

### Аннотация

Специальная теория относительности была сформулирована на основе инварианта скорости света, поэтому применение её к сверхсветовым сигналам приводит к парадоксам причинности, взаимоисключающим и ложным предсказаниям. Принцип реинтерпретации и основанная на нём тахионная механика вместо решения этих парадоксов создают новые. На динамических диаграммах Минковского показан парадокс дуальности скорости тахиона и невозможность его решения в рамках СТО.

### 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 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» (6, с.125).

Как можно заметить, в цитате подвергается сомнению, с одной стороны, собственно нарушение причинности при сверхсветовой передаче информации, а с другой - безусловность 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» (10, с.172).

Буквально это можно понимать таким образом, что любой обмен сверхсветовыми сигналами изначально представляет собой случайный, некоррелированный 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» [9, с.77].

Очевидно, что подобная связь причины и следствия автоматически исключает в специальной теории относительности любое сверхсветовое информационное взаимодействие. Напротив, отсутствие такого взаимодействия допускает отдельно сверхсветовое движение. Кроме того, даже информационное взаимодействие может быть причинно-допустимым, если это неклассическое взаимодействие, то есть, взаимодействие, которое невозможно зарегистрировать с помощью классических (физических) приборов. Например, запутанные частицы демонстрируют взаимное влияние друг на друга со сверхсветовой скоростью, практически мгновенно. Однако, в настоящий момент обнаружить 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» [9, 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 «демона Лапласа». Постулат Лапласа о возможности предсказания всех событий во Вселенной не имеет даже гипотетических оснований, поскольку для описания бесконечно числа связей, требуется и рекурсивное 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 не может быть 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:

«... 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» [7].

## **Тахионная механика и попытка решения причинных парадоксов**

Решению причинных парадоксов теории относительности уделяется достаточно много внимания. Одним из инструментов для таких решений является тахионная механика (кинематика) Эразмо Реками (Erasmus Recami), которая продвигается соавторами на правах продолжателя принципов СТО. Одним из основных, если не главным её принципом является принцип реинтерпретации, принятый на вооружение практически единодушно как эффективное средство разрешения парадоксов теории относительности, вызванных её расширением на сверхсветовые движения. 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 преимущество тахионной механики специальной теории относительности в вопросе сверхсветовой передачи информации? Действительно ли принцип реинтерпретации позволяет снять все проблемы с причинностью? Чтобы проверить это, рассмотрим доводы тахионной механики более тщательно, для чего просто произведём конкретные числовые расчеты.

Основной работой, в которой изложены принципы «Тахионной механики», судя по ссылкам, приводимым в работах Реками, предположительно является статья с его соавторством «Two-Body Interactions through Tachyon Exchange» («Двухчастичные взаимодействия через обмен тахионом»):

«В работе ... можно найти описание основ тахионной кинематики» [3, 2].

«... 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») [3].

Во введении к указанной работе «Two-Body Interactions...» говорится:

«Исходя из возможных применений к физике частиц и проблемам причинности, мы приводим анализ кинематики (классического) обмена тахионами между двумя телами А, В для всех возможных относительных скоростей» [1].

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. В отечественной литературе утверждается, что этот принцип был сформулирован Штрумом:

«... Л.Я.Штрумом было сформулировано положение (названное впоследствии ... «принципом реинтерпретации»), решающее проблему причинно-следственных связей при движении со сверхсветовыми скоростями» [8].

Тахионная механика предлагается как обязательная методика, имеющая непосредственную связь со специальной теорией относительности. Автор утверждает, что:

- «1) любое корректное решение тахионных причинных парадоксов должно прибегать к явным расчетам, основанным на механике тахионов;  
 2) такая тахионная механика недвусмысленно и однозначно происходит от СТО, относя пространственно-подобные объекты к классу обычных, только досветовых наблюдателей (то есть, без необходимости введения сверхсветовых систем отсчета)» [3].

Цитируемые статьи ориентированы явным образом на решение так называемого парадокса антiteleфона. Автором парадокса считается Толман, впервые описавший парадокс передачи сверхсветовой информации в прошлое в 1917 году [4], 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 [3]. Рассмотрим, действительно ли 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.

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  $\text{tg}B = 0,813$ , что численно равно скорости системы В в долях от скорости света. Наклон оси  $x'$  такой же, но к оси  $x$ . На всякий случай проверяем наклон мировой линии света - на рисунке он оказывается с достаточной степенью точности, как и положено, равным 45 градусам. Такими же прямыми измерениями на рисунке определяем скорости тахионов, время их прибытия в неподвижную систему и удаленность системы В от А. Далее нам необходимо выбрать какую-либо реперную точку, чтобы наложить на рисунок определенный масштаб времени. Для этого примем, что тахион 1 испущен из А ровно в 120 минут от начала движения. Теперь все числовые значения определены: время в минутах, расстояния в световых минутах (расстояние, пройденное светом за 1 минуту), скорости в долях скорости света. Эти значения и все упомянутые вспомогательные линии наносим на рисунок, подобный рисунку из статьи. Заметим, что второй рисунок в статье Реками в принципе полностью повторяет первый, поскольку на нем есть лишь одно небольшое дополнение: система отсчета  $A_1$  перенесена ниже линии «настоящего» системы В:

