УДК 530.1

К ВОПРОСУ О ФИЗИЧЕСКОМ СМЫСЛЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЛОРЕНЦА

Червенчук Владимир Дмитриевич
канд. тех. наук
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, Омск

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Раскрывается противоречивость преобразований Лоренца, их несоответствие лоренцеву (фиджеральдову) сокращению. Подвергается сомнению пригодность пространства Минковского для геометрической интерпретации физической картины мира.

Ключевые слова: преобразования Лоренца; релятивистский эффект; искажение изображений движущихся объектов; пространство Минковского.

TO THE QUESTION OF PHYSICAL SENSE OF LORENTZ TRANSFORMATIONS

Chervenchuk Vladimir Dmitrievich
candidate of technical sciences
Siberian state automobile and road academy, Omsk

Abstract. Contradictions in the Lorentz transformations, Lorentz contraction formula does not appear from the Lorentz transformations. The suitability of the Minkowski space for geometric interpretation of the physical picture of the world is questioned.

Key words: Lorentz transformations; relativistic effect; distortion of images of moving objects; Minkowski's space.

Рассмотрим преобразования Лоренца, без которых не обходится, начиная с середины прошлого века, ни один учебник физики за исключением, быть может, мало кому известного учебного пособия по физике [1]. Вот эти преобразования:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1-(v/c)^2}}, \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1-(v/c)^2}},$$

$$t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1-(v/c)^2}}, \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-(v/c)^2}},$$

где (x,t) – неподвижная система координат, в которой наблюдается движение материальной точки, движущейся со скоростью v вдоль оси Ox; (x',t') – подвижная система координат, связанная с движущейся материальной точкой; $c = 299\,792\,458\frac{м}{с}$ – скорость света в вакууме.

Для моментов времени $t \neq 0$ и $t' \neq 0$ вычислим из этих уравнений отношения $s = \frac{x}{t}$ и $s' = \frac{x'}{t'}$. Получим

$$s = \frac{x}{t} = \frac{x' + vt'}{t' + \frac{v}{c^2}x'} = \frac{s' + v}{1 + \frac{v}{c^2}s'} \text{ и } s' = \frac{x'}{t'} = \frac{x - vt}{t - \frac{v}{c^2}x} = \frac{s - v}{1 - \frac{v}{c^2}s}.$$

Данные равенства обращаются в тождества при $s = s' = c$, т.е. при условиях

$$\frac{x}{t} = c \text{ и } \frac{x'}{t'} = c. \tag{1}$$

Это условие того, что пространственная координата x (x') совпадает с временной осью t (t') во всех инерциальных системах. На этой пространственно-временной оси такого линейного (одномерного) пространства можно отложить и координату, и время при соответствующем масштабировании данной оси. И совершенно непонятно – как в таком линейном пространстве-времени вообще можно описать какое-либо движение? С точки зрения физических представлений условия (1) это полный абсурд.

Используя этот абсурд, Эйнштейн решает задачу, обратную рассмотренной – выводит преобразования Лоренца в статье [2] за 1907 год (есть мнение, что этот вывод принадлежит его первой супруге – Милеве Марич, но уйдём от подобных обсуждений, а обратимся к самому выводу).

В связи со вторым постулатом Эйнштейна [3] преобразования Галилея

$$x = x' + vt', \quad x' = x - vt, \quad t' = t$$

нуждаются в ведении поправки α:

$$x = (x' + vt')\alpha, \quad x' = (x - vt)\alpha. \tag{2}$$

Перемножим последние два равенства и полученный результат поделим на величину $t't$. Получим

$$\frac{x'x}{t't} = \alpha^2 \frac{(x' + vt')(x - vt)}{t't} = \alpha^2\left(\frac{x'}{t'} + v\right)\cdot\left(\frac{x}{t} - v\right). \tag{3}$$

Если воспользоваться условиями (1), что и было сделано в рассматриваемом выводе, из (3) можно получить

$$c^2 = \alpha^2 (c + v)\cdot(c - v) = \alpha^2 (c^2 - v^2).$$

Из последнего равенства поправка $\alpha = \dfrac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$. Тогда из (2) следуют преобразования Лоренца

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1-(v/c)^2}}, \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1-(v/c)^2}}. \tag{4}$$

Из равенства (2) получим

$$vt' = \frac{x}{\alpha} - x' = \frac{x}{\alpha} - (x - vt)\alpha = \alpha\left(\frac{x}{\alpha^2} - x + vt\right) =$$

$$= \alpha\left(x(1-\frac{v^2}{c^2}-1)+vt \right) = \alpha\left(-\frac{xv^2}{c^2}+vt \right) = \alpha \cdot v\left(-\frac{xv}{c^2}+t \right),$$ т.е.

$$t' = \frac{t-\frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-(v/c)^2}}. \tag{4а}$$

Аналогично находится обратное преобразование

$$t = \frac{t'+\frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1-(v/c)^2}}. \tag{4б}$$

Другой способ. Поскольку $x = ct$ и $x' = ct'$ из первого уравнения системы уравнений (2) имеем

$$x = ct = \frac{ct'+v\frac{x'}{c}}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = c\frac{t'+v\frac{x'}{c^2}}{\sqrt{1-(v/c)^2}}.$$

Откуда непосредственно следует выражение (4б).

