Ошибка Лоренца

Мария КОРНЕВА

Введение

В физике часто используются очевидные положения, которые представляются достаточно *ясными* и не требуют последующего обоснования. Это не всегда оправдано, поскольку есть случаи, приводящие к парадоксальным следствиям. Тогда приходится возвращаться к анализу «очевидных положений» и допущений. Одним из таких *очевидных* положений является вывод преобразования Лоренца.

Эйнштейн в начале своего вывода преобразования Лоренца повторяет допущение: «пусть $x' = x - vt$» [1]. Мы не будем останавливаться на логике доказательства, а сразу приведем конечный результат:

$$x' = (x - vt)/(1 - v^2/c^2)^{1/2}.$$

Сравнивая эти два выражения, легко установить их несоответствие.

В математике есть метод доказательства от противного. Если мы в начале доказательства полагаем, что $a = b$, а приходим к выводу, что $a = k \cdot b \neq b$, то:

- либо исходная посылка не верна;
- либо имеет место ошибка в доказательстве.

Именно эта ошибка Лоренца имеет место при выводе преобразования Лоренца. Она повторяется у Пуанкаре, у Эйнштейна и других. Но почему никто не обратил внимания на это несоответствие?

Рассмотрим другой подход.

1. Класс преобразований

Решение любой математической задачи опирается на теорему о существовании и единственности решения. Решение может не существовать, может существовать множество решений или же существует одно единственное. Мы поставим следующую задачу. Будем искать класс преобразований 4-координат, при которых уравнения Максвелла сохраняют свою форму в соответствии с принципом Галилея-Пуанкаре [2]. Задача существования преобразования уже решена, т.к. существует преобразование Лоренца.

Рассмотрим две инерциальные системы отсчета K и K', которые движутся друг относительно друга со скоростью V. Пространственно-временные координаты системы K (x; y; z; ct) должны быть связаны с соответствующими координатами K' (x'; y'; z'; ct') с помощью матрицы преобразования $[\mathbf{T}(V/c)]$.

$$[\mathbf{X'}] = [\mathbf{T}(V/c)][\mathbf{X}], \tag{1.1}$$

где: $[\mathbf{X}]$ и $[\mathbf{X'}]$ – вектор столбцы 4-координат K и K'; $[\mathbf{T}(V/c)]$ – матрица преобразования, зависящая только от скорости относительного движения сравниваемых инерциальных систем.

К матрице $[\mathbf{T}]$ предъявляются следующие требования:

- определитель матрицы должен быть равным единице; $\det[\mathbf{T}] = 1$;
- должна существовать матрица обратного преобразования из K' в K, т.е. матрица $[\mathbf{T}(V/c)]^{-1}$;
- матрица обратного преобразования должна получаться заменой V на $-V$ в матрице $[\mathbf{T}(V/c)]$. Это следует из равноправия инерциальных систем отсчета $[\mathbf{T}(V/c)]^{-1} = [\mathbf{T}(-V/c)]$.

Из этих условий можно определить общий вид матрицы преобразований координат и времени, сохраняющей инвариантную форму уравнений Максвелла. Уравнения, соответствующие (1.1), можно записать в следующей форме:

$$x' = x\,(1 + f^2(V/c))^{1/2} - f(V/c)\,ct;\ y' = y;\ z' = z;\ ct' = ct\,(1 + f^2(V/c))^{1/2} - f(V/c)\,x, \tag{1.2}$$

где $f\,(V/c)$ есть нечетная функция относительно V/c. При малых скоростях V/c эта функция равна $f \approx V/c$.

Перечисленных выше условий не достаточно, к сожалению, чтобы определить явный вид функции $f\,(V/c)$. Она может быть V/c, или $\sin\,(V/c)$, или $\operatorname{sh}\,(V/c)$ и т.д. В частном случае, когда $f = V\,/\,(c^2 - V^2)^{1/2}$, мы получаем преобразование Лоренца*.

---

* В действительности имеет место более широкий класс преобразований: $x' = x(1 + f_1{\cdot}f_2)^{1/2} - f_1 ct$; $y' = y$; $z' = z$; $ct' = ct\,(1 + f_1 f_2)^{1/2} - f_2{\cdot}x$ где f_1 и f_2 – некоторые нечетные функции относительно V/c. При малых скоростях эти функции равны V/c. Однако если положить, что пространственная координата x и временная ct имеют одинаковые математические свойства, тогда $f_1 = f_2 = f$. В дальнейшем мы будем придерживаться этой гипотезы.

