Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
Серія "Радіофізика та електроніка". №966, випуск 18, 2011. С.82-89

УДК 531.3

О НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЛОРЕНЦА

А.П. Волченко
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, 61077, пл. Свободы, 4
e-mail:VAP1938@.yandex.ru
Поступила в редакцию 27 мая 2011 г.

В статье показано, что преобразования Лоренца (ПЛ), если их определять как объект математики, допускают различные геометрические и, как следствие, различные кинематические интерпретации. В этой связи введены в рассмотрение геометрическая и соответствующая ей кинематическая интерпретации ПЛ, в которых не используется постулат специальной теории относительности, согласно которому скорость света в вакууме является предельной для скоростей тел, обладающих массой. Специфика такого определения ПЛ проиллюстрирована их использованием при описании явления аберрации света.
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скорость нейтрино, скорость света, явление аберрации света, преобразования Лоренца

У статті показано, що перетворення Лоренца (ПЛ), якщо їх визначати як об'єкт математики, допускають різні геометричні й, як наслідок, різні кінематичні інтерпретації. У цьому зв'язку введені в розгляд геометрична й відповідна їй кінематична інтерпретації ПЛ, у яких не використається постулат спеціальної теорії відносності, відповідно до якого швидкість світла у вакуумі є граничною для швидкостей тіл, що володіють масою. Специфіка такого визначення ПЛ проілюстрована їх використанням при описі явища аберації світла.
КЛЮЧОВІ СЛОВА: швидкість нейтрино, швидкість світла, явище аберації світла, перетворення Лоренца

The article shows that the Lorentz transformations (LT) if they define as an object of mathematics, allow for different geometric and as a consequence, various kinematic interpretation. In this regard, introduced by the geometric and kinematic interpretation of the corresponding SPs that do not use the postulate of special relativity, whereby the speed of light is the limit for the velocities of the bodies that have mass. The specificity of this definition is illustrated by their use of in the description of the phenomenon of aberration of light.
KEY WORDS: rate of neutrinos, the speed of light, the phenomenon of the aberration of light, the Lorentz transformations

ВВЕДЕНИЕ

Коллаборация OPERA опубликовала [1, 2] результаты своих трехлетних исследований, в которых осуществлялось измерение скорости нейтрино и из которых следует, что в осуществленных экспериментах нейтрино двигались со скоростью большей скорости света *C* в вакууме. Тем самым оказалось подтвержденным аналогичное заключение, следовавшее из результата эксперимента MINOS, осуществленного в лаборатории Fermilab в Чикаго в 2007г. Однако полученный в эксперименте MINOS результат оказался в пределах оценки экспериментальных погрешностей и поэтому не был признан достоверным. В этой связи коллаборация OPERA существенно улучшила в своих экспериментах качество измерений и их обработку. В результате оказалось возможным квалифицировать ее заключение как достоверное.

Значимость этого заключения состоит в том, что оно противоречит постулату специальной теории относительности (СТО), в соответствии с которым формулируются в СТО преобразования Лоренца и согласно которому тела, обладающие массой, могут двигаться со скоростями только лишь меньшими скорости света *C* в вакууме. Учитывая это обстоятельство, авторы указанных выше публикаций выразили пожелание, чтобы это заключение было проверено в аналогичных экспериментах в других странах.

Пройдет, видимо, некоторое время, прежде чем такие эксперименты будут осуществлены. И если в них будет подтверждено указанное выше заключение, то в числе вопросов, на которые потребуется ответить, возникнет и вопрос о том, как следует в таком случае истолковывать так называемую лоренцинвариантность уравнений электродинамики и релятивистской механики.

Возможный ответ на этот вопрос состоит в том, что существует иная, нежели в СТО, кинематическая интерпретация преобразований Лоренца, в которой указанный выше постулат СТО не используется.

Такая иная интерпретация этих преобразований излагается в этой статье. В ее определении используется явление аберрации света, а также следующий геометрический факт [3].

