

Аннотация

Специальная теория относительности несовместима со сверхсветовой передачей информации, с тахионом. Математика специальной теории относительности принципиально непроверяема никакими мысленными экспериментами в границах своей применимости, в рамках своих постулатов.

Тахион – это гипотетическая частица, движущаяся со сверхсветовой скоростью. В нижеследующих выкладках, если это не влияет на выводы, я не буду делать различия между тахионом (tachyon) и любой частицей, движущейся со сверхсветовой скоростью (faster than light), например, сверхсветовой частицей квантино (quantino), упоминавшейся Вейником [4, 6]. Общепринятой скорости движения тахиона нет, в литературе вообще не указывается какая-либо определённая скорость тахиона. 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 тахион впервые описал Зоммерфельд [1], затем теоретически его исследовали многие физики. Сам термин тахион (tachyon) был предложен в 1967 году Фейнбергом [10]. 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».

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 [1].

Полученные выводы, таким образом, относить к тахиону, который, по мнению многих исследователей, не имеет заряда и может иметь любую сверхсветовую (superluminal) 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» [1].

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» [1].

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 [9]. Рассматривается тахион, «наивно уподобленный обычному «шарику», который можно наблюдать визуально в отраженном свете. Поскольку тахион движется быстрее света, он обгоняет отражённый от него свет, поэтому достигает наблюдателя раньше, чем собственное изображение. Лишь после этого наблюдатель увидит свет, отражённый от тахиона, то есть увидит сам тахион. Тахион как бы возникает перед наблюдателем из ничего. При этом наблюдателю будут видны две разлетающиеся в разные стороны частицы – тахионы:

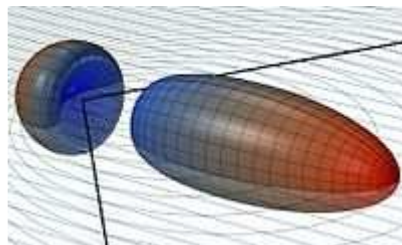


Рис.1 Рисунок из Википедии: таким мог бы видаться наблюдателю тахион

Одна продолжает двигаться в первоначальном направлении, вторая – в том направлении, откуда тахион появился. При этом время на тахионе будет видаться 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:

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

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 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:

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

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:

$$t' = t \sqrt{-\frac{v^2}{c^2}} = it \frac{v}{c} = i4t \quad (3)$$

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

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

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:

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{im\vec{v}}{4} = \frac{\mu\vec{v}}{4} \quad (5)$$

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 характеристики тахиона стали измеримыми, Биланюк предлагает:

«Единственный способ сделать их такими - это вновь постулировать, что их собственные длины, собственные времена жизни - мнимые параметры, подобно собственной массе. И поскольку никакая величина, которая должна описываться мнимым параметром, недоступна измерению, их мнимость не должна служить источником беспокойства» [3].

В этом случае уравнение будет иметь иной, «спокойный» вид:

$$L' = L\sqrt{-\frac{v^2}{c^2}} = iL\frac{v}{c} = i4L = 4l \quad (6)$$

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 [2].

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. Здесь важно отметить, что причинность нарушается при сверхсветовой передаче информации *только* в теории относительности, *только* в СТО при этом возникают эффекты движения в прошлое, изменение направления причинно-связанных событий.

По мнению Мандельштама [5] «...опровергнуть [теорию относительности] можно только в том случае, если в природе найдутся процессы *сигнального характера*, более скорые, чем свет».

Наличие таких сигнальных процессов неизбежно привело бы и к другим противоречиям:

«Если бы сверхсветовые частицы существовали в действительности, их можно было бы естественным образом использовать для синхронизации часов наблюдателей при относительном движении. Такие наблюдатели были бы связаны не лоренц-преобразованиями, а новой группой преобразований, и тогда отпала бы часть аргументов в пользу требования лоренц-инвариантности. Более детальный анализ показывает, что такая точка зрения обманчива» [10].

Это интересное замечание. К нему следует добавить ещё одно интересное высказывание Биланюка, которое он противопоставляет претензиям к лоренц-инвариантности тахиона:

«Следует ожидать, что наши друзья-скептики так легко от нас не отстанут. Они могут указать, что величина $[1 - (v/c)^2]^{1/2}$ встречается не только в выражении для массы, но также и в выражении для длины, интервала времени и т. п. Поскольку все эти величины измеримы, они должны описываться действительными числами» [3].

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 [7]. В этом случае нет и быть не может других скоростей, превышающих эту, инвариантную. Отсюда следует, что признание сверхсветовой скорости тахиона требует, как предположил Фейнберг, замены инварианта скорости света на инвариант скорости тахиона. Хотя он тут же и отвергает такую возможность, но её следует проанализировать более тщательно. Рассмотрим одно из приведённых выше уравнений Лоренца «поэлементно»:

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

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.