2. Физическая интерпретация преобразования

В наших предшествующих исследованиях (например, [2], [3] и других) мы выяснили физический смысл преобразований Лоренца. Его можно распространить на любое преобразование найденного выше класса. Напомним:

1. Системы отсчета K и K', связываемые преобразованием (1.2) этого класса, *равноправны* для электромагнитных волн, описываемых уравнениями Максвелла.
2. Время во всех инерциальных системах *едино*.
3. Пространство является *общим* и *евклидовым* для всех

инерциальных систем отсчета.

4. Никаких изменений пространства и времени при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую *не происходит*.
5. Скорость света во всех инерциальных системах отсчета *одинакова* (принцип Галилея-Пуанкаре [2]).
6. Преобразование (1.2) описывает наблюдаемые в неподвижной системе отсчета *процессы* и *явления*, которые протекают в движущейся системе отсчета. Информация, доставляемая нам световыми лучами, может иметь искажения из-за эффекта Доплера и искажения фронта светового потока.

Рассмотрим некоторые явления, связанные с переходом из одной инерциальной системы отсчета в другую.

Изменение длины движущейся линейки

Пусть в K' имеется линейка длиной $\Delta x'$, ориентированная вдоль вектора скорости относительного движения систем отсчета K и K'. Величина $\Delta x'$ есть *истинная* (действительная) длина линейки. В системе K мы будем видеть (измерять) другую «длину» движущейся линейки. Новая длина будет зависеть от следующих величин: $f\,(V/c)$ и θ. Угол θ образован вектором скорости относительного движения V и вектором скорости света, идущего от движущейся линейки к неподвижному наблюдателю в системе отсчета наблюдателя.

$$\Delta x = \Delta x' \,/\, [(1 + f^2)^{1/2} - f{\cdot}\cos\theta]. \qquad (2.1)$$

Отсюда следует, что существует угол наблюдения θ_0 (*критический угол*), при котором мы измерим истинную длину движущейся линейки.

$$\Delta x = \Delta x' \text{ при } \theta_0 = \arccos\,[(1 + f^2)^{1/2} - 1) \,/\, f].$$

При $\theta < \theta_0$ линейка будет «казаться» длиннее, а при $\theta > \theta_0$ – короче. Это обусловлено величиной искажения фронта волны. Интересно отметить, что этот критический угол θ_0

получается при условии, что $\theta_0 = \pi - \theta'$.

Эффект Доплера

Пусть в системе K' имеется генератор, излучающий монохроматический свет с частотой ω_0. В системе K мы будем измерять другую частоту (интервалы времени):

$$\omega = \omega_0 / [(1 + f^2) - f{\cdot}\cos\theta]. \tag{2.2}$$

Как и в предыдущем случае эффект Доплера отсутствует ($\omega = \omega_0$) при угле наблюдения $\theta = \theta_0$.

3. Кажущаяся и истинная скорость света

Относительную скорость движения инерциальных систем можно измерить разными способами.

Первый способ

Он рассмотрен в [2]. В системе K' имеется неподвижный источник, который излучает короткие световые импульсы через равные интервалы времени $\Delta T'$. В системе K мы будем видеть траекторию, «разделенную» этими вспышками на равные интервалы времени Δx, которые покоятся в системе K. Измеряя интервал времени между вспышками ΔT, в системе K можно определить *наблюдаемую* (или *кажущуюся*) скорость движения инерциальных систем. «Кажущейся» мы называем эту скорость потому, что мы наблюдаем в системе K «искаженный» движением интервал времени ΔT. Эта скорость будет зависеть от угла наблюдения θ.

Второй способ

Мы можем разместить линейку длиной $\Delta x'$ в системе K', ориентированную вдоль скорости относительного движения инерциальных систем. В системе K траекторией движения будет прямая линия, на которой мы зафиксируем *неподвижную* точку. Измеряя время ΔT, за которое линейка проходит эту точку, можно вычислить *кажущуюся* скорость движения. «Кажущейся» мы называем эту скорость потому, что мы наблюдаем в системе K «искаженную» движением длину отрезка Δx. Эта скорость будет также зависеть от угла наблюдения θ.

Независимо от способа измерения имеют место следующие выражения для этой скорости:

$$v_{\text{каж}} = \Delta x \,/\, \Delta T\, [(1 + f^2) - f\cdot\cos\theta]. \qquad (3.1)$$

Как и ранее, при критическом угле наблюдения $\theta = \theta_0$ мы будем измерять *истинную* (или *действительную*) скорость относительного движения V инерциальных систем отсчета. Скорость V есть *галилеевая* скорость относительного движения инерциальных систем отсчета.

$$v_{\text{каж}}(\theta_0) = \Delta x \,/\, \Delta T' = V; \text{ (1-й способ)} \qquad (3.2)$$

$$v_{\text{каж}}(\theta_0) = \Delta x' \,/\, \Delta T = V. \text{ (2-й способ)} \qquad (3.3)$$

Это не удивительно, поскольку интервалы времени и длины при критическом угле наблюдения $\theta = \theta_0$ отображаются безо всяких искажений. Здесь как бы реализуется преобразование Галилея.