Пусть a, b длины гипотенузы и катета одного треугольника, а a', b' - другого. Тогда, если выполняется равенство

$$a'^2 - b'^2 = a^2 - b^2 = s^2 ,$$

где s – длина вторых катетов этих треугольников, то найдется число $\beta \in (-1,\ 1)$ такое, что будут иметь место преобразования

$$b' = \frac{b + \beta a}{\sqrt{1-\beta^2}} ,\ a' = \frac{a + \beta b}{\sqrt{1-\beta^2}} . \tag{1}$$

Это утверждение остается справедливым также и в следующих случаях:

а) если один из этих треугольников вырожден в отрезок длиной s, например, если $b = 0$, $a = s$;

в) если $s^2 = 0$ и, следовательно, оба треугольника вырождены в отрезки такие, что $a = b$, $a' = b'$.

При этом если $s^2 > 0$, то

$$\beta = \frac{\cos\varphi' - \cos\varphi}{1 - \cos\varphi' \cos\varphi}, \quad \cos\varphi' = \frac{b'}{a'} ,\ \cos\varphi = \frac{b}{a} . \tag{2}$$

Если же $s^2 = 0$, то

$$\beta = \frac{\hat{e}^2 - 1}{\hat{e}^2 + 1}, \quad \hat{e} = \frac{\grave{a}'}{\grave{a}} = \frac{\hat{a}'}{\hat{a}} . \tag{3}$$

Пусть a, a', a'' - длины гипотенуз трех прямоугольников, а b, b', b'' - длины их катетов. Тогда, если выполняются равенства

$$\grave{a}''^2 - \hat{a}''^2 = \grave{a}'^2 - \hat{a}'^2 = \grave{a}^2 - \hat{a}^2 = s^2 ,$$

то наряду с преобразованиями (1) будут иметь место также и следующие преобразования

$$\begin{gathered} b'' = \frac{b + \beta' a}{\sqrt{1-\beta'^2}}, \quad a'' = \frac{a + \beta' b}{\sqrt{1-\beta'^2}}; \\ b'' = \frac{b + \beta'' a'}{\sqrt{1-\beta''^2}}, \quad a'' = \frac{a' + \beta'' b'}{\sqrt{1-\beta''^2}}; \quad \beta'' = \frac{\beta' - \beta}{1 - \beta\beta'} \in (-1,1), \end{gathered} ; \tag{4}$$

где β' – вычисляется по формулам (2) или (3), в которых a', b' надо заменить на a'', b''.

ЯВЛЕНИЕ АБЕРРАЦИИ СВЕТА И ЕГО ОПИСАНИЕ

Явление аберрации света удобно описывать, используя в качестве иллюстрации эксперимент, суть которого в схематическом варианте состоит в следующем.

Установленный в лаборатории лазер излучает ультракороткие (длительностью в несколько фемтосекунд) световые импульсы, которые, перемещались вдоль его оси, пересекают определенную в лаборатории прямую L в точке O под углом φ. Вдоль этой прямой движется с постоянной скоростью конец O', тонкой трубки, которая перемещается при этом плоскопараллельно и, следовательно, ее ось образует с прямой L постоянный угол.

В момент, когда конец O' этой трубки (в дальнейшем будем определять его как точку O') совмещается с точкой O, в нее влетает световой импульс M и, вообще говоря, наталкивается на ее внутреннюю поверхность и поглощается ею.

Можно, однако, меняя наклон трубки, найти такое ее положение, при котором обнаружится явление аберрации света – импульс M пролетит сквозь нее, не натолкнувшись на ее внутреннюю поверхность.

