями становится видна весьма сомнительная процедура применения этого выражения (23.1) к тахиону. 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 отсчёта, тележка с часами и осями координат. Это значит, что мы рассматриваем в рамках теории относительности один из лоренц-инвариантных объектов. Этим объектом в данном случае является тахион.

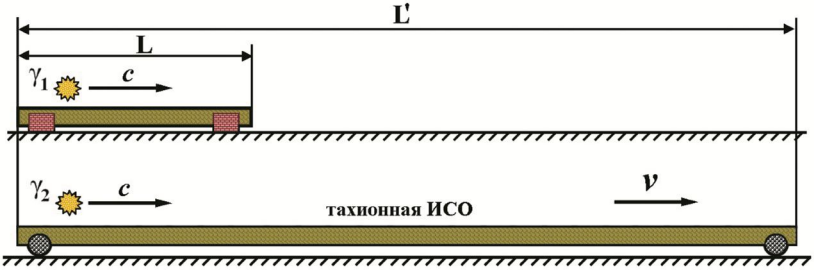


Рис.23.2. Движущаяся тахионная система отсчёта и сравнение скоростей фотонов γ_1 в неподвижной и γ_2 в подвижной системах отсчёта

Но, если хотя бы просто предполагается использовать тахион в качестве нового инварианта, скорость тахиона должна быть подставлена вместо скорости света. В противном 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. Более того, если существует скорость передачи информации (или движения), превышающая скорость инварианта, в теории относительности неизбежно возникает парадокс, абсурд.

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! Рассмотрим попутное и встречное движение фотона в тахионной системе отсчета. В этих случаях фотон начинает вести 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. Кроме этого нарушаются все преобразования Лоренца, как показано в начале раздела. Например, вместо лоренцева сокращения отрезков будет наблюдаться их лоренцево удлинение, как показано на рисунке.

Согласно уравнениям Лоренца, но вопреки известному явлению сокращения здесь будет наблюдаться обратный эффект: движущаяся со сверхсветовой скоростью ИСО будет… удлиняться. Выберем скорость v тахионной системы отсчёта такой, что она удлинится, например, как показано на рисунке – в 4 раза:

$$\frac{L'}{L} = 4 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \qquad (23.7)$$

Произведя тривиальные преобразования, оценим эту скорость в долях от скорости света:

$$16 = 1 - \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow 15 = -\frac{v^2}{c^2} \Rightarrow v = c\sqrt{15} \Rightarrow v \approx 4c \qquad (23.8)$$

В этих уравнениях опущена мнимая единица, поскольку для устранения неприемлемых мнимых величин считается мнимой величиной собственная длина тахионного объекта (тахиона).

В момент времени, когда неподвижный и тахионный движущийся источники фотонов поравняются, они испустят фотоны γ_1 и γ_2. В рассматриваемом примере фотон ведёт себя не менее удивительно, чем тахион. В попутном с тележкой направлении фотон вообще не может двигаться от источника: источник всегда будет его обгонять. Но допустим, что это всё-таки возможно. Пусть фотон γ_2 внутри тахионной системы отсчёта с точки зрения тахионного наблюдателя движется вперёд со скоростью света. Очевидно, что верхний фотон γ_1, испущенный неподвижным источником, будет отставать от нижнего фотона γ_2, испущенного тахионным источником. Эти два фотона в принципе не могут лететь рядом друг с другом. Нижний фотон γ_2 должен двигаться с точки зрения неподвижного наблюдателя со скоростью не ниже скорости тахиона $\boldsymbol{v}$, иначе он просто не вылетит из источника. В этом случае его скорость почти в 4 раза превысит скорость света. То есть, скорость фотона становится зависимой от скорости его источ-

ника. Таким образом, в случае тахионной инерциальной системы отсчёта 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 суммируются, то есть, к скорости тахиона может быть прибавлена скорость его источника. Поэтому неубедительно выглядит вывод:

"С точки зрения взаимосвязи между формами физических законов, как они представляются данному наблюдателю, и требованием инвариантности некоторых величин по отношению к преобразованиям от наблюдателя к наблюдателю, неудивительно, что какой-то один определенный вид преобразований, а следовательно, и способ синхронизации часов, будет более естественным, чем другой, поскольку физические законы уже определены данным наблюдателем. В нашем мире — это лоренц-преобразования, и всякий другой способ синхронизации только вызывал бы затруднения" [103].

Действительно, наблюдения и множество экспериментов явно согласуются с инвариантом скорости света, все физические законы определены достаточно чётко, и в диапазоне досветовых скоростей нет оснований отказываться от инварианта скорости света. Но ожидать его соблюдения на сверхсветовых скоростях не следует. Поэтому и утверждение, что сверхсветовая связь вызовет затруднения для синхронизации часов не вполне верно. Кроме того это возражение звучит несколько двусмысленно. Чем вызвано затруднение? Тем, что это сложно осуществить физически? Нет. Имея такую связь, можно легко выполнить процедуру синхронизации любых часов. Или всё-таки потому, что результат будет неприемлемым? Если будут получены результаты о неинвариантности скорости света при сверхсветовой синхронизации, то это, видимо, ведёт к фальсификации теории относительности, она уже не может претендовать на истинность. Об этом говорили разные авторы [19, 55].

Но возможное опровержение теории относительности не может служить запретом на использование сверхсветовой синхронизации часов. Если существует такой способ, то никакая самая правильная теория не может директивно его запретить. А такие попытки запрета неявно были и ранее.

Допустим, имеются два объекта, между которыми по всем признакам осуществляется сверхсветовая связь. Следовательно, имеется *принципиальная возможность* использовать её для сверхсветовой синхронизации часов, не смотря на сомнительные утверждения о трудностях такой синхронизации. И наоборот, если такая синхронизация осуществима, то она в свою очередь свидетельствует о правильности выводов о наличии такой связи.

Действительно, простой способ такой синхронизация описан выше (см. 20.2 Квантовая механика против СТО). Используя заранее оговоренные редко встречающиеся комбинации (сигнатуры) в последовательности

измеренных корреляций частиц, часы в двух ИСО синхронизируются по согласованному правилу. Например, обнуление минутных показаний часов. В этом случае часы этих ИСО будут идти синхронно в пределах часа – будут совпадать секунды и минуты. Очевидно, что при такой синхронизация автоматически рушится вся аксиоматика специальной теории относительности, поскольку обнаруживается, что интервалы между синхронизациями в точности равны в обеих ИСО.

Понятие "нелокальность" возникло именно в результате невозможности совместить явление запутанности с теорией относительности. Когда оказалось, что корреляцию между запутанными частицами невозможно объяснить ни с вероятностной точки зрения, ни с помощью теорий дополнительных переменных, в физику ввели понятие "нелокальность". Для спасения лоренц-инвариантности признали, что запутанные частицы не передают информации и вопрос закрыли. Суть этого решения можно сформулировать в таком странном виде "связи нет, а взаимосвязь есть". Факт существования тахиона несовместим с математикой СТО – её вторым постулатом. Инвариантность скорости света имеет следствием её предельность. Ошибкой является утверждение, что теория относительности не запрещает сверхсветовые скорости. Легко показать, что любая сверхсветовая скорость делает невозможным инвариант скорости света.

Однако, постоянство, инвариантность 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 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" непостоянные энергия и скорость?

Если же мы признаемся, что лоренц-инвариантность к тахиону неприменима, то всё неожиданно встаёт на свои разумные места, превращая доводы Фейнберга [103] в тавтологию, поскольку 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.

Конечно, все приведённые выкладки имеют смысл только при условии существования тахиона, сверхсветовой частицы. Пока она не обнаружена, 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.

23.1 Тахионные парадоксы – свойство СТО

Все сверхсветовые парадоксы являются исключительной принадлежностью специальной теории относительности. Их можно назвать болезнью теории, её "раковой опухолью", вызванной неразрешимым антагонизмом второго постулата и сверхсветовой сигнализации. Решению причинных парадоксов уделили внимание многие релятивисты. Однако, лишь немногие из них обратили внимание на принципиальную неприменимость специальной относительности к сверхсветовому движению.

Например, Мандельштам указывал:

"...опровергнуть [теорию относительности] можно только в том случае, если в природе найдутся процессы *сигнального характера*, более скорые, чем свет" [55].

Здесь чётко сказано - "опровергнуть", то есть показать несостоятельность, ошибочность. 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. Тем не менее, попытки спасти специальную относительность от сверхсветовых парадоксов не прекращаются. По меньшей мере, это означает признание того, что, действительно, сверхсвет представляет для неё реальную угрозу. Попытки спасения имеют различные направления. Одно из этих направление - удар по причинно-следственным отношениям. Более или менее явно они отвергаются. А нет отношений - нет и их нарушения. В этом отношении можно привести мнение сторонников известного принципа реинтерпретации. Однако, такие отвержения всегда приводят, мягко говоря, к недоразумениям. Например, Барашенков при рассмотрении классической петли времени описывает пример логического парадокса, в котором радиопередатчик испускает сигнал, включающий источник тахионов, только в том случае, когда он получил сигнал от этого источника. Возникает акаузальная петля: обмен сигналами будет только тогда, когда его не будет. Но вывод из этого он делает довольно странный:

"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" [24, 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 ничего, 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 кажущегося, как он считает, нарушения причинно-следственных отношений – спонтанную передачу сонета Шекспира, поскольку они восстанавливаются простым переходом в другую систему координат [24, 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" [24, 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 он, тем не менее, допускает противоположное - "запаздывающую причинность", для которой "хронологический порядок причинно-следственной связи не имеет строго определенного значения" (там же).

Сомнение в обоснованности принципа причинности высказывает, например, Чонка. Однако, приведённое им следом "небольшое размышление", 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 досто-

верно известно нам ... мы могли бы так же легко вывести из него прошедшее и, возможно, тогда предпочли бы называть ... причиной прошлого" [107, с.189].

В общем, с его анализом принципа реинтерпретации, подробно изложенном в статье, можно согласиться. Сделанные в статье 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" [107, с.183].

Да, это так. В рамках принципа реинтерпретации практически все его сторонники, в том числе, Э.Реками, 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. Для решения 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" [107, с.188].

На приведённых далее диаграммах Минковского при желании можно увидеть, что сама по себе сверхсветовая скорость тахиона не ведёт к парадоксу причинности. Всегда можно найти такие условия обмена тахионами (их скорость), при которых причинная петля, петля времени не возникает. Вернее, её парадоксальные участки скрыты. Помимо этого, движение в прошлое не ведёт к парадоксу причинности, 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. И, тем не менее, с появлением тахиона на причинность

начались самые настоящие гонения. Принижалось её значение как фундаментального закона природы, ограничивалась область её применимости, приравнивали к её противоположности - опережающей причинности, 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" [45, с.102].

Для сохранения требования запаздывающей причинности предлагается лишить причину и следствие их абсолютного смысла, но при этом признается, что заведомо существуют причины и следствия абсолютного характера [45, с.105]. Тем не менее, на вопрос, действительно ли принцип причинности запрещает сверхсветовые движения, следует ответить твердым "Нет, не запрещает". Только в теориях с "неисправным часовым механизмом" такие движения приходят в противоречие с причинностью, образуя замкнутые петли. Для их иллюзорного размыкания нужно просто интерпретировать их как спонтанное излучение! [103, с.172]. Другими словами, просто закрыть на них глаза.

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

Предлагается не обращать на нарушения причинности внимания, поскольку они очень малы. Но это наивный и неприемлемый довод. В тех отдельных случаях, когда принцип реинтерпретации подвергается критике, даже в этих случаях тахиону отводится место в специальной относи-

тельности 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" [48].

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 неприменимы, поскольку основаны на досветовых принципах. Именно поэтому любой сверхсветовой сигнал приводит к нарушению причинности в релятивистском смысле, приводящем к движению в прошлое. С чем невозможно согласиться, так это с "относительным характером порядка событий". Это движение в прошлое – исключительная особенность именно специальной теории относительности, а не тахионного мира. Например, в физике Ньютона в тахионном мире движения в прошлое нет. В специальной теории относительности нет скоростей, превышающих скорость света, и не надо её использовать за границами её применимости.

23.2 Скорость тахиона

Если рассматривать тахион как релятивистский объект, то можно обнаружить у него интересную особенность. Скорость тахиона особо зависит от скорости наблюдателя. В общем, это не соответствует правилам теории относительности для лоренц-инвариантных объектов, каковым принято считать тахион, и для которых скорости зависят от наблюдателя и складываются по особым, релятивистским правилам. Но для тахиона эта особенность проявляется в том, что всегда есть такая система, в которой его скорость равна *бесконечности*.

Чтобы показать это, рассмотрим движение тахиона в некоей движущейся ИСО. Для определения его скорости применим лоренцево правило сложения скоростей. Найдём скорость такой ИСО, в которой скорость тахиона будет равна бесконечности:

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

Здесь:

u – скорость исходной ИСО;

V – скорость тахиона в системе покоя этой ИСО;

v – скорость искомой ИСО, в которой V становится бесконечно большой.

Мы используем систему измерений, в которой скорость света равна единице. Легко заметить из уравнения, что парадокс возникает 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 скорость v этой системы отсчета будет равна:

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

Действительно, в этом случае скорость тахиона будет

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

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

$$u = 1{,}1c$$

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

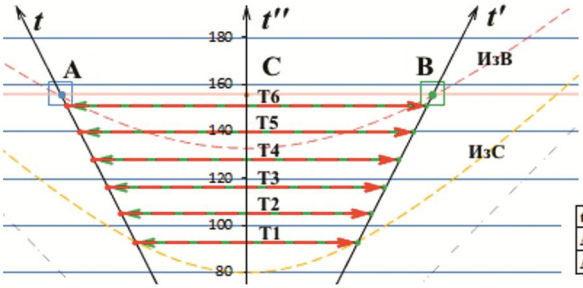
$$V = \frac{u - v}{1 - uv} = \frac{u - v}{1 - 1} = \infty$$

Эта бесконечная, то есть, мгновенная скорость сразу же приводит к новому парадоксу, о котором пока не слышно разговоров. Предположим, например, что две ИСО A и B находятся друг от друга на расстоянии 40 миллиардов световых лет. С точки зрения некоторой средней системы отсчета C (то есть, движущейся с равными скоростями от A и B) скорость тахиона от системы A к системе B равна бесконечности. Сигнал проходит *мгновенно*. Очевидно, что с других точек зрения этого нет. Если C явно видит, что две системы ведут телефонно-телевизионную связь, мгновенно обмениваясь потоком информации, то ни A, ни B этого утверждать не смогут. A наблюдатель в системе C, настроившись на соответствующую волну связи, отчетливо слышит и видит, как A и B делятся новостями. Но с точки зрения A и B скорость тахиона лишь ненамного больше скорости света и, разумеется, сигналу нужны миллиарды лет, чтобы пройти расстояние между ними.

По аналогии с толменовским анти-телефоном это можно назвать парадоксом анти-видео-телефона. Покажем описанную ситуацию на дина-

мических диаграммах Минковского. С точки зрения средней системы (условно неподвижной) системы наблюдатели А и В многократно обменялись мгновенными сигналами. Напротив, с точки зрения самих этих наблюдателей обмена сигналами не было вообще (рис.23.3).

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



	At	Bt	Ct
T6	130	130	151
T5	120	120	140
T4	110	110	128
T3	100	100	116
T2	90	90	105
T1	80	80	93
		ИзВ	133
t	156	ИзС	80
At	134	Bt	134
Ax	-69	Bx	69

Рис.23.3. Парадокс тахионного анти-видеотелефона в системе покоя С. Последний кадр из анимации [21]. Квадраты А и В обозначают две ИСО, между которыми производится обмен тахионными сигналами. Горизонтальная оранжевая лини, связывающая их, – линия настоящего времени ИСО С.

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 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. Как видно на диаграмме, время отправки и получения сигнала по собственным часам систем А и В одно и то же. То есть, система А отправила сигнал, например, в 80 миллионов лет по своим часам и в этот же миг получила ответный сигнал. Система В, соответственно, отправила сигнал в А в 80 миллионов 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 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 (правые части диаграмм) и В (левые части диаграмм).

Здесь мы уже не имеем никакой возможности утверждать, что диалог был. Рассмотрим систему покоя А (правые части диаграмм на рисунке), 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 рассматриваемом 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. Поэтому и ответных сигналов ждать не следовало.

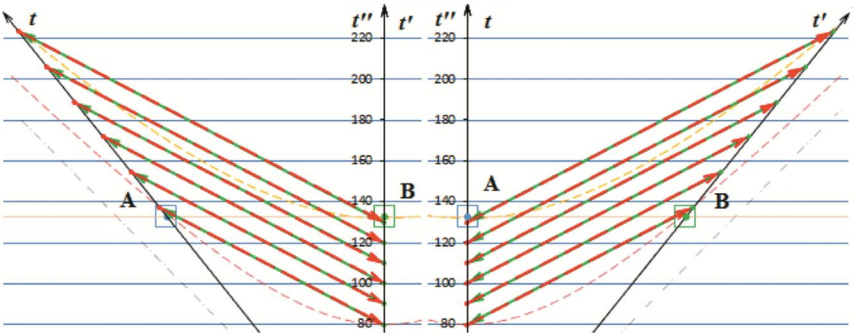


Рис.23.4. Парадокс тахионного анти-видео-телефона в системах покоя А и В. Последний кадр из анимации [21]. Каждая линия сеанса – двуцветная. Красная (штриховая) линия обозначает сигнал от А к В, зеленая – ответный сигнал.

Но что в этом случае означают зелёные стрелки из системы В? Они означают, вообще-то, ответный сигнал! Но как может быть дан 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 съест соседская кошка (в прошлом), как тогда он сможет вылететь (из будущего)?

Эти забавные рассуждения означат 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.

23.3 Трансцендентный тахион

Итак, рассмотрев предложенные диаграммы, мы обнаружили на них трансцендентный тахион, то есть тахион с бесконечно большой скоростью движения. 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}с. По условиям нашей задачи скорость эмитента тахиона по отношению к неподвижному получателю равна 0,813с (рис.23.3), поэтому:

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

В этих преобразованиях принято, что V>>*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 "выпадает" из ствола 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-напросто пролетит мимо нас с той же тахионной скоростью. Абсурд. 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, движущиеся относительно друг друга (рис.23.4):

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

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.23.3):

$$V_1 = \frac{-V + v}{1 - \frac{Vv}{c^2}} = \frac{-10^{100}c + 0{,}514c}{1 - \frac{10^{100}c \times 0{,}514c}{c^2}} \cong \frac{1}{0{,}514}c = \frac{1}{v}c \approx 1{,}9c$$

Полученный результат, повторимся, выглядит весьма странно. Два первых уравнения хотя бы приблизительно соответствуют диаграммам. Но третье уравнение – нет. На диаграмме рис.23.3 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 дойти до конечной точки раньше, чем до промежуточной, находящейся на пути его следования! В момент, когда подвижная ИСО находится примерно посредине между источником и получателем, тахиону нужно преодолеть это расстояние со скоростью

1,2с, а до конечной точки он будет двигаться со скоростью 10^{100}с. 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 10100с. Какая из них верна? Для выяснения этого вопроса необходимо рассмотреть ситуацию в конкретно скомпонованном (мысленном) эксперименте.

23.4 Мысленный эксперимент с тахионом

Рассмотрим очередной мысленный эксперимент, который похож на эксперимент с запутанными частицами, но в данном случае рассматривается не абстрактная "квантовая информация", а конкретная, хотя и гипотетическая, но, тем не менее, материальная частица – тахион.

При внимательном рассмотрении доводов о сверхсветовой применимости теории относительности невозможно не заметить возникающие в ней серьёзные противоречия. Причём проблема СТО с движением сверхсветовых объектов во времени (в прошлое) оказывается *исключительно внутренней проблемой самой* СТО, вынужденно приводящей её к абсурдным выводам. Вообще-то, это не должно вызывать удивления, поскольку СТО создавалась на базе строго досветовых постулатов.

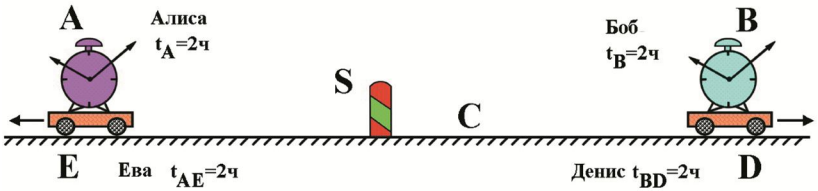


Рис.23.5. Алиса поравнялась с Евой, а Боб с Денисом. Что видят на часах Алисы и Боба все участники?

Чтобы увидеть, как возникают абсурды "машин времени", рассмотрим на мысленный эксперимент с тремя инерциальными системами отсчёта A (Алиса), B (Боб) и C (Синди). Система отсчета C – это лабораторная, условно неподвижная ИСО, относительно которой движутся две другие

ИСО – A и B. Для чистоты эксперимента, исключения влияния на измерения этапов разгона и торможения, создадим "предысторию" движения - будем считать, что изначально системы A и B находились в системе C 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: ИСО A двигалась с правой стороны рисунка, ИСО B – 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 A и B встречаются в точке S неподвижной системы C. В этот момент все три системы синхронизируют свои часы, обнуляя их показания. Затем системы A и B продолжают своё движение, теперь уже удаляясь друг от друга и от неподвижной в системе C точки S.

Предположим, что через 2 часа от начала разбегания системы A и B поравняются с неподвижными наблюдателями E (Ева) и D (Денис), соответственно. В этот момент Боб из системы B отправляет с помощью тахионов сверхсветовой сигнал Алисе в систему A. Примем, что скорость этого сигнала (скорость тахионов) равна 10^{100}c. Опишем обстоятельства этого события, являющиеся безусловно очевидными:

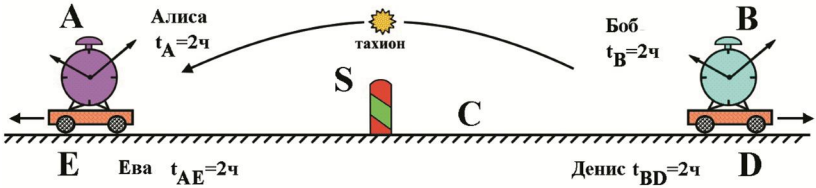


Рис.23.6. Боб отправляет Алисе сверхсветовой сигнал. Что видят на часах Алисы и Боба все участники?