Итак:

$$v_{\text{каж}} = V \,/\, [(1 + f^2) - f\cdot\cos\theta].$$

Рассмотрим те же два случая с точки зрения формального подхода. Рассмотрим уравнение (1.2) в приращениях.

$$\Delta x' = \Delta x(1 + f^2(V/c))^{1/2} - f\,(V/c)\, c\Delta t;\ c\Delta t' = c\Delta t(1 + f^2(V/c))^{1/2} - f\,(V/c)\Delta x.$$

1-й случай. Мы рассматриваем в K' неподвижную точку. Следовательно, $\Delta x' = 0$. После простых выкладок получим выражения для *кажущейся и действительной* скоростей:

$$v_{\text{каж}} = \Delta x \,/\, \Delta T(90^{\circ}) = cf \,/\, (1 + f^2)^{1/2} = cV \,/\, (1 + V^2)^{1/2};\ \theta = \qquad (3.4)$$

90°;

$$v_{\text{действ}} = \Delta x \,/\, \Delta T' = cf = V. \qquad (3.5)$$

Такие же выражения мы получим и для второго случая.

Итак, выражение (3.4) есть кажущаяся скорость при $\theta = 90°$. Выражение (3.5) есть действительная (*галилеева*) скорость. Отсюда нетрудно найти функцию f. Она равна

$$f = V/c. \qquad (3.6)$$

Заметим, что действительная скорость вычисляется через величины, измеренные в собственной системе отсчета.

1-й способ: $\Delta T'$ – время, измеренное в K' для *неподвижного источника*; Δx – *неподвижное расстояние*, измеренное в системе K. Мы хотим обратить внимание на следующий факт. Интервал времени измерен в одной и той же *неподвижной* точке пространства, а длина отрезка в системе отсчета, где отрезок *неподвижен*.

2-й способ: $\Delta x'$ – длина *неподвижного отрезка* в системе K'; ΔT – интервал времени, измеренный в *неподвижной точке* системы K. Здесь, как и в предыдущем случае, интервал времени измерен в одной и той же *неподвижной* точке пространства, а длина отрезка в системе отсчета, где отрезок *неподвижен*.

Величины, измеренные при этих условиях, являются *характеристиками сущности*. В то же время, интервалы времени и длины отрезков, измеренные при *других* условиях, являются *характеристиками явлений* [4]. Они зависят от условий наблюдения (от угла наблюдения и от скорости относительного движения). По этой причине мы имеем дело с двумя видами скорости: *истинной* (галилеевой) скоростью относительного движения V инерциальных систем отсчета и *наблюдаемой* (кажущейся) скоростью $v_{\text{каж}}$, которая «искажена» из-за изменений параметров светового луча при переходе наблюдателя из одной системы отсчета в другую.

Таким образом, нам удалось записать явное выражение для f через истинную (галилеевую) скорость относительного движения инерциальных систем отсчета (3.6) и найти явный вид преобразования (1.2). Это преобразование называется *модифицированным* [2]. Оно существенно отличается от преобразования Лоренца. Именно оно должно использоваться для описания релятивистских явлений.

4. Вращательное движение

Мы сделали подробные выкладки в предыдущем параграфе только для того, чтобы по аналогии рассмотреть вращательное движение. Причина в том, что уравнения Максвелла *инвариантны* относительно преобразования (перехода) из неподвижной (инерциальной) системы отсчета во вращающуюся с постоянной скоростью (неинерциальную) систему отсчета.

Пусть ось вращения неинерциальной системы отсчета совпадает с осью z. Преобразование для этого случая имеет вид:

$$\varphi' = \varphi\,(1 + f^2(V/c))^{1/2} - f\,(V/c)\,ct/r;\; r' = r;\; z' = z;\; ct' = ct(1 + f^2(V/c))^{1/2} - f\,(V/c)\,r\varphi/c,$$

где: $V = \omega_0 r$; ω_0 – угловая скорость вращения неинерциальной системы отсчета.

Для определения угловых скоростей мы расположимся на оси z. В этом случае движение точек вращающейся плоскости будет наблюдаться под углом 90^o.

