

НОВЫЙ ПОДХОД К ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ ЛОРЕНЦА И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Беляев В.М.

Томский политехнический университет,
Томск, Россия

Специальная теория относительности (СТО) базируется на принципе относительности и преобразованиях Лоренца (ПЛ), в основу которых положен постулат постоянства скорости света c в пустоте. При преподавании физики и философии мало внимания уделяется критике СТО и поиску альтернативных преобразований, несмотря на такие философские противоречия, как отказ от одновременности событий в разных инерциальных системах отсчета (ИСО), игнорирующий принцип сосуществования в них объединенного множества каких-либо материальных объектов, и отказ от материальности пространства.

Эйнштейн в своих работах [1, 2] выводит ПЛ из условия эквивалентности уравнений движения светового луча в двух ИСО S и S' (одна из которых движется относительно другой со скоростью v) и уравнений линейной связи декартовых координат и времени движения светового луча в этих

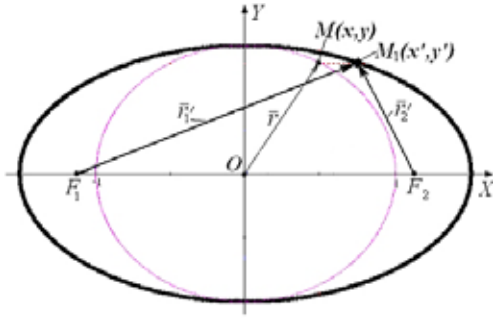


Рис. 1. Эллипсоид $(x'/k)^2 + y'^2 + z'^2 = r^2$

ИСО. При решении этой системы уравнений второго порядка он рассматривает не все ее корни. Анализ полного решения в данной работе показывает, что этой системе эквивалентных уравнений удовлетворяют восемь пар корней, представляющих собой координаты $(x'_{i,j}, y'_{i,j}, z'_{i,j})$ и модули $r'_{i,j}$ фокальных радиус-векторов $\vec{r}'_{i,j}$ восьми точек M_k эллипсоида, симметрично расположенных в разных октантах. Эллипсоид имеет эксцентриситет $\beta = v/c$, вытянут вдоль линии движения и описан вокруг сферы с радиусом $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ (Рис. 1).

Выражения $r'_{1,2} = k(r \pm \beta x)$, $x'_{1,2} = k(x \pm \beta r)$, $y'_{1,2} = y$, $z'_{1,2} = z$, где $k = 1/\sqrt{1-\beta^2}$, определяющие в масштабе покоящейся ИСО модули и координаты фокальных радиус-векторов точки M_1 первого октанта через модуль и координаты радиус-вектора точки $M(x, y, z)$ сферы, определяют и время

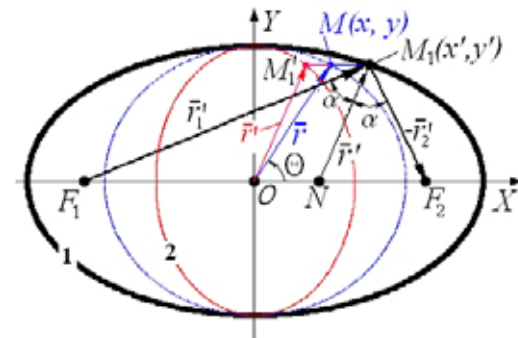


Рис. 2. Эллипсоиды:
1) $(x'/k)^2 + y'^2 + z'^2 = r^2$
2) $(kx')^2 + y'^2 + z'^2 = r^2$

движения светового сигнала вдоль этих фокальных радиус-векторов, так как $t'_{1,2} = r'_{1,2}/c$, $r = ct$ (Рис. 2).

Сумма $t'_1 + t'_2 = 2kt$, поэтому эллипсоид 1 отображает поверхность, отвечающую постоянному интервалу времени между отправкой в точку M_1 и приемом отраженного от нее светового сигнала с материального объекта (МО), перемещающегося в пространстве со скоростью v из одной фокальной точки F_1 в другую F_2 .