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, A и B находились в движении одинаковое время как по их собственным часам, так и по часам лаборатории C, Евы и Дениса. Это значит, что Алиса и Ева смотрят на одни и те же часы A, 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 B и видят на них одни и те

же показания: $t_B=t_{BD}$, где t_B – показания часов Боба с его точки зрения; tBD – 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 специальной 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 прибудет 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.23.7.

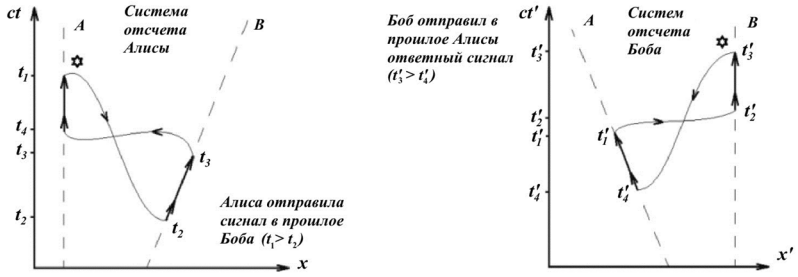


Рис.23.7. Обмен сверхсветовыми сигналами между движущимися системами отсчета Алисы и Боба. Слева – Алиса отправила сигнал в прошлое Боба ($t_1>t_2$). Справа – Боб отправил в прошлое Алисы ответный сигнал ($t'_3>t'_4$)

На диаграммах показаны две системы отсчета A (Алиса) и B (Боб), аналогичные рассмотренным выше. 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 проведённом выше анализе мы увидели, что Алиса получила сигнал в 2 часа, а не в 1 час, как считает Боб согласно диаграммам и приведённым выше рассуждениям. Выходит, что мнение наблюдателя B является иллюзией, ошибкой, и его утверждение о том, что сигнал был послан в прошлое наблюдателя A – тоже ошибка, иллюзия. Более того, наблюдатель B был уверен, что по часам A прошел только 1 час времени, поскольку его часы шли медленнее. То, что в момент времени 2 часа по часам B сверхсветовой сигнал (мгновенно) поступил к A, и на тех часах были показания 2 часа, означает не что иное, как то, что часы A вовсе даже и не отстали от часов B, что бы тот ни думал по этому поводу!

Более того. На диаграммах 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.23.3 и рис.23.4 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, Алиса и Боб могут использовать для сигнализации "внешние" тахионы, то есть тахионы, испущенные неподвижными в 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 – 10100с, а противоречивые расчеты специальной относительности должны быть отброшены как ошибочные (и диаграммы и формулы).

24. Сверхсветовая граница СТО

На начало 2017 года тахион или какая-либо другая сверхсветовая частица не обнаружены. Можно задаться вопросом: а нужна ли вообще физике эта гипотетическая частица? Не является ли она досужим вымыслом? С одной стороны, если посмотреть литературу по тахионам и сверхсветовым коммуникациям, то можно обнаружить, что, по мнению всех авторов, второй постулат СТО не запрещает сверхсветового перемещения. Более того, даже Эйнштейн склонялся к тому, что в теории относительности нет прямого запрета на сверхсветовое движение. Но не запрещено – не значит, что существует, хотя, вообще-то, запрещено. Сверхсветовая связь в теории относительности явно ведёт к нарушению причинности, позволяет посы-

лать сигнал в прошлое. Однако, против этого приводятся многочисленные возражения. Одно из основных возражений обосновывается принципом реинтерпретации. Анализ разными авторами нарушения причинности в СТО, как правило, приводит к противоречивым выводам: нарушение то ли есть, то ли его нет. Тем не менее, главными доводами в пользу существования сверхсветовых частиц являются два обстоятельства. Первое – это квантовая запутанность, которая явно требует признания сверхсветовой передачи, пусть и квантовой, но всё-таки информации. Второе: любая передача информации требует какого-либо носителя. Возможны, если упрощённо рассмотреть ситуацию, три вида переноса: перенос информации как таковой, перенос силового влияния и перенос материи. Легко заметить, что все они в определённом смысле взаимосвязаны и ведут к Стандартной модели элементарных частиц, то есть вполне определённо требуют наличие какой-то частицы. Таким образом, следует признать существование сверхсветовой частицы, даже если она и нарушает основные положения теории относительности [19].

24.1 Тахион в ТО нарушает причинность

Следует определенно и однозначно признать - скорость света является объективной границей применимости СТО. Поскольку специальная теория относительности была сформулирована на основе инварианта скорости света, применение её к сверхсветовым сигналам автоматически приводит к парадоксам причинности, взаимоисключающим и ложным предсказаниям, например, предсказание сеанса связи, который одновременно и состоялся и не имел места. Попытки решения возникающих противоречий использованием принципа реинтерпретации и основанной на нём тахионной механики вместо решения парадоксов причинности создают новые, например, для решения парадоксов привлекаются события, которых в реальности не было. Исследование парадоксов на динамических диаграммах Минковского обнаруживает новый, не имеющий решения в СТО парадокс дуальности скорости тахиона, означающий, что тахион имеет одновременно и бесконечно большую скорость и скорость, лишь ненамного превышающую скорость света. Покажем, что причинные парадоксы в сверхсветовой СТО решения не имеют.

Сначала отметим, того, что тахион и любые другие сверхсветовые коммуникации ведут к нарушению причинно-следственных отношений, достаточно, чтобы исключить их из теории. Но свойства сверхсветовой связи ведут к ещё более существенным последствиям в теории относительности. Помимо нарушения причинности движение быстрее скорости света ведёт к полному разрушению всех лоренцевых преобразований: сокращения отрезков, замедления часов, фактически разрушая самые основы теории относительности, о чём предупреждал Мандельштам [55].

Применение в рамках СТО сверхсветовых коммуникаций приводит к логическому парадоксу, абсурду. СТО принципиально несовместима со сверхсветом и даёт абсурдные предсказания, когда происходит обмен сверхсветовыми сигналами, тахионами. Покажем это на примере трёх инерциальных систем отсчета: лабораторной условно неподвижной ИСО С, в которой от точки S разлетаются в разные стороны две подвижные ИСО А и В (для краткости далее А, В и С). Этими же буквами обозначим наблюдателей и часы в соответствующих ИСО. По истечении времени t_C по часам С от начала движения прочитаем показания всех подвижных часов, а также собственных часов лабораторной системы - D и E, одинаково удалённых от точки S. Время снятия показаний t_C выберем таким, что часы А окажутся напротив часов D, а часы В - напротив E. Это возможно вследствие симметрии системы.

Сразу же заметим, что $t_{DC} = t_{EC}$, поскольку это неподвижные часы, синхронизированные в ИСО С. Здесь t_{DC} означает время на часах D с точки зрения наблюдателя системы отсчёта С. Далее все показания часов будем обозначать аналогично.

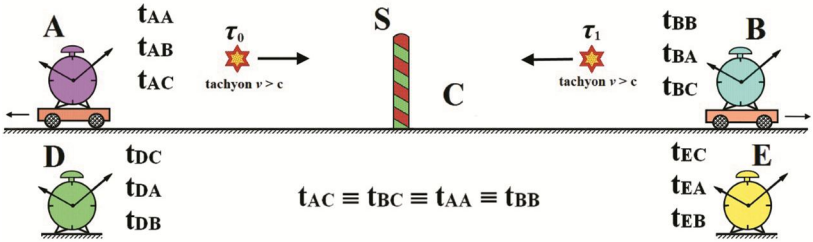


Рис.24.1. Две ИСО А и В движутся относительно лабораторной, условно неподвижной ИСО С. В каждой из ИСО имеются часы - А, В, D и E.

Очевидно, что в момент, когда часы А совместятся с часами D, а часы В – с часами E, показания часов А и В будут одинаковыми $t_{AC} = t_{BC}$, поскольку установка симметрична. Действительно, показания этих часов снимаются прямым наблюдением, и они не могут быть ни "кажущимися", ни абстрактно вычисленными. По этой же причине мы также обязаны признать, что $t_{AA} = t_{AC}$ и $t_{BB} = t_{BC}$. Иначе и быть не может, ведь наблюдатель А визуально считывает показания с тех же самых часов, что и наблюдатель С, а в одной и той же точке пространства движущиеся часы не могут показывать два разных значения времени! То же самое можно сказать и относительно часов В. Сравнивая три последних равенства, получаем $t_{AA}=t_{AC}=t_{BC}=t_{BB}$.

Если наблюдатели А и В передадут друг другу со сверхсветовой скоростью с помощью тахионов показания своих часов, то с точки зрения наблюдателя В это будут показания t_{AA}, равные показаниям t_{BB}. Можно сказать, что мгновенная передача информации соединяет информационно

две точки в пространстве, делая их как бы одной и той же точкой пространства. А это значит, что времена t_{AA} и t_{BB} будут равны, с какой бы точки зрения, из какой бы ИСО мы ни рассматривали сверхсветовую передачу показаний часов.

Таким образом, показания внутренних часов А и В равны в *любой* момент времени с точки зрения всех трёх наблюдателей. Значит, в любой момент времени наблюдатель В может получить от А мгновенное сообщение, что у А точно такие же показания часов. Следовательно, поскольку движение от S начато одновременно, то окажется, по мнению В, у него прошло такое же время, что и на А, и А удалился от S на такое же расстояние, что и В. И наоборот. Это означает, в свою очередь, что ни один из отрезков пути не испытал лоренцева сокращения, а часы обоих наблюдателей шли синхронно.

Известно, что в соответствии с положениями СТО $t_{AA} \neq t_{AB}$ и $t_{BB} \neq t_{BA}$. Но полученные со сверхсветовой скоростью показания из движущейся ИСО вступают в непримиримое противоречие с СТО, показывая, что все эти показания часов равны:

$$t_{AA} = t_{AC} = t_{BC} = t_{BB} = t_{AB} = t_{BA}$$

Все показания часов в рассмотренном мысленном эксперименте снимаются непосредственным измерением, в то время как преобразованиями Лоренца показания удалённых часов вычисляются абстрактно, с так называемой "точки зрения". Тем не менее, в *рамках постулатов* математически эти преобразования безупречны и не могут быть опровергнуты никаким самым изощрённым мысленным экспериментом. Следовательно, единственной причиной расхождения является *принципиальная несовместимость* сверхсветовой передачи информации с постулатом о предельности скорости света. Теория относительности основана на инварианте скорости света, отказ от него естественным образом приводит к неразрешимым парадоксам, противоречиям в логике теории.

Разрешить все противоречия со сверхсветовой скоростью передачи информации может только отказ в области сверхсветовых скоростей от инварианта скорости света, от математики СТО. В этом случае не останется никаких нарушений причинно-следственных отношений, никаких петель времени и парадоксов. Действительно, диаграммы рис.25.2 показывают якобы замкнутые петли времени. Вроде бы на картинке всё логично. Но на рисунке суть существенно искажена. Сравним рис.24.1 с тремя ИСО и диаграммы рис.25.1. Если использовать логику диаграммы рис.25.1 нам следует сказать о ситуации на рис.24.1: "в А сигнал прибудет в прошлое с точки зрения В". То есть, В считает, что А получит сигнал тахиона "в прошлом". В нашем примере это на 1 час раньше: если В отправил сигнал в 2 часа, то А получил его, как он считает, в 1 час. Но это – с позиции СТО! В СТО нет сверхсветовых сигналов, поэтому она делает для них ошибочные предсказания. Наблюдатель С отчетливо видит, что А получил

сигнал от B не в 1 час, а точно в то же время, что показывают часы B – в 2 часа. Здесь нельзя использовать "показания часов A с точки зрения наблюдателя B", поскольку A получил сигнал по *собственным* часам, а не по *кажущимся* наблюдателю B. Поэтому вопреки выводам СТО ответный сигнал A отправит не в 1 час по "кажущимся наблюдателю B" часам, а точно в 2 часа по своим реальным часам. С учетом этого рассмотрим этот рисунок более внимательно (рис.24.2).

Вследствие симметрии изображённой на рисунке установки все события в точках A = D и B = E с точки зрения наблюдателей C происходят полностью тождественно. То есть, для наблюдателей в C система A *тождественна* системе B (с учетом противоположных направлений движения). Все показания часов и "кажущиеся" времена обеих систем A и B для наблюдателей этой лабораторной, неподвижной системы отсчета C в точности равны. "Кажущиеся" часы, это те самые часы, про которые говорят "с точки зрения…". То есть, показания часов A с точки зрения B наблюдателю C известны: это показания часов B с точки зрения A. Мы рассматриваем одно из мгновенных состояний движущихся A и B, но это относится ко всем без исключения положениям систем.

С другой стороны, движущаяся сверхсветовая частица, тахион одинаково движется как между A и B, так и внутри C между часами D и E. Здесь нужно указать на условную инвариантность скорости света тахиона. Она практически не зависит от скорости источника B ввиду её малости по сравнению со скоростью тахиона. Поэтому испущенный от часов A тахион прибудет в B "параллельно" с тахионом, испущенным от часов D к часам E.

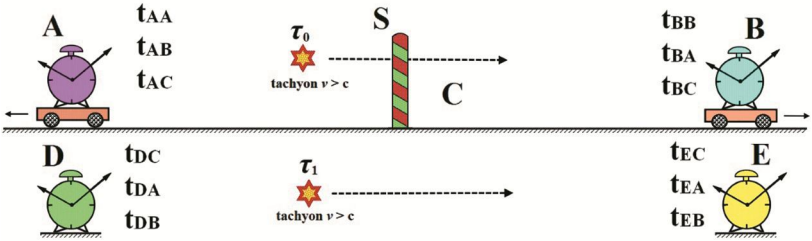


Рис.24.2. Отправленный из A тахион прибудет к B точно в то же, время, что показывают часы A.

Следовательно, как только A испустит тахион к B, наблюдатель C сделает однозначное наблюдение: этот тахион прибудет в этот же момент и к часам B и к часам E. Другими словами, тахион прибудет в B, когда там показания всех часов в точности равны показаниям всех "симметричных" им часов в A. Это означает, что реальные наблюдения из C показывают: тахион прибудет в удалённую B точно в то же время, что и время его отправки из A, хотя на основании математики СТО мы должны были полу-

чить движение тахиона в прошлое! Но, как видим, никакого движения в прошлое нет. Тахион, испущенный из А в 2 часа, прибудет в В, в которой тоже 2 часа. Более того, если В сразу же "вернёт" этот тахион обратно к А, то в А он прибудет опять же точно в это же время – в 2 часа. Никакой замкнутой петли времени не образуется, не наблюдается никакого нарушения причинно-следственной связи при сверхсветовой скорости передачи информации. Поэтому "тахионные" диаграммы СТО, показывающие эти нарушения, ошибочны.

Необходимое пояснение. Указано кратко "с точки зрения наблюдателя", но эту фразу следует понимать в полном смысле: "с точки зрения наблюдателя на основании требований СТО". То есть, эта точка зрения отражает не только скорость движения и местоположение наблюдателя, но и тот факт, что наблюдаемые им показания часов *диктуются* теорией относительности, являются директивными, приказными. Наблюдатель на самом деле не наблюдает, а вычисляет эти "наблюдения", подчиняясь математике СТО.

Мнимые параметры движения тахиона (масса, лоренцевы сокращения и изменение темпа хода часов) должны рассматриваться как его явное несоответствие математике СТО. Практически все авторы утверждают, что второй постулат СТО не запрещает сверхсветовых движений. Это крайне плохо обоснованное утверждение. Неужели недостаточно того, что лоренцевы уравнения приводят к абсурдным результатам для тахиона? Мнимая длина отрезка - что это такое? Но эти абсурдные, не физические результаты получаются исключительно вследствие второго постулата. Ведь именно второй постулат является необходимым и достаточным условием для вывода этих уравнений (буста) и вывода о предельности скорости света, максимально возможной скорости движения и передачи информации [105, 56, 99]. Более того, инвариант скорости света, второй постулат неизбежно ведут к принципу относительности (первый постулат). Другими словами, два постулата СТО избыточны, достаточно одного лишь второго постулата, чтобы вывести из него всю СТО и её первый постулат.

Сверхсветовая передачи информации несовместима с теорией относительности, она не входит в неё. А вот в механике Ньютона сверхсветовое движение не приводит ни к каким противоречиям. Поэтому можно сделать крамольный, еретический вывод: специальная теория относительности является частным случаем механики Ньютона! Это можно считать достаточным основанием, чтобы агента сверхсветового движения именовать не тахионом, не квантино. Подходящим названием было бы, например, название ньютино, или ньютонон, или ньютонион.

Наличие материальной субстанции, способной двигаться быстрее скорости света, позволяет предположить возможность создания как сверхсветовых средств связи, так и сверхсветовых средств транспорта. Перво-

очередной задачей на этом пути является обнаружение этого сверхсветового объекта – тахиона или квантино.

Здесь можно провести параллели. Известно, что явление интерференции возникает, условно говоря, при взаимодействии одной частицы с самой собой. То есть, в интерференции одна частица выступает как бы в "двух полу-лицах". Однако, в литературе есть сведения о том, что как будто удалось получить интерференционную картину от двух разных частиц. То есть, свойства частицы взаимодействовать только с самой собой удалось "выделить" и создать условия для разных объектов проявить это интерференционное свойство во взаимодействии друг с другом.

Известно также, что другое квантовое явление - запутанность проявляется только во взаимодействии двух отдельных частиц, которые переводятся специальными приёмами в особое состояние. В дальнейшем эти две частицы по-прежнему физически представляют собой раздельные материальные образования, хотя и имеющие общую волновую функцию, вектор состояния. После измерения одной из них, вторая также переходит в собственное состояние, но частицы лишь "обмениваются" так называемой квантовой информацией, оставаясь раздельными материальными образованиям. Обмен квантовой информацией возможен только между этими двумя предварительно запутанными частицами. Но какой бы ни была информация, мы не можем допустить, что она передаётся без какого-то носителя, путём всеми отвергнутого "дальнодействия". Этим носителем может быть тот же тахион. Задача состоит в том, чтобы передать это квантовое состояние третьей частице, не имевшей взаимодействия с этими запутанными частицами. Может быть, такую ситуацию создаст описанный эффект интерференции двух разных частиц? Если интерференционная картина будет меняться в зависимости от состояния этой второй, запутанной частицы, то получится сверхсветовой телеграф. Очевидно, такая сверхсветовая телеграфия запрещена теорий относительности, и гипотетически возможна лишь в случае интерференции двух разных фотонов.

25. Тахион и причинность. Принцип реинтерпретации

Передача информации и движение быстрее скорости света несовместимы со специальной теорией относительности, поскольку введение в теорию относительности сверхсветовых частиц – тахионов (квантино) разрешает движение в прошлое. Сверхсветовая связь приводит к нарушению причинности с образованием петель времени с возникновением "парадокса дедушки" и опровергает преобразования Лоренца, показывая, что движущиеся часы идут синхронно. При этом отвергается инвариантность скорости света – второй постулат специальной теории относительности, поскольку в тахионной ИСО для внешнего наблюдателя фотон должен двигаться со сверхсветовой скоростью.

Для решения этих противоречий, парадоксов был сформулирован принцип реинтерпретации (принцип переключения). Однако, при решении причинных парадоксов этот принцип просто подменяет их другими парадоксами: в рассмотрение вводятся события, которые на самом деле не имели места. Поведение запутанных квантовых частиц является взаимозависимым, что соответствует классической теории вероятностей и исследованиям Белла и Аспекта. Вследствие этого квантовая запутанность позволяет произвести синхронизацию движущихся или неподвижных часов, хотя сам сигнал "квантовой информации" зарегистрировать пока не удается. Перечисленные парадоксы сверхсветовой коммуникации любой природы возникают только в рамках формализма СТО, основанного на инвариантности скорости света.

Выводы о несовместимости сверхсветовых скоростей со специальной теорией относительности появились практически одновременно с теорией относительности. Применение к сверхсветовой частице - тахиону принципов и математики теории относительности наделяло тахион совершенно не физическими характеристиками: мнимой массой, отрицательной энергией, мнимым внутренним временем и мнимым сокращением отрезков. В дополнение к этому оказалось, что тахион явно нарушает причинно-следственные отношения и позволяет осуществить движение в прошлое. Такое положение было недопустимо, поэтому предпринимались попытки как-то обосновать совместимость тахиона с математикой теории относительности. Для начала было принято, что второй постулат, вообще-то, напрямую не запрещает сверхсветовых перемещений. То, что это "разрешение" приводит к мнимой массе, считается допустимым, а что она представляет собой, пока остаётся без объяснений. Другим оправданием тахиона в СТО стало утверждение о том, что принципы причинно-следственных отношений, строго говоря, ни одной физической теорией не постулируются, а принимаются за истину на основании прошлой практики и физических экспериментов, то есть, фактически считается, что соблюдение причинности не обязательно. Есть мнение, что выводить будущее из прошлого мы просто *предпочитаем эмоционально*. Хотя в микромире нарушение причинности считается фактом, простой логический анализ физических процессов макромира явно приводит к парадоксам причинности, которые, однозначно, в окружающей действительности не наблюдаются. Чтобы хоть как-то свести концы с концами, был сформулирован принцип реинтерпретации, который должен был показать отсутствие нарушения причинности тахионом. Утверждается в [55], что впервые этот принцип был сформулирован Штрумом:

"... было сформулировано положение (названное впоследствии ... "принципом реинтерпретации"), решающее проблему причинно-следственных связей при движении со сверхсветовыми скоростями".

Биланюк и Сударшан этот принцип формулируют в следующем виде:

"Мы назвали это "принципом реинтерпретации". Частицы "с отрицательной энергией", сперва поглощенные и затем испущенные, есть не что иное, как частицы с положительной энергией, испущенные и поглощенные в обратном порядке" [27].

Реинтерпретация должна была снять возражения, основанные на принципе причинности, против возможности существования сверхсветовых сигналов и позволить сформулировать непротиворечивую теорию тахионов. Формулировку этого принципа, не меняя её по существу, уточняет Барашенков [24]:

"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 античастица, имеющая положительную энергию и движущаяся вперед во времени в начальном (конечном) состоянии реакции".

Немного иначе этот же принцип, упомянутый под названием "принцип переключения", формулирует Чонка [107]:

"... 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".

В конечном счёте, главным возражением против сверхсветовых движений является не их противоречие теории относительности, а именно возможное нарушение причинно-следственных отношений. Использование математики специальной теории относительности к сверхсветовому движению, безусловно, несовместимо с принципом причинности.

Сверхсветовые сигналы в СТО неизбежно ведут к тому, что следствие влияет на породившую его причину [45]. Здесь необходимо указать явно: нарушение принципа причинности вызывается *исключительно* использованием в теории относительности сверхсветовых коммуникаций. Попытки поменять местами причину и следствие на основании того, что будущее может быть достоверно известно [107], лишь прячет проблему за эффектом киноленты, прокручиваемой в обратном направлении.

В примерах, рассмотренных в работе [24, с.136, с.138], сделаны такие выводы:

"... 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.2а при учете принципа реинтерпретации не изменится, а процесс на рис.2б будет представлять собой спонтанное излучение антитахиона, последующее испускание радиоволны радиопередатчиком и поглощение их далее источ-

ником тахионов. Последовательность событий на рис.3 также укладывается в причинно-следственную цепь".

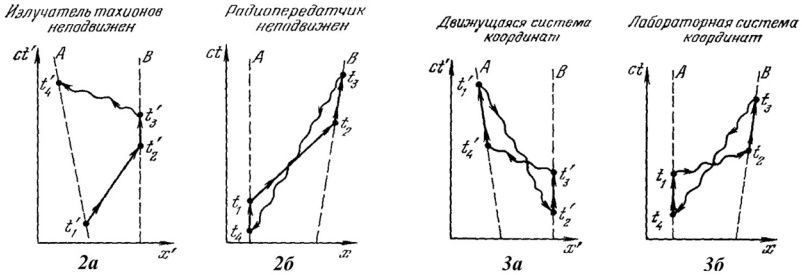


Рис.25.1. Применение принципа реинтерпретации. Рисунки 2а, 2б, 3а и 3б из статьи [24]

В приведённом ранее описании умышленно была использована фраза "как бы получил сигнал". При простом логическом, словесном анализе сверхсветовой связи заметна некоторая странность в сверхсветовом механизме теории относительности. Что-то здесь не так! Однако используемые при таком анализе традиционные диаграммы не дают никаких оснований усомниться в правильности механизма рис.25.1.

Действительно, на рисунке ни мнемонические обозначения, ни стрелочки-траектории не имеют никаких видимых странностей и неопределённостей. Диаграмма – она и есть диаграмма. Однако, если рассмотреть ситуацию внимательнее, то всё-таки можно заметить слабую обоснованность выводов. Автор так описывает диаграмму:

"Радиопередатчик движется по траектории *A*, источник тахионов — по траектории *B*. Волнистые линии — траектории тахионов. В системе координат, связанной с источником тахионов (а), времена событий удовлетворяют *условию* $t'_1 < t'_2 < t'_3 < t'_4$. *В системе координат радиопередатчика (б) временной порядок испускания* и поглощения тахиона оказывается переставленным: $t_3 > t_4$, и при достаточно большой скорости тахион достигнет радиопередатчика раньше, чем последний успеет испустить радиоволну: $t_4 < t_1$" [24].

Откуда в описании взялось условие $t_3 > t_4$ (в описании под рисунком 2 в статье указано $t_3 < t_4$ - очевидная опечатка)? Может быть, с диаграммы? Но тогда откуда оно появилось на диаграмме? Понятно, что оно вычислено согласно положениям СТО. Но в описании это лишь негласно подразумевается: "согласно СТО с точки зрения передатчика часы у приёмника показывают время $t_3 > t_4$". Это существенно: не часы *показывают* $t_3 > t_4$, а передатчику *кажется*, что часы показывают это, ведь непосредственно показаний часов t_3 он наблюдать не может, он лишь полагается на *предсказания* СТО. Но для сверхсветовой связи это предсказание не доказано.

Обратим 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 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. Для этого случая весьма показательна иллюстрация: "Телеграфную передачу *спонтанно* излучающим атомом сонета Шекспира движущийся наблюдатель воспримет как подлинное чудо" [24].

При наличии тахионов принцип реинтерпретации не избавляет ни от временных циклов, ни от беспричинности. Вдобавок появляются масса мнимых параметров. Попытка сгладить наличие мнимостей в теории относительности выглядит малоубедительно:

"Вещественными должны остаться энергия и масса частицы, поскольку они могут быть наблюдаемыми. Обе эти величины будут вещественными, если мы допустим, что масса покоя является мнимым параметром".[27]

Против этого, вроде бы, сложно возразить. Действительно, сверхсветовая частица не может остановиться:

"если частицы с мнимой массой существуют, то их скорость никогда не может быть меньше с" [27],

поэтому математически она вполне может иметь мнимую собственную массу. Однако назвать это физической характеристикой невозможно. Как бы ни проявлял себя тахион, он является материальным объектом. Даже если его массу и нельзя измерить, то это не может быть основанием для признания её нематериальной субстанцией. Что такое "мнимая материя" представить невозможно и недоступность измерения её параметров всегда будет оставаться неустранимым "источником беспокойства". Безупречную в рамках границ применимости теорию относительности распространяют за эти границы, превращая её в чистую математику, оторванную от физической реальности.

При этом очевидно, что все мнимые величины тахиона, обоснованные выше, являются неизбежным продуктом только сверхсветовой "расширенной" теории относительности. Только в теории относительности сверхсвет вынуждает оперировать различными "мнимостями", имеющими исключительно математическую природу без какого бы то ни было физического смысла. Точно также проблема причинности при сверхсветовой связи и "машины времени" являются *исключительно* проблемами теории относительности. Предельность скорости света является следствием её инвариантности – постулата СТО о неизменности скорости света. Одного только условия неизменности скорости света в различных ИСО достаточно, чтобы

прийти к выводу – это максимально возможная скорость. И наоборот, если есть предельная скорость, то она автоматически становится инвариантом. То есть имеется строгая взаимосвязь. В случае отказа от инварианта скорости тахиона и света мы приходим к физике Ньютона. По поводу использования тахиона для синхронизации часов Фейнберг пишет:

"Далее может возникнуть возражение, основанное на том, что преобразования, связанные с новым видом синхронизации, могут сделать инвариантными некоторые другие законы, например скорость распространения тахионов" [103].

Действительно, если инвариант - это максимальная скорость, то скорость света уже не может быть инвариантом, поскольку у тахиона скорость выше. Но далее Фейнберг делает неверный вывод:

"Это, по-видимому, неверно, так как для этого нужно, чтобы скорость данного тахиона была одной и той же для двух движущихся относительно друг друга наблюдателей, что заведомо неверно в общем случае. 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" [103].

Возникает абсурдная неразрешимая ситуация. Свойства тахиона описываются математикой теории относительности, в том числе с использованием её следствий - преобразований Лоренца. Но тахион делает эти преобразования ошибочными, недействительными, что продемонстрировано более чем наглядно. Если в теорию относительности ввести сверхсветовые коммуникации, то она делает парадоксальные, абсурдные, взаимоисключающие выводы. При этом простое игнорирование сверхсветовых перемещений при их реальном наличии сохраняет её справедливость. Это означает, что теория относительности является теорией математической, а в физической реальности она делает кажущиеся предсказания.

С учётом всего сказанного следует сделать следующие заключения:

1. Сверхсветовые коммуникации (перенос вещества, передача информации) *несовместимы* с теорией относительности. Специальная теория относительности справедлива в рамках своих постулатов. Заявление Мандельштама [55] не вполне корректно. В математическом смысле сверхсвет не опровергает теорию относительности, он лишь запрещает применение теории к физической реальности, в которой существуют сверхсветовые сигналы.

2. Принцип реинтерпретации не решает проблему включения сверхсвета в СТО; напротив, он фактически отвергает причинность своими фокусами с перестановкой местами причин и следствий. Терминологические

фокусы с "опережающей причинностью" можно назвать "толерантным, политкорректным" определением беспричинности:

"... принцип причинности все же создает определенные трудности в проблеме сверхсветовых движений" [45].

"... сверхсветовые сигналы действительно запрещаются вторым началом термодинамики" [99].

3. Попытки реинтерпретацией залатать противоречия обратного движения во времени выглядят крайне неубедительно. В известных статьях приводятся примеры, которые лишь в некотором конкретном единичном случае позволяют "не увидеть" нарушение причинности. На самом деле в них идёт речь лишь о том, что "причинное будущее" просто-напросто достоверно известно из множества ранее проведённых опытов, основанных на классической, нормальной причинности.

4. Тахион не обнаружен, значит, самое время для реинтерпретации ввести в обращение антитахион и заменить возможный реальный физический процесс поглощения тахиона, пусть и с нефизическими параметрами, на испускание его "физического призрака".

5. Легко понять стремление "суперструнных М-Теорий Всего" избавиться от "потустороннего" тахиона. При всей признанной слабости струнных теорий - отсутствия у неё проверяемых предсказаний, ей только тахиона и не хватает, с его мнимыми "анкетными данными" и покушением на причинность. К тому же и без тахиона теория относительности в М-теории находится в конфликте с квантовой механикой вплоть до полного её отторжения.

26. Тахионная механика и причинные парадоксы

Выше мы отметили, что практически все физики-релятивисты считают возможным непротиворечиво распространить положения специальной теории относительности на сверхсветовые явления. При этом игнорируется, что теория была сформулирована на основе инварианта скорости света, ведущего к её предельности. Использование сверхсветовых сигналов в специальной теории относительности приводит её к парадоксам, взаимоисключающим и ложным предсказаниям. Тахионная механика и используемый в ней принцип переключения вместо решения этих парадоксов создают новые, превращая научную теорию – специальную теорию относительности – в теорию лженаучную.

Вполне понятно и ожидаемо, что решению причинных парадоксов теории относительности уделяется достаточно много внимания. Одним из инструментов для таких решений заявлена тахионная механика (кинематика) Эразмо Реками (Erasmo Recami), которая продвигается соавторами на правах продолжателя принципов СТО, превращающего её в "неограниченную теорию относительности" [12, 13].

Основной работой, в которой изложены принципы "Тахионной механики", судя по ссылкам, приводимым в работах Реками, является статья с его соавторством "Two-Body Interactions through Tachyon Exchange" ("Двухчастичные взаимодействия через обмен тахионом"):

"В работе ... можно найти описание основ тахионной кинематики" [12, 13].

"... 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") [13].

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 A, B для всех возможных относительных скоростей" [11].

По сути, Реками с соавторами при решении тахионных задач (парадоксов) как главный принцип тахионной механики активно применяет процедуру переключения (switching procedure - SWP) Штюкельберга, Фейнмана и Сударшана, известную также как принцип реинтерпретации, принцип, которому фактически присвоен статус ещё одного основного постулата специальной теории относительности, принятого на вооружение практически единодушно как эффективное средство разрешения парадоксов теории относительности, вызванных её расширением на сверхсветовые движения. В отечественной литературе утверждается, что этот принцип был сформулирован Л.Я.Штрумом [55]. Практически в любом учебнике по специальной теории относительности его можно встретить в той или иной формулировке, как показатель универсальности СТО, её способности решать более широкие задачи, чем изначально в неё заложенные. Но насколько обоснованы претензии на преемственность тахионной механики специальной теории относительности в вопросе сверхсветовой передачи информации? Действительно ли принцип реинтерпретации позволяет снять все проблемы с причинностью? Чтобы проверить это, а правильнее сказать, показать, как тахионная механика превращает свою "родительницу" - СТО в лженауку, рассмотрим доводы тахионной механики более тщательно, для чего просто произведём конкретные числовые расчеты.

Тахионная механика предлагается её разработчиками при решении тахионных задач, причинных парадоксов 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 обыч-

ных, только досветовых наблюдателей (то есть, без необходимости введения сверхсветовых систем отсчета)" [13].

Цитируемые статьи, как можно заметить, ориентированы явным образом на решение так называемого парадокса антителефона. Автором парадокса считается Толман, впервые описавший парадокс передачи сверхсветовой информации в прошлое в 1917 году [16], едва ли не сразу же после выхода в свет основополагающей работы Эйнштейна по теории относительности. Мы воспользуемся формулировкой парадокса в версии Реже и его решением средствами тахионной механики Реками, приведёнными в работе [13]. Рассмотрим, как тахионная механика решает этот парадокс, и какова роль принципа реинтерпретации в этом решении.

Суть парадокса крайне проста. 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. Возникает парадокс: вследствие сверхсветовой скорости тахиона он попадает в прошлое системы А, раньше, чем был отправлен первый тахион. В основу парадокса положено выведенное Толменом [16], уравнение следующего вида (скорость света мы приняли равной единице):

$$\Delta t' = \frac{1 - uv}{\sqrt{1 - v^2}} \Delta t$$

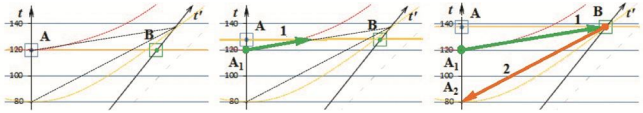
где

t и t' - время в неподвижной и движущейся системах, соответственно;

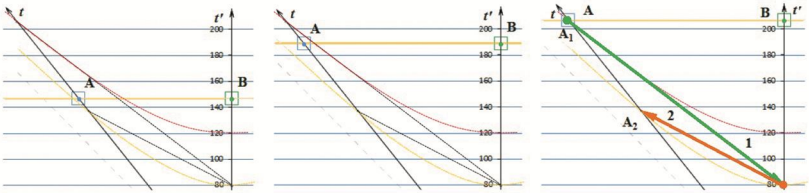
u - скорость тахиона;

v - скорость движения системы t'.

В рассматриваемой статье, как следует из уравнения и в соответствии с принципом переключения (реинтерпретации), парадокс и необходимость в "переключении" возникают только при условии $uv>1$. Парадокс имеет в статье иллюстрацию, изображающую ситуацию в системе покоя наблюдателя А. Для большей наглядности изобразим (рис.26.1) подобную ситуацию на динамических диаграммах Минковского в движении участников (см. также рис.26.6, 26.7), и добавим точку зрения системы покоя В. На диаграмме в системе покоя А в сторону движущейся системы В излучается тахион 1. В системе покоя А он движется в будущее этой системы, а в системе покоя В – в прошлое, что видно на диаграмме. Точно такая же ситуация наблюдается и с ответным тахионом 2. В системе покоя В ответный тахион 2 движется нормально в будущее, а в системе покоя А – в прошлое. Рассмотрим процессы в динамике. На диаграмме а) рисунка, соответствующей рисунку 1 рассматриваемой статьи, линия настоящего системы покоя А достигает точки времени 80 (минут) на оси времени. Время условно берём в минутах, хотя это могли быть и секунды и миллионы лет.



a) точка зрения системы покоя A



b) точка зрения системы покоя B

Рис.26.1. Парадокс антителефона a) с точки зрения системы покоя, b) с точки зрения системы покоя B. Фрагменты кадров из анимации [21]

Казалось бы, согласно принципу реинтерпретации, в этот момент A2 в системе A должен быть эмитирован антитахион 2. Однако, на диаграмме трасса тахиона лишь намечена штриховой 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 A излучил антитахион. Кроме того, по условиям задачи ни в этот момент, ни в какой другой в системе A вообще не запланировано излучение антитахионов и не установлено никаких устройств для такого излучения. Ни по времени, ни по оснащенности системы A никакого антитахиона быть не может.

Так продолжается до момента времени 120 (минут) по часам A. В этот момент времени A_1 происходит то, что задано в условиях задачи: излучение тахиона 1. Как можно увидеть на диаграмме, тахион эмитирован и движется в сторону системы B. 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 трех кадрах диаграммы видно, как этот тахион движется по своей мировой линии, всегда находясь в настоящем времени системы покоя A. Примерно в 137 минут по часам A тахион достигает системы B, в которой в этот момент с точки зрения системы покоя A всего лишь 80 минут. Это можно увидеть, например, по изохроне. Изохрона – это гиперболическая линия, отсекающая на всех мировых линиях отрезки равного времени от начала движения. В данном случае – это 80 минут. На диаграмме она изображена желтой штриховой линией. Этим гиперболам присвоено название изохрон, поскольку в литературе они общепризнанного названия не имеют.

В момент достижения тахионом 1 системы B происходит новое событие – излучение в системе B тахиона 2. Но здесь происходит релятивист-

ский эффект: оказывается, этот тахион движется в обратном направлении времени. Строго говоря, мы не имеем никакого права изображать мировую линию с таким наклоном – в прошлое. Но здесь мы это делаем, поскольку надеемся, что в системе покоя B этот тахион движется нормально, в будущее. Изобразить на этом отрезке движение тахиона 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 A_2, 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 этот "мгновенный" скачок, как ни странно, имеет вполне определённую скорость – примерно 2 скорости света. Но в прошлое. На этом процесс обмена сигналами в системе покоя A завершился.

В системе покоя B процесс выглядит так же парадоксально (диаграммы b) на рис.26.1). В момент времени 80 минут по часам B он, как мы видели на предыдущих диаграммах, эмитирует тахион 2 в сторону системы A. Но на диаграммах в этот момент ничего не показано. Разумеется, это задано динамикой, программой отображения диаграмм. А какие есть основания для того, чтобы в момент 80 минут по часам B показать на диаграмме излучение тахиона? Такое излучение может быть только исключительной инициативой наблюдателя B, никак не связанной с условиями задачи. По условиям задачи он должен излучить свой тахион 2 только после того, как получит тахион 1 из системы A. А этого тахиона наблюдатель B ещё не получил. Откуда и следует, что в момент времени 80 минут по своим часам у наблюдателя B нет никаких оснований для излучения тахиона. И, соответственно, антитахиона.

Далее, до момента времени примерно 137 минут ожидалось, что тахион достигнет системы A. Но тахиона нет, и в систему A вообще ничего в этот момент A_2 не поступало.

И только в момент времени примерно 206 минут по часам B в системе A происходит событие A_1 – излучение тахиона 1. В системе покоя A, по мнению B, часы показывают 120 минут, что видно по красной изохроне. Как мы только что показали, до этого момента ни A, ни B ничего не получали и не излучали. Но теперь эмитированный в A тахион 1 мгновенно (но со скоростью 1,3 скоростей света; как это можно объяснить?) оказывается в прошлом – в 80 минутах по часам системы B, а оттуда эмитирован мгновенно (но со скоростью 2c) тахион 2. Однако, если вспомнить, в этот момент в системе B ничего не происходило. Здесь же мы видим, что вдруг оказалось, что в этот момент в B был получен и излучен тахион. А в такое же время A_2 по часам A или в 137 минут по часам B в системе A был получен тахион 2. Выглядит это, как если бы у наблюдателя B был провал в памяти, а тут он вдруг очнулся и вспомнил, что, оказывается, 120 минут назад он получил тахион 1 и отправил тахион 2.

"Решение" этих парадоксов с помощью принципа реинтерпретации не делает их менее парадоксальными. В 80 минут 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 A_2, согласно принципу реинтерпретации, нам следует считать, что наблюдатель А эмитировал антитахион 2. Но двигаясь по оси времени, в этот момент A_2 ничего такого мы не увидели, 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 80 минут" 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 тахион 2 получен раньше своей причины – тахиона 1.

Ещё раз обратимся к решению, предлагаемому в рассматриваемой статье тахионной механикой и принципом переключения (реинтерпретации). Если в своей системе покоя наблюдатель А видит излучение тахиона, то из движущейся системы наблюдатель В будет видеть поглощение антитахиона. Если А видит "внутреннюю эмиссию" тахиона, то это не означает, что В увидит у себя "собственное поглощение". Напротив, В у себя будет наблюдать "внутреннюю эмиссию" антитахиона. Другими словами, из этого решения явно следует, что эмитированный в 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 В и никуда не может отклониться. Следовательно, рано или поздно он неизбежно догонит систему В. Кроме

того, для контроля мы можем разместить вдоль лини 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 В не было никакого тахиона, но почему В всё-таки вынуждена поглотить этот "несуществующий" тахион эта "механика" не объясняет.

Впрочем, реинтерпретация утверждается, что В видит не излучение тахиона, а поглощение в А антитахиона. Если буквально толковать эту фразу в работах Реками, то следует заметить: наблюдатель в В 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 антитахиона, 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 антитахион 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 антитахион 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 ответную анти-телеграмму с текстом "Это тахион из системы В". Но 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 в В? Кстати, такие же вопросы возникают и в отношении антитахионов:

- антитахион 1, эмитированный в В и не достигший системы А;
- антитахион 2, эмитированный в А и не достигший системы В.

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 наблюдателя – инициатора обмена тахионами.

В заключение статьи 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 2 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*.

26.1 Критика тахионной механики

Применим сформулированные аргументы к решению парадокса антителефона средствами тахионной механики. Для удобства дальнейшего анализа сделаем динамическую (компьютерную) копию рисунков из рассматриваемой статьи, которая позволит рассматривать системы с различных точек зрения. Для этого мы восстановим из рисунков 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 tgB = 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 составлена математическую модель, внесена в компьютер, что позволило получить затем другие рисунки (ракурсы) в данной работе.

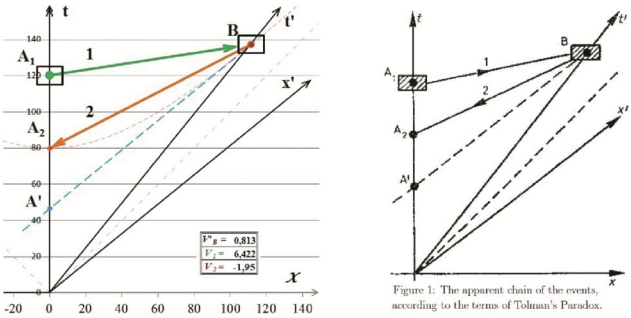


Рис.26.2. Рисунок из статьи E.Recami [13] и его компьютерная модель (слева). Наблюдатели рассматривают красное событие A_1 как причину события A_2. Событие A_1 хронологически предшествует событию A_2 согласно обоим наблюдателям.

Также для удобства последующих рассуждений на рисунки были добавлены вспомогательные 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 на диаграмме Минковского изохрон 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 примеча-

тельно, 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. Напомню, что диаграмма построена с учетом пропорций рисунка 1 в статье.