Сразу же с далеко идущими последствиями становится видна весьма сомнительная процедура применения этого выражения (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. Из этого сразу же следует вывод об ошибочности мнения Фейнберга: место инварианта – в знаменателе! Если хотя бы 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! Представим себе, например, попутное и встречное движение фотона в тахионной системе отсчета. В этих случаях фотон ведёт себя не менее удивительно, чем тахион. Во-первых, в одном из направлений – попутном, фотон вообще не может двигаться от источника. Во-вторых, в тахионной системе отсчёта фотон может двигаться только во встречном направлении. В-третьих, если же директивно применить к тахионной системе отсчёта инвариантность скорости света, требуя, чтобы внутри неё фотон двигался с неизменной скоростью во всех направлениях, то для любой обычной досветовой ИСО, движущейся мимо, этот фотон будет иметь скорость не меньше скорости тахионной системы отсчета. 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.

Однако, постоянство скорости тахиона отвергается именно его якобы лоренц-инвариантностью, что следует из *релятивистского* уравнения для энергии тахиона. Поскольку, мол, энергия тахиона изменяется, то скорость его не может быть одинаковой для всех ИСО. Но ведь изменчивость энергии тахиона возникает вследствие того, что мы это сами и

постулировали, применив к нему лоренц-инвариантность. Как можно требовать постоянства энергии и инварианта скорости, если тахиону постулятивно «назначены» непостоянная энергия и непостоянная скорость? Если же мы признаемся, что лоренц-инвариантность к тахиону неприменима, то всё неожиданно встаёт на свои разумные места, опровергая доводы Фейнберга:

«Инвариантность скорости света относительно различных наблюдателей связана не только с использованием света для синхронизации часов, но и с тем эмпирическим фактом, что относительно любого наблюдателя скорость света не зависит от его энергии, т. е. скорости источника света. Поскольку для тахионов это условие не может быть выполнено, их скорость будет различной для различных наблюдателей» [10].

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

Казалось бы, в этом случае теория относительности превращается в ошибочную теорию. Но не следует спешить. Теория относительности - это исключительно *математическая* теория. Вследствие этого она принципиально не может быть ошибочной, но *только* в рамках своих математических постулатов. Кроме того, применение её к реальности не имеет *признанно подтверждённых* отклонений. Поэтому все попытки противников релятивизма опровергнуть его мысленными (читай: математическими) экспериментам обречены на провал [8]. Только реальный физический эксперимент может показать, насколько полно математика специальной теории относительности относится к реальному физическому миру.

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 [6].

Литература

1. Sommerfeld A. «Simplified deduction of the field and the forces of an electron, moving in a given way» *Proc. Amsterdam Acad.* **7** 346 (1904)
2. Барбашов Б.М., Нестеренко В.В. «Суперструны - новый подход к единой теории фундаментальных взаимодействий», *УФН* **150** (4) 489 (1986)
3. Биланюк О., Сударшан Е., Частицы за световым барьером (Перевод Урнова А.М.). В книге «Эйнштейновский сборник. 1973», М., Наука, 1974, стр. 112-133.
4. Вейник А.И., «Теория движения», Мн.: «Наука и техника», 1969. 448 с., URL: <http://www.veinik.ru/veinik/articles/9a/269/attach.zip> (дата обращения 16.02.2013)
5. Малькин Г.Б., Савчук В.С., Романец (Щербак) Е.А. «Лев Яковлевич Штрум и гипотеза существования тахионов», *УФН* **182** (11) 1217 (2012)
6. Путенихин П.В., Быстрее света - квантино, 2012, URL: <http://econf.rae.ru/article/6630> (дата обращения 16.02.2013) http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/light.shtml (дата обращения 16.02.2013)
7. Путенихин П.В., Причина СТО - инвариантность скорости света, 2011, URL: <http://econf.rae.ru/article/6379> (дата обращения 16.02.2013) http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/prichina.shtml (дата обращения 16.02.2013)
8. Путенихин П.В., Три ошибки анти-СТО, 2011, <http://econf.rae.ru/article/6342> (дата обращения 16.02.2013) http://samlib.ru/p/putenihin_p_w/antisto.shtml (дата обращения 16.02.2013)

9. Тахион, Википедия, URL:
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Тахион> (дата обращения 14.02.2013)
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.
11. Путенихин П.В., Тахион и теория относительности, 2013, URL:
http://samlib.ru/editors/p/putenihin_p_w/tachyon.shtml (дата обращения 16.02.2013)

04.01 – 14.02.2013