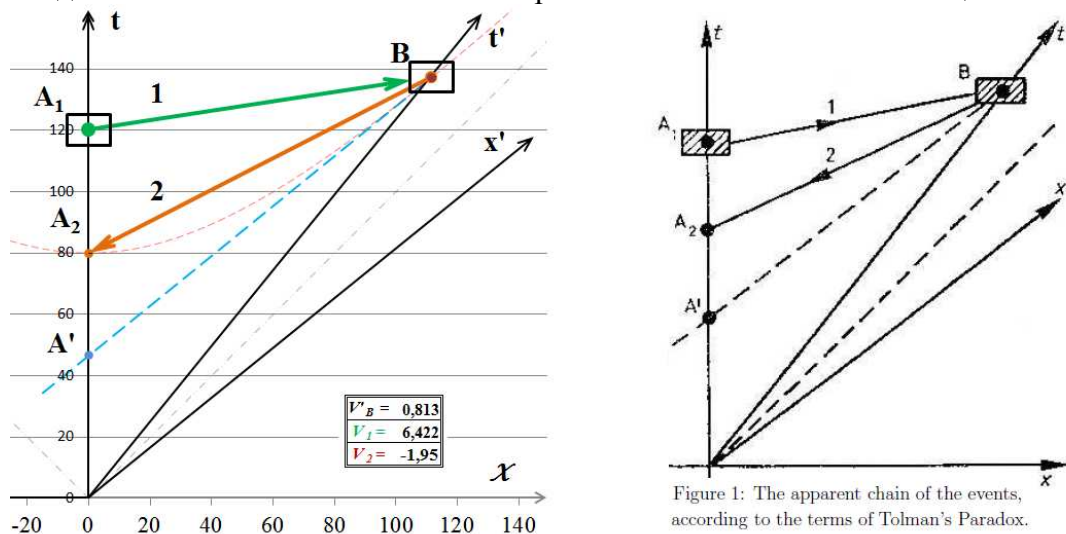


Figure 1: The apparent chain of the events, according to the terms of Tolman's Paradox.

Рис.1 Рисунок из статьи E.Recamì "The Tolman-Regge Antitelephone Paradox: Its Solution by Tachyon Mechanics". Слева - рисунок преобразован в компьютерную модель (динамическую). Наблюдатели А и В рассматривают красное событие А1 как причину события А2. Событие А1 хронологически предшествует событию А2 согласно обоим наблюдателям.

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 я и составил математическую модель, внес её в компьютер и получил затем другие рисунки в данной работе.

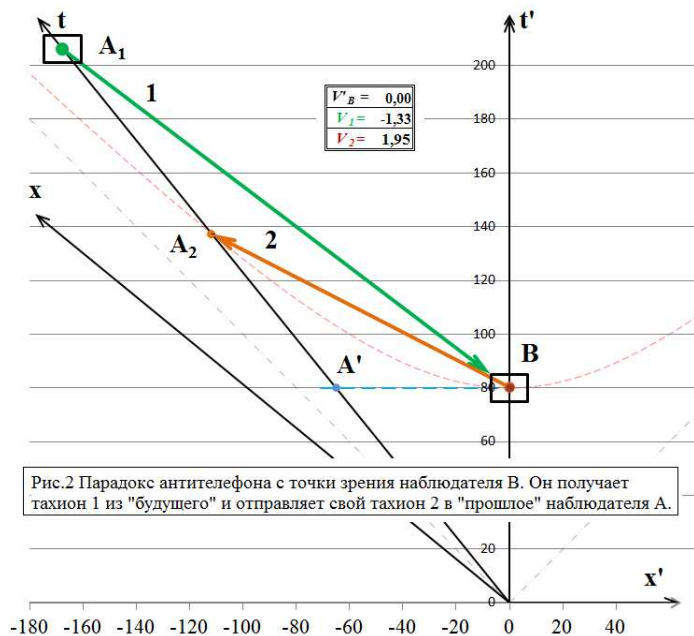
Также для удобства последующих рассуждений я добавил на рисунки вспомогательные линии. В литературе у них нет общепризнанного названия, поэтому я для краткости назову их изохронами. Это вполне допустимое название, смысл этой линии точно отражает такое название. Линия отсекает на всех без исключения мировых линиях ИСО, движущихся из точки 0, отрезки равного времени, прошедшего от начала движения. Понятно, что изохрон на диаграмме Минковского может быть бесчисленное множество - по величине времени, отсекаемого на мировых линиях ИСО. На приведённом рисунке одна изохрона (время 80 минут) означает, что во всех ИСО, мировые линии которых дошли до неё, прошло ровно 80 минут от начала движения. В нашем случае точке пересечения мировой линии системы В и этой изохроны соответствует времени получения тахиона 1 и отправки тахиона 2 по её собственным часам. Но, что примечательно, такому же времени соответствует и время получения тахиона 2 системой А по её внутренним часам. Это означает, что можно найти такую систему отсчета, в которой скорость тахиона 2 будет равна бесконечности, хотя на данной диаграмме она имеет конечное значение. Напомню, что диаграмма построена с учетом пропорций рисунка 1 в статье.

Добавлю, 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 замечаем, что тахионы имеют разную скорость движения, что, вообще-то, настораживает: почему в системе отсчета наблюдателя А отправленный тахион 1 - быстрый (скорость порядка  $6c$ ), а обратный 2 - медленный (скорость порядка  $2c$ )? Кроме того, в 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 вперед 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 антiteleфона** [3].

Как я отметил, и это известно, явление антiteleфона 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 -  $0,813c$ . На диаграмме легко обнаружить, что антiteleфон не возникает, если скорости тахионов 1 и 2 в системе наблюдателя В совпадут. То есть, скорость отправляемого тахиона должна быть равна скорости принимаемого и ответный сигнал придёт к отправителю в тот же момент, что и прямой (совпадут точки  $A_1$  и  $A_2$ ):





Само по себе это условие кажется разумным: почему бы тахиону не иметь одну и ту же скорость? То есть, сверхсветовая скорость тахиона не является определяющим условием возникновения причинных парадоксов. Это условие возникновения эффекта антiteleфона является граничным. Для устранения эффекта антiteleфона достаточно, чтобы в системе покоя В скорость излучаемого из А тахиона была выше скорости ответного тахиона из В. На диаграмме это соответствует менее крутому наклону мировой линии тахиона 1, а точка его излучения  $A_1$  при этом окажется ниже точки  $A_2$ , причём не обязательно ниже линии  $BA'$  - «настоящее» В. Никаких петель времени и причинных парадоксов в этом случае не возникает. Более того, если скорость тахиона 1 окажется выше скорости тахиона 2, то наблюдатель А получит тахион 2 позже отправки своего тахиона 1, спустя какое-то время.