Среднее время $t'_m = (t'_1 + t'_2)/2$ соответствует

предложенному Эйнштейном методу синхронизации часов в точке M_1 и положению движущегося МО в

другой точке (N), лежащей в интервале $[-k\beta^2 r, k\beta^2 r]$ на оси x . Отрезок NM является биссектрисой

угла между радиус-векторами $\vec{r}'_{1,2}$, что отвечает закону равенства углов падения и отражения

светового луча, и отображает траекторию движения кванта света в системе координат S' ,

связанной с движущимся МО. Длина отрезка NM определяется через координаты точки $M(x, y, z)$

сферы и модули радиус-векторов $r, r'_{1,2}$ выражениями $r' = \sqrt{(1-\beta^2)x^2 + y^2 + z^2}$, $r' = r\sqrt{1-\beta^2 \cos^2 \Theta}$,

$r' = \frac{1}{k} \sqrt{r'_1 r'_2}$, где $\cos \Theta = x/r$. В S' конец отрезка NM описывает поверхность эллипсоида 2 с

в центре O сферы и эллипсоида. Однако сам МО, если $x \neq 0$, в этот момент будет находиться в другой точке (N), лежащей в интервале $[-k\beta^2 r, k\beta^2 r]$ на оси x . Отрезок NM является биссектрисой угла между радиус-векторами $\vec{r}'_{1,2}$, что отвечает закону равенства углов падения и отражения светового луча, и отображает траекторию движения кванта света в системе координат S' , связанной с движущимся МО. Длина отрезка NM определяется через координаты точки $M(x, y, z)$ сферы и модули радиус-векторов $r, r'_{1,2}$ выражениями $r' = \sqrt{(1-\beta^2)x^2 + y^2 + z^2}$, $r' = r\sqrt{1-\beta^2 \cos^2 \Theta}$, $r' = \frac{1}{k} \sqrt{r'_1 r'_2}$, где $\cos \Theta = x/r$. В S' конец отрезка NM описывает поверхность эллипсоида 2 с

эксцентриситетом β , сжатого вдоль оси X и вписанного в рассматриваемую сферу. Наблюдаемая в S' средняя скорость движения светового сигнала туда и обратно вдоль отрезка NM ($c'_m = r'/t'_m$) определяется выражением $c'_m = \frac{c}{k} \sqrt{1 - \beta^2 \cos^2 \Theta}$.

Предположим, что твердый масштабный стержень, вследствие его движения в пространстве, как материальной среде, изменяет свою длину в согласии с гипотезой Лоренца-Фитцджеральда: $L = L_0 \sqrt{1 - \beta^2 \cos^2 \Theta}$. Тогда получим, что средняя скорость движения светового сигнала в новой движущейся системе координат S'_L с таким, лоренцевским, эталоном длины будет постоянна для всех направлений, но в k раз меньше, чем в S , т.е. $c'_{mL} = c/k$. Если при этом время в S'_L измерять часами, известными как часы Эйнштейна-Ланжевена, состоящими из пары параллельных зеркал, закрепленных на жестком стержне [3], то их период по отношению к идентичным часам покоящейся ИСО S будет независимым от направления и в k раз большим. Эти часы в ИСО S'_L при движении светового сигнала туда и обратно отсчитают в k раз меньше периодов, что можно выразить формулой $t'_L = t_m/k$. При этом длина отрезка $NM = r'_L$, определяемая как произведение средней скорости c'_{mL} на время t_m , будет иметь вид, полностью соответствующий СТО: $r'_L = ct'_L$. В этом случае часы Эйнштейна-Ланжевена, применяемые в разных ИСО, следует рассматривать как инструменты, которые показывают среднее расстояние, проходимое одним и тем же световым сигналом на пути туда и обратно, а величину t'_L в выражении $r'_L = ct'_L$ - как параметр результата движения светового сигнала, но не время его движения из одной точки в другую.

