the general science journal

Специальная теория относительности и уравнения Максвелла

В.В.Кужелев, инженер, г.Ижевск,
427000sad62@gmail.com

Аннотация. Установлено, что в основе преобразований Лоренца лежит общее преобразование Галилея, применённое к трём системам отсчёта, две из которых двигаются относительно третьей с разными скоростями. Данное обстоятельство является причиной инвариантности классических уравнений Максвелла по отношению к преобразованиям Лоренца. Показано, что преобразования Лоренца не запрещают движение со сверхсветовыми скоростями. Показано, что следствия специальной теории относительности (СТО) о замедлении времени и сокращения длины отрезков являются ошибочной интерпретацией Эйнштейном физического смысла преобразований Лоренца. Установлено, что преобразования Лоренца не являются теоретической основой СТО.

Ключевые слова. Инвариантность, уравнения Максвелла, преобразование Лоренца, преобразование Галилея, специальная теория относительности.

The special theory of relativity and Maxwell's equations

V.Kuzhelev, engineer, Izhevsk, Russia
427000sad62@gmail.com

Annotation. It is established that the Lorentz transformations are based on the general Galilean transformation applied to three frames of reference, two of which move relative to the third with different velocities. This circumstance is the reason for the invariance of the classical Maxwell equations with respect to the Lorentz transformations. It is shown that the Lorentz transformations Lorentz transformations do not forbid the motion with superluminal velocities. It is shown that consequences of the special theory of relativity (STR) about slowing down of time and reduction of length of segments are erroneous interpretation by Einstein of a physical sense of Lorentz transformations. It is established that the Lorentz transformations are not the theoretical basis of STR.

Keywords. Invariance, Maxwell's equations, Lorentz transformation, Galileo transformation, special relativity.

Критика специальной теории относительности (СТО) в основном делает упор на то, что данная теория лишена какого-либо здравого смысла, поскольку построена на нечётком понятийном аппарате, суждения противоречивы и нелогичны. Закономерным результатом такой теории являются взаимоисключающие выводы, названные парадоксами.

Безусловно, учёные-релятивисты знают об этом, однако критику не воспринимают, поскольку их убеждённость в непогрешимости СТО опирается, в частности, на такой факт: уравнения Максвелла инвариантны относительно преобразований Лоренца.

Между тем, и этот аргумент релятивистов является несостоятельным.

Напомним, электродинамические явления Дж.Максвелл описал через дифференциальные уравнения в полных производных [1, с.214-215, 421-422], которые изначально инвариантны по отношению к преобразованиям Галилея (1):

$$x' = x - vt \qquad x = x' + vt' \qquad t' = t \tag{1}$$

(В целях упрощения записи здесь и далее параметры координат по осям Y и Z опускаем.)

Это означает, что при переходе из одной системы отсчета в другую уравнения Максвелла остаются неизменными. В последующем (~1884г.) О.Хевисайд и Г.Герц уравнения Максвелла (а всего их было 20) значительно упростили и свели к четырем записям в векторной форме. Однако в таком виде (в частных производных) уравнения стали неинвариантны к преобразованиям Галилея.

Возникшая проблема была разрешена лишь в начале XX века. Ирландский учёный Д.Лармор (1900г.) и Х.Лоренц (1904г.) нашли такие уравнения (2), названые впоследствии преобразованиями Лоренца, относительно которых видоизменённые уравнения Максвелла становились инвариантными.

$$\begin{aligned} x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad & x &= \frac{x' + vt'}{\sqrt{1-\beta^2}} \\ t' &= \frac{t - \beta\frac{x}{c}}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad & t &= \frac{t' + \beta\frac{x'}{c}}{\sqrt{1-\beta^2}} \end{aligned} \tag{2}$$

где: $\beta = v/c$

v – относительная скорость исследуемых ИСО (K) и (K')

c – скорость света.

Как видим, до выхода первой статьи Эйнштейна [2] оставалось ещё пять лет (1905г.) И вполне понятно, что к разрешению вопроса об инвариантности уравнений Максвелла к преобразованиям Лоренца (2) СТО никакого отношения не имеет.

Вторым аргументом является то, что СТО, как это не удивительно, и к преобразованиям Лоренца также никакого отношения не имеет, и поэтому объяснение электромагнитных явлений с позиции релятивистской теории ведёт к ложному пониманию физических законов природы. Так, до сих пор считается, что в основе СТО лежат преобразования Лоренца, которые Эйнштейн якобы вывел, опираясь на свои постулаты. Это заблуждение связано с тем, что ни Лармор, ни Лоренц, ни Пуанкаре не оставили нам своих записей о том, каким способом были получены эти преобразования.