Но нас интересует именно случай возникновения парадокса. Этому условию отвечает отправка ответного более быстрого тахиона 2. В пределе - это бесконечно большая скорость. В этом случае, как видно на диаграмме, точка прибытия ответного тахиона окажется в «прошлом» наблюдателя А, до момента отправки первичного тахиона. То, что такая скорость может быть отражена на диаграмме, я обнаружил, анализируя параметры движения систем. Оказалось, что в симметричной лабораторной системе отсчета скорость обратного тахиона 2 равна бесконечности:

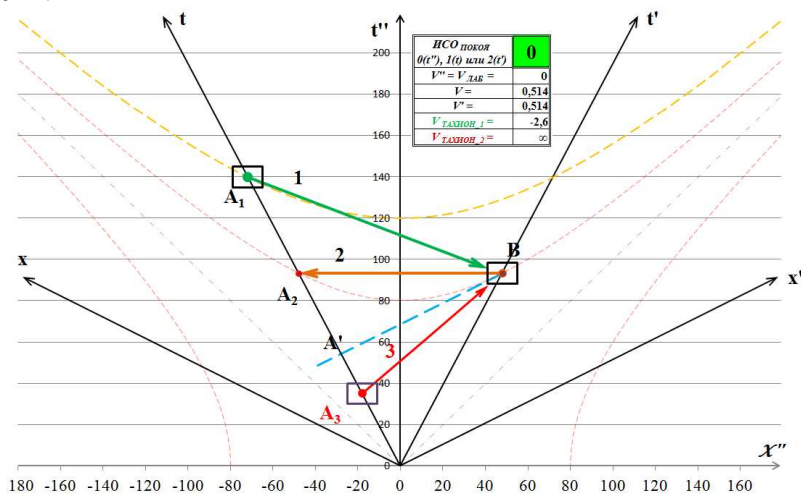


Рис.3 Парадокс антiteleфона с точки зрения лабораторной ИСО. По отношению к ней наблюдатели А и В движутся в противоположных направлениях с одинаковой скоростью.

Симметричная система - это система, по отношению к которой обе системы А и В имеют одинаковую скорость, но противоположные направления, которая всегда находится симметрично по отношению к двум только что рассмотренным ИСО, ровно посередине между ними. Изобразим это на диаграмме Минковского. На ней мировая линия  $t''$  относится к этой

срединной неподвижной ИСО. 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  $\varphi$  к вертикальной оси. Отличие от предыдущей диаграммы состоит в том, что, согласно математике СТО, скорости, особенно релятивистские, складываются по специальной формуле. Это значит, что скорости эти двух ИСО относительно неподвижной не равны половине их скорости относительно друг друга. Эту скорость найдём из условия:

$$0,813c = \frac{u - u}{1 - \frac{u^2}{c^2}} = \frac{2u}{1 - u^2}$$

Здесь мы учли, что скорости  $u$  заданы в долях скорости света, а  $c=1$ . Преобразуем это выражение и получаем квадратное уравнение:

$$u^2 - 2,46u - 1 = 0$$

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  $0,514c$ .

Признаюсь, что в рассматриваемой статье на самом деле скорость тахиона 2 была всё-таки несколько меньше бесконечности. Но для наглядности я немного, совсем незначительно подкорректировал параметры движения систем (изменил время происхождения события  $A_2$ , сместив его назад во времени примерно на 10 минут). В результате этого скорость тахиона по отношению к лабораторной системе отсчета стала бесконечно большой. На 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 антiteleфона Толмена предлагает тахионная механика Реками? В соответствии с принципом реинтерпретации, базовым принципом тахионной механики утверждается, что событие  $A_2$  в системе А проявляется как испускание антитахиона  $2'$ . Вот, в сущности, и всё! Движения в прошлое более нет, у следствия в прошлом (испускание антитахиона) нет причины в будущем (излучение тахиона). Далее идут детали.

В предложенном решении парадокса Реками делает риторическое предположение, что традиционные сторонники парадокса (видимо, те, кто считают, что этим утверждением парадокс не решён) заявят: при таком «решении» продвигаемый тахионной механикой принцип реинтерпретации не действует! Ведь вся работа выполнена в системе А: и отправка тахиона 1 и отправка антитахиона  $2'$  (как подмена получения тахиона в «прошлом»). Но, заявляет Реками, это не так. То, что в  $A_2$  излучается антитахион, не означает, что 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). С полной определенностью в статье утверждается, что «предложенная цепь событий *не* включает в себя поглощение тахионов устройством В (в его системе покоя)»:

«In conclusion, the proposed chain of events does *not* include any tachyon absorption by В (in its rest frame)» [3, с.6].

Таким образом, в приведённом «решении» причинно-следственные связи фактически ликвидированы. Остаётся только удивляться и гадать, как устройство А «догадалось» испустить антитахион  $2'$  именно в точке  $A_2$ , не раньше и не позже. Причинно-следственная

связь между этими двумя частицами - тахионом 1 и антитахионом 2` при таком подходе «не предусмотрена», её нет и быть не может. То же самое относится и к устройству на В. Оно ничего не поглощает, а только излучает: сначала антитахион 1`, затем тахион 2. Принцип реинтерпретации 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 В получит его, этот антитахион, что В по-прежнему считает, что именно он эмитировал тахион 2. Но это чрезмерное и недостаточно обоснованное допущение. В этом случае не возникает не только никакого причинно-следственного парадокса, но даже и обратного движения во времени, поэтому ничто не мешает наблюдателю В получить этот антитахион! Если наблюдатель (устройство) А излучил антитахион, то нет никаких разумных доводов против того, чтобы наблюдатель В этот антитахион получил. Нет таких доводов! Действительно, по условиям задачи и согласно принципу реинтерпретации (рис.1) в точке  $A_2$  событие «получение тахиона 2 от В» может быть реинтерпретировано как событие «отправка из А антитахиона 2`». Какие есть основания для изменения параметров антитахиона: энергии, скорости, направления кроме как на противоположные (симметричные)? Таких оснований быть не может: антитахион 2` имеет точно такую же (противоположную) скорость, точно такую же (противоположную) энергию и точно такое же (противоположное) направление, что и тахион 2. Следовательно, он будет двигаться точно по той же самой траектории и с той же скоростью в сторону В. Следовательно, он обязательно прибудет в ту же самую точку пространства-времени, из которой был испущен тахион 2. Если исключить «аннигиляцию» тахиона с антитахионом, то В обязан зарегистрировать прибывший к нему антитахион. Но о такой регистрации не сказано ни слова. Куда делся антитахион? Исчез? Аннигилировал в тахионом?

[«Возможность компенсирующих аннигиляционных процессов означало бы, что Вселенная должна быть наполнена тахионным излучением. Это - важное, хотя и весьма удивительное, следствие принципа реинтерпретации» \[5, с.136\].](#)

Нет, аннигиляцию мы обязаны исключить: логически мы не можем установить место её осуществления. Рассмотрим это, допустив, что скорость тахиона конечна. Следовательно, местом аннигиляции можно предположить точку между испусканиями тахиона и антитахиона. Но это невозможно, поскольку антитахион не выйдет из своей точки зарождения, пока не прибудет тахион. Значит, точкой аннигиляции должна быть точка зарождения антитахиона. Но это тоже невозможно, поскольку антитахион может быть испущен только после регистрации тахиона. Сначала тахион 2 зарегистрирован (то есть, по сути, «ликвидирован» прибором регистрации) и только затем «излучатель антитахионов» может излучить ответный антитахион. Другими словами, в точке регистрации тахиона не может быть аннигиляции, поскольку по условиям задачи антитахион 2` явно улетел в сторону В.

Таким образом, нет никаких оснований к тому, чтобы антитахион не прибыл в В. А раз он туда прибыл, то В должен был его зарегистрировать. Что на этот счет говорит нам принцип реинтерпретации? Ничего.

Впрочем, в эти мои доводы положено не очень обоснованное предположение, что антитахион *возникает* вследствие прибытия тахиона. Хотя об этом прямо заявляется в статье,



но остаётся и реинтерпретационная возможность, фактически ставшая традицией, трактовать эмиссию антитахиона как спонтанную, случайную, беспричинную. Какие могут быть причинно-следственные связи у беспричинности? Если так, то мы неизбежно приходим к выводу, что специальная относительность основана на принципах беспричинности, поэтому ничего предсказать она не может. Правильнее всё-таки сказать, что беспричинной является не специальная относительность, а тахионная механика Реками и принцип беспричинной реинтерпретации.

## Выводы Реками

В контексте сказанного можно выявить сущность требования «никогда не следует смешивать описания (явления) данные разными наблюдателями» или тех самых граничных (начальных) условий, которые необходимо «задавать с осторожностью». Очевидно, этого требует принцип реинтерпретации для перевода замкнутых цепочек причинно-следственных связей в разряд спонтанных событий. Мы просто закрываем глаза на эти связи, декларативно объявляя их случайными, спонтанными. Вместо одной замкнутой цепи образуются две, которые запрещается рассматривать во взаимосвязи. В этом и состоит главная сущность принципа реинтерпретации и его начальных условий или «не смешанных» описаний.

При таких условиях, предпочтениях принцип реинтерпретации, безусловно, прекрасно выполняет оставшуюся ему долю функций решения причинных парадоксов. В том числе и ситуаций, заведомо не содержащих их. Такая ситуация изображена на рисунке 2 статьи Реками. Правда, непонятна идея, по которой он перешёл к этой ситуации. На этом рисунке изображено всё то же самое, только... наоборот. События  $A_1$  и  $A_2$  автор просто меняет местами. Зачем? В этой ситуации нет парадокса антителефона, решению которого, как видно из названия, и предназначена статья. Вывод для этого рисунка делается соответственно изображенной ситуации. Устройство В, настроенное на излучение тахиона, действительно эмитирует тахион 2 как только оно получит тахион 1. То есть, событие  $A_2$  и на самом деле произойдет после события  $A_1$ . Но почему мировые линии тахионов вдруг поменялись местами? Хотя можно подумать, что и не поменялись даже, а удвоились, поэтому на 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, я присвоил этому добавленному событию номер  $A_3$ .

Повторюсь, автор, конечно, этого не делал и рисунки у него разные. Но в тексте описания упоминаются обе мировые линии, и не видно никаких указаний, что они либо тождественны, либо одна из них ошибочная, и потому удалена. Просто осуществлен переход от мировой линии  $A_1$  на рисунке 1 к мировой линии  $A_1$  на рисунке 2. Поэтому разумнее считать, что автор просто перешёл к другой версии парадокса. Если вторая мировая линия  $A_1$  ( $A_3$ ) - это «полноценная» замена первой линии  $A_1$ , а не совместное их сосуществование, то это означает переход от одной задачи - парадокса антителефона - к другой. Но ведь в этой другой задаче парадокса нет! Выше я уже отметил, 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.3). В момент получения тахиона 1, устройство В имитирует тахион 2, как и положено, также в собственное будущее (правая часть диаграммы на рис.3). 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, два эти 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 я уже отметил это обстоятельство: эти два случая - разные и друг с другом никак не связаны. В первом случае явление антiteleфона и парадокс есть, но его «решение» не состоялось. Во втором начальные условия обмена сигналами исключают возникновение парадокса и решать там нечего. Такое использование принципа реинтерпретации невозможно принять как решение парадокса причинности. Поэтому слабой и необоснованной выглядит «мораль истории»:

«когда предлагается проблема о тахионах, необходимо придерживаться правил тахионной механики...» [3].

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.

### Парадокс дуальности скорости: скорость равна бесконечности или чуть выше световой

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, как я его назвал, изохронный тахион. У такого тахиона начало мировой линии (эмиссия) и её конец (поглощение) находятся на одной изохроне, то есть время излучения и поглощения по собственным часам эмитирующей и поглощающей систем отсчета равны. Кроме того можно найти такую систему отсчета, в которой скорость тахиона максимально близка к скорости света. Наглядно это можно увидеть на следующих последовательных кадрах диаграммы Минковского:

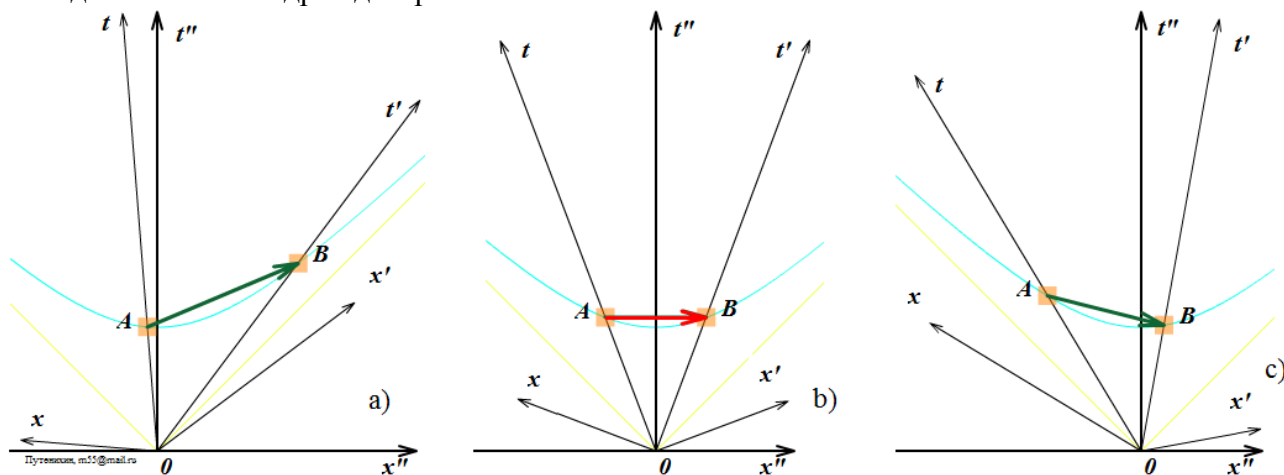


Рис.4 Скорость тахиона с точки зрения различных ИСО

На рисунке представлены точки зрения множества различных систем отсчета в один и тот же момент времени по часам А и В на тахион, которым обмениваются две системы отчета А и В. Показания часов множества систем – наблюдателей незначительно различаются и соответствуют моменту времени, когда тахион пересекает каждую из этих систем. Иначе говоря, каждый кадр а) - с) динамических флэш-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

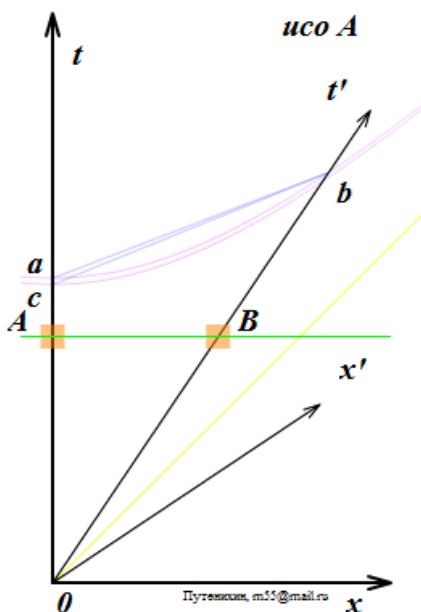
тахион является изохронным. Из всех возможных систем-наблюдателей в системе рис.4b скорость тахиона регистрируется как бесконечно большая, мгновенная.

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) выделено мерцанием мировой линии тахиона.

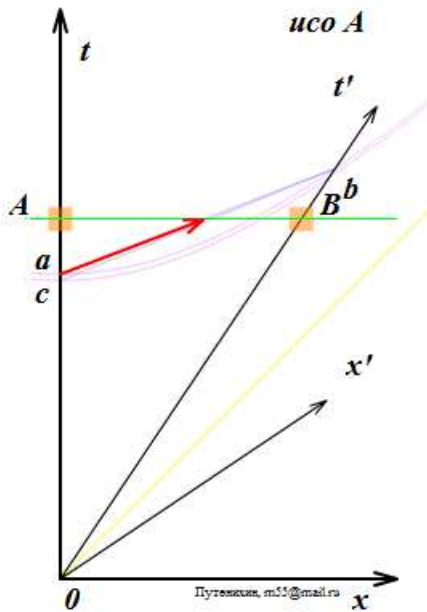
Сразу же видна суть парадокса дуальности скорости. Согласно теории относительности у тахиона помимо прочих наблюдаются две граничные скорости: незначительно превышающая скорость света и бесконечно большая. Однако, это невозможно. Рассмотрим простую ситуацию: системы А и В находятся на большом расстоянии друг от друга, пусть это будет размер Вселенной. Если скорость тахиона равна бесконечности, то, следовательно, системы А и В могут мгновенно обмениваться сигналами: как от А к В, так и от В к А. Скажем, ничто не препятствует провести между ними пятиминутный телефонный разговор. Но с точки зрения любой другой системы-наблюдателя такие переговоры невозможны. Например, наблюдатель в крайнем положении диаграмм будет утверждать, что сигнал от одной системы к другой будет передаваться почти удвоенное время жизни Вселенной, то есть со скоростью, лишь незначительно превышающей скорость света. Возникает вопрос: с точки зрения собственных наблюдателей систем А и В был телефонный разговор или нет? С точки зрения специальной относительности оба взаимоисключающие ответа правильные: разговор был и разговора не было. Действительно, с точки зрения среднего наблюдателя (рис.4b) такой разговор был зафиксирован. А с точки зрения систем, обменивающихся сигналами?