А. В каждый момент этот импульс будет находиться в точке пересечения осей трубки и лазера и будет представлять собой вершину M треугольника $OO'M$ с наперед известным углом π-φ при вершине O и с найденными экспериментально углом φ' при вершине O' и с углом аберрации $\alpha = \varphi - \varphi'$ при вершине M. Соотношение между углами в этом треугольнике и длинами его сторон проще всего разъясняется, если полагать, что центр выходного отверстия лазера совмещен с точкой *O*. Тогда за некоторое время после того, как импульс *M* влетел в трубку, точка *O′* сместится на некоторое расстояние относительно точки *O*, а импульс *M* удалится за это время от точки *O* на некоторое расстояние τ, не зависящее от направления, так как не зависит от направления его скорость относительно точки *O*. Поэтому в получающемся при этом условии треугольнике *OO′M* вместе с изменением угла φ будет меняться длина τ′ его стороны *O′M* при том, что длины его сторон *OO′* и *OM* будут оставаться неизменными.

B. Определим в точках *O* и *O′* системы координат, соответственно, *K* и *K′*, оси *X* и *X′* которых расположены на прямой, проходящей через точки *O* и *O′* и сонаправлены, а их оси *Y*, *Y′* и *Z*, *Z′* расположены так, что координатные плоскости *XOY* и *X′Y′O′* совмещены с плоскостью, образованной осями лазера и трубки.

Будем, кроме того, полагать, что в системе *K* определены часы *T*, которые отсчитывают время с момента, когда начала *O* и *O′* этих систем совместились и импульс *M* влетел в трубку. Тогда, зная углы φ и φ′, которые будем считать связанными условием

$$0 \le \varphi' \le \varphi \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right], \tag{5}$$

найдем в какой-либо момент t_0, определенный по часам *T*, длину пути $\tau_0 = ct_0$, пройденного импульсом *M* за время t_0, и его координаты x_0, y_0, z_0 в системе *K*,

$$x_0 = \tau_0 \cos\varphi, \quad y_0 = \tau_0 \sin\varphi, \quad z_0 = 0. \tag{6}$$

При этом длина пути τ'_0, пройденного импульсом за это же время в системе *K′*, и его координаты x'_0, y'_0, z'_0 в этой системе определяются с использованием преобразований (1). А именно,

$$x'_0 = \frac{x_0 + \beta\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad y'_0 = y_0, \quad z'_0 = z_0 = 0, \quad \tau'_0 = \frac{\tau_0 + \beta x_0}{\sqrt{1-\beta^2}}. \tag{7}$$

Значение постоянной β, фигурирующей в (7), вычисляется по формуле (2), если $0 < \varphi' < \varphi \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right]$. В этом случае, как это отмечено в конце предыдущего пункта, значения углов φ и φ′ могут быть различными при одной и той же скорости движения точки *O′* относительно точки *O*. Различными при этом будут и значения β, вычисленные по формуле (2). Если, в частности, угол φ′ измерен при условии, что $\varphi = \frac{\pi}{2}$, то равенства (6), (2), (7) определяются в виде

$$\begin{aligned} &x_0 = 0, \quad y_0 = \tau_0, \quad z_0 = 0; \\ &\beta = \cos\varphi'; \\ &x'_0 = \tau_0 \operatorname{ctg}\varphi', \quad y'_0 = y_0 = \tau_0, \quad z'_0 = z_0 = 0, \quad \tau'_0 = \frac{\tau_0}{\sin\varphi} \end{aligned} \quad . \tag{8}$$

Если же $\varphi' = \varphi = 0$, то β вычисляется по формуле (3), в которую подставляется значение *K*, вычисленное, например, по формуле

$$K = 1 + \operatorname{ctg}\varphi',$$

соответствующей случаю, когда угол φ′ измерен при условии, что $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