Заметим, что все изохроны располагаются "вдоль" вертикальной оси ветвями вверх (движение в будущее) или вниз (движение из прошлого). К изохронам "ортогонально" могут располагаться соответствующие гиперболы, которые можно назвать "изотрасами" (или изотрассами) - 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 рисунок, сразу же обнаруживаем, что тахионы имеют разную скорость движения, что, вообще-то, настораживает: почему в системе отсчета наблюдателя А отправленный тахион 1 - быстрый (скорость порядка 6с), а обратный 2 - медленный (скорость порядка 2с)? Кроме того, в некоей 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, как предполагается, движется вперед во времени устройства А, что и показано на рисунке. Когда В излучает в своей системе покоя тахион 2, то тахион должен двигаться во времени вперёд относительно устройства В. А это значит, что мировая линия тахиона 2 должна уходить от В вверх относительно ВА' - мировой линии "настоящего" в системе покоя В (эта линия параллельна оси x'). Следовательно, точка A_2 должна оказаться заведомо выше A'. Скорость тахиона 2 может быть выбрана по воле наблюдателя В такой, что событие A_2 окажется между A' и A_1, что и означает прибытие тахиона 2 в систему А раньше, чем будет испущен инициирующий тахион 1, причем на диаграмме видно, что он в этом случае движется обратно во времени, что для наблюдателя А выглядит весьма странно, даже необъяснимо: сигнал пришёл из будущего. *Это явление названо парадоксом антителефона* [13] .

Как выше отмечено, и это известно, явление антителефона возникает при некоторых 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 - 0,813с. На диаграмме легко обнаружить, что антителефон 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):

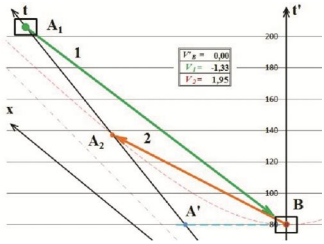


Рис.26.3. Парадокс антителефона с точки зрения наблюдателя B.

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 антителефона является граничным. Для устранения эффекта антителефона достаточно, чтобы в системе покоя B скорость излучаемого из A тахиона была выше скорости ответного тахиона из B. 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 BA' - "настоящее" B. Никаких петель времени и причинных парадоксов в этом случае не возникает. Более того, если скорость тахиона 1 окажется выше скорости тахиона 2, то наблюдатель A 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 A, до момента отправки первичного тахиона.

То, что такая скорость может быть отражена на диаграмме, обнаружилось при анализе параметров движения систем. Оказалось, что в симметричной лабораторной системе отсчета скорость обратного тахиона 2 равна бесконечности. Симметричная система - это система, по отношению к которой обе системы A и B 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 (рис.26.4). На ней мировая линия t" относится к этой срединной неподвижной ИСО. 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 φ к вертикальной оси.

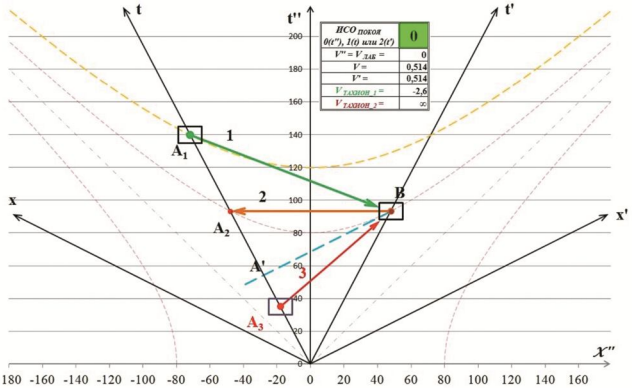


Рис.26.4. Парадокс антителефона с точки зрения неподвижной ИСО. По отношению к ней наблюдатели А и В движутся в противоположных направлениях с одинаковой скоростью.

Отличие от предыдущей диаграммы состоит в том, что, согласно математике СТО, скорости, особенно релятивистские, складываются по специальной формуле. Это значит, что скорости эти двух ИСО относительно неподвижной не равны половине их скорости относительно друг друга. Эту скорость найдём из условия:

$$0{,}813c = \frac{u+u}{1+\frac{v^2}{c^2}} = \frac{2u}{1+v^2}$$

Здесь мы учли, что скорости u заданы в долях скорости света, а c=1. Преобразуем это выражение и получаем квадратное уравнение:

$$u^2 - 0{,}46u + 1 = 0$$

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.

Надо признать, что в рассматриваемой статье на самом деле скорость тахиона 2 была всё-таки несколько меньше бесконечности. Но для наглядности параметры движения систем были совсем незначительно подкорректированы (изменено время происхождения события A_2, оно смещено назад во времени примерно на 10 минут). В результате этого скорость тахиона по отношению к лабораторной системе отсчета стала бесконечно большой. На рисунке мы видим, что с точки зрения лабораторной ИСО 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 антителефона 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 В получит его, этот антитахион. Нет, 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 А излучает тахион 1 с точки зрения В, а он сам, 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). В статье определенно 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 B (in its rest frame)" [13, c.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 классически 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, кроме, конечно же, фантастической: машина 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 B получит его, этот антитахион, что B 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 B получить этот антитахион! Если наблюдатель (устройство) A излучил антитахион, то нет никаких разумных доводов против того, чтобы наблюдатель B этот антитахион получил. Нет таких доводов! Действительно, по условиям задачи и согласно принципу реинтерпретации (рис.26.2) в точке A_2 событие "получение тахиона 2 от B" может быть реинтерпретировано как событие "отправка антитахиона 2' из A". 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 B. Следовательно, он обязательно прибудет в ту же самую точку пространства-времени, из которой был испущен тахион 2. Если исключить "аннигиляцию" тахиона с антитахионом, то B 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" [24, 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. И 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 В должен был его зарегистрировать. Что на этот счет говорит нам принцип реинтерпретации? Ничего.

Впрочем, в эти доводы заложено не очень обоснованное предположение, что антитахион возникает вследствие прибытия тахиона. Хотя это прямо утверждается 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.

26.2 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, преференциях 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 2 статьи Реками (здесь рис.26.3). 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 антителефона, решению которого, как видно из названия, и предназначена статья. Вывод для этого рисунка делается соответственно изобра-

женной 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 мои рисунки я нанёс обе эти мировые линии, автор этого не делал и, возможно, не согласится с моей 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.

Конечно, автор 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 26.2 к мировой линии A_1 на рисунке 26.3. 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 антителефона - к другой. Но ведь в этой другой задаче парадокса нет! Выше было отмечено, что сверхсветовая скорость тахиона не является достаточным условием для возникновения эффекта антителефона. Решать, собственно говоря, нечего. Действительно, при новых условиях, когда точка A_3 смещена по своей мировой линии вниз, устройство А эмитирует тахион 1, как и положено, в собственное будущее (левая часть диаграммы на рис.26.4). В момент получения тахиона 1, устройство В имитирует тахион 2, как и положено, также в собственное будущее (правая часть диаграммы на рис.26.4). И на левой части диаграммы мы видим, что в систему А тахион 2 приходит позже события испускания ею тахиона 1. Как и положено. Здесь нет никакого парадокса и никакие принципы реинтерпретации и тахионные механики здесь *не нужны*.

Озвученные здесь выводы по решению парадокса Реками 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 уже было отмечено это обстоятельство: эти два случая - разные и друг с другом никак не связаны. В первом случае явление антителефона 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..." [13].

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. Попытки использовать её для сверхсвета очень часто ведут к парадоксам причинности. 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.

26.3 Парадокс дуальности скорости тахиона

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 передача информации между системами. Такими свойствами обладает, так называемый, изохронный тахион [317]. 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. Наглядно это можно увидеть на следующих анимированных диаграммах Минковского (Рис.26.5). На рисунке представлены точки зрения трех разных лабораторных систем отсчета в один и тот же момент времени по часам одних и тех же ИСО А и ИСО В на тахион, которым они обмениваются. Показания часов этих (и любых других) систем – наблюдателей незначительно различаются и соответствуют моменту времени, когда тахион пересекает каждую из этих систем. Иначе говоря, 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 голубого цвета, 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. Это положение (кадр диаграммы) на анимации выделен мерцанием мировой линии тахиона. 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.

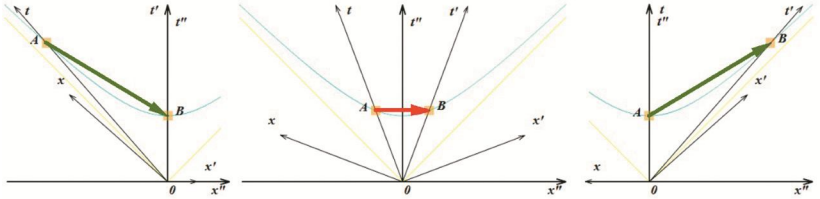


Рис.26.5. Скорость тахиона с точки зрения различных лабораторных (условно неподвижных) ИСО. Приведены три кадра анимации [21] обмена тахионом двумя ИСО A и B. С точки зрения третьих (разных) ИСО C скорость тахиона либо незначительно превышает скорость света a) и c), либо равна бесконечности b).

Рассмотрим простую ситуацию: системы A и B находятся на большом расстоянии друг от друга, пусть это будет размер Вселенной. Если скорость тахиона равна бесконечности, то, следовательно, системы A и B могут мгновенно обмениваться сигналами: как от A к B, так и от B к A. 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 A и B 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.26.5) такой разговор был зафиксирован. А с точки зрения систем, обменивающихся сигналами?

На этом и следующем рисунках (см. также рис.26.1) показан рассмотренный обмен сверхсветовыми (тахионными) сигналами теперь уже с точки зрения каждой двух из обменивающихся систем отсчета – A (рис.26.6) и B (рис.26.7), движущихся с некоторой скоростью. Как показано выше, скорость тахиона для некоторой системы равна бесконечности и обмен сигналами был мгновенным.

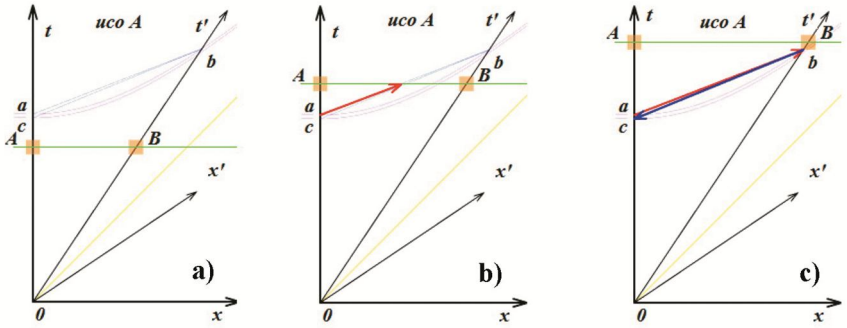


Рис.26.6. Обмен сверхсветовыми сигналами с точки зрения системы А. Приведены три кадра из анимации [21] обмена тахионом двумя ИСО А и В.

На приведенных диаграммах, как видим, эти же тахионы имеют уже конечную скорость, хотя и в несколько раз превышающую скорость света:

а) С точки зрения А передача сверхсветового сигнала пока не началась. Желтая линия – мировая линия света. Розовые линии – изохроны точек *a* и *b*. Точки *a* и *c* условно разнесены, чтобы мировые линии прямого и ответного тахионов – голубые линии – не сливались. Зелёная горизонтальная линия – линия настоящего (времени).

b) В момент времени t_a из ИСО А отправлен сверхсветовой сигнал в ИСО В. Красная стрелка показывает текущее положение фронта светового сигнала. Скорость сигнального тахиона, обозначенного красной стрелкой, как видно на рисунке лишь незначительно превышает скорость света (в 2-3 раза).

c) В момент времени t_b по часам ИСО А сверхсветовой сигнал пришёл в ИСО В, откуда в тот же момент был отправлен ответный сигнал. Поскольку сигнал (тахион) является изохронным, то он должен прибыть в ИСО А в тот же самый момент, как был отправлен прямой сигнал. С точки зрения А тахионы движутся с бесконечно большой скоростью, поэтому отправка прямого и получение ответного сигнала для ИСО А должны быть одновременными. Синяя стрелка появляется сразу на полную длину от *b* к *c* (и *a*), поскольку это сигнал из «будущего» и у него нет интервала времени на движение в прошлое. Момент отправки мгновенного сигнала из будущего ещё не наступил, но он уже должен быть получен. Две изохроны a и c немного разнесены по вертикали, чтобы две мировые линии – красная и синяя не слились. Моменты времени t_a и t_c следует считать равными.

Та же самая ситуация с точки зрения ИСО В показана в виде трех кадров из анимации на следующем рис.26.7:

а) С точки зрения ИСО В сигнал из А ещё не отправлен и, соответственно, не получен в В.

b) С точки зрения ИСО B сверхсветовой сигнал (тахион) всё ещё не получен, ведь с этой точки зрения время его отправки из A всё ещё не наступило.

c) Момент отправки сверхсветового сигнала из ИСО A уже наступил с точки зрения ИСО B. Но возникает парадокс: оказывается, этот сигнал уже был получен в «прошлом», причем в ответ на него из ИСО B был также отправлен сверхсветовой сигнал. До момента времени t_a по часам ИСО A в ИСО B ничего этого не происходило. Но после этого момента в ИСО B «вдруг вспомнили» об обмене сигналами. Красная стрелка (принятый сигнал) и синяя стрелка (отправленный сигнал) появились на диаграмме одновременно и в полном размере. Красная стрелка – движение в «прошлое», у неё не может быть плавного движения. Синяя стрелка не могла появиться раньше красной, поэтому у неё также уже не осталось времени на плавное движение в будущее: это время уже наступило.

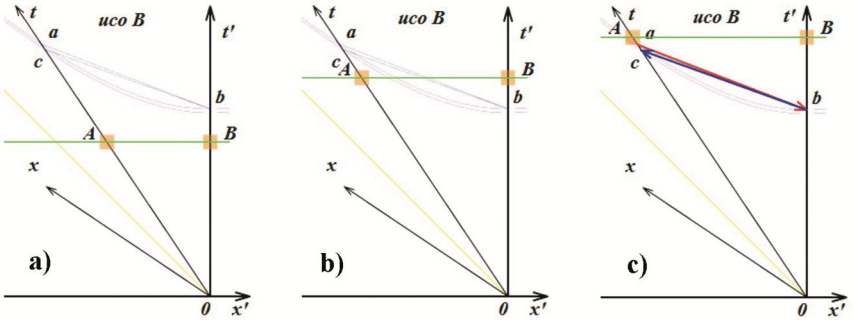


Рис.26.7. Обмен сверхсветовыми сигналами с точки зрения системы B. Приведены кадры из анимации [21] обмена тахионом двумя ИСО A и B.

На диаграммах видно, что в момент времени t_a по часам системы покоя A (точка *a* на оси времени t) излучается тахион, скорость которого превышает скорость света, но имеет конечное значение. В момент времени t'_b по часам системы покоя B (точка *b* на оси времени t' этой системы) тахион поглощается и излучается ответный тахион, который поглощается системой A в момент времени t_c (точка c на оси времени t системы покоя A). Строго говоря, время в точках *a*, *b* и *c* – одно и то же, точки разделены лишь для визуализации, для того, чтобы мировые линии прямого и обратного тахионов не слились в одну. Следовательно, сеанс обмена тахионами – одномоментный.

Желтым цветом на диаграммах выделены мировые линии света, бледно-розовыми линиями изображены изохроны времени t_a и t_c, и бледно-голубыми линиями – траектории движения тахионов. Поскольку точки *a, b* и *c* лежат на одной изохроне, $t_a=t_b=t_c$ и тахионы являются изохронными тахионами.

Две горизонтальные линии зеленого цвета, с которыми связаны системы А и В – это линии настоящего (времени) в этих системах покоя. Все события могут происходить только на этих линиях, только в настоящем. Событие происходит, когда совмещается с линией настоящего. В момент времени t_a в системе покоя А излучается тахион *a*, который движется по своей мировой линии. Движущаяся красная стрелка отображает положение этого тахиона в каждый момент времени. Когда тахион достигает точки *b*, он поглощается, и движение стрелки останавливается, становится прошедшим событием. В момент поглощения тахиона в момент времени t_b сразу же прорисовывается мировая линия ответного тахиона из точки t_b в точку t_c. Эта линия прорисовывается вся целиком и сразу, поскольку все события на ней произошли в прошлом, ведь линии настоящего находится выше них. Это довольно странно. Получается, что обратный тахион мгновенно прошёл весь путь, хотя наклон мировой линии соответствует скорости лишь незначительно выше скорости света. Но других вариантов нет: невозможно на диаграмме показать движение в прошлое, это нефизическое движение. Но и не показывать эту мировую линию тоже нельзя. Нам известно, что ответный тахион был эмитирован и затем получен в точке *b*. Это явно абсурдная ситуация.

На диаграммах рис.26.7 в системе покоя В мы видим схожую ситуацию. На этих диаграммах ответный тахион движется нормально, в будущее. Поэтому, казалось бы, нам следует изобразить его мировую линии движущейся синей стрелкой, как это показано для прямого тахиона. Но в момент времени t'_b у нас нет оснований показывать излучение тахиона. Ответный тахион должен начать своё движение только после того, как в этой точке будет получен прямой тахион из точки *a*. Но когда линия настоящего системы В дошла до момента времени t'_b, прямой тахион из точки t'_a ещё не был испущен и, соответственно, не мог поступить в точку излучения ответного тахиона и дать команду на его излучение. По этой же причине мы не можем нарисовать мировую линию и прямого тахиона: линия настоящего ещё не достигла точки его излучения. И только после того, как линия настоящего достигает точки t'_a, мы можем отобразить обе мировые линии. Не показывать их мы не можем, поскольку достоверно известно, что и прямой и обратный тахионы были эмитированы и достигли точек назначения. Здесь мы вновь видим движение в прошлое: это движение прямого тахиона с точки зрения системы покоя В. Формально это означает не только то, что в системе покоя В был получен "сигнал из будущего", но и то, что о получении этого сигнала узнали через некоторое время. Наблюдатель В как бы "вспомнил", что когда-то в прошлом он получал тахион из А. Такие же "воспоминания" есть и у наблюдателя А: в момент, когда излученный им тахион достигает системы В, наблюдатель А "вдруг вспомнил", что когда-то в прошлом он получал "сигнал из будуще-

го". Другими словами, сверхсветовые коммуникации приводят к весьма мистическим выводам.

Однако, нас интересует ответ на вопрос: был ли обмен сигналами между А и В с их точки зрения? С точки зрения среднего наблюдателя это был реальный мгновенный обмен сигналами: запрос и сразу же ответ на него. Но с точки зрения каждого из наблюдателей А и В время между запросом и ответом, как выше уже было сказано, практически равно возрасту Вселенной. Получается, что одна и та же теория – специальная относительность – даёт два противоположных ответа на один и тот же вопрос: сеанс связи был, и сеанса связи не было (см. также рис.23.3 и описание к нему). С точки зрения средней системы (условно неподвижной) системы два наблюдателя многократно обменялись мгновенными сигналами, хотя с точки зрения самих этих наблюдателей обмена сигналами не было вообще.

26.4 Попытка решения парадокса дуальности

Отметим, что парадокс дуальности является неотъемлемым свойством специальной теории относительности, как и парадоксы причинности. Поэтом попробуем решить его, используя рассмотренный выше принцип реинтерпретации (переключения). 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 проблем, связанных со сверхсветовой коммуникацией. Собственно говоря, этот вариант решения следует отнести к будущим решени-

ям, поскольку реально, до текущего 2017 года 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 информаций вообще не может быть. Но в этом случае, как показано выше в данной статье, 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 так называемая квантовая информация запутанных частиц, явление нелокальности. 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.

26.5 Заключение

Итак, вызванный возникновением причинных парадоксов и парадоксов времени, запрет специальной теории относительности на сверхсветовые коммуникации в общем смысле оказывается лишенным оснований, касающимся лишь самой теории относительности. 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 допустимость 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 прибор. 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 не только квантового состояния, а реального физического объекта – прибора или даже живого существа. При всех реальных (а не на бумаге) сверхсветовых перемещениях (сигналах) никаких парадоксов причинности или парадоксов времени не будет! Сверхсветовые парадоксы – это "собственность" теории относительности. Скорость света для специальной теории относительности является границей, за пределами которой она становится ложной теорией.

27. Динамические диаграммы Минковского для тахионов

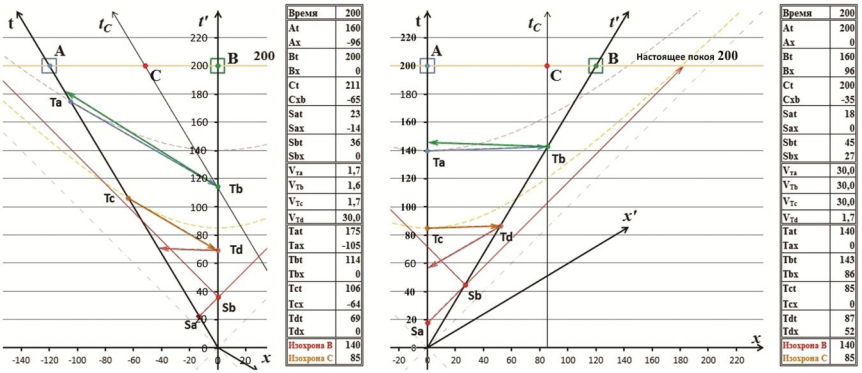
И вновь, почти как мантру, как заклинание повторим: специальная теория относительности в области сверхсветовых скоростей приводит к противоречивым предсказаниям и нарушению причинности. Таким же ошибочным является и главный инструмент специальной относительности для сверхсветовых сигналов – принцип реинтерпретации. Используя новые, ранее неизвестные, так называемые динамические, анимированные диаграммы Минковского, покажем его противоречивость, его антилогичные, не физические выводы, неспособность в принципе решить парадоксы, возникающие в специальной теории относительности, расширенной на сверхсветовые сигналы.

Диаграммы Минковского используются для наглядной демонстрации различных ситуаций в рамках специальной относительности с 1908 года. По сравнению с аналитическими выкладками диаграммы позволяют более отчётливо показать кинематические эффекты теории. Следующим шагом повышения наглядности представления релятивистских эффектов следует считать их анимационное представление, показ этих эффектов в движении, в динамике. Для этих целей диаграммы могут быть представлены как в классическом виде, так и со специфическим динамическим масштабированием. В последнем случае масштаб диаграммы непрерывно увеличивается с течением времени, в результате чего появляется возможность рассматривать неограниченные временные и пространственные интервалы. В данном случае мы воспользуемся первым, классическим вариантом динамических диаграмм Минковского, с неизменным масштабом.