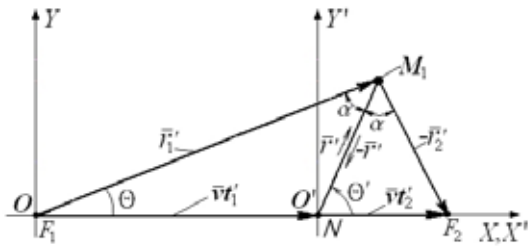


Рис. 3. Световая локация точки M_1

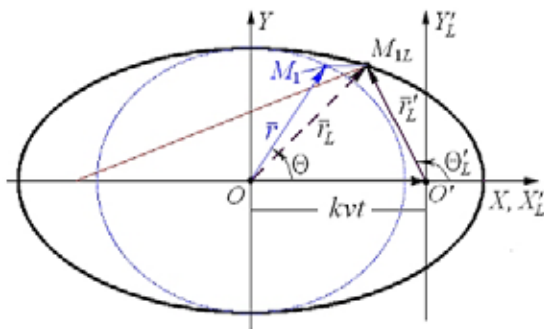


Рис. 4. Эллипсоид преобразований Лоренца и связи декартовых и сферических координат радиус-векторов \vec{r} и \vec{r}'_L (с учетом того, что $r'_L = ct'_L$ и $r = ct$) легко получить преобразования Лоренца:

$$t'_L = k(t - vx/c^2), \quad x'_L = k(x - vt), \quad y'_L = y, \quad z'_L = z. \quad (1)$$

Таким образом, ПЛ по своей сути являются линейным преобразованием координат и модуля радиус-вектора \vec{r} сферы в координаты и модуль фокального радиус-вектора \vec{r}'_L эллипсоида, полученного однородным растяжением сферы вдоль оси X (аффинное отображение пространства в себя). Симметрия формул преобразования координат и показаний часов, синхронизируемых по методу Эйнштейна, связана со свойством преобразования координат и модулей радиус-векторов точек сферы и описанного вокруг нее эллипсоида. Кроме этого, анализ преобразований Лоренца показывает, что декларируемое в СТО измерение отрезков между одновременными точками движущейся ИСО не выполняется, так как концу радиус-вектора \vec{r}'_L отвечает время $t'_L = k(t - \beta x/c)$, а началу, в соответствии с разным темпом хода часов, - время $t'_{0L} = t/k$. Поэтому преобразования Лоренца корректнее записывать и трактовать не как преобразования координат и

времени, а как преобразования координат и модулей векторов результата движения кванта света в двух ИСО, имеющих собственные масштабы. Эти величины являются эталонными при описании движений других материальных объектов, поэтому имеет смысл обозначать их прописными буквами и записывать преобразования Лоренца в виде:

$$R'_L = k(R - \beta X), X'_L = k(X - \beta R), Y'_L = Y, Z'_L = Z. \quad (2)$$

Очевидно, что, в соответствии с общим принципом измерения, при определении скоростей движения произвольной материальной точки P в S и S'_L необходимо результаты движения ($r = OP$ и $r'_L = O'P$) точки P в этих ИСО отнести к совпадающим с ними по направлению результатам эталонного движения ($R = OC$ и $R'_L = O'C''$) кванта света (Рис.5). Относить результат движения точки P в S'_L к результату эталонного движения, вычисляемому через координату x точки P (отрезок $O'C''$), как это сделано в СТО, нелогично, так как соответствующие им векторы не совпадают по направлению. Также нелогично с этой точки зрения выглядит и классическое преобразование скоростей по преобразованиям Галилея, где скорость точки P в движущейся ИСО S' определяется через результат эталонного движения в ИСО S . Поэтому в знаменателях релятивистских формул преобразования компонент скоростей при переходе от ИСО S к S'_L , вместо проекции скорости v_x точки P , должна стоять проекция скорости c_x светового сигнала, совпадающего по направлению с направлением движения точки P :

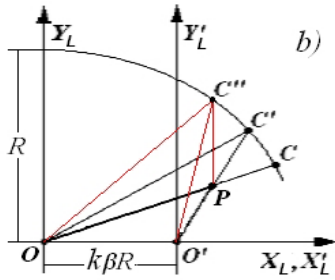


Рис. 5. Преобразование скоростей

$$u'_x = \frac{w_x - v}{1 - \frac{vc_x}{c^2}}, \quad u'_y = \frac{\sqrt{1 - (v^2/c^2)} w_y}{1 - \frac{vc_x}{c^2}}, \quad u'_z = \frac{\sqrt{1 - (v^2/c^2)} w_z}{1 - \frac{vc_x}{c^2}}. \quad (3)$$

Этот изъян СТО может не давать заметной погрешности в экспериментах, но совершенно непригоден для математической физики, так как приведет к неверным выводам.