C. Станем определять длину пути τ_0' импульса *M* в системе K' в таком же виде, как и τ_0 в системе *K*; то есть

$$\tau_0' = c t_0'. \tag{9}$$

Такое определение этой величины соответствует определению в системе *K′* часов *T′*, пущенных в ход одновременно с часами *T* и измеряющих время секундой, длительность которой равна промежутку времени, за который импульс *M*, пролетевший сквозь трубку, преодолевает в этой системе путь длиной $c = const$. И так как длина пути τ_0' импульса *M* в системе K' может быть различной при одной и той же длине пути τ_0 этого импульса в системе *K*, как это отмечено выше в конце пункта **A**, то и длительность определенной таким образом секунды будет зависеть от углов φ и φ′. Что и выразится в зависимости между значениями t_0' и t_0, определяющими по часам *T′* и *T* один и тот же интервал времени. Если, в частности, угол φ′ измерен при условии, что $\varphi = \frac{\pi}{2}$, то эта зависимость согласно (8) имеет вид

$$t_0' = \frac{t_0}{\sin\varphi'}. \tag{10}$$

Таким образом, приняв по определению то есть в качестве постулата, что импульс *M* движется в системах *K* и *K′* с одной и той же скоростью С, мы тем самым определили этот импульс в качестве общей для часов *T* и *T′* секундной стрелки [4].

Отметим в этой связи, что именно в таком варианте, то есть как условие, посредством которого определяется единица времени, этот постулат ввел в рассмотрение А. Пуанкаре в статье «Измерение времени» [5], опубликованной в 1898г.

С учетом (9) преобразования (7) принимают вид

$$x_0' = \frac{x_0 + \beta c t_0}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad y_0' = y_0, \quad z_0' = z_0 = 0, \quad t_0' = \frac{t_0 + \beta / c\, x_0}{\sqrt{1-\beta^2}}. \tag{11}$$

D. Разделив первую из формул (11) на четвертую, получим формулу

$$\frac{x_0'}{t_0'} = \frac{x_0 / t_0 + \beta c}{1 + \beta / c\, x_0 / t_0}, \tag{12}$$

связывающую скорость $\frac{x_0}{t_0}$ проекции импульса *M* на ось *X* в системе *K* со скоростью $\frac{x_0'}{t_0'}$ проекции этого импульса на ось *X′* в системе *K′*. Эти скорости измерены с использованием различных единиц времени. Поэтому разность этих скоростей будет определять скорость *v* системы *K*, причем измеренную по часам *T′*, если x_0=0. Что соответствует измерению угла φ′ при условии, что $\varphi = \frac{\pi}{2}$. При этом согласно (12)

$$v = \frac{x_0'}{t_0'} = \beta c, \tag{13}$$

где согласно (2) $\beta = \cos\varphi'$.

Формулы (11) принимают при этом вид

$$x_0' = \frac{vt_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, \quad y_0' = y_0 = ct_0, \quad z_0' = z_0 = 0, \quad t_0' = \frac{t_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}. \tag{14}$$

Отметим еще, что скорость u системы K в системе K', измеренная по часам T, определяется в этом случае по формуле

$$u = \frac{x_0'}{t_0} = \frac{v}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = c\operatorname{ctg}\varphi'.$$

В результате движение начала O системы K в системе K' определяется равенствами

$$x_0' = ut_0 = vt_0', \quad t_0' = \frac{t_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ИНТЕРПРИТАЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЛОРЕНЦА

Преобразования Лоренца, если их определять как объект математики, – это линейные преобразовании, обеспечивающие равенства

$$c^2t'^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2 = c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = s^2, \tag{15}$$

где $c = const > 0$.

В частном обычно рассматриваемом случае эти преобразования имеют вид

$$x' = \frac{x+\beta ct}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t+\beta/cx}{\sqrt{1-\beta^2}}; \quad \beta = const \in (-1,1). \tag{16}$$

Равенства (15), (16) допускают различные геометрические и, как следствие, различные кинематические интерпретации.

А. Одна из таких геометрических интерпретаций состоит в следующем.

В трехмерной ортогональной декартовой системе K значениями $\tau = ct$ и $\tau' = ct'$ определяются радиусы сфер ϕ и ϕ' с центрами в начале O этой системы, а координатами x, y, z и x', y', z' – точки A и A', сдвинутые согласно (16) одна относительно другой вдоль оси X.