По аналогии с предыдущим параграфом выделим во вращающейся системе отсчета неподвижную точку и будем наблюдать за ее вращением. Нам необходимо найти угловые скорости *действительного* и *кажущегося вращения*. Наблюдаемая (кажущаяся) скорость это скорость, искаженная световыми лучами, которые несут информацию о движении. Поскольку точка имеет бесконечно малые угловые размеры, положим $\Delta\varphi' = 0$. После несложных преобразований получим:

- действительная скорость углового вращения ω_0 равна: $\omega_0 = \Delta\varphi/\Delta t' = fc/r = V/r$;
- наблюдаемая (кажущаяся) скорость $\omega_{каж}$ определяется из выражения: $\omega_{каж} = \Delta\varphi/\Delta t = fc/r(1 + f^2)^{1/2} = V/r$ $(1 + \omega_0^2 r^2/c^2)^{1/2} = \omega_0/(1 + \omega_0^2 r^2/c^2)^{1/2}$; где V есть истинная (галилеева) скорость, входящая в модифицированное преобразование.

Из выражений видно, что истинная угловая скорость совпадает с классическим выражением для угловой скорости вращения твердого тела. Что касается наблюдаемой скорости, то здесь имеет место парадоксальный результат. Нам будет казаться (мы будем наблюдать), что внешние слои вращающегося тела имеют меньшую угловую скорость. По этой причине мы будем видеть, что одни слои будут во времени постоянно отставать от других $\Delta\varphi = \Delta\omega_{каж} t$, где $\Delta\omega_{каж}$ – разность линейных скоростей соседних слоев, а $\Delta\varphi$ – смещение этих слоев друг относительно друга, хотя *в действительности* тело вращается без смещения слоев.

Если бы величина $\Delta\varphi$ не зависела от времени, то наличие этого угла можно было бы объяснить явлением, например, аберрации. Но нарастающее во времени смещение не имеет физического объяснения.

Рассмотрим теперь, что дает нам использование преобразования Лоренца. Будем, следуя Лоренцу, считать, что v есть *действительная* относительная скорость сопутствующей системы отсчета в точке наблюдения.

$$f = v/(c^2 - v^2)^{1/2}.$$

В этом случае *действительная* угловая скорость вращения твердого тела равна

$$\omega_0 = \Delta\varphi/\Delta t' = v/r(1 - v^2/c^2)^{1/2}.$$

Теперь при вращении твердого тела одни слои должны смещаться относительно других $\Delta\varphi = \Delta\omega t$, где $\Delta\omega$ – разность линейных скоростей соседних слоев, а $\Delta\varphi$ – смещение этих слоев друг относительно друга. Таким образом, вращающееся тело должно неминуемо разрушиться. Как с точки зрения физики, так и с позиции здравого смысла этот результат абсурден. Предвидя подобные казусы, Эйнштейн выдвинул гипотезу об отсутствии в физике *абсолютно жестких тел*. Но она не спасает положения. Те же трудности имеют место и для других f.

Таким образом, ни модифицированное преобразование, ни любое другое не могут дать физически правильного описания вращательного движения. Хотя рассмотренное выше преобразование сохраняет форму уравнений Максвелла неизменной, оно не имеет физического смысла, а потому не применимо для правильного описания физических явлений.

Есть ли выход? Разумеется. Во-первых, для корректного описания явлений следует применять не преобразование Лоренца, а модифицированное преобразование. Во-вторых, при движении тела с переменной скоростью следует использовать «челночный» метод перехода из одной сопутствующей системы отсчета в другую. Этот метод рассмотрен в [2].

5. Ошибка Лоренца

В чем мы видим ошибку Лоренца?

- Исходная посылка и конечный результат в выводе преобразования Лоренца противоречат друг другу.
- Лоренц и его последователи не исследовали (не искали) класс возможных преобразований, сохраняющих уравнения Максвелла неизменными.
- Скорость, входящая в преобразование Лоренца, не соответствует действительной (галилеевой) скорости относительного движения инерциальных систем

отсчета.

- Преобразование Лоренца использовалось для вращательного движения без физического обоснования.

К этому следует упомянуть о гносеологических ошибках, допущенных А. Эйнштейном.

- Неверное изложение пространственно-временных отношений, обусловленное гносеологической ошибкой: интерпретацией явлений как сущностей [4].
- Абсолютизация преобразования Лоренца, т.е. неправомерное распространение этого преобразования, которое справедливо только для электромагнитных волн, для всех без исключения физических явлений материального мира.

Это не кризис. Это крах Специальной теории относительности.

Источники информации:

Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел. ПСС, т. 1, М.: Наука, 1969.

Кулигин В.А., Кулигина Г.А., Корнева М.В. Новое объяснение релятивистских явлений. НиТ, 2003.

Кулигин В.А., Кулигина Г.А., Корнева М.В. К столетнему юбилею СТО. НиТ, 2002.

Кулигин В.А., Кулигина Г.А., Корнева М.В. Физика и философия физики. НиТ, 2001.

Дата публикации:

25 января 2004 года

Электронная версия: