сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Р2 - 12699

В.Н.Стрельцов

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

(Обобщенные преобразования Лоренца)

1979

P2 - 12699

В.Н.Стрельцов

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

(Обобщенные преобразования Лоренца)

Стрельцов В.Н. P2 - 12699

Некоторые вопросы специальной теории относительности /Обобщенные преобразования Лоренца/

Обсуждается возможность формулировки специальной теории относительности на основе обобщенных ϵ-преобразований Лоренца. Преобразования получены в результате явного учета конвенционального характера определения одновременности разноместных событий. Они содержат как частный случай $(\epsilon = 1/2)$ обычные преобразования Лоренца, тогда как $\epsilon \neq 1/2$ соответствует неравенству скоростей физических процессов в противоположных направлениях. Преобразования обеспечивают инвариантность квадратичной формы, характеризующейся ковариантным метрическим тензором $g_{01} \neq 0$. Рассмотрено поведение движущихся часов и масштабов, получено правило сложения скоростей.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Strel'tsov V.N. P2 - 12699

Some Problems of Special Relativity (Generalized Lorentz Transformations)

The possibility to formulate special relativity based on generalized Lorentz transformations is discussed. The transformations have been obtained as the result of explicit consideration of conventional character of the concept of simultaneity of spatially separated events. They contain as a particular case $(\epsilon = 1/2)$ usual Lorentz transformations, whereas $\epsilon \neq 1/2$ corresponds to inequality of physical process rates in opposite directions. These transformations provide for the quadratic form invariance that is defined by the covariant metric tensor $g_{01} \neq 0$. The behaviour of moving clocks and measuring rods is considered, addition rule for velocities has been obtained.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Проблемы, которые будут затронуты ниже, фактически касаются основ построения теории относительности. Они, как и рассмотренные ранее вопросы, также стали предметом достаточно широкого обсуждения в последнее время.

1. ВВЕДЕНИЕ

Как известно, в специальной теории относительности определение понятия одновременности разноместных событий, или, что то же самое, процедура синхронизации удаленных часов, основывается на посылке световых сигналов. Обычно полагается, что для прохождения пути до удаленного события /часов/ и обратно свет затрачивает одинаковое время. При равенстве указанных путей это эквивалентно предположению /соглашению/ о равенстве скоростей света в любых двух противоположных направлениях. Однако опыт в равной мере может быть согласован и с предположением о неравенстве отмеченных времен, а следовательно, с предположением о неравенстве соответствующих скоростей.

По-видимому, Пуанкаре первый обратил внимание на то, что синхронизация удаленных часов является фундаментальной проблемой. При этом он указал /1/, что положение о постоянстве скорости света в различных направлениях является постулатом, без которого нельзя провести измерение этой скорости, и что этот постулат никогда не может быть проверен прямо экспериментом.

Высказывание о том, что скорость света принципиально невозможно измерить без произвольных допущений, а поэтому мы имеем право делать произвольные предположения о скорости света /в противоположных направлениях/ можно найти и у Эйнштейна /2/.

Детально условный, конвенциональный характер понятия одновременности разбирается в лекциях Л.И.Мандельштама /3/.

Упомянем также, что роль соглашения о синхронизации часов особенно подчеркивали философы Рейхенбах /4/ и Грюнбаум /5/.

В последнее время появился ряд работ /см., например, /6-8/ /, в которых детально обсуждается проблема определения одновременности, конвенциональный характер этого понятия.

Ниже мы обсудим возможность формулировки специальной теории относительности, когда априори не делается традиционного предположения о равенстве скоростей света в противоположных направлениях.

Вместе с тем мы коснемся определения другого важного понятия - расстояния. Указанное понятие может быть определено/на основе радиолакационного метода/ также с помощью посылки светового сигнала. Поэтому, казалось бы, отмеченное неравенство скоростей света в противоположных направлениях может быть обусловлено, с другой стороны /при равенстве времен/, неравенством путей, пройденных световым сигналом.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ ОДНОВРЕМЕННОСТИ И РАССТОЯНИЯ

2.1. Итак, понятие одновременности в специальной теории относительности определяется с помощью следующего опыта. Наблюдатель /находящийся в некоторой точке A/, посылает в удаленную от него точку B в момент времени t_1 световой сигнал; сигнал отражается в указанной точке B и возвращается назад в A в момент времени t_2. При этом обычно моменту отражения сигнала приписывается время

$$t_B = t_1 + \epsilon(t_2 - t_1), \qquad /I/$$

где $\epsilon = 1/2$. Это значение ϵ соответствует, очевидно, предположению о равенстве времен распространения света в двух противоположных направлениях, что фактически означает равенство соответствующих скоростей света. В этом заключается простота и удобство традиционного определения одновременности. Однако поскольку непосредственным результатом рассматриваемого опыта являются величины t_1 и t_2, то казалось бы, мы не можем выделить какое-либо конкретное значение среди $0 < \epsilon < 1$ как соответствующее объективной одновременности. Поэтому очевидно, что подход, в котором ϵ заранее не фиксируется, а может принимать любые значения в интервале $0 < \epsilon < 1$, представляет собою обобщение традиционного понятия одновременности. Больше того, в различных системах отсчета одновременность может быть определена также с помощью различных значений величины ϵ.

Соответствующие указанному подходу преобразования для координат будут представлять собою обобщение известных преобразований Лоренца.

Здесь мы также хотим подчеркнуть следующее. Казалось бы, проблема определения времени в удаленной от данного наблюдателя точке может быть просто решена перенесением часов с бесконечно малой скоростью в указанную точку. Однако очевидно, что введение понятия скорости предполагает решенной проблему определения времени /одновременности/ в различных точках пространства. Иными словами, отмеченная процедура не может считаться независимой по отношению к процедуре синхронизации удаленных часов посредством световых сигналов.

Перейдем теперь к непосредственному выводу формул для скоростей на основе выражения /I/. Для простоты мы ограничимся случаем /1+1/-пространства, т.к. его обобщение на /1+3/-пространство с помощью введения угловой зависимости для ϵ на основе равенства

$$(2\epsilon-1)r=(2\epsilon_x-1)x+(2\epsilon_y-1)y+(2\epsilon_z-1)z, \qquad /1/$$

где ϵ_x, ϵ_y и ϵ_z – значения параметра одновременности вдоль направлений осей OX, OY и OZ, особого труда не представляют.

На основании /I/ для времени распространения светового сигнала от т. A до т. B будем иметь

$$T^c_{AB}=\epsilon(t_2-t_1)=2\epsilon T^c. \qquad /2а/$$

где T^c – соответствует традиционному выбору $\epsilon=1/2$, а в обратном направлении –

$$T^c_{BA}=2(1-\epsilon)T^c. \qquad /2б/$$

Таким образом, для скоростей распространения света в прямом и обратном направлениях получим соответственно

$$c_1=\frac{X_{AB}}{T^c_{AB}}=\frac{X}{2\epsilon T^c}=\frac{c}{2\epsilon},$$

$$c_2=\frac{X_{BA}}{T^c_{BA}}=\frac{X}{2(1-\epsilon)T^c}=\frac{c}{2(1-\epsilon)}, \qquad /3/$$

где $c=X/T^c$ – обычное значение скорости света.

Рассмотрим теперь некоторое материальное тело /скажем, в форме твердого шарика/, которое также пущено из т. A в направлении т. B, но раньше светового сигнала /в момент времени t^T_1/. Пусть в т. B вместе с указанным световым сигналом /обычно мы бы сказали "одновременно"/ шарик упруго отражается /например, от стенки/ и возвращается назад в т. А в момент времени t_2^T.

Исходя из вытекающего на основании опыта условия, что разности времен распространения тела и света в прямом и обратном направлениях в рассматриваемом примере должны быть равны, для величин T_{AB}^T и T_{BA}^T, соответствующих /2а/ и /2б/, получим

$$T_{AB}^T = \frac{1}{2}(t_2^T - t_1^T) - \frac{1}{2}(t_2 - t_1) + \epsilon(t_2 - t_1) = T^T + (2\epsilon - 1)T^c,$$

/4/

$$T_{BA}^T = \frac{1}{2}(t_2^T - t_1^T) - \frac{1}{2}(t_2 - t_1) + (1-\epsilon)(t_2 - t_1) = T^T - (2\epsilon - 1)T^c.$$

В результате для скоростей движения тела в прямом и обратном направлениях найдем

$$\frac{1}{v_1} = \frac{T_{AB}^T}{X_{AB}} = \frac{T^T + (2\epsilon - 1)T^c}{X} = \frac{1}{v} + \frac{2\epsilon - 1}{c},$$

/5/

$$\frac{1}{v_2} = \frac{T_{BA}^T}{X_{BA}} = \frac{T^T - (2\epsilon - 1)T^c}{X} = \frac{1}{v} - \frac{2\epsilon - 1}{c},$$

где T^T и $v = X/T^T$ соответствуют обычному определению одновременности. Упомянутое условие, очевидно, приводит к равенству

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{c_1} = \frac{1}{v_2} - \frac{1}{c_2}. \qquad /6/$$

Следует вместе с тем отметить, что в рассматриваемом выше опыте априори мы, казалось бы, не можем исключить возможность того, что ϵ не постоянно. Иными словами, что вместо /I/ имеет место равенство

$$t_B = t_1 + \int_{t_1}^{t_2} \epsilon(t)dt. \qquad /I^*/$$

Ниже мы проанализируем этот случай.

2.2. С другой стороны, рассмотренный опыт может быть использован также /в соответствии с радиолокационным методом измерения расстояний /для определения расстояния от т.А до т.В . При этом будем иметь

$$X_{AB} = c\epsilon_1 (t_2 - t_1), \qquad /II/$$

где $\epsilon_1 = 1/2$. Важно отметить, что здесь c следует фактически трактовать как масштабный коэффициент потому, что в принципе мы могли бы измерять расстояние в единицах времени, т.е. положить $c = 1$. Поскольку, подчеркнем снова, непосредственным результатом рассматриваемого опыта являются величины t_1 и t_2, то, казалось бы, выбор $\epsilon_1 = 1/2$ в формуле (II), определяющей понятие расстояния, такое же условное соглашение, как и выбор $\epsilon = 1/2$ в формуле (I), определяющей понятие одновременности.

Обсудим детальнее отмеченную возможность, когда ϵ_1 может принимать любое значение в интервале $0 < \epsilon_1 < 1$, но $\epsilon_1 = 1/2$ в соответствии с общепринятым определением понятия одновременности. Для простоты мы снова ограничимся случаем одного пространственного измерения.

Принимая во внимание, что в рассматриваемом опыте сумма расстояний, пройденных сигналом от т. A до т. B и обратно от т. B до т. A, должна быть равна заданной величине $c(t_2 - t_1)$:

$$X_{AB} + X_{BA} = c(t_2 - t_1), \qquad /7/$$

с учетом (II) будем иметь

$$X_{BA} = (1 - \epsilon_1)\, c(t_2 - t_1). \qquad /IIa/$$

Отсюда видно, что для $\epsilon_1 \neq 1/2$ расстояния, проходимые светом* в прямом и обратном направлениях, будут отличаться. Привлекая общепринятое определение понятия расстояния, в рамках которого

$$X_{AB} = X_{BA} = X = \frac{1}{2}\, c(t_2 - t_1), \qquad /8/$$

перепишем (II) и (IIa) в виде

$$X_{AB} = 2\epsilon_1 X, \quad X_{BA} = 2(1 - \epsilon_1) X. \qquad /9/$$

Введем теперь понятие скорости. При этом мы учтем, что как для света, так и для некоторого тела времена прохождения данного расстояния от A до B и обратно равны между собой ($T^c_{AB} = T^c_{BA} = T^c$, $T^T_{AB} = T^T_{BA} = T^T$). В этом случае для скоростей распространения света /движение тела/ в прямом и обратном направлениях будем иметь

---

* Или вообще любым физическим объектом /материальным телом/.

$$c_1 = 2\epsilon_1 \frac{X}{T^c} = 2\epsilon_1 c,$$

$$c_2 = 2(1-\epsilon_1)\frac{X}{T^c} = 2(1-\epsilon_1)c. \qquad /10/$$

$$v_1 = 2\epsilon_1 \frac{X}{T^T} = 2\epsilon_1 v,$$

$$v_2 = 2(1-\epsilon_1)\frac{X}{T^T} = 2(1-\epsilon_1)v. \qquad /11/$$

На основании /10/ и /11/ вместо /6/ в данном случае получим следующее соотношение между скоростями:

$$c_1 v_2 = c_2 v_1. \qquad /12/$$

3. ОБОБЩЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА

Преобразования для координат, о которых пойдет речь дальше, рассматривались, зачастую независимо, в целом ряде работ /9-17/.

Здесь для нахождения указанных преобразований, описывающих переход от одной инерциальной системы отсчета (K) к другой (K′), мы применим метод k-коэффициента Бонди /18/. Согласно этому методу, основанному на принципе относительности, при условии равенства значений ϵ в K и K' для процессов распространения света в прямом и обратном направлениях будем иметь

$$t' - \frac{x'}{c_1} = k\left(t - \frac{x}{c_1}\right),$$

$$t' + \frac{x'}{c_2} = \frac{1}{k}\left(t + \frac{x}{c_2}\right). \qquad /13/$$

Складывая и вычитая эти равенства, получим

$$x' = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}\left[\left(\frac{k}{c_1} + \frac{1}{kc_2}\right) x - \left(k - \frac{1}{k}\right)t\right],$$

$$t' = \frac{1}{c_1 + c_2}\left[\left(kc_1 + \frac{c_2}{k}\right) t - \left(k - \frac{1}{k}\right)x\right]. \qquad /14/$$

Обозначая через v_1 скорость движения начала системы отсчета $K'(x'=0)$ относительно K, будем иметь

$$v_1 = \frac{k^2 - 1}{k^2/c_1 + 1/c_2}, \qquad /15/$$

откуда следует, что

$$k = \left(\frac{1 + v_1/c_2}{1 - v_1/c_1}\right)^{1/2}. \qquad /16/$$

Опираясь на последний результат, перепишем выражения /14/ в виде

$$x' = (x - v_1 t)\Gamma, \qquad /17а/$$

$$t' = \{(1 + v_1/c_2 - v_1/c_1)t - [v_1/(c_1 c_2)]x\}\,\Gamma, \qquad /17б/$$

где $\Gamma = [(1 + v_1/c_2)(1 - v_1/c_1)]^{-1/2}$.

Поскольку, с другой стороны, согласно изложенному выше, начало отсчета K-системы $(x=0)$ движется относительно K' со скоростью $-v_2$, то, полагая $x'/t' = -v_2$, с помощью /17/ получим

$$1/v_1 - 1/c_1 = 1/v_2 - 1/c_2 .$$

Это выражение, очевидно, совпадает с формулой /6/, полученной на основании обобщения понятия одновременности, но отличается от равенства /12/. Последнее фактически означает, что рассмотренная в п. 2.2 возможность, связанная по сути дела с предположением / при $\epsilon_1 \neq 1/2$/ об анизотропии пространства, противоречит принципу относительности *, на основе которого выше мы получили отмеченное выражение для скоростей.

С учетом /3/ и /5/ обобщенные преобразования Лоренца /17/ могут быть также переписаны в виде

$$x' = \{[1 + (2\epsilon - 1)v]x - vt\}\gamma\,^{**}, \qquad /18а/$$

$$t' = \{[1 - (2\epsilon - 1)v]t - 4\epsilon(1-\epsilon)vx\}\gamma,$$

где /18б/

$\gamma = (1 - v^2)^{½}$. Здесь и ниже мы полагаем $c = 1$.

Отметим, что простой способ получения формул /18/ связан с заменой в специальных преобразованиях Лоренца временной координаты t /в K и K' / на величину $t - (2\epsilon - 1)x$.

Вообще говоря, одновременность в различных системах, например K и K', может быть определена с помощью различных величин ϵ и ϵ' $(\epsilon \neq \epsilon')$. В этом случае вместо /18/ получим следующие формулы преобразования для координат:

$$x' = \{[1 + (2\epsilon - 1)v]x - vt\}\gamma,$$

$$t' = \{[1 - (2\epsilon - 1)v]t - 2[(\epsilon - \epsilon') + \epsilon(1-\epsilon')v + \epsilon'(1-\epsilon)v]x\}\gamma. \qquad /19/$$

В дальнейшем, однако, мы ограничимся простым случаем $\epsilon = \epsilon'$.

Если в соответствии с (I^*) допустить, что ϵ является функцией t, то, скажем, вместо /18/ мы будем иметь аналогичные преобразования для дифференциалов. Тогда как для координат будем иметь следующие преобразования:

$$x' = f_1(t)x + at, \quad t' = f_3(t) + f_4(t)x. \qquad /18^*/$$

Дифференцируя их и сравнивая с отмеченными преобразованиями для дифференциалов, в частности, найдем

$$f_1 = \{1 + [2\epsilon(t) - 1]v\}\gamma, \quad \dot{f}_1 x + a = -v\gamma,$$

---

* Аналогичным образом исключается и случай $\epsilon = \epsilon_1 \neq 1/2$, когда $c_1 = c_2$, но $v_1 \neq v_2$.

** Следует отметить, что в первой из цитированных выше работ /8/ содержится неточность, связанная с тем, что преобразование для пространственной координаты ищется в виде $x' = D(x - vt)$, что, очевидно, противоречит /18а/.

где точка означает производную по времени. Из первого равенства следует, что $\dot{f}_1 = 2\epsilon v\gamma$, а из второго - $\dot{f}_1 = 0$, откуда заключаем, что $\epsilon = \mathrm{const}$.

В результате (I^*) сводится к обычному выражению (I).

4. ДВИЖУЩИЕСЯ ЧАСЫ И МАСШТАБЫ

На основе формулы /18б/, найдем, что интервалу времени по часам, покоящимся в системе отсчета $K'(x'=0)$, при наблюдении из K-системы, где данные часы движутся в положительном направлении оси OX, будет соответствовать временной интервал

$$\Delta t_1 = \Delta t' [(1 - v_1/c_1)(1 + v_1/c_2)]^{-1/2} = [1 + (2\epsilon - 1)v]\Delta t'\gamma. \qquad /20/$$

При этом для часов, движущихся аналогичным образом, но в противоположном направлении, будем иметь

$$\Delta t_2 = \Delta t' [(1 - v_2/c_2)(1 + v_2/c_1)]^{-1/2} = [1 - (2\epsilon - 1)v]\Delta t'\gamma. \qquad /21/$$

Если мы воспользуемся часами и световыми сигналами для определения длины (ℓ') некоторого масштаба, то в системе отсчета K', где данный масштаб покоится, будем иметь*

$$\ell' = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}\Delta t'. \qquad /22/$$

Здесь $\Delta t'$ - время распространения света от одного конца масштаба /для определенности-левого/ до другого /правого/ и обратно.

Однако коль скоро в рассматриваемом подходе скорости света в противоположных направлениях могут различаться, то для определения данного масштаба в K-системе, где он движется, необходимо, кроме измерения времени Δt, соответствующего $\Delta t'$, провести дополнительное измерение. Можно, например, измерить расстояние (Δx), пройденное левым концом масштаба от момента излучения светового сигнала до

---

*Мы не будем приводить соответствующих выражений /получаемых в результате подстановки /3/ и /5//, если они не зависят от ϵ, т.е. имеют стандартный вид.

момента его возвращения. Тогда в соответствии с нашим определением [19] длина движущегося масштаба /как полусумма расстояний, пройденных светом от левого конца к правому и обратно к левому концу/ будет даваться выражением

$$\ell = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}\Delta t + \frac{c_1 - c_2}{2(c_1 + c_2)}\Delta x = \Delta t + \left(\frac{1}{2} - \epsilon\right)\Delta x. \qquad /23/$$

При этом связь величин ℓ и ℓ' будет описываться формулой

$$\ell = \frac{\ell'}{2}\,\frac{2 - v_1/c_1 + v_1/c_2}{[(1 - v_1/c_1)(1 + v_1/c_2)]^{1/2}}, \qquad /24/$$

соответствующей "формуле удлинения" /3/ [19] .