При этом, если $s^2 > 0$, то согласно (15) точка A находится внутри сферы ϕ, а точка A' – внутри сферы ϕ'. Проводим через точку A плоскость π перпендикулярно ее радиусу – вектору $\vec{r} = (x, y, z)$, а через точку A' – плоскость π' перпендикулярно ее радиусу – вектору $\vec{r}' = (x', y', z')$. И если B – какая-либо точка окружности, по которой пересекаются сфера ϕ и плоскость π, а B' – какая-либо точка окружности, по которой пересекаются сфера ϕ' и плоскость π', то длины катетов AB и $A'B'$ полученных таким образом прямоугольных треугольников OAB и $OA'B'$ равны s.

Если $s^2 < 0$, то точка A находится вне сферы ϕ, а точка A' - вне сферы ϕ'. Определяем в этом случае точку A в качестве вершины конуса, в который вписана сфера ϕ, а точку A' в качестве вершины конуса, в который вписана сфера ϕ'. При этом определятся две окружности, по которым соприкасаются эти сферы и конусы. И если B – какая-либо точка окружности, лежащей на сфере ϕ, а B' – какая-либо точка окружности, лежащей на сфере ϕ', то длины катетов *AB* и *A'B'* полученных прямоугольных треугольников *OAB* и *OA'B'* равны *s*. Причем в отличие от предыдущего случая гипотенузами в этих треугольниках являются их стороны *OA* и *OA'*.

Если же $s^2 = 0$, то точка *A* оказывается точкой сферы ϕ, а точка *A'* точкой сферы ϕ'. В этом случае описанные выше прямоугольные треугольники вырождены в отрезки прямых.

Отметим, в каждом из этих случаев выполняется условие, в соответствии с которым длины сторон треугольников *OAB* и *OA'B'* преобразовываются по формулам (2). В этой связи специфика преобразований (16) состоит в том, что они обеспечивают равенство (15) при дополнительном условии, что выполняются также и равенства

$$\begin{aligned} &c^2t'^2 - x'^2 = c^2t^2 - x^2 = s'^2; \\ &s'^2 = s^2 + y^2 + z^2, \quad y = y', \quad z = z', \end{aligned} \tag{17}$$

которые истолковываются следующим образом.

Посредством (17) определяются прямоугольные треугольники *OMN* и *OM'N'*, вершины *N* и *N'* которых – это проекции точек *A* и *A'* на ось *X* системы *K*, а их вершины *M* и *M'* – это точки сфер, соответственно ϕ и ϕ', найденные так, как это описано выше при определении вершин *B* и *B'* в треугольниках *OAB* и *OA'B'*. То есть точки *M* и *M'* определяются в соответствии с условием, что *MN* и *M'N'* – это катеты в треугольниках *OMN* и *OM'N'*, длины которых равны *s'*.

В этой связи преобразования (16) истолковываются как преобразования (2), определенные применительно к треугольникам *OMN* и *OM'N'*.

B. Другая геометрическая интерпретация преобразований (16) такова.

В указанной выше системе *K* вводится в рассмотрение ось τ, проходящая через начало *O* этой системы перпендикулярно оси *X* и, следовательно, расположенная в плоскости *YOZ*. Тем самым определяется двумерная ортогональная декартова система τOX. При этом посредством преобразований (16) точке *D*, определенной в этой системе координатами $\tau = ct$, *x*, где – *x* координата радиуса - вектора $\vec{r} = (x, y, z)$ точки *A* в системе *K*, ставится в соответствие точка *D'*, определенная в этой же системе τOX координатами $\tau' = ct'$, *x'*, где – *x'*, координата радиуса - вектора $\vec{r}' = (x', y', z')$ точки *A'* в системе *K*. В результате определенные таким образом точки *D* и *D'* оказываются согласно (17) точками одной и той же ветви гиперболоида

$$\tau^2 - x^2 = s'^2 = const$$

или, если $s'^2 = 0$, точками одной из прямых $\tau = x, \quad \tau = -x$.