Между тем, попытка Эйнштейна самостоятельно вывести преобразования Лоренца из законов классической механики закончилась полным провалом. И тогда Эйнштейн свой полученный результат немного подправил – в выражение $(1/(1-\beta^2)$ он просто пририсовал радикал ($1/\sqrt{1-\beta^2}$), чтобы было «как у Лоренца» [2, с.6-9].

О столь неблаговидном поступке Эйнштейна релятивисты предпочитают не вспоминать. И тем не менее, постулаты и следствия СТО о замедлении времени и сокращении отрезков стали жить самостоятельной жизнью.

Что же касается теоретической части СТО, то вместо полноценного вывода преобразований Лоренца релятивисты стали определять коэффициенты (γ), (g), (n) и (P) из заранее заданного типа уравнений:

$$x' = \gamma\,(x - vt) \qquad y' = Py\,,\ z' = Pz \qquad t' = g\,(t - n\,x)$$

Неудивительно, что в любом варианте такого псевдодоказательства, к примеру, с использованием уравнений поверхности сферы [3, с. 213] или с применением гиперболических функций [4, с. 25] физический смысл этих преобразований остаётся абсолютно неясным. Такое положение дел с таким «доказательством» учёных-релятивистов вполне устраивает – они этого не скрывают и говорят прямо, что из преобразования Лоренца преобразование Галилея получить можно (принцип соответствия), а вот наоборот – из уравнений Галилея получить уравнения Лоренца – нельзя.

Конечно, такое мнение является ошибочным. Так, в первом случае принято считать, что при относительной скорости ИСО (K) и (K') значительно меньшей скорости света ($v << c$) выражение $\sqrt{1- v^2/c^2}$ принимает значение равное единице ($\simeq 1$) и тогда уравнения (2) переходит в форму (1). Однако сколько бы малым ни было выражение ($v/c \to 0$), его всегда может компенсировать значение координаты ($x \to \infty$), и тогда, к примеру, уравнение для прямого преобразования (2) примет следующий вид:

$$x' = x - vt \qquad t' = t - vx/c^2$$

Понятно, что при этих условиях ($v \to 0$ и $x \to \infty$) неравенство ($t' \neq t$) будет сохраняться всегда, и поэтому принцип соответствия в СТО является несостоятельным.

Что касается второго случая, то он опровергается новыми исследованиями, в результате которых были получены общие преобразования Лоренца из общих преобразований Галилея по законам классической механики.

В основе нового найденного вывода лежат два положения.

Первое. Дифференциальные уравнения Максвелла в полных производных описывают силовые характеристики той среды, в которой и проявляются все электромагнитные явления. Наличие среды или, другими словами, эфира и определяет инвариантность уравнений Максвелла относительно преобразований Галилея.

При описании тех же электромагнитных явлений в частных производных среда (эфир) в вычислениях исчезает, и поэтому с заменой переменных при переходе в другую систему отсчёта появляются дополнительное члены, учитывающие скорость перемещения этой ИСО. В этом случае классические уравнения Максвелла становятся инвариантными уже относительно преобразований Лоренца [5, с. 33-37, 82-85].

Понятно, что с описанием физического явления другим способом само явление исчезнуть не может. И если среду (эфир) убрали из вычислений, то это совершенно не значит, что среда как материальная сущность перестала существовать.

Следовательно, причина возникновения неинвариантности (в отношении Галилеевских преобразований) в уравнениях Лоренца устранена, а это означает, что в преобразовании Лоренца должен «присутствовать» эфир.

Поэтому, чтобы понять физический смысл уравнений Лоренца, в математическую модель преобразований была введена третья привилегированная система отсчёта (K_0), относительно которой и перемещались с разными скоростями другие исследуемые ИСО (K) и (K').

Второе. Любые события, произошедшие одновременно, вне зависимости от их восприятия наблюдателями, всегда будут оставаться одновременными. То же самое относится и к неодновременным событиям – они ни при каких обстоятельствах не станут одновременными.

Суждение об одновременности зависит от скорости и направления перемещения наблюдателей относительно точек этих событий, а также от расстояний до этих точек, поскольку передача информации происходит с конечной скоростью. А т.к. наблюдатели, как правило, находятся на удалении от мест событий, то возникает только один вопрос – о правильном соотнесении своего текущего времени со временем события.