Найдем альтернативные преобразования, устраняющие противоречия ПЛ.

По часам ИСО S начало фокального радиус-вектора \bar{R}'_L в любой момент времени совпадает с началом движущейся ИСО S'_L . Если наблюдатель, связанный с ИСО S'_L будет пользоваться часами и масштабам ИСО S , то фокальный радиус-вектор \bar{R}'_L превратится в радиус-вектор \bar{R}' преобразований Галилея, а семейство изохронных поверхностей светового сигнала, посылаемого из начала координат ИСО S' через интервал времени ΔT , будет представлять собой семейство

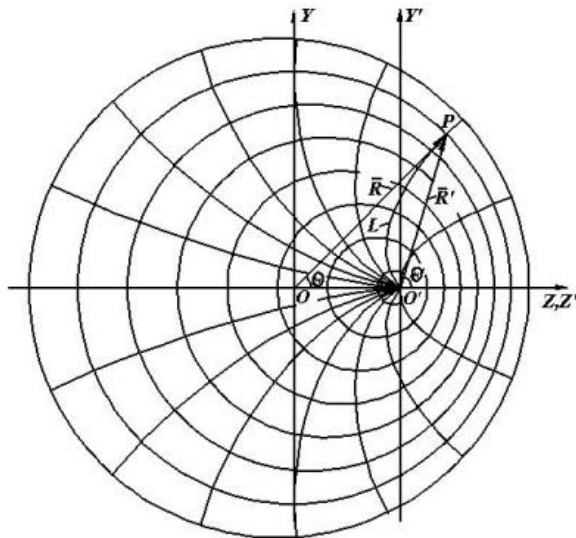


Рис. 6. Эксцентрическая система координат

эксцентрических сфер с расстояниями между центрами $\Delta S = v\Delta T$ и радиусами $R_n = n \cdot c \cdot \Delta T$, $n = 0, 1, 2, \dots$ (Рис. 6). Это семейство эксцентрических сфер следует принять в качестве физически обоснованных координатных поверхностей. В качестве второго семейства поверхностей возьмем поверхности, образованные вращением вокруг оси Z' линий L , которые исходят из начала координат и в каждой своей точке перпендикулярны пересекавым сферическим поверхностям.

Дифференциальные уравнения кривых линий L в сопутствующей сферической системе координат (ССК) имеют вид $dR'/d\Theta' = -R' \sqrt{(\beta \sin \Theta')^{-2} - 1}$, где Θ' - угол между осью Z' , направленной вдоль линии движения начала ИСО S' , и радиус-вектором

\bar{R}' . Линии L могут рассматриваться как аналоги радиус-векторов, касательные к которым в конечных точках образуют с осью Z' угол Θ . Третьим семейством поверхностей, как и в ССК, будут служить плоскости $\Phi = const$, проходящие через ось Z' . Полученную ортогональную

систему координат можно использовать для описания движений материальных объектов в ИСО S и S' . В ИСО S движение материальной точки P описывается координатами (x, y, z) и временем t . В ИСО S' движение точки P описывается координатами (x', y', z') и временем t' . Преобразования Галилея между этими системами координат имеют вид:

систему координат будем называть *псевдосферической* или *эксцентрической* системой координат (ЭСК).