На диаграммах мы в динамике (по кадрам) еще раз рассмотрим спорную область СТО – обмен сверхсветовыми сигналами. Носителями таких сигналов могут быть частицы из семейства тахионов. Суть сверхсветового агента не важна. Единственное важное для нас его свойство – это его способность быть зарегистрированным в процессе сверхсветового движения.

Сначала посмотрим на заключительный кадр одного из вариантов анимированных диаграмм Минковского для трёх различных случаев обмена сигналами между движущимися системами отсчета, а затем дадим описание всем изображённым на них элементам.

На диаграммах координатные оси имеют градации в долях от скорости света в системе единиц, в которой сама скорость света приравнена единице, то есть c = 1. По этой причине вертикальная ось диаграмм имеет обозначение t вместо классического обозначения ct. Однако, размерностью этой оси являются, тем не менее, не секунды, а метры, хотя ось и обозначена как ось времени.



Время	200
At	160
Ax	-96
Bt	200
Bx	0
Ct	211
Cxb	-65
Sat	23
Sax	-14
Sbt	36
Sbx	0
V_{Ta}	1,7
V_{Tb}	1,6
V_{Tc}	1,7
V_{Td}	30,0
Tat	175
Tax	-105
Tbt	114
Tbx	0
Tct	106
Tcx	-64
Tdt	69
Tdx	0
Изохрона B	140
Изохрона C	85

Время	200
At	200
Ax	0
Bt	160
Bx	96
Ct	200
Cxb	-35
Sat	18
Sax	0
Sbt	45
Sbx	27
V_{Ta}	30,0
V_{Tb}	30,0
V_{Tc}	30,0
V_{Td}	1,7
Tat	140
Tax	0
Tbt	143
Tbx	86
Tct	85
Tcx	0
Tdt	87
Tdx	52
Изохрона B	140
Изохрона C	85

Рис.27.1. Динамические диаграммы Минковского для случаев обмена световыми и сверхсветовыми сигналами. Приведены диаграммы с точки зрения двух наблюдателей: слева – система покоя наблюдателя B, справа – наблюдателя A. Показан заключительный кадр анимации [21]

Все уравнения Лоренца при таком значении скорости света записываются в более простой форме, без многоэтажных дробей. При этом скорости всех объектов будут измерять в долях скорости света. Например, классические уравнения преобразований Лоренца примут следующий вид:

$$\begin{cases} x' = \dfrac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2}} \\ t' = \dfrac{t - vx}{\sqrt{1 - v^2}} \end{cases}$$

Понятно, что в этом случае абсолютное значение скорости движущихся объектов будет не больше единицы. На диаграммах показано относительное движение двух систем отсчета – A и B. Слева на рисунке ситуация изображена с точки зрения системы B, которая в данном случае является лабораторной, условно неподвижной ИСО. Справа на рисунке системой покоя является система A. В рассматриваемом случае мы задали скорость относительного движения систем равную 0,6c или, для принятых допущений, просто 0,6. Эта скорость интересна с той точки зрения, что значение корня оказывается в точности равным 0,8.

Диапазон рассматриваемого на диаграмме движения составляет 220 секунд, а расстояния – чуть более 220 световых секунд. Световая секунда, как можно догадаться, это расстояние, которое свет проходит за 1 секунду, а за 220 секунд примерно 70 миллионов километров. Картина ничуть не изменится, если принять, что оси размечены в световых годах.

В системе отсчета A находится вспомогательный наблюдатель C, неподвижный в этой системе. Движение всех наблюдателей в пространстве-времени Минковского описывается их мировыми линиями. На рисунке таких линий три. Мировую линию системы A мы обозначим осью t. По этой причине на рисунке справа она строго вертикальна, ведь движения в собственной, связанной с ней самой системе у неё нет. Такой же вертикальной линией (на рисунке она имеет координату 85 световых секунд) является и мировая линия наблюдателя C – t_C. Напротив, на левой половине рисунка они наклонны.

Мировая линия движущейся системы отсчёта B изображена осью t'. Все движущиеся системы имеет угол наклона своих мировых линий к оси времени, тангенс угла которых в указанных координатах точно равен скорости движения этой системы. Для системы B тангенс угла наклона, как мы задали, равен 0,6 на правой стороне рисунка. На левой стороне такой наклон имеют мировые линии наблюдателей A и C.

Ещё две пересекающиеся мировые линии изображены на обеих сторонах рисунка черными тонкими штриховыми линиями. Это мировые линии света, они наклонены к вертикальным осям под углом в 45 градусов. В трёхмерном варианте диаграмм они образуют два так называемых световых конуса - будущего и прошлого. Мировые линии всех движущихся систем отсчета находятся внутри этих конусов.

Для удобства анализа состояния систем на диаграммах показаны также и другие вспомогательные линии. Основная из них – это линия "настоящее время системы покоя" или, кратко, "настоящее покоя". Эта линия изображена оранжевым цветом, надписью и числовым отображением времени, соответствующего настоящему времени системы покоя. Все события, которые могут произойти в неподвижной системе отсчёта могут находиться только на этой линии настоящего. Напротив, все события ниже этой линии уже произошли и находятся в прошлом. Все события выше этой линии ещё не произошли, они – события будущего.

На диаграмме красными тонкими штриховыми линиями изображены ещё две вспомогательные линии - изохроны и изотрасы. Это гиперболические линии, соответственно, равных времён и равных расстояний для всех ИСО. Они позволяют сравнить ход времени во всех системах отсчёта, нанесённых на диаграмму, обнаруживая при этом все лоренцевы кинематические эффекты: замедление времени, сокращение расстояний и относительность одновременности.

Справа от каждой диаграммы приведена таблица со значениями основных параметров движения систем и свершения событий. Заглавными буквами обозначены, соответственно, A, B и C – инерциальные системы отсчета одноименных наблюдателей. Индексы t и x означают соответствующую координату этих систем отсчета. В зависимости от диаграммы координаты времени отражают течение времени внутри системы с точки зрения неподвижной, лабораторной системы отсчета, если не указано иное для конкретной диаграммы. Для системы C представляют интерес и показаны на некоторых диаграммах только её координаты с точки зрения системы B, поскольку в системе A она неподвижна. Через V с индексами a, b, c и d обозначены скорости одноименных индексам тахионов. Через S с индексами a и b обозначены события излучения световых сигнала и ответа на сигнал, соответственно. Изохроны и изотраса обозначены координатами своих точек, ближайших к началу координатных осей. Для наглядности на некоторых диаграммах тонкими штриховыми линиями обозначены трассы будущих сигналов – тахионов и света. Более подробно при необходимости эти значения мы опишем при рассмотрении отдельных моментов движения. На показанных выше динамических диаграммах можно выделить три отдельных, независимых этапа. Опишем эти этапы подробнее.

27.1 Обмен световыми сигналами между ИСО

Этот процесс является простой демонстрацией динамических диаграмм и не несёт особо сложной смысловой нагрузки. На этих диаграммах оставлены только мировые линии световых сигналов с предыдущей диаграммы, которые обозначены красными стрелками. В момент времени Sa=18c из неподвижной системы отсчета A излучается световой сигнал в сторону системы B. Когда сигнал в момент времени Sb=45c достигает системы B, оттуда излучается ответный сигнал, который, как можно увидеть на диаграмме, достигает системы A в момент времени примерно 72c, что видно по изохроне 72: точка её пересечения с мировой линией A показывает на последней время 72. Далее основной и ответный сигналы продолжают свободное движение в пространстве, удаляясь от систем A и B в разные стороны. Например, в момент времени приблизительно 102c по собственным часам сигнал достигает третьего наблюдателя – C. Может возникнуть вопрос: приблизительно в этой точке мировую линию C также пересекает изохрона 72, почему же время события 102c, а не 72? Потому, что изохроны отсекают "своё время" только на мировых линиях, исходящих из начала координат.

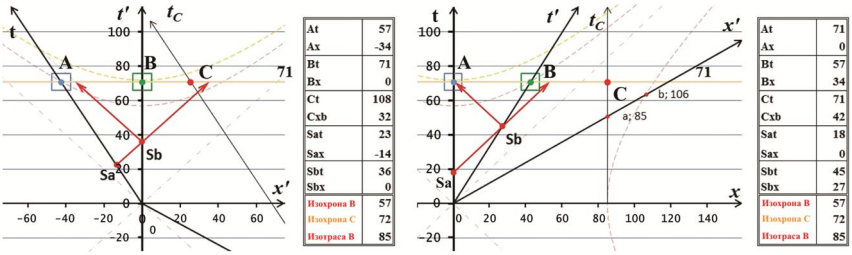


Рис.27.2. Обмен световыми сигналами между движущимися системами. Приведены диаграммы с точки зрения двух наблюдателей: на правой половине – с точки зрения системы покоя наблюдателя A, на левой – наблюдателя B. Кадр из анимации [21]

Ситуация, как видим, тривиальная, и весь смысл динамической диаграммы состоит в её наглядности. На этой диаграмме изохрона 72 совмещена с точкой получения системой A ответного сигнала. Поскольку изохрона – это линия равных времён, то в данном случае это означает, что по часам системы B поглощение произошло в 72с, в то время как по часам A – примерно в 90с. Это точно соответствует решению уравнений Лоренца:

$$t' = \frac{t - vx}{\sqrt{1 - v^2}} = \frac{t}{\sqrt{1 - v^2}} = \frac{72}{\sqrt{1 - 0{,}6^2}} = \frac{72}{0{,}8} = 90$$

Если на рис.27.2 измерить отрезки, отсекаемые на оси x' мировой линией t_C и изотрасой, то можно найти, что с точки зрения подвижной системы B наблюдатель C находится от начала координат на расстоянии:

$$x'_C = x_C \cdot \sqrt{1 - v^2} = 85 \times 0{,}8 = 68 \text{ световых секунд}$$

То же самое по точкам на диаграмме:

$$x'_C = x_C \times \frac{0a}{0b} = 85 \times \frac{85}{106} = 85 \times \frac{85}{106} = 68 \text{ световых секунд}$$

Нужно отметить, что мировые линии света имеют один и тот же неизменный наклон в обеих системах отсчета, то есть одну и ту же скорость. Это является отражением второго постулата специальной теории относительность об инвариантности скорости света во всех системах отсчета. Напротив, мировые линии движущихся систем отсчета изменяют свой наклон при переходе в другую систему отсчета.

Обратите внимание на время регистрации ответного сигнала в системе A. На рисунке, казалось бы, несоответствие: с точки зрения системы A (справа) сигнал уже прибыл в неё, но с точки зрения наблюдателя B (слева) сигнал ещё в пути. Однако, никакого несоответствия нет. В лабораторной системе A сигнал зарегистрирован в 72 секунды по её часам. При этом часы системы B показывают с точки зрения A время 58 секунд.

Если рассматривать ситуацию для этого же времени из лабораторной системы B на левой стороне рисунка, то мы видим, что часы A показывают с её точки зрения лишь 58 секунд. То есть по часам A ещё не наступило время регистрации ответного сигнала.

27.2 Обмен тахионными не-инвариантными сигналами

Едва ли не с момента создания специальной теории относительности возник вопрос о возможности её применения к сигналам или объектам, движущимся быстрее скорости света. На первый взгляд кажется очевидным, что теория неприменима к таким сигналам. Тем не менее, основная масса физиков, в том числе и Эйнштейн, считают, что это не так, что нет принципиальных препятствий к такому расширению теории.

Вывод о предельности скорости света оказался прямым следствием её инвариантности. Именно вследствие инвариантности скорости света ни один другой объект не может превысить эту скорость. Но как тогда поступить с тахионом? Ведь у него скорость выше. Может быть, это новый инвариант скорости? Нет, физики сошлись во мнении, что скорость тахиона, хотя и превышает скорость света, тем не менее, инвариантом не является. Прямым следствием этого является то, что скорость тахионного сигнала, как и скорость любого классического досветового сигнала зависит от скорости источника. Другими словами, скорость движения тахиона складывается со скоростью его источника по релятивистскому правилу сложения скоростей.

На динамической диаграмме обмен такими тахионными не-инвариантными сигналами показан на примере двух сигналов: прямого – Tc и ответного – Td:

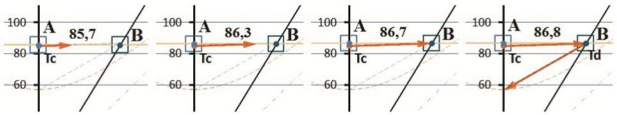


Рис.27.3. Обмен сверхсветовыми сигналами между движущимися системами. Приведены четыре характерных кадра из анимации [21]. Исходный тахион движется по пространственно подобной мировой линии (кадры 1-3). Ответный тахион – движется в прошлое (кадр 4)

Скорость тахиона в неподвижной системе отсчета A выбрана ограниченной, хотя существенно выше скорости света – 30c. Для графического изображения такая скорость является достаточным приближением к "бесконечно большой скорости". Вместе с тем, ограничение её величины позволяет на диаграмме слегка разнести траектории прямого и обратного сигнала, избежать их слияния. На приведенной диаграмме мировая линия такого тахиона практически параллельна горизонтальной оси, что означает

одновременность моментов излучения и прибытия тахиона в движущуюся систему B:

$$Tct = 85 \approx Tdt = 87$$

Как известно, передача информации со сверхсветовой скоростью приводит к различным акаузальным (нарушающим причинность) парадоксам в теории относительности. В частности наблюдаются эффекты "передачи сигнала в прошлое" и нарушение причинно-следственных отношений. На данном рисунке это хорошо заметно. Действительно, прибытие тахиона в систему B по её по часам произошло в 70 секунд, о чём свидетельствует изохрона C. Но испущен-то он был как бы позже, в 85 секунд! Конечно, это вряд ли свидетельствует о движении в прошлое, ведь эти часы относятся к разным системам и, что такое раньше или позже, относительно. Парадокс возникает при ответной отправке сигнала – из B в A. Здесь уже ответный сигнал фиксируется в той же самой системе отсчета, из которой испущен сигнал, по тем же самым часам. Ни о какой относительности теперь говорить не приходится. А ситуация, действительно, парадоксальная. Сигнал отправлен из A в 85 секунд, а ответный сигнал пришёл… в 57 секунд! Логика и здравый смысл подсказывают, что такого быть не может!

В чём же причина и как решить этот парадокс? Причина в том, что мы установили не-инвариантность скорости тахиона. То есть, его скорость в прямом направлении была бесконечной (близкой к ней), а вот обратная скорость – на порядок меньше, поскольку она сложилась по релятивистскому закону со скоростью отправителя – системы B – $V_{тахион_D}$=1,7. Действительно, вычислим эту скорость явно:

$$V_{тахион_D} = \frac{-V+v}{1-Vv} = \frac{-30-0{,}6}{1-30\times 0{,}6} \approx \frac{-30}{-30\times 0{,}6} = \frac{1}{0{,}6} = \frac{1}{v} \approx 1{,}7$$

Здесь мы в процессе вычислений отбрасываем за малостью единицу в знаменателе, а в числителе по той же причине отбрасываем 0,6c. Как видим, скорость ответного тахиона лишь ненамного выше скорости света. Хорошо видно, что в общем случае, когда скорость тахиона существенно выше скорости системы отсчета и Vv>>1. Удивительно, что результирующая скорость тахиона вообще не зависит от его "собственной" скорости, а определятся только скоростью источника:

$$V_{тахион} = \frac{-V+v}{1-Vv} \approx \frac{-V}{-Vv} = \frac{1}{v}$$

Выше, для иллюстрации по этому поводу было приведено забавное сравнение с выстрелом из ружья (23.3 Трансцендентный тахион). Пуля из ружья неподвижного стрелка вылетает с высокой скоростью. А пуля, выпущенная тем же стрелком из движущейся повозки, буквально падает у его ног, причём хоть по ходу, хоть против хода движения. Это, действительно, странно.

На диаграмме можно заметить, что в случае равенства скоростей сигнального и ответного тахиона, то есть при параллельности их мировых линий, никаких "путешествий в прошлое" не было бы. Значит, к тахиону нельзя применять релятивистское правило сложения скоростей?

Мы рассмотрели ситуацию с точки зрения системы А. Но законы теории относительности позволяют и даже требуют рассмотреть эту же ситуацию и с точки зрения другой системы – В. Выглядит эта диаграмма так:

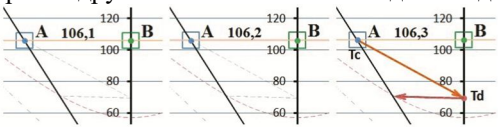


Рис.27.4. Обмен сверхсветовыми сигналами с точки зрения системы В. Исходный тахион отсутствует на диаграммах (кадры 1-2) до тех пор, пока не появляется ответный. Но и появляется он на диаграмме лишь тогда, когда должен быть отправлен ответный (кадр 3). Ответный тахион движется в прошлое, а исходный – в прошлом. Кадры из анимации [21].

Теперь уже ответный тахион имеет бесконечно большую скорость. Однако, как и следовало ожидать, он всё равно прибыл в систему-отправитель сигнала раньше, чем оттуда был отправлен сигнальный тахион. И здесь видна та же особенность. Всё как бы склоняется к тому, что если бы скорость тахиона была инвариантом, то обмен сигналами произошёл бы "по горизонтали" или по параллельным мировым линиям и никакого движения в прошлое не было бы. Рассмотрим ситуацию более внимательно, на замедленной анимации вблизи точек испускания-поглощения сигнального тахиона (на анимации в режиме "пинг-понг" вблизи точки поглощения t=86,8):

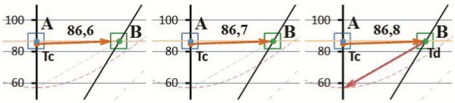


Рис.27.5. Обмен сверхсветовыми сигналами с точки зрения лабораторной системы А. Приведены три кадра из анимации [21]. Сигнальный тахион плавно достигает системы В (кадры 1-2). В этот же момент излучается ответный тахион, который движется в обратном направлении времени (кадр 3) и мгновенно достигает конечной точки в системе А.

Тахион из точки Tc движется к точке Td со скоростью 30 (скоростей света). Но, когда он её достигает, оттуда излучается тахион в прошлое. Такое "движение в прошлое" на диаграмме воспроизведено как мгновенное, и это весьма показательно. Хотя линия движения и обозначает скорость около 1,6с, но это скорость движения "в прошлое", в котором поглощение тахиона уже как бы свершилось, тахион, собственно говоря, находился там уже давным-давно. То есть, это, собственно и не движение,

а как бы констатация факта, что по прибытии сигнального тахиона в В, ответный сразу же оказался, а правильнее сказать, обнаружился в прошлом системы А.

Как современная физика решает этот навязанный специальной относительности парадокс? Весьма оригинально. С помощью упомянутого выше "принципа реинтерпретации". То есть, движущийся в прошлое тахион с положительной энергией рассматривается как движущийся в будущее антитахион, то есть тахион с отрицательной энергией. К изобретению этого принципа причастны знаменитые физики, но, тем не менее, он также напрашивается на шуточную аналогию. В магазин заходит покупатель и отдаёт продавцу минус килограмм продуктов. Взамен продавец отдаёт покупателю минус 100 рублей.

Но насколько принцип реинтерпретации решает проблему сверхсвета? Допустим, с излучением сигнального сверхсветового тахиона дела обстоят боле-менее приемлемо. Да, он попадает в более раннее время получателя, чем свет. Но законам физики, логики и здравому смыслу это, по большому счету, не противоречит. Тахион движется строго в будущее, не "выпрыгивая" из настоящего. С получением тахиона, таким образом, тоже особых проблем не видно. Сначала излучатель излучил, затем получатель получил – всё соответствует причинно-следственным отношениям, ни у кого из них не должно возникать вопросов, откуда, что и почему.

Пара серьёзных вопросов, претензий возникает к принципу реинтерпретации. Да, можно рассматривать "обратный" тахион как "прямой" антитахион. Но, тогда вопрос: кто его излучил? Тахион, как мы знаем, испущен источником. А кто излучил антитахион? Это вопрос, имеющий только один очевидный и бесспорный ответ: антитахиона никто не излучал. Следовательно, его нет и быть не может. Действительно, в момент времени 57 по собственным часам наблюдателя А из будущего должен был прибыть тахион, как показано стрелкой на рис.27.5. Но движение в прошлое отвергают даже сторонники принципа реинтерпретации. Именно поэтому и предложено рассматривать движение в будущее, но уже антитахиона. В этот момент времени 57 из этой точки, как утверждается, испущен антитахион. Абстрактно-неопределенное высказывание "испущен" требует уточнения: кем или чем испущен? Уйти от этого вопроса невозможно: если антитахион испущен, то обязательно должен быть излучатель, который его испустил. Нет и быть не может каких-либо разумных обоснований этого "никем и ничем" излучения. Принцип реинтерпретации здесь лишён смысла, он абсурден.

Теперь второй вопрос. Знал ли излучатель тахиона на момент его излучения что-нибудь о том, что ранее или одновременно с тахионом он излучил антитахион? Пока он не излучил тахион, никакого антитахиона не было. Но как только тахион ушёл к получателю, тут же, сразу излучатель вдруг неожиданно "вспомнил", что совсем недавно он точно так же излу-

чил антитахион? Или он всё-таки не излучал антитахиона когда-то давно, а получил тот самый тахион, движущийся в прошлое? Ответ такой же: этого быть не может. Это точно такое же "никем и ничем" излучение антитахиона. Невозможно изобрести даже в малой степени разумное описание такого излучения. Даже движение в прошлое выглядит меньшим абсурдом, чем абсурдные, нелепые доводы принципа реинтерпретации.

Но как же тогда объяснить наблюдаемое на диаграммах явление? Вывод напрашивается также очевидный и единственный. Специальная теория относительности не даёт и не может дать правильного решения для сверхсветовых движений. Они вне её компетенции. Если поменять тахион на сверхсветовую посылку, то отправитель, чтобы получить её в прошлом, сначала должен отправить её в будущем. И в полученной посылке вполне может оказаться подарок с наклейкой: "Изготовлено в будущем году".

27.3 Обмен тахионными инвариантными сигналами

Выше мы обнаружили, что не-инвариантность скорости тахиона приводит к нарушению причинности и к "путешествиям в прошлое". А что будет, если скорость тахиона будет таким же инвариантом, как и скорость света? Правда, нужно уточнить, что двух инвариантов скорости не может быть. Поэтому в случае инварианта скорости тахиона будет отменен инвариант скорости света.