Как известно, в модели преобразования асимметрия движения светового луча ($\Delta t'_A$) при его движении «туда-обратно» в движущейся системе (K') относительно неподвижной (K), как явление, существует объективно и определяется следующим образом:

$$\Delta t'_A = t' - t , \qquad \text{то при: } t' = t/(1 - \beta^2) \quad \rightarrow \quad \Delta t'_A = \beta^2 t'$$

Данная асимметрия в преобразовании Лоренца компенсируется двумя способами:

– путём начального смещения начала координат систем (K) и (K') ($\Delta x'$, $-\Delta x$), в этом случае преобразование Галилея в общем виде будет выглядеть так:

$$x' = x - vt + \Delta x' \qquad x = x' + vt' - \Delta x \qquad t = t' \tag{3}$$

– и за счёт смещения шкалы времени ($\Delta t'_S$, $-\Delta t_S$).

С подробным выводом общих уравнений преобразований Лоренца из преобразований Галилея (3) можно ознакомиться здесь [6] либо здесь: [7]. Мы же остановимся лишь на результатах исследований, главным из которых является установленное правило, названное как «Правило одновременности»:

Для двух систем отсчёта, двигающихся с разной скоростью относительно третьей, преобразование координат выполняется всегда, если критерии одновременности для прямого и обратного преобразований подчиняются требованию:

$$k_S * k'_S = 1 - \beta^2 \tag{4}$$

Тогда преобразование Лоренца (или преобразование по методу Лоренца) для трёх инерциальных систем отсчёта в общем виде будет иметь следующую запись:

$$x' = \frac{x - vt}{k_S} \qquad x = \frac{x' + vt'}{k'_S}$$
$$t' = \frac{t - \beta\frac{x}{V}}{k_S} \qquad t = \frac{t' + \beta\frac{x'}{V}}{k'_S} \tag{5}$$

где: $k_S * k'_S = 1 - \beta^2$

$\beta = v/V$

k_S – коэф. одновременности в прямом преобразовании, определяемый как $k_S = x/x'$, где параметры (x) и (x') известны изначально, либо вместо координаты (x') произвольно задаётся коэф. (k_S);

k'_S – коэф. одновременности в обратном преобразовании;

V – скорость движения системы (K) относительно неподвижной (K_0). Для частного случая применительно к световой волне ($V = c$);

v – скорость движения ИСО(K') относительно ИСО (K).

Как видим, при одних и тех же заданных параметрах кинематики (x, v, V) Правило одновременности (4, 5) допускает многообразие записей уравнений за счёт всевозможного комбинирования параметрами коэффициентов (k_S) и (k'_S).

К примеру, при ($k_S = k'_S$) и ($V = c$) общее уравнение (5) принимает вид классического преобразования Лоренца (2).

При движении системы (K') с превышением скорости света ($v > c$) коэф. (k_S) и (k'_S) всегда будут иметь значения разные по знаку, и поэтому их равенство исключено, хотя их значения могут быть равны по модулю ($k_S = |-k'_S|$), или ($|-k_S| = k'_S$). Отличие коэф. (k_S) и (k'_S) по знаку означает, что ИСО(K') будет догонять фронт световой волны.

Таким образом, из Правила одновременности следует, что общие преобразования Лоренца (4, 5) выполняются при любых скоростях, включая условие ($v > V$). Для частного же случая это означает, что преобразования Лоренца не накладывают запрета на движение объектов со сверхсветовыми скоростями ($v \geq c$).

Следует добавить, что общие преобразования Лоренца не выполняются при отсутствии относительного движения хотя бы в одной из пар ИСО:

$$K - K'\ (v = 0), \qquad K_0 - K'\ (V = v); \qquad K_0 - K\ (V = 0).$$

В этом случае какие-либо две ИСО становятся единой системой, и поэтому в преобразовании вместо трёх ИСО по факту участвуют только две. И тогда координаты события при переходе из объединённой, к примеру, ИСО(K+K_0) к ИСО(K') определяются с помощью преобразований Галилея.

$$x' = x - Vt \qquad x = x' + Vt' \qquad t' = t$$

Запрета на такую запись нет, даже применительно к свету, когда ($V = c$).

В качестве подтверждения того факта, что преобразование Лоренца является преобразованием Галилея, применённое к трём ИСО, рассмотрим следующий пример.