5. ПРАВИЛО СЛОЖЕНИЯ СКОРОСТЕЙ

Если мы скомбинируем два частных преобразования /17/ с относительными скоростями v_1 и u_1 , то для результирующего преобразования, например координаты x, будем иметь

$$x'' = \frac{[1 + v_1 u_1/(c_1 c_2)]x - (v_1 + u_1 - v_1 u_1/c_1 + v_1 u_1/c_2)t}{[(1 - v_1/c_1)(1 + v_1/c_2)(1 - u_1/c_1)(1 + u_1/c_2)]^{1/2}}. \qquad /25/$$

Откуда для скорости w_1 указанного преобразования получим формулу

$$w_1 = \frac{v_1 + u_1 - v_1 u_1 (1/c_1 - 1/c_2)}{1 + v_1 u_1/(c_1 c_2)}, \qquad /26/$$

которая будет выражать собою правило сложения скоростей v_1 и u_1.

При этом будем иметь также, что

$$\frac{[(1 - v_1/c_1)(1 + v_1/c_2)(1 - u_1/c_1)(1 + u_1/c_2)]^{1/2}}{1 + v_1 u_1/(c_1 c_2)} = \qquad /27/$$

$$= [(1 - w_1/c_1)(1 + w_1/c_2)]^{1/2}.$$

6. ИНТЕРВАЛ. СИСТЕМА КООРДИНАТ

Нетрудно непосредственно проверить, что преобразования /17/ обеспечивают инвариантность квадратичной формы следующего вида:

$$\tau^2 = x^{\circ 2} - (1/c_1 - 1/c_2)\, x^\circ x^1 - [1/(c_1 c_2)]\, x^{1^2}, \qquad /28/$$

где $x^\circ = t$, $x^1 = x$. Иными словами, в данном случае метрический тензор $g_{ik}(i,k = 0,1)$ имеет не равную нулю составляющую $g_{01} = g_{10}$. При этом все компоненты g_{ik} постоянны, не зависят от системы отсчета и могут быть записаны в виде

$$g_{00} = 1, \quad g_{01} = g_{10} = (1 - 2\epsilon), \quad g_{11} = -4\epsilon(1-\epsilon). \qquad /29/$$

В случае преобразований /19/ условие инвариантности квадратичной формы будет определяться равенством

$$g'_{ik}\, x^{i'} x^{k'} = g_{ik}\, x^i x^k , \qquad /30/$$

где в соответствии с /29/ $g'_{ik} = g_{ik}(\epsilon')$.

Отождествив, таким образом, рассматриваемые выше преобразования для координат /17/-/19/ с преобразованиями для контравариантных составляющих можно получить соответствующие формулы и для ковариантных величин (x_i). Так, привлекая /17/, /18/ и /29/, на основании известного равенства

$$x_i = g_{ik}\, x^k \qquad /31/$$

получим

$$x'_0 = (x_0 + v_1 x_1)\Gamma,$$

$$x'_1 = \{(1 + v_1/c_2 - v_1/c_1)x_1 + [v_1/(c_1 c_2)]x_0\}\Gamma, \qquad /17'/$$

$$x'_0 = \{[1 + (2\epsilon - 1)v]\, x_0 + v\, x_1\}\gamma,$$

$$x'_1 = \{[1 - (2\epsilon - 1)v]\, x_1 + 2\epsilon(1-\epsilon)\, v\, x_0\}\gamma. \qquad /18'/$$

При этом правая часть формулы /30/ для квадрата интервала перепишется, очевидно, в виде

$$\tau^2 = x_i x^i . \qquad /32/$$

Можно ли рассматривать инвариантное выражение /28/ /или /32// геометрически как квадрат некоторого расстояния?

Чтобы ответить на это, произведем обычную замену $x^0 = -ix^4$. В результате будем иметь

$$-\tau^2 = 4\epsilon(1-\epsilon)x^{1^2} + 2i(1-2\epsilon)x^1x^4 + x^{4^2} . \qquad /28'/$$

Очевидно, что последнее выражение отличается от соответствующего выражения для квадрата расстояния в прямоугольных координатах, в частности, тем, что $g_{14} \neq 0$. Таким образом, преобразования /17/- /19/ суть линейные неортагональные преобразования. Если отвлечься от мнимой единицы, то /28'/ напоминает формулу для квадрата расстояния в косоугольных координатах

$$s^2 = x^2 + y^2 + 2xy\cos\alpha, \qquad /33/$$

где α - угол между осями, а x и y - параллельные проекции.