В принципе, такая ситуация может быть имитирована с помощью размещения источника и приёмника в одной и той же, неподвижной, параллельной системе отсчета. В этом случае обратный тахионный сигнал движущаяся система отправляет не от себя, а запускает неподвижный передатчик такого сигнала, просто оказавшись рядом с ним.

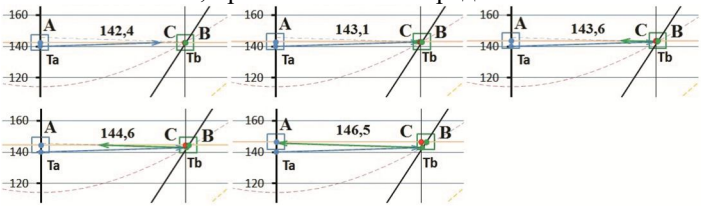


Рис.27.6. Процесс обмена тахионами с точки зрения системы А. Скорости прямого и обратного тахионов равны. На диаграммах они разнесены, чтобы устранить их визуальное слияние. Кадры из анимации [21].

Пусть такой передатчик находится в точке С. Когда в движущуюся систему В поступает сигнал из А, она "совершенно случайно" оказывается точно рядом с передатчиком С и отправляет с него ответный сигнал. Как видим, в этом случае равной бесконечности становится скорость и обратного тахиона, поэтому он приходит к отправителю в тот же момент, что и отправленный тахион. Все движения тахионов происходят в одной и той

же неподвижной системе отсчета, между двумя неподвижными наблюдателями A и C. Поскольку их относительная скорость равна нулю, преобразования Лоренца превращаются в преобразования Галилея и мгновенный обмен сигналами не вызывает в этой системе никаких парадоксов, никаких нарушений причинности и движения в прошлое нет. Это в неподвижной системе. А что при этом видит движущийся наблюдатель B? Движущийся наблюдатель B видит обратное движение во времени. Сигнальный тахион как бы уже пришёл к нему, хотя он ещё не был испущен. То есть налицо факт предсказания событий: получатель может с уверенностью заявить, что из A будет в определенное время испущен тахион. Однако, это довольно специфическое предсказание. С одной стороны, предсказание в общепринятом смысле подразумевает *возможность* наступление события с некоторой вероятностью. Но в данном случае предсказание скорее является констатацией свершившегося факта, это предсказание достоверного события, которое наступит в обязательном порядке. Как только наблюдатель C регистрирует прибытие тахиона, сразу же достоверно становится известно событие будущего. Это, конечно же, предсказание, но оно имеет парадоксальные свойства – свершившееся событие - следствие как бы вызывает событие - причину в будущем.

Это называется опережающей причинностью, которая приводит, назовём его так, к парадоксу предсказателя или "парадоксу оракула" специальной относительности. Конечно, в обыденной жизни мы сталкиваемся с похожими на первый взгляд предсказаниями. Например, мы можем с достоверностью предсказать, что завтра взойдёт Солнце. Но существует ненулевая вероятность того, что этого не произойдёт. В случае рассмотренного "парадокса оракула" такой вероятности нет: это своеобразное предсказание *уже наступившего в будущем* события.

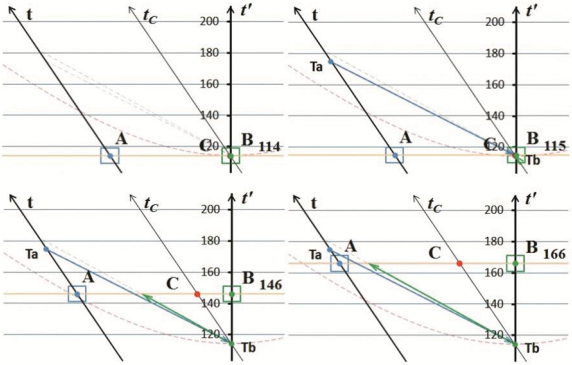


Рис.27.7. Процесс обмена тахионами с точки зрения системы B. Приведены четыре характерных кадра из анимации [21]. Сигнальный тахион еще не испущен из A, но ответный из B уже отправлен.

С ответным сигналом всё обстоит нормально, если не учитывать, что сигнал-инициатор лишён физического смысла. Здесь, как и в предыдущем примере, принцип реинтерпретации даёт, казалось бы, приемлемое описание процесса. Если рассматривать не тахион, пришедший из будущего, а антитахион, движущийся нормально из настоящего в будущее, то всё вроде бы складывается: и ответный тахион и "сигнальный" антитахион испущены одновременно из системы B. Но вновь тот же вопрос к принципу: кто является источником, инициатором антитахиона? И кто его получит, когда он формально достигнет излучателя A? В тот момент излучатель явно и определенно испустит тахион. При этом тахион будет двигаться строго по законам природы: из настоящего – в будущее, то есть вверх по диаграмме, но никак не в прошлое, вниз, как это показано голубой мировой линией. Движение в прошлое лишено физического смысла.

Итак, мы попытались установить скорость тахиона инвариантной, независимой от состояния движения наблюдателя. Но на диаграмме мы видим, что скорость тахиона все равно оказалась зависимой от скорости наблюдателя. Почему, ведь мы это задали как исходное условие? Дело в том, что одного только заявления "инвариант" недостаточно. Фактически мы следовали принципу относительности и "подтянули" точки излучения и получения тахионов к моментам времени, которые соответствуют другому, действительному инварианту – скорости света. Инвариантность скорости тахиона на этой диаграмме должна изображаться такими же горизонтальными мировыми линиями тахионов, как и на смежной диаграмме. Легко заметить, что в этом случае точка прибытия тахиона в B и точка излучения из него ответного тахиона окажутся разнесёнными во времени, они перестают быть одновременными событиями. Действительно, если мы изобразим на этой диаграмме мировые линии тахионов горизонтальными (толстые красные линии со стрелками), то они тогда в принципе не могут соединить две точки Ta и Tb, разнесённые по вертикали (по времени).

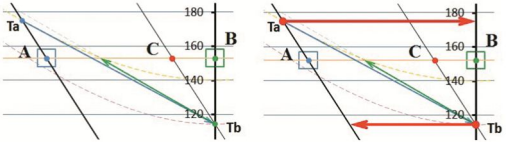


Рис.27.8. Приведение мировых линий тахионов к инвариантным. Два кадра из анимации [21]. Если диаграмму рассматривать с позиции инварианта скорости тахиона, то его мировые линии будут не синей и зеленой (справа), а красными (слева).

Если мировые линии каждого из тахионов мы изобразим горизонтальными линиями инвариантов, как показано на рисунке, то сигнальный тахион не попадает в приёмник, находящийся по вертикали ниже, а ответный тахион не попадает в излучатель, находящийся выше по горизонтали,

хотя по условиям задачи тахион должен вернуться в излучатель. Для заданных условий цепочка событий во времени разрывается.

Собственно говоря, в этом и заключена основная суть инварианта скорости. Он "деформирует" пространство-время исключительно "под себя". Любая "деформация" пространства-времени под другой инвариант искажает первоначальную деформацию, разрушает исходный инвариант. Не может быть в одном и том же пространстве-времени одновременно двух инвариантов скорости. И из этого, как видим на диаграмме, следует, что скорость, превышающая скорость инварианта, неизбежно приводит к нарушению причинности в смысле последовательности событий во времени: становится невозможным совместить одновременные одноместные события в одной и той же точке пространства-времени. Такое нарушение последовательности событий во времени и выглядит как движение в обратном направлении времени.

Помимо проблемы с двойным инвариантом сверхсветовая скорость приводит и к другим парадоксальным следствиям. Вспомним логику формирования положений специальной теории относительности. Главным постулатом следует считать постулат об инварианте скорости света, именно он приводит к появлению всех кинематических эффектов теории – преобразований Лоренца. Во всех уравнениях Лоренца инварианту отводится строго определенное место, отличающееся от другой величины – скорости движущейся инерциальной системы отсчета. То есть, можно определенно заявить: в уравнениях Лоренца присутствуют две скорости – инвариантная скорость света и скорость движущейся системы отсчета:

$$x' = \frac{x - tv_{\text{скорость системы отсчета}}}{\sqrt{1 - \frac{v^2_{\text{скорость системы отсчета}}}{c^2_{\text{скорость инварианта}}}}}$$

Как мы видели, скорость тахиона в принципе не может быть инвариантом, пока им является скорость света. Двух инвариантов скорости быть не может, как невозможно подставить в одно и то же место уравнения два разных значения одновременно. В теории относительности нет других объектов: только инвариант и системы отсчета. Следовательно, скорость тахиона может быть только скоростью движущейся системы отсчета. Это прямо указывается подстановкой скорости тахиона в то место уравнений Лоренца, куда ставится скорость системы отсчета, которая по определению содержит часы и оси координат. Других мест в уравнениях Лоренца, куда можно подставить скорость тахиона, просто нет.

Следует отметить, что в среде физиков существуют противоположные мнения о возможности связать с тахионом часы и системы координат. В основном считается, что это сделать невозможно, хотя и встречаются противоположные мнения. Тахион рассматривается как реальный физический объект (см. рис.23.1 - изображение тахиона на сайте Википедии) с

явно наблюдаемыми геометрическими формами и размерами: чем не движущаяся тележка из работы Эйнштейна? Такие представления явно предполагают наличие у тахиона и внутренних координатных осей (размеры тележки) и внутренних часов (движение тахиона в пространстве).

При анализе с этой позиции свойств тахиона фактически используется двойной подход, двойные стандарты: уравнения для энергии и импульса рассматриваются как данность, но уравнения длин и времени обходятся в основном молчанием. Сравним эти уравнения:

$$E = \frac{imc^2}{\sqrt{\frac{v^2}{c^2} - 1}} \qquad \vec{p} = \frac{im\vec{v}}{\sqrt{\frac{v^2}{c^2} - 1}} \qquad L' = Li\sqrt{\frac{v^2}{c^2} - 1} \qquad t' = ti\sqrt{\frac{v^2}{c^2} - 1}$$

Во всех уравнениях подкоренное выражение сделано действительным путём выделения мнимой единицы. В результате мнимыми следует признать величины m (собственная масса тахиона), L (собственная длина тахиона) и t (собственное время тахиона).

Как обоснование запрета на тахионную систему отсчета можно встретить доводы, что точно также невозможно представить себе систему отсчета, движущуюся со скоростью света, поскольку в такой системе частица (фотон) находилась бы в покое и, следовательно, должна была бы исчезнуть, поскольку масса покоя световых частиц равна нулю. Однако, похоже, те, кто используют этот довод, не замечают, что он содержит гораздо более глубокий смысл, чем видимый на первый взгляд. Достаточно ещё раз вспомнить, из каких условий выводились эти уравнения. Система отсчета в специальной относительности – это система, в которой свет *движется* с инвариантной скоростью. Не существует в теории относительности систем отсчета, в которых свет *не является* инвариантом. Придавая системе отсчета скорость, равную скорости света, мы обязаны устранить сразу же возникающее при этом противоречие: свет всё равно в световой системе отсчета должен двигаться со скоростью инварианта. Иначе это особая, не релятивистская система отсчета и она не имеет права на существование в специальной относительности. Система отсчета не может двигаться со скоростью света совсем не потому, что появляется деление на ноль. А потому, что *все инерциальные системы равноправны*, и во всех них свет должен двигаться со скоростью инварианта. Если это движение не обеспечивается, то такая система не является инерциальной системой отсчета специальной относительности. С таким же успехом можно рассматривать и запрещенную в относительности абсолютную систему отсчета. Именно по этой причине, и ни по какой иной скорость света не может быть придана инерциальной системе отсчета.

Отсюда и возникает важное следствие при сравнительном анализе приведённых выше четырех уравнений. Скорость v во всех этих уравнениях – это скорость *инерциальной системы отсчета*. Во всех четырех урав-

нениях – это скорость системы отсчета, которая привязывается к исследуемому движущемуся объекту, в данном случае – тахиону. И в уравнении для энергии, и в уравнении для импульса скорость v – это скорость тахионной системы отсчета, тахиона. Именно для такой одной из *равноправных инерциальных систем отсчета* были выведены все эти уравнения. Нет никаких разумных доводов в пользу запрета привязки к тахиону системы отсчета. Ссылки на аналогию с фотоном, к которому такую систему привязать нельзя, как показано выше, лишены оснований.

На необходимость привязки к тахиону инерциальной системы отсчета прямо указывают и два других уравнения – для длин и времени. Действительно, что такое "собственная длина тахиона" или "собственное время тахиона"? В пользу их непротиворечивости указывается их неизмеримость, как и неизмеримость массы покоя фотона. Их измерить нельзя, поэтому их мнимость не противоречит физическим законам. И на этом основании опускается вопрос о том "где их нельзя измерить?". Сам тезис о возможности или невозможности измерения подразумевает реальное *существование* этих величин. Они присутствуют как величины в уравнениях, поэтому у них есть какие-то значения. Измерить их непосредственно мы не можем, но, тем не менее, признаём их существование. Единственное место, где они могут находиться, *существовать* – это инерциальная система тахиона. Именно в этой системе мы их рассматриваем, не имея возможности физически, непосредственно измерить. Но мы можем вычислить их "в обратном порядке". Ничто не мешает нам определить эквивалент массы покоя фотона, которую мы не можем измерить непосредственно в его системе отсчета. Точно так же ничто не мешает нам определить собственную мнимую длину тахиона, которую мы тоже не можем измерить непосредственно. Представим себе гипотетический тахионный стержень. У него, как и у тахиона, мнимая собственная длина, мнимое собственное время. Измерив в один и тот же момент времени координаты его концов в нашей системе отсчета, мы измерим длину этого стержня. Зная его скорость, мы можем вычислить его длину в собственной системе покоя. Всё строго по правилам специальной относительности.

Из приведённого выше релятивистского уравнения энергии делается вывод о том, что энергия тахиона падает при увеличении его скорости, а масса становится мнимой. Утверждается, то в этом нет серьёзных противоречий, ведь собственная масса тахиона – величина не измеримая, поэтому может быть любой. Но она где-то находится – где? Это *собственная* масса тахиона, она неотрывна от него, связана с ним, реально существует, как существует тахион, поэтому у неё может быть лишь одно "место" - система отсчета тахиона.

Точно так же мы имеем полное право задать вопрос и о времени: что означает мнимое собственное время тахиона? Если в неподвижной, лабораторной системе отсчета, в которой движется тахион, прошло время t, то

для тахиона по уравнениям Лоренца прошло время t'… где? О каком времени в этом случае можно говорить, пусть даже оно и мнимое, если не о времени в системе отсчета тахиона? Если *время прошло*, одно должно было пройти где-то, по каким-то часам. Иначе вновь следует постулировать, что это мнимое время вообще *не течёт.* То есть, его не просто нельзя измерить, оно вообще не движется. Конечно, это время, имеющее принципиальное отличие от времени в традиционном и даже релятивистском смысле. Но тогда в специальную теорию относительности должен быть введен новый класс систем отсчета, не являющихся релятивистскими.

К чему все эти доводы? У тахиона есть три собственных параметра – масса, длина, время, приписываемых ему специальной теорией относительности, и согласно которой с тахионным объектом мы в обязательном порядке обязаны связать координатные оси и часы, то есть ИСО. Эта система должна быть *равноправна* со всеми другими инерциальными системами. В противном случае мы не имеем никакого права использовать релятивистские уравнения для энергии, импульса, длин и времени.

Но привязка к тахиону релятивистской инерциальной системы отсчета имеет вполне очевидное следствие: если инерциальная система отсчета с часами и координатными осями движется со сверхсветовой скоростью, то скорость света уже не может быть инвариантом. Действительно, если мимо неподвижного наблюдателя движется система со сверхсветовой скоростью, то невозможно создать условия, чтобы движущийся внутри этой системы фотон двигался мимо неподвижного наблюдателя со световой, то есть меньшей скоростью. В общем-то, это должно быть понятно: особенностью инвариантной скорости является её предельность. Любая скорость, выше инвариантной аннулирует её. Сама она при этом может и не быть инвариантом.

Серьёзность проблем, возникающих в специальной теории относительности при введении в неё сверхсветовых скоростей тахионов, вызвала появление компромиссных, "от лукавого" заявлений о том, что тахион сложно зарегистрировать, что он слабо взаимодействует с веществом или вообще короткоживущий объект. Такими заявлениями как бы устраняются все возникающие при этом акаузальные парадоксы. Однако они устраняют тахион, но не сверхсветовые взаимодействия. Таковые известны в квантовой физике – нелокальные корреляции запутанных частиц. Пока не определено, чем именно обмениваются запутанные частицы при передаче квантовой информации. Но этот обмен происходит явно со сверхсветовой скоростью, о чем свидетельствуют многие эксперименты. В частности, есть данные, что скорость такого обмена на 6-7 порядков превышает скорость света [18]. Неважно, как называть гипотетическую частицу квантовой информации, уже сейчас неуловимая квантовая информация позволяет показать неприменимость теории относительности к сверхсветовым движениям.

При всём при этом, у специальной относительности есть своя бесспорная область применимости. В ней математика теории истинна и не может быть опровергнута никакими мысленными экспериментами. Все акаузальные парадоксы, движение в прошлое при сверхсветовых движениях – это исключительная особенность математики СТО, её преобразований Лоренца. Любая теория, опирающаяся на специальную относительность, обязательно получит что-нибудь вроде отрицательного квадрата массы или "машины времени".

Принцип реинтерпретации пытается решить акаузальные проблемы явно не пригодным для этого способом. Проблемы движения в прошлое и "петель времени" решаются путем привлечения не существующих излучателей и приемников, наблюдателей "с провалами в памяти" и введения дополнительной гипотетической частицы - антитахиона. Этот принцип не может использоваться в качестве научного.

27.4 Ложные предсказания СТО для сверхсвета

Изложенные выше доводы уже можно признать достаточными, чтобы убедиться в невозможности использования математики специальной относительности к сверхсветовым движениям и передаче информации. Возникающие парадоксы делают невозможным последовательное описание таких процессов. В заключение рассмотрим ещё одну проблему, возникающую в специальной относительности при сверхсветовых движениях. Это *ложное предсказание теории*, то есть два *взаимоисключающих* предсказания для одной и той же ситуации. Рассмотрим ещё один вариант представленной выше анимации. Пусть в некоторый момент времени подвижная система B оказывается рядом с объектом C, который условно назовём узлом связи "FTL Телеграф Корпорейшн". По каналам связи корпорации наблюдатель B производит сеанс телеграфной связи из точки C с удалённым наблюдателем A в его неподвижной, лабораторной системе. Связь осуществляется тахионными передатчиками, скорость сигналов которых превышает скорость света в 200 раз. Изобразим эту ситуацию на диаграмме Минковского (рис.27.9).

В полном виде сеанс связи показан на правой стороне рисунка с точки зрения неподвижных наблюдателей A и C. Время будем отмерять в годах. В момент времени 140 лет между тахионными телеграфными узлами связи произведён многократный обмен сигналами, информацией. Как видно на диаграмме, никаких логических противоречий при этом не возникает. Время по часам A и C – это какой-либо день по истечению 140 лет движения системы B. Очевидно, что за это время он удалился от A на расстояние 84 световых года. Вследствие релятивистского замедления темпа хода часов в системе B календарь и часы показывают время в какой-то день 113-го года (если отсчет дат велся с нуля). Хотя это и выглядит как

передача сигнала "в прошлое", но это прошлое получателя, а не отправителя и никаких противоречий в этом нет.

Теперь посмотрим на диаграмму на левой стороне рисунка. Там мы видим, что с точки зрения наблюдателя B никакого обмена сигналов пока ещё не было. Входное сообщение от наблюдателя A он вроде бы получил, хотя довольно странным способом: из будущего. Но его ответный сигнал до наблюдателя A ещё не дошёл. Соответственно, как такового не было не только обмена сообщениями, но пока не было даже и однократного ответа. Выше на примере обмена световыми сигналами мы рассматривали схожую ситуацию и пришли к выводу, что в том случае никакого противоречия нет, поскольку время для получения ответного сигнала у получателя ещё не наступило. А что мы видим здесь?

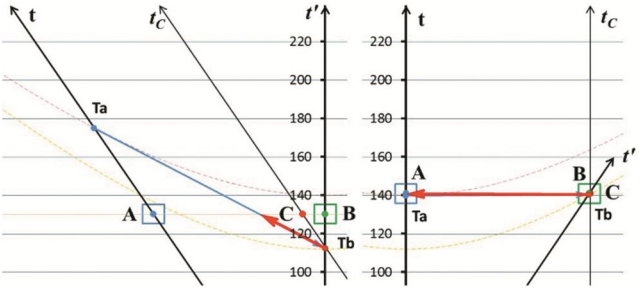


Рис.27.9. Обмен тахионными сигналами. Кадр из анимации [21]

Здесь ситуация совершенно иная. По часам наблюдателя A, как и при световом обмене, время получения ответа ещё не настало, это нормальная ситуация. Но вот по часам наблюдателя B мы видим невозможное: с точки зрения B на левой диаграмме в более поздний момент времени обмена не было, а с его же точки зрения, в более ранний момент, на правой диаграмме – был. Действительно, календарь и часы B на правой диаграмме показывают время в какой-то день 113-ого года. А на левой диаграмме – некоторый день в 130-ом году. Это более поздняя дата, поэтому сеанс связи уже должен был состояться и стать достоянием истории. Но этого на диаграмме нет: с точки зрения наблюдателя B сигнал ещё только движется к A и прибудет туда никак не раньше 170-го года. Обмена сигналами не было. При обмене световыми сигналами, как мы выше видели, время прибытия ответного сигнала не зависело от того, кто наблюдает за обменом и из какой системы отсчета. Здесь же принцип относительности, безусловно, нарушен: результат зависит от того, из какой системы отсчета мы наблюдаем за процессом.

Таким образом, сверхсветовой канал связи вынуждает специальную теорию относительности делать взаимоисключающие предсказания для одной и той же ситуации. Теория, которая даёт такие противоречивые

предсказания, являет ложной теорией. В данном случае ложной является расширенная сверхсветовыми движениями специальная теория относительности.