Таким образом, преобразования Лоренца (4, 4а,4б) и условия (1) вытекают одно из другого, причём последние непосредственно связаны со вторым постулатом Эйнштейна.

Теперь рассмотрим стержень, движущийся с постоянной скоростью v вдоль оси x в таком пространстве-времени. Его длина в системе координат, движущейся вместе с ним, будет равна

$$l_0 = x_2' - x_1' = \frac{x_2-vt}{\sqrt{1-(v/c)^2}} - \frac{x_1-vt}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = \frac{x_2-x_1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = \frac{l}{\sqrt{1-(v/c)^2}},$$

где $l = x_2 - x_1$ – длина того же стержня в неподвижной системе координат (с точки зрения неподвижного наблюдателя), x_1, x_2, x_1', x_2' – координаты концов стержня в неподвижной и подвижной системах координат соответственно.

Из последнего выражения следует известная формула лоренцева сокращения, утверждающая, что с точки зрения неподвижного наблюдателя движущиеся относительно него предметы имеют меньшие размеры в направлении движения, чем их собственные:

$$l = l_0 \sqrt{1 - (v/c)^2}. \tag{5}$$

Однако это сокращение никак не связано с преобразованиями Лоренца, а имеет вполне объяснимую физическую природу, связанную с искажениями изображений движущихся объектов в связи с конечностью скорости света [4]. Именно потому, что изображение дальнего конца стержня больше запаздывает по отношению к изображению ближнего конца стержня в момент наблюдения, неподвижный наблюдатель видит его искажённую длину. В предложенном же выше выводе из преобразований Лоренца формулы (5) имеется ошибка. Суть её всё в тех же условиях (1), о которых мы «забыли», но из которых следует, что момент времени и координата – это одна и та же точка на оси одномерного пространства-времени. Исходя из этого

$$x_2{}' = \frac{x_2 - v\dfrac{x_2}{c}}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = \frac{x_2(1 - v/c)}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \text{ и } x_1{}' = \frac{x_1(1 - v/c)}{\sqrt{1-(v/c)^2}}.$$

Откуда имеем

$$l_0 = x_2{}' - x_1{}' = \frac{(x_2 - x_1)(1 - v/c)}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = l\sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}} < l.$$

Следовательно, из преобразований Лоренца вовсе не следует лорецево сокращение, а следует прямо противоположное ему утверждение – *геометрические размеры в направлении движения объекта для неподвижного наблюдателя удлиняются*.

Однако истина не за этим утверждением, а за утверждением Фиджеральда и самого Лоренца, которое сегодня называют лорецевым или фиджеральдовым сокращением. Физическую сущность этого утверждения объясняет мысленный эксперимент, описанный в [4]. Сами же преобразования Лоренца, как показано выше, не имеют к нему никакого отношения.

Что же это тогда за преобразования такие? И есть ли какой-либо прок от пространственно-временной оси, на которую, и только на которую, эти преобразования распространяются?

Можно, конечно, взять обычное трёхмерное физическое пространство и к нему приделать ещё одно измерение – мнимое ict. Такое четырёхмерное псевдоевклидово пространство называется пространством Минковского. В этом пространстве четвёртое (мнимое) измерение как раз и будет являться той самой пространственно-временной осью. Это пространство (x, y, z, ict) релятивисты используют в качестве геометрической интерпретации пространства-времени в теории относительности Эйнштейна. Из приведенных выше рассуждений следует, что нет никаких оснований рассматривать это пространство как геометрическую интерпретацию физической картины мира.

Список использованных источников

1. Червенчук В.Д. Учебное пособие по физике»: Учебное пособие. Омск: Полиграфический центр КАН, 2012. 252 с.
2. Эйнштейн А. О принципе относительности и его следствиях // Эйнштейн А. Собрание научных трудов. М.: Наука, 1965.
3. Червенчук В.Д. О релятивистской физике в контексте математического и физического мышления // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2014. № 1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://apriori-journal.ru/seria2/1-2014/Chervenchuk.pdf
4. Червенчук В.Д. Мысленный эксперимент с движущимся стержнем // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2014. № 1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://apriori-journal.ru/seria2/1-2014/Chervenchuk1.pdf