Однако если переход к косоугольным координатам связан с заменой

$$x \to x\sin\alpha, \quad y \to y + x\cos\alpha, \qquad /34/$$

то переход от обычных преобразований Лоренца к /18/ осуществляется с помощью подстановки

$$x^1 \to x^1, \; x^4 \to x^4 + ix^1\cos\alpha, \qquad /35/$$

где $\cos\alpha = 1-2\epsilon$.

Опять-таки отвлекаясь от мнимой единицы, преобразования /35/ можно было бы рассматривать как введение косоугольных координат с углом $\alpha = \arccos(1-2\epsilon)$ при условии, что эталон длины вдоль оси OX^1 в $(\sin\alpha)^{-1} = [4\epsilon(1-\epsilon)]^{-1/2}$ раз больше по сравнению с /единичным/ эталоном длины, служащим для измерения координаты x^4. Однако наличие "i" в формулах /28'/ и /35/ затрудняет их наглядную геометрическую трактовку.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одно из основных понятий теории относительности - одновременность разноместных событий определяется на основе условного соглашения /конвенции/. Эта проблема определения времени в разных точках пространства не может быть решена непосредственным переносом часов.

Явный учет конвенциального характера определения одновременности позволяет ввести обобщенные ϵ-преобразования Лоренца. Они включают обычные преобразования Лоренца ($\epsilon = 1/2$), а при $\epsilon \neq 1/2$ допускают "временную анизотропию", приводящую к анизотропии скоростей распространения физических сигналов. Вместе с тем оказывается, что предположение об анизотропии пространства противоречит принципу относительности. Также должно быть отброшено и предположение о возможной зависимости параметра одновременности ϵ от времени.

Отметим, кроме того, что ϵ-преобразования - неортогональные преобразования, но введение их не есть просто переход к косоугольным координатам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пуанкаре А. Избранные труды, "Наука", М., 1974, т. 3, с. 419.
2. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. "Наука"., М., 1965, т. 1, с. 175.
3. Мандельштам Л.И. Полное собр.научн. трудов. Изд. АН СССР, 1950, т. 5, лекции 8 и 9.
4. Рейхенбах Г. Направление времени. ИИЛ, М., 1962, с. 62.
5. Грюнбаум А. Философские проблемы пространства и времени. "Прогресс", М., 1969, с. 436-465, 527-552.
6. Тяпкин А.А. УФН, 1972, 106, с. 617.
7. Mansouri R., Sexl R.U. Gen.Rel.Grav., 1977, 8, p. 497.
8. Молчанов Ю.Б.Уч. записки Тартуского гос. ун-та, Тарту, 1977, вып. 417, с. 70.
9. Edwards W.F. Amer. J. Phys., 1963, 31, p. 482.
10. Winnie J.A. Phil.Sci., 1970, 37, p. 81, 223.
11. Стрельцов В.Н. ОИЯИ, Р2-6968, Дубна, 1973; Р2-11084, Дубна, 1977.
12 Petryszyn H. Prace Nauk.Inst.Mat.Fiz.Polit.Wrocl., 1973, No. 8, p. 47.
13. Болтянский В.Г. Дифференциальные уравнения, 1974, 2101, с. 10.

14. Beauregard L.A. Found.Phys., 1977, 7, p. 769.
15. Зарипов Р.Г. Сб. "Гравитация и теория относит.", Изд. Каз. ун-та, 1978, вып. 14-15, с. 60.
16. Giannoni C. Phil.Sci., 1978, 45, p. 17.
17. Markov S. Ann.Univ. de Sofia, Fac. de phys. 1974/75, 66, p. 21.
18. Бонди Г. Относительность и здравый смысл. "Мир", М., 1967.
19. Стрельцов В.Н. ОИЯИ, Р2-10912, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 июля 1979 года.