28. Динамические диаграммы Пенроуза – сигнал в прошлое

В литературе по физике и математике всегда используются различные системы координат. Практически каждый, интересующийся этими науками хорошо знаком, как минимум, с декартовыми координатами. В процессе исследований часто появляется необходимость создания различных модификаций координатных систем, поскольку многие явления становятся более наглядными в своих специфических системах координат. Для величин, изменяющихся в широких диапазонах, были разработаны, например, логарифмические системы координат, в которых величина отображалась на оси в логарифмическом виде. Двойная логарифмическая координатная сетка, в частности, используется для демонстрации процесса расширения Вселенной после Большого Взрыва. Триллионные величины расстояний в световых годах и времени в годах заменяются в этом случае шкалами в 15-20 единиц.

Некоторые другие процессы требуют еще более длительных интервалов, поэтому для них разрабатывались ещё более компактные шкалы. Например, в диаграммах Крускала-Шекереса (в некоторых вариантах перевода фамилии – Секереша), в которых применен "часовой принцип" отображения времени, напоминающего часовую стрелку, бесконечный интервал времени сжат в пределах прямого угла. Для этого угловая шкала сделана неравномерной: на её границах деления стремятся к бесконечно малым углам.

Почти такой же принцип использован ещё в одной системе координат, рассматриваемой далее. Это диаграммы Картера-Пенроуза. В физической литературе обычно их называют диаграммами Пенроуза.

Следует отметить, что при неизбежных технических различиях, все без исключения координатные диаграммы являются потомками декартовых координат, их своеобразными клонами. Одним из самых первых революционных вариантов систем отсчета можно назвать диаграммы Минковского, используемые в математике теории относительности. Эти диаграммы превосходно демонстрируют фундаментальное положение теории относительности – принцип относительности, провозглашающий равенство всех инерциальных систем отсчета. При этом переходы между системами можно трактовать как поворот системы отсчета на некоторый угол.

Рассматриваемые в ниже диаграммы Пенроуза тоже не составляют исключения, являясь преемниками как диаграмм Минковского, так и декартовых координат. Главными специфическими чертами диаграмм Пенроуза является сжатие бесконечно длинных осей времени и расстояния до

конечных размеров. При этом для обеспечения преемственности с диаграммами Минковского это сжатие произведено путем конформного преобразования координат. Это привело к тому, что и шкала времени и шкала расстояний простираются от минус до плюс бесконечности, а особый вид линий – так называемые светоподобные геодезические – сохранили угол наклона в 45 градусов. Любая линия, изображенная в декартовых координатах или на диаграмме Минковского с наклоном в 45 градусов, будет точно такой же прямой, наклоненной под 45 градусов и на диаграммах Пенроуза. Считается, что конформное преобразование координат сохраняет углы. Однако, даже беглого взгляда на диаграммы Пенроуза достаточно, чтобы увидеть: углы, например, между произвольными параллельными прямыми, не сохраняются. Но главное все-таки в сохранении углов для светоподобных геодезических – линий распространения света. Это позволяет, в частности, оперировать понятиями световых конусов и четко просматривать на диаграммах поведение вещественных событий (объектов). Их мировые линии должны находиться в рамках этих световых конусов.

Итак, рассматриваемые здесь диаграммы Пенроуза являются просто системой координат в самом обычном смысле этого понятия, хотя шкалы осей этой системы "компрессированы", то есть, сжаты по определенному алгоритму. Используя понятие "логарифм-ическая" шкала, такой алгоритм можно называть алгоритмом "тангенс-ического" сжатия. Понятно, что в данном случае для сжатия шкалы вместо функции логарифм используется функция тангенс, вернее, его обратная функция – арктангенс.

Процесс такого сжатия шкал или процесс конформного преобразования представляет собой, по сути, построения новой шкалы для координат расстояния r и времени t как функции от этих переменных в некоторой исходной системе координат u-v:

$$u = \mathrm{arctg}(t + r)$$
$$v = \mathrm{arctg}(t - r)$$

Иначе говоря, мы строим в системе координат u-v семейство линий, которые образуют новую координатную сетку. При этом из уравнений видно, что новая сетка оказывается заключенной в квадрат со стороной π, поскольку при изменении величин r и t в диапазоне от минус до плюс бесконечности, функции u и v изменяются в диапазоне от минус $\pi/2$ до плюс $\pi/2$. На полученную координатную сетку наносятся все необходимые обозначения, в результате чего получается полная "пустая" диаграмма Пенроуза, то есть диаграмма, на которой нет никаких событий, мировых линий. Описанный алгоритм ранее рассмотрен в работе [84]. Следует отметить, что диаграмма Картера-Пенроуза хотя и не совсем обычная, но все-таки просто система координат. В этом смысле она абсолютно ничем не отличается от классической декартовой системы координат. Отличия заключаются в деформации линий. В сущности, на них прямыми могут быть толь-

ко линии под углом в 45 градусов. Любая линия, имеющая иной наклон к осям, будет изогнута.

Все это позволяет использовать диаграмму по её прямому назначению – для графических построений на плоскости в обычных x0y координатах (Рис.28.1). Наипростейшей геометрической фигурой является круг. На диаграмме Пенроуза он приобретает довольно забавные очертания, превращаясь почти в квадрат. Добавим к нему отрезок прямой линии, имитирующей стрелку секундомера. Приводим её в движение по кругу и получаем довольно забавный секундомер (без шкалы).

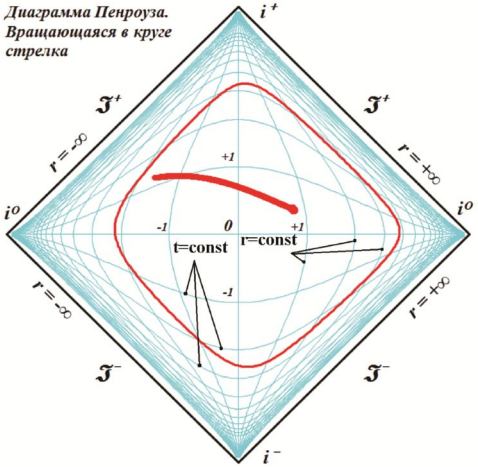


Рис.28.1. Диаграмма Пенроуза для вращающейся в круге стрелки. Показан один из кадров анимации [21]

Геометрические параметры рисунка таковы: радиус круга равен 3, его центр смещен в точку (0.3, 0.8), а длина вращающегося штриха (стрелки) равна 2,5. Как ни удивительно это выглядит, но на рисунке действительно изображен круг со стрелкой внутри.

28.1 Обмен тахионами между неинерциальными системами

Далее мы исследуем парадокс, возникающий в специальной теории относительности в результате применения её к сигналам, распространяющимся со сверхсветовой скоростью. Эта проблема ранее была рассмотрена на примере использования традиционных диаграмм Минковского, где показано, что сверхсветовая сигнализация неизбежно приводит СТО к абсурдным выводам типа "парадокса дедушки" (см. 27.4. Ложные предсказания СТО). Для сравнения можно посмотреть обмен разрешенными в теории световыми сигналами [82]. Ниже мы также попытаемся рассмотреть на диаграммах Пенроуза сверхсветовую сигнализацию, приводит ли она к

возникновению акаузальных парадоксов, парадоксов причинности. Укажем, что на диаграммах Пенроуза был рассмотрен случай обмена световыми сигналами, никаких парадоксов при этом не возникло [83].

Сначала рассмотрим ситуацию в общем виде, для движения произвольных, неинерциальных систем отсчета. И отметим, что практически на всех диаграммах Пенроуза, встречающихся в литературе, рассматривается ситуация только с точки зрения неподвижного, инерциального наблюдателя. Диаграммы Пенроуза, иллюстрирующие, подтверждающие принцип относительности, в литературе отсутствуют. Хотя в текстах описания можно встретить отступления типа "падающий на сингулярность наблюдатель достигнет её по собственным часам за конечное время".

В сущности, это понятно, ведь построение картины, видимой из ускоренной системы отсчета, требует сложных вычислений из общей теории относительности, а полученное изображение, пожалуй, не столь информативно, как в специальной теории относительности.

Итак, рассмотрим сначала обмен сверхсветовыми сигналами между двумя неинерциальными системами. Наблюдать процесс будем из лабораторной, нашей условно неподвижной системы отсчета. Мировые линии двух участников, обменивающихся тахионами, а именно так обычно принято называть сверхсветовые частицы, произвольно установим такими же, как в рассмотренном ранее случае обмена световыми сигналами [83]:

$$r_1 = -10 + 2.4(t - 10) - 0.24(t - 10)^2/2$$
$$r_2 = 4 + 1.6(t + 10) - 0.18(t + 10)^2/2$$

На диаграмме Пенроуза эти мировые линии света для наглядности мы изобразим синим и зеленым цветом. В процессе движения в пространстве-времени на динамической диаграмме в верхней части выводим соответствующие значения координат этих мировых линий на момент времени t, а на диаграмме линия, соответствующая этому времени (время настоящего), выделена оранжевым цветом. Не сложно заметить, что уравнения этих систем схожи с уравнениями брошенного вверх камня в условиях земной гравитации.

Анализ уравнений показывает, что в некоторые моменты времени объекты сами могут двигаться со сверхсветовой скоростью. Однако, мы просто выберем временной отрезок, на котором их мировые линии времениподобны. Для построения мировых линий тахионов, которыми обмениваются участники, так же выберем некоторый начальный момент времени. В этот момент один из участников отправляет свой сигнал, а второй после получения его отправляет свой ответный сигнал. Теперь есть все необходимое для построения диаграмм (и анимации). Производим аналитические вычисления, находим конкретные числовые уравнения мировых линий тахионов. В процессе вычислений определяем все контрольные точки: излучения и поглощения тахионов.

В результате вычислений получаем, что все четыре мировые линии – движущихся ИСО и тахионов - существуют на всём пространстве-времени, поскольку ни одно из них не имеет сингулярных точек. Моменты начала мировых линий мы задаём с учетом выбранных нами условий. Для мировых линий систем отсчета – это начальный момент времени на диаграмме. Для мировых линий начальными точками являются координаты их пересечения с мировыми линиями источников. Все эти величины вычисляем аналитически, после чего вносим их в алгоритм программы построения диаграммы.

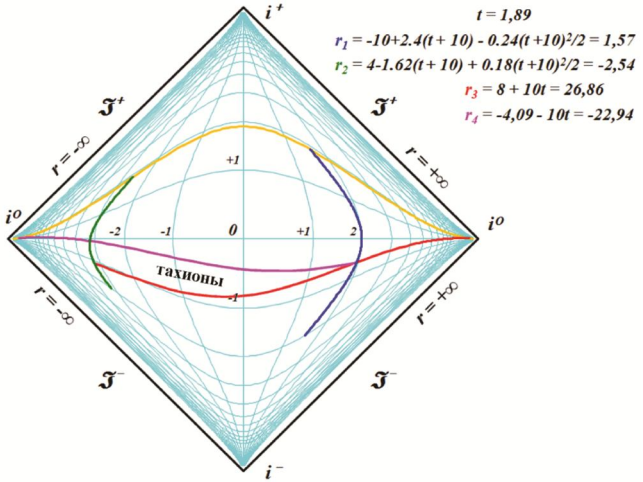


Рис.28.2. Диаграмма Пенроуза – обмен тахионами. Кадр из анимации [21]

На рисунке представлен результат компьютерных вычислений (кадр из анимации). Мировые линии и их уравнения выделены одинаковыми цветами. Мировые линии систем отсчета – синим и зеленым цветом. Мировые линии тахионов – красным и малиновым цветом. Сигнальный тахион (красная геодезическая) движется от ИСО-отправителя (зеленая геодезическая) слева направо. В момент достижения ИСО-получателя (синяя геодезическая) она излучает ответный тахион (малиновая геодезическая), движущийся справа налево. Можно сделать заключение, что на этом рисунке (кадре) никакие акаузальные парадоксы отчетливо не видны. Моменты испускания сигнала, последующего получения его, испускания ответного сигнала и его получение по времени расположены строго последовательно. Однако, следует признать, что и на диаграммах Минковского для инерциальных систем отсчета не всегда заметно нарушение причинности при обмене сверхсветовыми сигналами. Если, например, рассматривать картину с точки зрения некоторого третьего, условно неподвижного

наблюдателя, обмен тахионами между двумя ИСО не будет явно, заметно нарушать причинность.

Все сеансы излучения-поглощения будут строго последовательны во времени. Но с точки зрения участников обмена эффект сигнализации в прошлое будет очевиден [82]. Поэтому можно ожидать, что и на диаграммах Пенроуза для ИСО будет получен такой же результат.

28.2 Сигнализация в прошлое в ИСО

Для построения инерциальных диаграмм Пенроуза зададим две ИСО, подобные рассмотренным ранее в задаче по обмену световыми сигналами [317]. Рассмотрим две диаграммы с уравнениями движущейся ИСО А или ИСО В, когда другая неподвижна

$$r_B = a_{AB} + vt = 2 + 0.5t; \quad r_A = 0$$
$$r_A = -a_{AB} - vt = -2 - 0.5t; \quad r_B = 0$$

В данном случае будет производиться обмен тахионами - сигнальным r3 и ответным r4, движущимися со скоростью в ИСО А, равной $v_{tA} = 10c$, и мировыми линиями, описываемыми уравнениями

$$r_3 = a_3 + v_{tA}t = a_3 + 10t$$
$$r_4 = a_4 - v_{tA}t = a_4 - 10t$$

Неизвестные параметры уравнений мы найдём далее из дополнительных условий обмена – событие отправки тахиона r_3 из ИСО А мы задаем произвольно $t_0 = -0.5$, а $r_0 = 0$ определяется автоматически. После достаточно кропотливых, но тривиальных алгебраических вычислений, находим все их в алгоритм программы построения диаграммы.

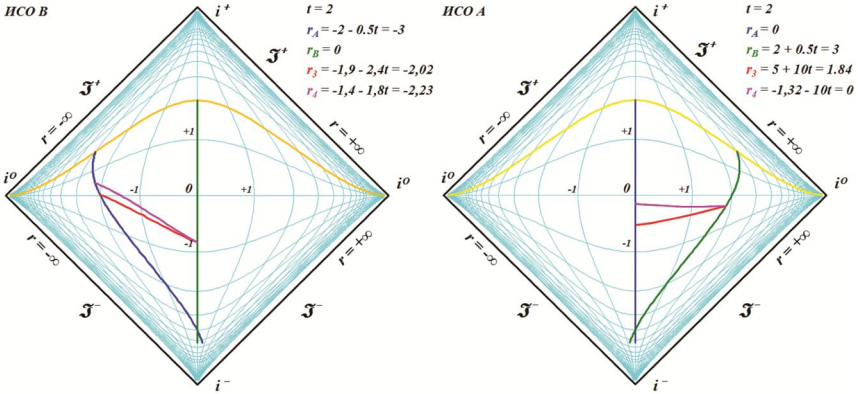


Рис.28.3. Анимированные диаграммы Пенроуза для ИСО, обменивающихся тахионами. Показан заключительный кадр анимации [21]

Отметим, что уже на этапе аналитических расчетов мы уже увидим явное нарушение последовательности событий во времени. Если излуче-

ние сигнального тахиона r_3 и поглощение ответного r_4 произошло в нормальной последовательности, то поглощение сигнального тахиона r_3 произошло во время t_{2B}=-0.810 до того, как он был испущен во время t_{1B}=0.041. Аналитически мы пришли, как и ожидалось, к сигнализации в прошлое. Однако, изобразить это на диаграмме Пенроуза без замысловатых криволинейных графических построений крайне проблематично. Для работы с инерциальными системами отсчета диаграммы Минковского несравненно удобнее диаграмм Пенроуза, которые для этого малопригодны, на них циркуль и линейка бесполезны.

Тем не менее, для построения анимации завершим вычисления и определим уравнения мировых линий тахионов в ИСО B. Поскольку нам известны координаты всех событий в ИСО B, то уравнения тахионов находим из условия их прохождения через пары точек. После того, как основные параметры определены, вносим их в математическую модель для получения анимированной диаграммы. Но возникает техническая проблема: как на анимации изобразить движение тахиона r_3 из будущего в прошлое? Линия времени t = настоящее на динамической диаграмме может двигаться только из прошлого в будущее!

По большому счету картина движения в прошлое выглядит довольно забавно. Представим вместо тахиона или антитахиона (тахиона с отрицательной энергией), например, бокал вина, который падает со стола и разбивается. Его движение в прошлое по указанной мировой линии будет необъяснимо. Было бы нелепо утверждать, что и при движении в прошлое бокал тоже падает и разбивается. Поэтому находящийся рядом с ним наблюдатель будет видеть, как осколки собираются в целый бокал, а брызги расплескавшегося вина дружно вернулись в бокал. Именно так должна выглядеть картина движения в прошлое, что бы ни говорили теоретики возрастания энтропии.

Похоже, что настало время попытаться воспользоваться тахионной механикой Recami [13] с её антинаучным принципом переключения (реинтерпретации). В общем виде, напомним, смысл его состоит в том, что частицы с положительной энергией рассматриваются как частицы с отрицательной энергией, но испущенные и поглощенные в обратном порядке. Здесь, как нетрудно заметить, явно предполагается движение в обратном направлении времени. Правда, есть одно несоответствие с нашим случаем. Принцип реинтерпретации говорит о движущихся в обратном направлении времени частицах с отрицательной энергией. Но в нашей задаче изначально таких частиц нет, их придётся аналогичным образом "реинтерпретировать". Другими словами, наш тахион r_3 с положительной энергией нам придётся считать тахионом с отрицательной энергией. Это, в общем-то, не проблема. Проблема в ином. На диаграммах рис.28.3 мы четко видим, как в момент поглощения тахиона r_3 (нижняя, красная мировая линия) и излучение тахиона r_4 (верхняя, малиновая мировая линия) из этой точки в

ИСО В одновременно излучаются две частицы. Не имеет значения, что это за частица вторая, но имеет значение сам факт такого излучения. Наблюдатель ИСО В уверенно может заявить: получил r_3 и излучил r_4, только её и больше ничего. Но и это не всё. На диаграмме ИСО В сам процесс излучения начался без каких-либо оснований. По времени наблюдатель ещё не получил сигнального тахиона, так почему он начал свой процесс ответа? Таким образом, парадокс сигнализации в прошлое неустраним.

Однако, мы все-таки завершим начатую работу и заменим наш реальный тахион r_3 на антинаучную выдумку – некий антитахион r'_3 или тахион с отрицательной энергией, не вкладывая в это понятие никакого смысла. Полученные анимированные диаграммы Пенроуза представлены кадром на следующем рисунке. Действительно, на диаграмме нет явно заметных парадоксов или противоречий. Очевидно, что и тахионы и антитахионы движутся по пространственноподобным геодезическим, но это задано условиями задачи. Можно довольно уверенно указать, скорость тахионов в ИСО А заметно выше, чем в ИСО В. Это означает, что скорость тахиона не инвариантна.

Более того, всегда можно найти такую ИСО, в которой его скорость будет бесконечной [92]. И лишь внимательный взгляд позволит заметить, что на двух соседних диаграммах у двух событий очередность наступления меняется. Криволинейная сетка координат заметно ухудшает визуализацию, но это специфическая особенность диаграмм Пенроуза.

Заключение и выводы

Специальная теория относительности сформулирована и является исключительно *математической* теорий. С одной стороны, её доказательность безупречна, и никому не удалось найти в её логике ни малейших нарушений, противоречий. Теория в принципе не может быть опровергнута. С другой стороны, это одна из красивейших и достаточно простых математических теорий, которая при этом делает в высшей степени удивительные кинематические предсказания – преобразования Лоренца. Эти предсказания теории, её выводы резко противоречат здравому смыслу, бытовым и классическим представлениям. Поэтому попытки их опровержения не прекратятся никогда. Главный инструмент противников теории – мысленные эксперименты. Но все они без исключения умышленно или неосознанно подменяют базовые принципы теории – инвариант скорости света, её предельность, принцип относительности одновременности и другие кинематические преобразования. Корректно доказанную математическую теорию невозможно опровергнуть никакими корректными математическими рассуждениями.

На возможное здесь возражение есть ответ. В данной работе приведены мысленные эксперименты, которые, как утверждается, все-таки опро-

вергают теорию относительности, что, вообще-то, противоречит предыдущему выводу. Нет, это не является противоречием. Во-первых, ошибочные мысленные эксперименты относятся к доказанной *математической* теории. Эти опровержения лишь подразумевают критику теории, примененной к *физической* реальности. Но они критикуют, тем не менее, лишь исходные математические выводы теории, но не их реализацию в физической реальности, пытаясь показать, что эти выводы неверны внутри самой исходной математической теории. Но математическая теория и её физическое воплощение – это разные вещи. Напротив, рассмотренный класс квантовых, тахионных мысленных парадоксов относится уже к расширенной *математической* версии специальной теории относительности, которая дополнена сверхсветовыми сигналами. Эти сигналы делают даже математическую теорию ошибочной. Кроме того, сверхсветовые парадоксы такой расширенной теории имеют реальные физические основания – сверхсветовые корреляции запутанных квантовых частиц.

Корректное опровержение математики СТО невозможно, но применение её к физической реальности делает эту теорию физической, а её постулаты теперь уже нуждаются в физических, экспериментальных доказательствах. Лишь эксперимент может обосновать применимость математической теории – СТО к физической реальности. Любые логические или философские рассуждения должны опираться на физически, экспериментально доказанные утверждения. Они и только они могут подтвердить обоснованность физического применения математических или философских принципов теории – принципа относительности, постулатов, уникальность явления инварианта скорости.

Какими бы наивными ни были реальные физические эксперименты (Маринова, Торра-Колена, Штыркова, Довженко, Приставко и другие), только это экспериментальное направление может дать определенный ответ, в каком объеме применимы специальная и общая теории относительности к физической реальности, где её границы их применимости.

При всей иллюзорности, эфемерности квантовой информации неизбежен вывод - между квантовой теорией и специальной теорией относительности существует неустранимое противоречие, касающееся скорости передачи взаимодействия и квантовой нелокальности, никакого "мирного существования" между ними быть не может. Положение квантовой теории о мгновенности коллапса вектора состояния противоречит постулату СТО об ограниченности скорости передачи взаимодействия. Существует реальная физическая возможность использовать коллапс волновой функции для формирования сигнала синхронизации, являющегося фактически *классическим* информационным сигналом, мгновенно распространяющимся в пространстве. Опирается она на корректные общепризнанные результаты физических экспериментов Алена Аспекта. Как следствие, одна из теорий – квантовая или специальная теория относительности, либо обе теории

требуют пересмотра, уточнения в вопросе о скорости передачи взаимодействия. Для квантовой теории – это отказа от квантовой корреляции запутанных частиц (нелокальности) с мгновенностью коллапса волновой функции на любом расстоянии, для СТО – это предельность скорости передачи взаимодействия.