Согласно Правила одновременности придадим коэффициентам (k_S) и (k'_S) значения, которые определяют время движения луча света в ИСО(K') через относительную скорость: ($k_S = 1 - \beta$) и ($k'_S = 1 + \beta$). Таким приёмом из уравнений (5) исключаются параметры асимметрии ($\Delta t'_A$, $-\Delta t$), и тогда, делая обратные преобразования: ($x/V = t$) и ($x'/V = t'$), общие уравнения Лоренца (5) принимают классический вид Галилеевских преобразований (1).

Общие преобразования (5) также указывают на ошибочность второго постулата СТО о равенстве скорости света во всех системах отсчёта.

Рассмотрим пример, когда асимметрия движения светового луча ($\Delta t'_A$) компенсируется только в уравнении прямого преобразования, т.е. когда ($k'_S = 1$). В этом случае начальное смещение систем (K) и (K') будет определяться как ($\Delta x' = x' \cdot v^2/c^2$). И тогда время движения света (t') в подвижной ИСО(K') можно рассчитать либо через относительную скорость света ($c \pm v$), либо через абсолютную (c) – результат будет одним и тем же:

– в системе (K): $t' = x/(c^2 - v^2) \quad \rightarrow \qquad t' = t/(1 - \beta^2)$

– в системе (K_0): $t' = (x + \Delta x')/c \quad \rightarrow \quad t' = t + t'\,v^2/c^2 \quad \rightarrow \quad t' = t/(1 - \beta^2)$

Таким образом, смещение начала координат позволяет параметры в ИСО(K'), определяемые через относительную скорость ($c \pm v$) в системе (K), пересчитывать через абсолютную скорость (c) в системе (K_0). Как видим, преобразование Лоренца не наделяет свет какими-либо исключительными кинематическими свойствами, и поэтому второй постулат СТО является всего лишь математическим приёмом и физическим законом не может быть в принципе.

Что касается следствий СТО о замедлении времени и сокращении длины отрезка, то методика такого доказательства содержит гносеологическую ошибку – это когда исследованию подвергаются не координаты (x', x) и время этих событий (t', t), а пройденные светом расстояния ($\Delta x'$, Δx) за некоторые промежутки времени ($\Delta t'$, Δt), и только затем результаты этих сравнений переносятся на абстрактные (конвенциональные) меры длительности (сек.) и протяжённости (метр) [4, с. 27]. Другими словами, в процессе доказательства используется формула из одной области, исследуется в другой, а результат переносится в третью. Понятно, что такая методология, к тому же построенная на одном уравнении, «вырванном» из системы уравнений (2), является несостоятельной. И тем не менее, даже такая ущербная методика опровергает следствия СТО.

Так, в СТО «замедление» времени выводится из уравнения для прямого преобразования (2):

$$\Delta t' = \Delta t/\sqrt{1-\beta^2}$$

Эта же формула из общего преобразования (5) будет иметь следующую запись:

$$\Delta t' = \Delta t/k_S$$

А т.к. коэфф. (k_S) в зависимости от начального смещения систем отсчёта ($\Delta x'$) может принимать значение ($- \infty < k_S < \infty$), то, следуя парадигме СТО, «замедление» времени ($\Delta t'/\Delta t$) будет варьировать в диапазоне от (-) ∞ до + ∞ при постоянном значении коэф. (β). Из этого следует, что разное время (t', t) обусловлено только прохождением светом разных расстояний (x', x) и ни о каком замедлении времени речи быть не может.

Та же ситуация и с выводом сокращения длины отрезка, где вопреки логике формула выводится уже из уравнения для обратного преобразования (2):

$$\Delta x' = \Delta x\sqrt{1-\beta^2}$$

Здесь наблюдается та же ошибка, когда идёт подмена одних параметров (координаты) на другие (длина отрезка), без учёта первоначального смещения систем отсчёта (K') и (K). Этот спекулятивный приём хорошо виден на примере, когда асимметрия движения светового луча ($\Delta t'_A$) компенсируется только в уравнении для обратного преобразования (5), т.е. когда ($k_S = 1$).

Если в начальный момент ($t = 0$) отрезок длиной (L) расположить в ИСО(K), то его координата будет равна (x_1). Тогда длина того же отрезка в ИСО(K') будет определена как ($L = x'_1 - \Delta x'$). Если же отрезок (L) поместить в ИСО(K'), то его координата будет равна (x'_2) и длина его в системе (K) будет определяться как ($L = x_2 + \Delta x'$).

Между тем, исходя из преобразований (5), длина отрезка в подвижной ИСО(K') должна меняться от (-) ∞ до + ∞ при постоянном значении коэф. (β) по причине того, что коэф. (k'_S) может принимать любые значения, что прямо противоречит следствию СТО [4, с. 27]. Поэтому, когда в СТО соотношение (x_1/x'_1) или (x'_2/x_2) выдаётся как доказательство сокращения длины, то это, безусловно, является ошибкой.