На следующем рисунке показан рассмотренный обмен сверхсветовыми (тахионными) сигналами теперь уже с точки зрения каждой двух из обменивающихся систем отсчета – А (рисунки a-c) и В (рисунки d-f), движущихся с некоторой скоростью. Как показано выше, скорость тахиона для некоторой симметричной системы равна бесконечности и обмен сигналами был мгновенным. На приведенных ниже диаграммах, как видим, эти же тахионы имеют уже конечную скорость, хотя и в несколько раз превышающую скорость света.

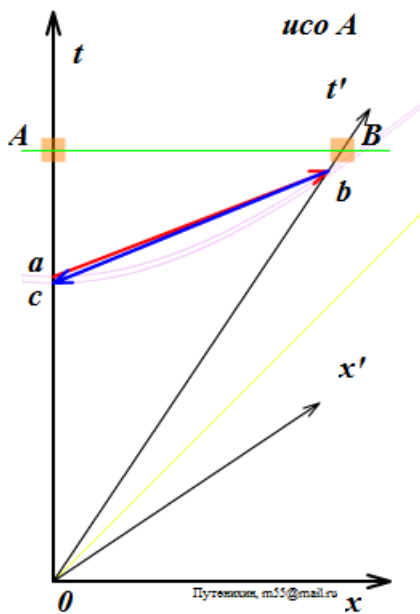
В момент времени  $t_a$  по часам системы покоя А (точка **a** на оси времени  $t$ ) излучается тахион, скорость которого превышает скорость света, но имеет конечное значение. В момент времени  $t_b$  по часам системы покоя В (точка **b** на оси времени  $t'$  этой системы) тахион поглощается и излучается ответный тахион, который поглощается системой А в момент времени  $t_c$  (точка **c** на оси времени  $t$  системы покоя А).



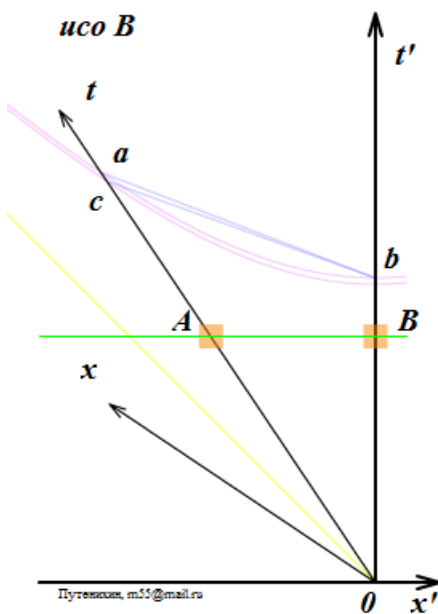
- а) С точки зрения А передача сверхсветового сигнала пока не началась. Желтая линия – мировая линия света. Розовые линии – изохроны точек a и b. Точки a и c условно разнесены, чтобы мировые линии прямого и ответного тахионов – голубые линии – не сливались. Зелёная горизонтальная линия – линия настоящего (времени).



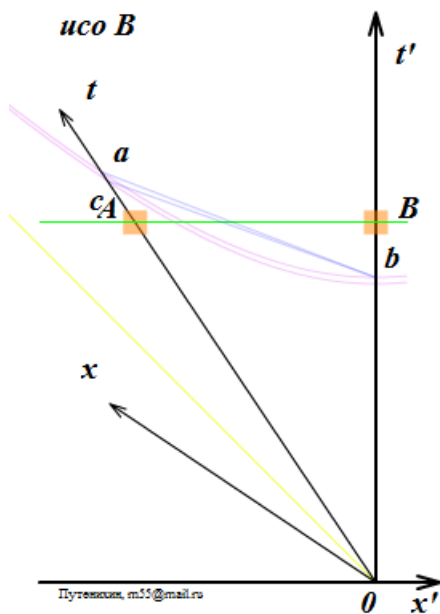
- b) В момент времени  $t_a$  из ИСО А отправлен сверхсветовой сигнал в ИСО В. Красная стрелка показывает текущее положение фронта светового сигнала. Скорость сигнального тахиона, обозначенного красной стрелкой, как видно на рисунке лишь незначительно превышает скорость света (в 2-3 раза).



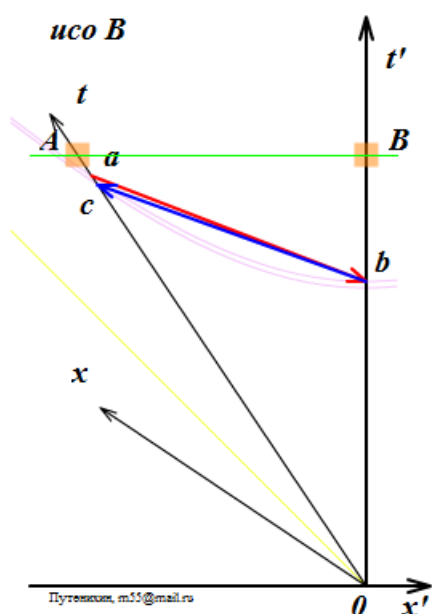
- с) В момент времени  $t_b$  по часам ИСО А сверхсветовой сигнал пришёл в ИСО В, откуда в тот же момент был отправлен ответный сигнал. Поскольку сигнал (тахион) является изохронным, то он должен прибыть в ИСО А в тот же самый момент, как был отправлен прямой сигнал. С точки зрения А тахионы движутся 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.