Замечательно то, что координаты и время произвольной точки светового сигнала в этой движущейся ЭСК равны координатам и времени покоящейся ССК. Всем координатам и времени ЭСК будем приписывать индекс «э», чтобы отличать их от координат и времени обычной ССК. В результате получим новые, альтернативные, преобразования:

$$R_э = R, \quad \Theta_э = \Theta, \quad \Phi_э = \Phi, \quad T_э = T. \quad (4)$$

Данные преобразования обеспечивают как эквивалентность уравнений движения светового луча, так и инвариантность любых законов в обеих ИСО. Для перехода к сопутствующей ССК эксцентрические координаты заменяются подстановкой: $R_э = R' / \lambda$, $\Theta_э = \arcsin(\lambda \sin \Theta')$, $\Phi_э = \Phi'$

где $\lambda = \sqrt{1 - (\beta \sin \Theta')^2} - \beta \cos \Theta'$. Переход от сопутствующей ССК к декартовым координатам в масштабе Лоренца дает преобразования Лоренца в виде выражений (2).

Таким образом, альтернативные преобразования являются криволинейным аналогом преобразований Лоренца, которые, как показано на примере вывода формулы преобразования скоростей, могут давать ошибку при их формальном использовании вследствие специфического способа синхронизации часов в СТО.

Для практического применения ЭСК будем руководствоваться тремя гипотезами:

1. Пространство представляет собой особый вид материи, в которой движутся материальные тела, отличающиеся от пространства своей внутренней структурой.
2. К пространству можно привязать выделенную систему координат с независимым от направления масштабом.
3. Скорость передачи взаимодействия в пространстве постоянна и равна по величине скорости света.

Вокруг тела, движущегося с постоянной скоростью v , в результате его взаимодействия с пространством создается стационарное искривленное поле центральных сил, совпадающее с ЭСК, где сферы отвечают линиям постоянного потенциала, а перпендикулярные им линии L линиям тока, касательные к которым являются линиями сил, действующих в точках касания. Эксцентрические координаты при этом служат обобщенными координатами уравнения Лагранжа. Его решение для случая притяжения материальной точки постоянной массы m , движущейся с сохранением полной энергии E [4], приводит в сопутствующей ССК к формуле орбиты

$$R' = \lambda(1 - e^2) R_0 / [1 + e(\beta + \lambda \cos \Theta')], \quad (5)$$

где R_0 - радиус круговой орбиты при $e = 0$, $\beta = 0$. Формы замкнутых орбит, получаемых из этого выражения при $\beta > 0$, являются эксцентрическими окружностями или эллипсами. Для электронов в атомах наиболее устойчивыми, с позиции законов симметрии, являются эллиптические орбиты с эксцентриситетом $e = -\beta$. Они симметричны относительно ядра и сжаты в направлении его движения с отношением размеров больших полуосей орбит к малым полуосям $a/b = k$. Этот коэффициент соответствует кажущемуся сокращению размеров в СТО вдоль линии движения. Однако здесь будет происходить не кажущееся, а реальное изменение размеров тела. Причем размер тела в направлении движения сокращается в k^2 раз, а поперечные размеры тела - в k раз.

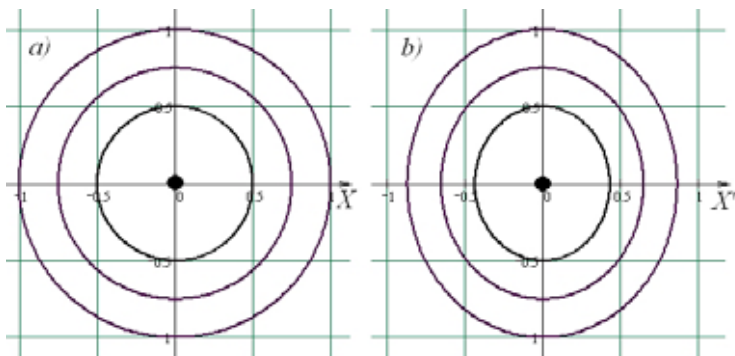


Рис. 7. Формы орбит при $m = km_0$: а) $\beta=0, e=0$, б) $\beta=0.5, e=-\beta$

Изменение размеров тела, соответствующее гипотезе Лоренца-Фитцджеральда, будет при релятивистской зависимости массы материальной точки от скорости движения центрального тела (Рис. 7). Эта гипотеза у Лоренца, Фитцджеральда и Лармора не носила общий характер, а объяснялась свойством электромагнитных сил, и Пуанкаре критиковал ее искусственный характер, что впоследствии стало одним из аргументов отказа от теории Лоренца [5].