C. Третья геометрическая интерпретация преобразований (16) указана Г. Минковским [6]. Существо этой интерпретации таково. Если точка *D* указана координатами $\tau = ct$, *x* в прямоугольной системе τOX, описанной выше в пункте **B**, то координатами $\tau' = ct'$, *x'*, полученными по формулам (16), эта точка определяется в системе $\tau' OX'$, расположенной в той же плоскости, что и система τOX и имеющей общее с этой системой начало *O*. Но в отличие от прямоугольной системы τOX система $\tau' OX'$ косоугольная с острым углом при вершине *O*, а ее оси τ', *X'* расположены так, что углы, образованные осями τ, τ' и *X*, *X'* этих систем, равны. Поэтому, если γ угол между этими осями, то $\gamma \in \left(0, \frac{\pi}{4}\right)$. При этом постоянная β, фигурирующая в (16), определяется значением $\beta = \mathrm{tg}\,\gamma$.

D. Кинематическое определение преобразований (16), осуществленное в СТО [7], состоит в том, что, полагая известной скорость *v* системы *K* в системе *K'*, ее определяют в виде $v = \beta c$, где $c = const > 0$ – скорость света вакууме. При этом β определяется значением $\beta = \frac{v}{c}$. Формулы (16) принимают при этом вид

$$x' = \frac{x + vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y = y, \quad z = z, \quad t' = \frac{t + v/c^2 x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \tag{18}$$

и истолковываются как преобразования при переходе от системы *K*, в которой событие указано временем t и координатами x, y, z, к системе *K′*, в которой это событие определено временем t' и координатами x', y', z' и в которой система *К* движется со скоростью *v*. Такое кинематическое определение преобразований (16) истолковываются в СТО как соответствующие их геометрической интерпретации, указанной Минковским.

Отметим в этой связи, что установление соответствия между определенными таким образом кинематической и геометрической интерпретациями преобразований (16) наталкивается на трудности, обусловленные, в частности, тем, что в кинематической интерпретации этих преобразований оси *X* и *X′* систем *К* и *K′* определяются как расположенные на одной прямой, а в геометрической они образуют острый угол.

Е. Введем теперь в рассмотрение кинематическую интерпретацию преобразований (16), соответствующую геометрической, указанной в пункте **А**.

Отметим в этой связи, что если полагать, что постоянная β, фигурирующая в формулах (16), (11), определена одним и тем же значением, то при условии, что $t = t_0,\ x = x_0,\ y = y_0,\ z = z_0 = 0$, формулы (16) отождествляются с формулами (11).

В геометрическом отношении такое отождествление означает следующее.

Значениями $\tau = ct_0$ и $\tau' = ct_0'$ определяются радиусы сфер ϕ и ϕ' с центрами в началах *O* и *O′* систем *К* и *K′*. Эти сферы пересекаются и одна из точек их пересечения определяется в системе *К* координатами $x_0,\ y_0,\ z_0 = 0$, а в системе *K′* – координатами $x_0',\ y_0' = y_0,\ z_0' = z_0 = 0$. Тем самым в этих системах определяются прямоугольные треугольники *OMN* и *O′MN*, вершина которых *М* – это указанная выше точка пересечения сфер ϕ и ϕ', а *N* – ее проекция на оси *X* и *X′* систем *К* и *K′*.

Таким образом, отличие такой геометрической интерпретации преобразований (16) от описанной в пункте **А,** состоит в том, что сферы ϕ и ϕ', и треугольники *OMN* и *OM′N′* определены не в одной и той же системе *К*.

Вместе с тем, согласно определению преобразований (11) точка *М* – это световой импульс,, определенный в системах *К* и *K′* в один и тот же момент.