Таким образом, игнорирование Эйнштейном начального смещения систем отсчёта ($\Delta x'$) привело к утопии об изменении мер длительности и размерности.

Ещё одним свойством общих преобразований Лоренца (5) является то, что эти преобразования применимы и для неинерциальных систем отсчёта (НСО), исходя из следующего принципа: независимо от взаимного расположения нескольких систем отсчёта в любой момент времени любую заданную точку (событие) в пространстве можно обозначить соответствующими координатами в каждой из этих систем.

Это означает, что относительные скорости между системами K и K' (v), либо системами K' и K_0 (V), либо одновременно могут изменяться по произвольному закону. К примеру, скорости могут изменяться по гармоническому закону:

$$v_x = v\sin(\omega_1 t) \qquad V_x = V\cos(\omega_2 t)$$

В этом случае для НСО(K) и НСО(K') уравнения преобразований координат будут иметь следующую запись:

$$x' = \frac{x - vt\sin(\omega_1 t)}{k_S} \qquad x = \frac{x' + vt'\sin(\omega_1 t)}{k'_S}$$

$$t' = \frac{t - \dfrac{vx\sin(\omega_1 t)}{V^2\cos^2(\omega_2 t)}}{k_S} \qquad t = \frac{t' + \dfrac{vx'\sin(\omega_1 t)}{V^2\cos^2(\omega_2 t)}}{k'_S}$$

где: $$k_S * k'_S = 1 - \frac{v^2\sin^2(\omega_1 t)}{V^2\cos^2(\omega_2 t)}$$

Таким образом, общие уравнения преобразований Лоренца (5) обладают следующими свойствами:

– преобразования Лоренца – это есть общие преобразования Галилея применительно к трём системам отсчёта, две из которых двигаются относительно третьей с разными скоростями;

– в основе общих преобразований Лоренца лежит Правило одновременности (4), определяющее условия преобразований за счёт введения поправок, компенсирующих асимметрию движения света в исследуемых системах отсчёта относительно привилегированной;

– общие преобразования Лоренца применимы как для инерциальных систем отсчёта, так и для неинерциальных вне зависимости от скорости, вида и направления их взаимного движения;

– в уравнениях преобразований Лоренца меры длительности (сек.) и протяженности (метр) остаются постоянными во всех системах отсчёта;

– преобразования Лоренца не накладывают запрет на движение какого-либо объекта со сверхсветовой скоростью, как и не запрещают движение света в вакууме с переменной скоростью;

– преобразования Лоренца не опровергают относительность скорости света и не наделяют световую волну, как кинематический объект, какими-либо особыми свойствами, поскольку в преобразовании переход от относительной скорости к абсолютной – это есть математический приём, при помощи которого осуществляется перенос расчётов из одной системы в другую.

Выводы

Обнаруженные новые свойства общих преобразований Лоренца прямо указывают на то, что данные преобразования никакого отношения к СТО не имеют, и поэтому преобразования Лоренца теоретической основой СТО не могут быть в принципе. Из этого следует, что тезис учёных-релятивистов об инвариантности уравнений Максвелла по отношению к преобразованиям Лоренца, как доказательство надёжности и достоверности специальной теории относительности, является несостоятельным.

Литература

1. Максвелл Дж. ТРАКТАТ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И МАГНЕТИЗМЕ. В 2-х т. Т.2. М.: Наука, 1989. - 440с.

2. Эйнштейн А. К ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ ДВИЖУЩИХСЯ ТЕЛ. Сборник «Собрание научных трудов» под ред. И.Е.Тамма М.; Наука, 1966.

3. Левич В.Г. КУРС ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ. Т.1. 2-е изд. М.; НАУКА, 1969. - 912с.

4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т.2. - 8-е изд. М.; ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 536с.

5. Бычков В.Л., Зайцев Ф. С. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ГРАВИТАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ ПО МЕТОДОЛОГИИ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ: 2-е изд., М.; МАКС Пресс, 2019. – 640с.

6. Kuzhelev V. COORDINATES TRANSFORMATIONS USING THE LORENTZ METHOD, *SCIREA Journal of Physics*. Volume 9, Issue 5, October 2024, PP. 181-201. 10.54647/physics140636

7. Кужелев В.В. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КООРДИНАТ ПО МЕТОДУ ЛОРЕНЦА. https://zenodo.org/records/14003018