Преобразование уравнения движения фронта световой волны выделением полного квадрата по аналогии с [6] при любом сокращении размеров дает те же самые преобразования Лоренца [7]. Они преобразуют исходное уравнение движения фронта световой волны (сферу в S) в подобное уравнение эллипсоида в S'_L . Использование этого подобия для определения частоты электромагнитного излучения, испускаемого движущимся источником (см., например, [8]), дает известную формулу Эйнштейна, по которой рассчитывают эффект Доплера в различных направлениях. Проверка этой формулы, как показывают эксперименты с 1937 по 2003 г. [9 - 12], дает все меньшее отклонение.

РЕЗЮМЕ

1. Вывод преобразований Лоренца на основе полного решения системы эквивалентных уравнений для кванта света, движущегося в ИСО S и S' , показал, что они удовлетворяют гипотезам Лоренца о неподвижном эфире и сокращении размеров движущегося твердого тела.
2. Преобразования Лоренца, как преобразования подобия, дают верные результаты для процесса распространения электромагнитного излучения, но их формальное применение для других явлений может привести к ошибке.
3. Использование постулата А.Эйнштейна о постоянстве скорости света, как идеи об измерении времени одним движением в разных ИСО, позволило с помощью введения новой, эксцентрической системы координат создать альтернативные преобразования, в которых сохраняется принцип одновременности событий, происходящих в разных ИСО, и инвариантность, как законов электродинамики, так и любых других законов, связанных с координатами и временем.
4. Определение формулы орбиты материальной точки в искривленном центральном поле сил показало, что использование ЭСК не требует гипотезы о сокращении размеров движущегося твердого тела и согласуется с релятивистской зависимостью массы материальной точки от скорости движения центрального тела.
5. Можно предположить, что новые преобразования, в которых используется ЭСК, дадут толчок к дальнейшему развитию теории относительности и могут быть плодотворными при исследовании процессов, связанных с передачей взаимодействия через пространство, и расчете орбит космических кораблей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эйнштейн А. О принципе относительности и его следствиях // Собрание научных трудов. - М.: Наука, 1965. - Т.1. - С. 65-114
2. Эйнштейн А. Принцип относительности и его следствия в современной физике // Собрание научных трудов. - М.: Наука, 1965. - Т.1. - С. 138-164.
3. Мардер Л. Парадокс часов. - М.: Мир, 1972. - 223с.
4. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Механика. М.: Наука, 1965. – 204с.
5. Кудрявцев В.С. История физики. Т. III. От открытия квант до квантовой механики. М., «Просвещение», 1971. – 424 с.
6. Логунов А. А. Лекции по теории относительности и гравитации. М.: Наука, 1987. - 272с.
7. Беляев В.М. Новые преобразования для теории относительности // Материалы пленарных заседаний международной конференции «Наука и будущее: Идеи, которые изменят мир» (Москва, 15-19 мая 2005) – М., 2005. - с. 12-20. См. также [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.scienceandfuture.sgm.ru/>, свободный.
8. Калитевский Н.И. Волновая оптика. М.: Наука, 1971. - 376с.
9. Ives H.E., Stilwell G.R. An Experimental Study of the Rate of a Moving Atomic Clock // J. Opt. Soc. Am. 1938. V. 28, pp. 215-226
10. Ives H.E., Stilwell G.R. An Experimental Study of the Rate of a Moving Atomic Clock II // J. Opt. Soc. Am. 1941. V. 31, pp. 369-374
11. Saathoff G., Karpuk S., Eisenbarth U. et al. The Doppler Effect and Special Relativity. Doppler-Symposium in october 2003: www.mpi-hd.mpg.de/ato/rel/doppler-symposium.tgif.pdf
12. Saathoff G. et al., Phys. Rev. Lett. 91, 190403 (2003)