- d) С точки зрения ИСО В сигнал из А ещё не отправлен и, соответственно, не получен в В.



е) С точки зрения ИСО В сверхсветовой сигнал (тахин) всё ещё не получен, ведь с этой точки зрения время его отправки из А всё ещё не наступило.



ф) Момент отправки сверхсветового сигнала из ИСО А уже наступил с точки зрения ИСО В. Но возникает парадокс: оказывается, этот сигнал уже был получен в «прошлом», причем в ответ на него из ИСО В был также отправлен сверхсветовой сигнал. До момента времени  $t_a$  по часам ИСО А в ИСО В ничего этого не происходило. Но после этого момента в ИСО В «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.5 Обмен сверхсветовыми сигналами с точки зрения системы А и В

Строго говоря, время в точках  $a$  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 левых диаграммах 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 линию 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 будущего». Другими словами, сверхсветовые коммуникации приводят в 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.

На следующих рисунках показана ситуация с многократным обменом сверхсветовыми сигналами:

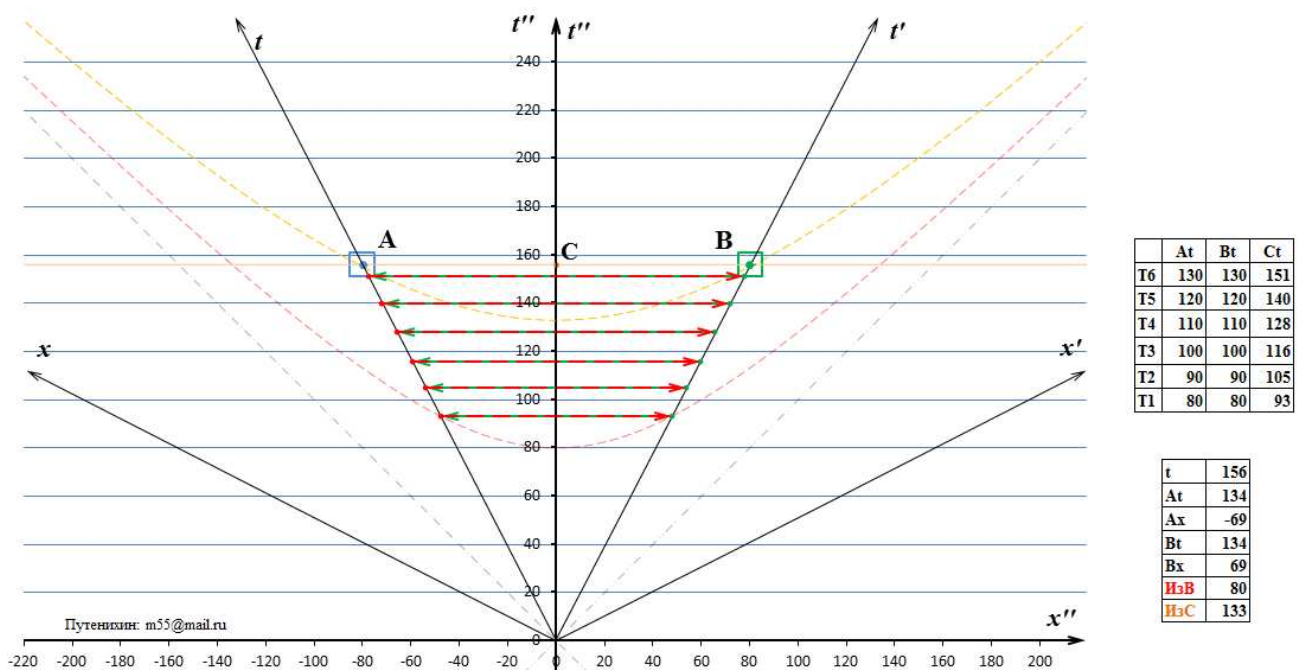


Рис.6 Многократный обмен сверхсветовыми сигналами с точки зрения средней системы

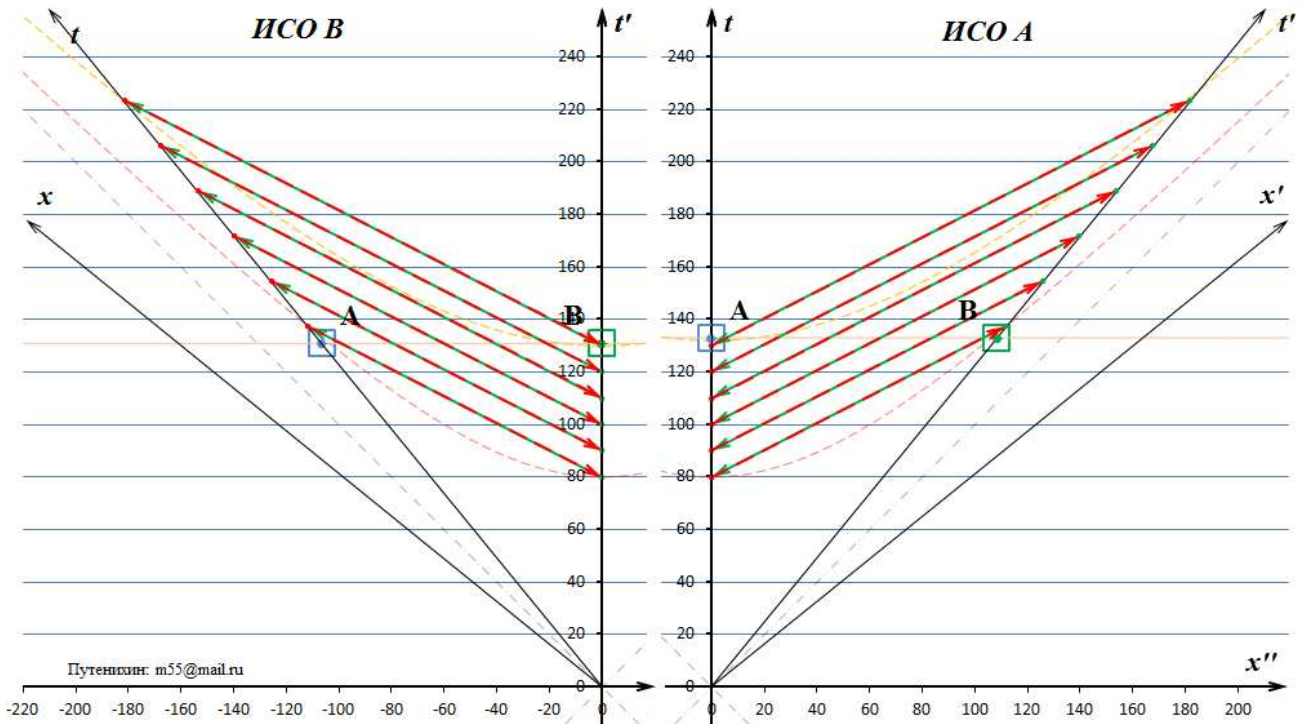


Рис.7 Многократный обмен сверхсветовыми сигналами с точки зрения ИСО А (правая половина рисунка) и с точки зрения ИСО В (левая половина рисунка). С точек зрения каждой из ИСО обмена сигналами не было.

С точки зрения средней системы (условно неподвижной) системы наблюдатели А и В многократно обменялись мгновенными сигналами (рис.б). Напротив, с точки зрения самих этих наблюдателей обмена сигналами не было вообще (рис.7). Действительно, мы видим что с точки зрения каждой из ИСО – А и В – на момент последнего сеанса связи она отправила и получила сигналы, но абонент с её же точки зрения их не получил и своих не отправлял.

### Попытка решения парадокса дуальности и нелокальность

Отметим, что парадокс дуальности, то есть наличия у тахиона одновременно скорости, как близкой к световой, так и бесконечно большой, является неотъемлемым свойством специальной теории относительности так же, как и парадоксы причинности. Поэтому попытаемся 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 анитахиона. Из формулировки принципа сразу становится очевидным, что заменять (реинтерпретировать) поглощение тахиона на излучение анитахиона 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 анитахион – 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 короткоживущей частицей и распадается раньше, чем возникают проблемы причинности, обратного движения во времени и прочие. Другими словами, сверхсветовые частицы живут настолько мало, что не успевают создать проблемы, связанных со сверхсветовой коммуникацией.

Собственно говоря, этот вариант решения следует отнести к будущим решениям, поскольку реально, до 2014 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 информацией 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.