Положим теперь, что какое-либо событие, которое обозначим как *S*, определено в системе *К* значением времени t_0 и координатами x, y, z. Формулы (16) примут при этом вид

$$x' = \frac{x + \beta c t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t_0 + \beta/c\, x}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \tag{19}$$

Сравнивая четвертые из формул (19), (11), заключим: если $x > x_0$, то $t' > t_0'$, а если $x < x_0$, то $t' < t_0'$. И так как согласно определению формул (11) значениями t_0 и t_0' определяется один и тот же момент времени, то эти неравенства означают, что при использовании преобразований (19) событие *S*,, указанное в системе *К*, определяется в системе *K′* с запаздыванием в первом случае и с опережением во втором. Причем в каждом из этих двух случаев событие *S* определяется в системе *K′* как произошедшее в точке *A′*, смещенной вдоль оси *X′* относительно точки *А*, в которой это событие определено координатами x, y, z в системе *К*.

Такие неодновременность и смещение определяются значениями $t' - t_0'$, $x' - x_A'$, которые вычисляются по формулам

$$t' - t_0' = \frac{\beta/c\, \Delta x}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad x' - x_A' = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \Delta x, \quad \Delta x = x - x_0, \tag{20}$$

где $x'_A = x'_0 - x_0 + x$ – координата точки *A*, определенная в системе *K′* в момент, определенный значениями времени t_0 и t'_0. При этом в случае, когда формулы (11) определяются в виде (14), где, как и в (18), значением $v = \beta c$ определяется скорость системы *K*, в системе *K′*, формулы (20)принимают вид

$$t' - t'_0 = \frac{v / c^2 x}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}, \quad x' - x'_A = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} - 1 \right) x, \quad x'_A = x'_0 + x. \tag{21}$$

Отметим еще, что поскольку формулы (14) определены при условии $\beta = \cos\varphi'$, то с учетом этого замечания формулы (21) определяются в виде

$$t' - t'_0 = \frac{x}{c}\operatorname{ctg}\varphi', \quad x' - x'_A = \left(\frac{1}{\sin\varphi'} - 1 \right) x.$$

ВЫВОДЫ

Отличие изложенной выше кинематической интерпретации преобразований Лоренца от принятой в СТО состоит в том, что при ее использовании при переходе от одной инерциальной системе к другой введенное в рассмотрение событие определяется в этих системах, вообще говоря, не одновременно. Кроме того, значения времени t и t', которыми это событие определено в этих системах, истолковываются как измеренные различными по длительности единицами времени. Этими двумя обстоятельствами, собственно, и объясняются различные эффекты, возникающие при использовании преобразований Лоренца, которые не имеют места при использовании преобразований Галилея. В их числе так называемые лоренцовское сокращение размеров тел и лоренцовское замедление времени. Этими обстоятельствами объясняется также отличие правила сложения скоростей, следующего из преобразований Лоренца, от правила сложения скоростей, следующего из преобразований Галилея.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. OPERA collaboration. “Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam” // e-принт arXiv: 1109.4897 [hep-ex]
2. Dario Autiero. “New results from OPERA on neutrino properties”. Доклад на семинаре в ЦЕРНЕ.
3. Волченко А.П. О преобразовании Лоренца. // Труды Средневолжского математического общества. Саранск. Т.2. №1. 1999. с. 119-135
4. Волченко А.П. Сущность постулата о постоянстве скорости света в вакууме. // Вісник Харківськ. нац. ун-ту ім. В.Н. Каразіна. № 530, Радіофізика та електроніка, 2002, Вип.2.
5. Пуанкаре А. Измерение времени. / В сборнике «Принцип относительности».:-М. Атомиздат.1973. 332с.
6. Минковский Г. Пространство и время. / В сборнике «Принцип относительности».:-М. Атомиздат.1973. с. 167-180
7. Эйнштейн А. Сущность теории относительности. М.И.Л. 1955. 160с.