Все выявленные парадоксы сверхсветовой коммуникации, нарушение причинности, петли времени, являются *неотъемлемой* и *неустранимой* особенностью специальной теории относительности и вообще *любой* теории, основанной на инварианте скорости света, если её распространяют на сверхсветовые сигналы. Инвариант скорости делает автоматически эту скорость предельной, максимально возможной. Любая скорость, превышающая инвариантную, ведёт к парадоксам. Любая теория, опирающаяся на такую "расширенную" специальную относительность, неизбежно получит "машину времени" - движение в прошлое, петли времени с нарушением причинности и различные мнимые величины вроде отрицательного квадрата массы. Специальная теория относительности неспособна решать задачи со сверхсветовыми скоростями, она не предназначена для этого. Напротив, в физике Ньютона никаких парадоксов при сверхсветовой передаче информации не возникает.

Тахионную механику и принцип переключения (реинтерпретации) следует отнести к инструментам для превращения последовательной, непротиворечивой теории в её полную противоположность – лженаучную, антинаучную теорию. А для лженауки главный закон природы – детерминизм и причинно-следственные отношения – не закон. Заметим с сожалением, что в списке сторонников сверхсветовой специальной теории относительности можно найти немало известных, авторитетных имён.

Литература

1. Aspect A., "Bell's theorem: the naive view of an experimentalist", 2001, URL: http://quantum3000.narod.ru/papers/edu/aspect_bell.zip
2. Aspect A., "Теорема Белла: наивный взгляд экспериментатора", (Пер. М.Х.Шульмана), Институт исследований природы времени, 2006, http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/aspek_teorema_bella.pdf
3. Aspect A., "Теорема Белла: наивный взгляд экспериментатора", (Пер. П.В.Путенихин), Квантовая Магия, 4, 2135 (2007), http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL422007/p2135.html
4. Aspect A., Dalibard J., Roger G., Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analysers. – Phys. Rev. Lett. 49, 25, (1982)
5. Barashenkov V.S., Yur'iev M.Z., Tachyons - Difficulties and Hopes. \\Submitted to "Hadronic Journal", Dubna, 1995.
6. Bell J.S., On the Einstein Podolsky Rosen paradox, Physics Vol.1, No.3, pp.198-200, 1964
7. 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), URL: http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL522008/p2160.html
8. Cartwright J., Quantum physics says goodbye to reality, Physics Web, 2007, URL: http://physicsweb.org/articles/news/11/4/14
9. Grablacher S., Paterek T., Kaltenbaek R., Brukner C., Zukowski M., Aspelmeyer M., Zeilinger A., "An experimental test of non-local realism", Nature 446, 871 - 875 (19 Apr 2007), URL: http://www.nature.com/nature/journal/v446/n7138/full/nature05677.html, http://quantmag.ppole.ru/Articles/Zeilinger_Nature05677.pdf
10. Kapuscik E., Special Theory of Relativity without special assumptions and tachyonic motion. \\The Alfred Meissner Graduate School for Dental Engineering and Humanities Ustron, Poland, arXiv:1010.5886v1, 2010
11. Maccarrone G.D., Recami E., Two-Body Interactions through Tachyon Exchange. \\Nuovo Cimento A, 57, 85 (1980). [основные положения релятивистской тахионной механики (кинематики) с использованием принципа реинтерпретации (переключения)] URL: http://dinamico2.unibg.it/recami/erasmo docs/SomeRecentSCIENTIFICpapers/ExtendedRelativity/TwoBodyTachyonExchangeNCA80.pdf (дата обращения 20.08.2014)
12. Recami E., The Tolman "Antitelephone" Paradox: Its Solution by Tachyon Mechanics, arXiv:hep-th/9508164v1, 1995.
13. Recami E., The Tolman-Regge Antitelephone Paradox: Its Solution by Tachyon Mechanics. \\Electronic Journal of Theoretical Physics (EJTP) 6, No. 21 (2009) 1–8, URL: http://dinamico2.unibg.it/recami/erasmo docs/SomeOld/TolmanAntitelephoneSolution.pdf

14. 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]
15. Sommerfeld A. "Simplified deduction of the field and the forces of an electron, moving in a given way" Proc. Amsterdam Acad. 7 346 (1904)
16. Tolman R.C., The Theory of the Relativity of Motion, URL: http://www.gutenberg.org/files/32857/32857-pdf.pdf
17. Tom Van Flandern, The Speed of Gravity - What the Experiments Say. Meta Research, Univ. of Maryland Physics, Army Research Lab 6327 Western Ave., NW / Washington, DC 20015-2456 (metaresearch.org), 1998, URL: http://www.ldolphin.org/vanFlandern/gravityspeed.html
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. Алберт Д., Галчен Р., Квантовая механика угрожает теории относительности, "В мире науки", №5, 2009, URL: http://www.liveinternet.ru/users/2537137/post102897039/
20. Андреев А.Ю., Д.А.Киржниц Д.А. "Тахионы и неустойчивость физических систем", УФН 166 (10) 1135 (1996)
21. Анимации рисунков (ссылки зеркальные), URL: https://cloud.mail.ru/public/GvyD/Lh1DoGkrP https://yadi.sk/d/gOjC0dPi3EoScT http://fileload.info/users/Roberr/174/Anim
22. Барашенков В.С., "Антимир скоростей. Тахионы", Журнал "Химия и жизнь", 1975, № 3, стр. 11-16.
23. Барашенков В.С., "Кто опроверг теорию относительности?", Журнал "Знание - сила", 1993, № 7, URL: http://www.veinik.ru/science/fizmat/article/330.html
24. Барашенков В.С., "Тахионы. Частицы, движущиеся со скоростями больше скорости света", УФН, 114 (1) 133 (1974):
25. Барашенков, В.С., Нарушается ли принцип относительности? / В.С.Барашенков, М.З.Юрьев. – Дубна: ОИЯИ, 1993. – 22с. – (ОИЯИ; Р2-93-147).
26. Барбашов Б.М., Нестеренко В.В. "Суперструны - новый подход к единой теории фундаментальных взаимодействий", УФН 150 (4) 489 (1986)
27. Биланюк О., Сударшан Е., Частицы за световым барьером (Перевод Урнова А.М.). В книге "Эйнштейновский сборник. 1973", М., Наука, 1974, стр. 112-133.
28. Вейник А.И., "Теория движения", Мн.: "Наука и техника", 1969. 448 с., URL: http://www.veinik.ru/veinik/articles/9a/269/attach.zip

29. Галаев Ю.М., Результаты повторения эксперимента Д.К.Миллера в диапазонах радио и оптических волн, 2011, URL: http://ether.wikiext.org/wiki/Файл:Galaev_EV_2011.pdf
30. Галаев Ю.М., Эфирный ветер. Эксперимент в диапазоне радиоволн, - г.Харьков, ЗАО "Петит", 2000г.
31. Гончаренко Е.А., Знаменский В.С., Феномен информации, URL: http://school.bakai.ru/?id=infpb0101
32. Грин Б., Элегантная Вселенная: Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории, 2008, URL: http://www.scorcher.ru/art/theory/Briyan_Grin/Briyan_Grin.php
33. Гришин Ю.А. "Перестаньте критиковать СТО. Или: Что можно и что нельзя критиковать в физике", URL: http://emigrin.narod.ru/What_can_critics/From_author.htm
34. Губин В.Б. О методологии лженауки. - М.: ПАИМС. 2004.
35. Демин А.И., Информация, как всеобщее свойство материи, URL: http://prvinform.narod.ru/INFORM.HTM
36. Диоген Московский, "Парадокс арбалетной стрелы или парадокс железного крокодила", 2005, URL: http://physics-animations.com/efrboard/messages/179.html http://physics-animations.com/efrboard/messages/181.html http://www.igrunov.ru/cgi-bin/guest/guest.cgi?p=101
37. Довженко А.И., "Относительное движение Земли и светоносного эфира", URL: http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8703.html
38. 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
39. Доронин С.И., Сайт "Физика Магии", URL: http://physmag.h1.ru/
40. Доронин С.И., Сепарабельные состояния, Квантовая Магия, том 4, вып. 4, стр. 4124-4133, 2007, URL: http://www.quantmagic.narod.ru/volumes/VOL442007/p4124.html
41. Зигуненко С.Н., XX век: хроника необъяснимого. Тайны космоса: сенсации наших дней.– М.: Олимп; ООО "Фирма "Издательство АСТ", 1998.– 480 с.
42. Информация, Википедия, URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Информация
43. Карпенко "Вселенная разумная", "Электронная библиотека ModernLib.Ru", URL: http://www.modernlib.ru/books/karpenko_maksim/vselennaya_razumnaya
44. Кахилл Р.Т., "Новый Эксперимент по Анизотропии Скорости Света: Обнаруженные Гравитационные Волны и Абсолютное Движение", (пер. с англ. А.М. Чепик), URL: http://redshift0.narod.ru/Rus/Stationary/References/Cahill_Absolute_2006_1.htm

45. Киржниц Д.А., Сазонов В.Н., Сверхсветовые движения и специальная теория относительности (вводная статья). В книге "Эйнштейновский сборник. 1973", М., Наука, 1974, стр. 84-111.
46. Коллендер Б., "Информация об информации", Электронный научный семинар, URL: http://www.elektron2000.com/node/64
47. Константинов Ф.В. и др., Диалектический материализм. \\В кн.: Основы марксистской философии. 2-е изд., с. 69-294, М.: Политиздат, 1963, URL:
http://www.ligis.ru/psylib/090417/books/konst01/txt03.htm
http://www.ligis.ru/psylib/090417/books/konst01/index.htm
48. Корухов В.В., Наберухин Ю.И., "Сверхсветовые явления и пространственно-временные отношения в тахионных мирах" // Философия науки, 1995, № 1(1), с. 58–64.
49. Корухов В.В., Теоретические и методологические аспекты кинематики тахионов. \\"Гуманитарные науки в Сибири" № 1, 1994, с. 25 – 31
50. Краснов В.Д., Принцип относительности и возможность измерения абсолютной скорости по смещению системы относительно луча света, URL: http://www.apeyron1.narod.ru/otnositelnosti_prinzip_n.htm
51. Кулигин В.А. Неисправленная ошибка Пуанкаре и анализ СТО, 2015, URL: http://n-t.ru/tp/ov/sa.htm
52. Купряев Н.В., К статье Е.И. Штыркова "Измерение параметров движения земли и солнечной системы", URL:
http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8431.html
53. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М., Теоретическая физика в десяти томах, т.II Теория поля. – М., "Наука", 1988.
54. Мазур М., "Качественная теория информации", URL:
http://sbiblio.com/biblio/archive/masur_kach/00.aspx
55. Малыкин Г.Б, Савчук В.С., Романец (Щербак) Е.А. "Лев Яковлевич Штрум и гипотеза существования тахионов", УФН 182 (11) 1217 (2012)
56. Манида С.Н., Преобразования Лоренца. Глава 2 - Вывод преобразований Лоренца из принципа относительности //Лекции для школьников. Библиотека Физического факультета СПбГУ,
http://www.phys.spbu.ru/library/schoollectures/manida-lor/chapter2
57. Мардер Л., "Парадокс часов", Пер. с англ. А.А.Бейлинсона, с предисловием Н.В.Мицкевича, Изд. "МИР", Москва, 1974.
58. Маринов С. "Экспериментальные нарушения принципов относительности, эквивалентности и сохранения энергии", ФМР, 1995, №1, с.52-77, URL: http://www.macmep.ru/marinov.htm
59. Мёллер К., Теория относительности, Изд. 2-е. Пер. с англ. Под ред. проф. Д. Иваненко. М.: Атомиздат, 1975, 400 с., URL:
http://bib.convdocs.org/v25205/?download=1

60. Могилёв А.В., Пак Н.И., Хённер Е.К., "Информатика", - М.: Academia, 2004
61. Обухов Ю., Захарченко И., Эфир или физический вакуум?, Журнал "Техника - молодёжи", N10, 2002 год, с.4, URL: http://tm.itizdat.ru/docs/Archive/TM_10_2002/7
62. Огурцов А.Н. Физика для студентов. Квантовая физика. Лекции по физике, 7, http://www.ilt.kharkov.ua/bvi/ogurtsov/lect7quant.pdf
63. Опыт Майкельсона-Морли. Комментарии. Элементы, 2005, http://elt-preview.host1.elementy.ru/trefil/21167?context=20444&discuss=21167
64. Парадокс Белла, Википедия, URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Парадокс_Белла
65. Парадокс шеста и сарая, Википедия, URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Парадокс_шеста_и_сарая
66. Парадокс Эренфеста, Википедия, URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Парадокс_Эренфеста
67. Парадокс. Психологический словарь, URL: http://glossword.info/index.php/term/9-psihologicheskiij-slovar-,3385-paradoks.xhtml
68. Петров В.В., Еще раз об эксперименте Маринова, "Доклады независимых авторов", изд. "DNA", Россия-Израиль, 2010, вып. 15, printed in USA, Lulu Inc., ID 8976094, ISBN 978-0-557-52134-0, URL: http://technic.itizdat.ru/Uploads/DNA/FIL13560311600N138182001/.pdf
69. Петров В.М., Мифы современной физики.- М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2012.-224 с. (Relata Refero.)
70. Приставко "19 июля проверка ПО Эйнштейна, поворот на 360", http://www.youtube.com/watch?v=GsYs-FGU5mc
71. Приставко В., "Источник света", http://docs.google.com/File?id=d7h33qj_161ddjxdps5_b
72. Приставко В., "Длина пути света", http://docs.google.com/File?id=d7h33qj_162cjxw5zdd_b
73. Приставко В., "Начало наблюдений 7 мая в 11 часов 45 минут", http://docs.google.com/File?id=d7h33qj_160cvqm833r_b
74. Приставко В., "Перемещение луча света по оси ОУ", www.youtube.com/watch?v=YP1UVWLiV8Y
75. Приставко В., "Поворот установки на 360 градусов", www.youtube.com/watch?v=t2fDkHWdg5k
76. Приставко В., "Последнее измерение. 20 мая 12 часов 42 минуты", http://docs.google.com/File?id=d7h33qj_163dgn3mkd7_b
77. Приставко В., "Проверка ПО Эйнштейна 19 июля. Движение по вертикали", http://www.youtube.com/watch?v=N9lPqlDqnqw
78. Приставко В., Канал пользователя PristavkoValera на YouTube, http://www.youtube.com/user/PristavkoValera#p/a/f/0/t2fDkHWdg5k

79. Приставко В., на форуме "Экспериментальная проверка ПО Эйнштейна", http://dxdy.ru/topic35122.html
80. Приставко на форуме "О принципе относительности Эйнштейна, [Проверка: провалена.]", http://wasp.phys.msu.ru/forum/index.php/?showtopic=16341
81. Путенихин П.В., Главная загадка физики квантов, 2009, URL: http://econf.rae.ru/article/6357
82. Путенихин П.В., Динамические диаграммы Минковского на примере обмена световыми сигналами, 2014, URL: http://econf.rae.ru/article/9643
83. Путенихин П.В., Динамические диаграммы Пенроуза – обмен световыми сигналами, 2016, URL: http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/dil09.shtml
84. Путенихин П.В., Динамические диаграммы Пенроуза, 2016, URL: http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/dp06.shtml
85. Путенихин П.В., Как распутать квантовую запутанность, 2011, URL: http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/entang.shtml
86. Путенихин П.В., Когда неравенства Белла не нарушаются, 2008, URL: http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9016.html http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL422007/p2167.html
87. Путенихин П.В., Комментарии к выводам Белла в статье "Парадокс Эйнштейна, Подольского, Розена", SciTecLibrary, 2008, URL: http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8979.html
88. Путенихин П.В., Материя, Пространство, Время. Самиздат, 2007, URL: http://samlib.ru/p/putenihin_p_w/materia.shtml
89. Путенихин П.В., Не-белловские квантовые запутанные состояния, 2013, URL: http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/non-bell.shtml
90. Путенихин П.В., Новый ум голого короля, Квантовая Магия, том 3, вып. 2, стр.2143-2151, (2006), URL: http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL322006/p2143.html
91. Путенихин П.В., Свойства эфира, Самиздат, 2008, URL: http://samlib.ru/p/putenihin_p_w/ephir.shtml
92. Путенихин П.В., Теорема об изохронном тахионе, 2014, URL: http://econf.rae.ru/article/9635
93. Путенихин П.В., Эксперимент по схеме Аспекта с источником псевдо-запутанных частиц, Самиздат, 2007, URL: http://samlib.ru/p/putenihin_p_w/pseudo.shtml
94. Рашевский П.К., Риманова геометрия и тензорный анализ. – М., "Наука", 1967.
95. Реквием по теории?, "Спутник ЮТ", научно-популярный дайджест, #1/2002, URL: http://jtdigest.narod.ru/dig1_02/einstain.htm

96. Розман Г.А. Теория относительности, ч.2 - Псков: ПГПУ, 2005. - 256 с., URL: http://rozman2.narod.ru/oto.html http://rozman2.narod.ru/otopdf/oto04.pdf
97. Скобельцын Д.В., "Парадокс близнецов в теории относительности", АН СССР, М.- "Наука", 1966
98. Соколовский Ю.И. Теория относительности в элементарном изложении. – М.: Наука, 1964
99. Степанов С.С., Релятивистский мир, URL: http://synset.com/wiki/index.php/Преобразования_Лоренца
100. Суарец А., Выделенная система отсчета или мультиодновременность: смысл и значение предстоящего эксперимента. – Центр квантовой философии, Институт междисциплинарных исследований, Цюрих, Швейцария, 2006, URL: http://quantum3000.narod.ru/papers/edu/qm_sto_ru.pdf
101. Тахион, Википедия, URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Тахион https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0b/Tachyon03.gif
102. Терлецкий Я. П. Парадоксы теории относительности. — М.: Наука, 1966.
103. Фейнберг Дж., О возможности существования частиц, движущихся быстрее света (Перевод Волкова Е.И.). В книге "Эйнштейновский сборник. 1973", М., Наука, 1974, стр. 134-177.
104. Физика света. Фильм 2. Свет и пространство. Общая теория относительности, Korean Educational Broadcasting System, 2014, www.ebs.co.kr , URL: https://youtu.be/MGahs3kMTYE
105. Форум "СОЦИНТЕГРУМ", Логические основания теории относительности, URL: http://www.socintegrum.ru/forum/viewtopic.php?f=17&t=575
106. Черников Г., Об опыте Стефана Маринова, сайт Fantasy Read, URL: http://fanread.ru/book/2020742/
107. Чонка П.Л., Причинность и сверхсветовые частицы (Перевод Волкова Е.И.). В книге "Эйнштейновский сборник. 1973", М., Наука, 1974, стр. 178-189.]
108. Что такое информация, Вопрошайка, URL: http://www.voproshaika.narod.ru/75.html
109. Шаляпин А.Л. (http://s1836.narod.ru/), Монография-2006. Введение, http://s1836.narod.ru/kn6p/vved.pdf
110. Шаляпин А.Л., Стукалов В.И., Введение в классическую электродинамику и атомную физику. Часть 2, URL: http://shal-14.narod.ru/book/U2.ZIP
111. Штырков Е.И., Измерение параметров движения Земли и Солнечной системы // Вест. КРАУНЦ, Серия науки и Земле. 2005. №2 Вып. №6. С.135.

112. Штырков Е.И., Обнаружение влияния движения Земли на аберрацию электромагнитных волн от геостационарного спутника — новая проверка специальной теории относительности, URL: http://ether.wikiext.org/mediawiki/images/d/da/Shtyrkov_2007.pdf
113. Эйнштейн А. "К электродинамике движущихся тел", Собрание научных трудов в четырех томах. Том 1. Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. М.: Наука, 1965, http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Einstein_t1_1965ru.djvu
114. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Том 4. Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. М.: Наука, 1967, http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Einstein_t4_1967ru.djvu
115. Эйнштейн А., "Об эфире", Собр. научн. трудов. М.: Наука, т.2, 1966, с.160
116. Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. Можно ли считать квантово-механическое описание физической реальности полным? / Эйнштейн А. Собр. научных трудов, т. 3. М., Наука, 1966, с.604-611, URL: http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Einstein_t3_1966ru.djvu
117. Эйнштейн, "К электродинамике движущихся тел", Собрание научных трудов в четырех томах. Том 1. Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. М.: Наука, 1965, URL: http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Einstein_t1_1965ru.djvu
118. Эксперимент Хафеле-Китинга, Википедия, URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Эксперимент_Хафеле_—_Китинга
119. Электрический ток в металлах. Учебник. Открытая физика. URL: http://www.physics.ru/textbook1/chapter1/section/paragraph12/
120. Энциклопедия для детей. Том 16. Физика. ч.2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц / Глав.ред. В.А.Володин. – М.: Аванта+, 2000. – 432 с.
121. Эренфест П. - Относительность. Кванты. Статистика: Сборник статей. – М.: Наука, 1972, с.38
122. Эфирный ветер — сборник статей под ред. В.А.Ацюковского, URL: http://www.studfiles.ru/download.php?id=1667545&code=f6c93f7ccaa495b446e8cbb65dba2940
123. Юхимец А.К, Парадокс с излучением в существующей трактовке СТО, 2012, URL: http://www.sciteclibrary.ru/texsts/rus/stat/st4853.pdf

Примечание. Некоторые источники меняют адреса в интернете. Многие из них можно найти с помощью поисковиков по фрагменту цитаты в данной книге. Например, фильмы Приставко собраны по адресу [78], а статьи Галаева и Штыркова можно найти в сборнике [122].

Путенихин П.В.

Мнимые и реальные парадоксы
теории относительности

Вёрстка: О.В. Язева
Корректор: Т.А. Осипова

Подписано в печать 11.04.2017 г.
Объем 20,0 уч.-изд. л. Формат 64x90 1/16. Бумага офсетная.
Тираж 50 экз. Заказ №4272.
Отпечатано ИП Колмогоров И.А.,
656049, г. Барнаул, пр-т Социалистический, 85,
тел.: (3852) 36-82-51, 8-800-700-1583,
nf-kniga@yandex.ru,
сайт: типография-новый-формат.рф