## Заключение

Рассмотренные парадоксы сверхсветовой коммуникации являются *неотъемлемой и неустранимой* особенностью *исключительно* специальной теории относительности, основанной на инварианте скорости света. Инвариант скорости делает автоматически эту скорость предельной, максимально возможной. Любая скорость, превышающая инвариантную, ведёт к парадоксам. Отсюда следует, что любая теория, опирающаяся на такую «расширенную» специальную относительность, тоже 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. В физике Ньютона никаких парадоксов при сверхсветовой передаче информации не возникает.

Итак, вызванный возникновением причинных парадоксов и парадоксов времени, запрет специальной теории относительности на сверхсветовые коммуникации оказывается лишённым оснований. 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? Думаю, 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 уже 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.

## Литература

1. Maccarrone G.D., Recami E., Two-Body Interactions through Tachyon Exchange. \\\iNuovo 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)
2. Recami E., The Tolman «Antitelephone» Paradox: Its Solution by Tachyon Mechanics, [arXiv:hep-th/9508164v1](https://arxiv.org/abs/hep-th/9508164v1), 1995. [решение релятивистского парадокса антiteleфона – движения в прошлое – средствами тахионной механики и принципа реинтерпретации]
3. Recami E., The Tolman-Regge Antitelephone Paradox: Its Solution by Tachyon Mechanics. \\\iElectronic Journal of Theoretical Physics (EJTP) 6, No. 21 (2009) 1–8 [решение релятивистского парадокса антiteleфона – движения в прошлое – средствами тахионной механики и принципа реинтерпретации] URL: <http://dinamico2.unibg.it/recami/erasmo/docs/SomeOld/TolmanAntitelephoneSolution.pdf> (дата обращения 20.08.2014)
4. Tolman R.C., The Theory of the Relativity of Motion, [учебник по специальной теории относительности; сформулирован парадокс, впоследствии названный парадоксом антiteleфона Толмена, 1917 год.] URL: <http://www.gutenberg.org/files/32857/32857-pdf.pdf> (дата обращения 20.08.2014)
5. Барашенков В.С., «Тахионы. Частицы, движущиеся со скоростями больше скорости света», *УФН*, **114** (1) 133 (1974).
6. Биланюк О., Сударшан Е., Частицы за световым барьером (Перевод Урнова А.М.). В книге «Эйнштейновский сборник. 1973», М., Наука, 1974, стр. 112-133.
7. Константинов Ф.В. и др., Диалектический материализм. \\\iВ кн.: Основы марксистской философии. 2-е изд., с. 69-294, М.: Политиздат, 1963, URL : <http://www.ligis.ru/psylib/090417/books/konst01/txt03.htm> (дата обращения 20.08.2014) <http://www.ligis.ru/psylib/090417/books/konst01/index.htm>.
8. Малыкин Г.Б., Савчук В.С., Романец (Щербак) Е.А. «Лев Яковлевич Штрум и гипотеза существования тахионов», *УФН* **182** (11) 1217 (2012)
9. Терлецкий Я. П. Парадоксы теории относительности. — М.: Наука, 1966.
10. Фейнберг Дж., О возможности существования частиц, движущихся быстрее света (Перевод Волкова Е.И.). В книге «Эйнштейновский сборник. 1973», М., Наука, 1974, стр. 134-177.