

## О ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ ЛОРЕНЦА ПРИ СВЕРХСВЕТОВЫХ СКОРОСТЯХ

В.С.Барашенков, М.З.Юрьев\*

Трудности обобщения преобразований Лоренца на область сверхсветовых скоростей обусловлены нарушением условия коллинеарности движения систем координат. Предложена форма преобразований, устраняющая это противоречие и применимая при любых скоростях.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

### On the Lorentz Transformations with Superluminal Velocities

V.S.Barashenkov, M.Z.Yuriev

The difficulties of superluminal generalization of the Lorentz transformations are due to a violation of the collinearity of the reference frame motion. The transformations are proposed which obviate the contradiction and are applied for any velocities.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

В нелокальных теориях, где на малых расстояниях допускаются сверхсветовые сигналы, пространственно- и времяподобные точки в области  $x < \lambda$  ( $\lambda$  — константа нелокальности) совершенно равноправны и система координат может быть связана с любой из них. Другими словами, теория обязана быть инвариантной относительно лоренцевских преобразований как с досветовыми, так и со сверхсветовыми скоростями. Лишь в этом случае теория может считаться последовательно релятивистски-инвариантной. Этому требованию должна удовлетворять и теория сверхсветовых частиц тахионов, являющаяся корпускулярной реализацией гипотезы о нелокальности. Однако Л.Мэрчилдон с соавторами показал, что в пространстве-времени с числом измерений, большим двух, сверхсветовые обобщения известных нам лоренцевских преобразований расширяют группу Лоренца до полной группы линейных

---

\*Промышленная группа ИНТЕРПРОМ, Москва

преобразований с единичным определителем [1], когда несколько последовательных преобразований Лоренца приводят к ненаблюдаемым на опыте симметриям.

Многочисленные попытки устранить трудности не привели к успеху (см. об этом работу [1] и обзор [2]).

Тем не менее, можно думать, что трудности обусловлены не существом дела, а противоречивостью рассматривавшихся преобразований. По условию их вывода они относятся к случаю параллельно движущихся координатных осей  $x$  и  $x'$ , однако в сверхсветовой области происходит перестановка временной и одной из пространственных осей: если  $|v| < c$ , лоренцевские преобразования имеют вид

$$\left. \begin{aligned} x' &= \gamma (x - vt), & t' &= \gamma (t - xv/c^2), \\ y' &= y, \quad z' = z, & \gamma &= (1 - v^2/c^2)^{-1/2}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

а в сверхсветовой области, при  $|v| > c$ ,

$$\left. \begin{aligned} x' &= \varepsilon \gamma (t - xw/c^2), & t'c &= \varepsilon \gamma (x - tw), \\ y' &= y, \quad z' = z, & \gamma &= (1 - w^2/c^2)^{-1/2}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $\varepsilon = v/|v|$ ,  $w = c^2/v$ .

Как видим, переменная  $(t'c)$  преобразуется здесь как пространственная, а  $(x'/c)$  как временная координата. Это означает, что преобразованная точка  $(x', t')$  располагается в другом конусе четырехмерного пространства-времени, и это нарушает исходное условие коллинеарности. По-существу мы имеем тут дело не с преобразованием координатной системы, когда одно и то же событие рассматривается с двух разных точек зрения, а с чисто математической операцией, устанавливающей соответствие (mapping) точек, расположенных внутри и вне светового конуса.

Чтобы удовлетворить условию коллинеарности старых и новых координатных осей, следует рассматривать переменные  $(t'c)$  и  $(x'/c)$ , соответственно, в качестве пространственной координаты и времени сверхсветовой области, как они и воспринимаются находящимся там наблюдателем:

$$\left. \begin{aligned} x' &= \varepsilon \gamma (x - tu), & t' &= \varepsilon \gamma (t - xu/c^2), \\ y' &= y, \quad z' = z, & \gamma &= (1 - u^2/c^2)^{-1/2}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $u = v$  и  $\varepsilon = 1$ , если  $|v| < c$ , и  $u = c^2/v$ ,  $\varepsilon = v/|v|$  при  $|v| > c$ .

Преобразования (3) составляют группу, никаких дополнительных, ненаблюдаемых на опыте симметрий при этом не возникает. Координатные оси остаются коллинеарными (соответственно квадратичная форма не меняет знака), и закон сложения скоростей приобретает вид

$$U = (u_1 + u_2)/(1 + u_1 u_2/c^2), \quad (4)$$

где величина  $U$  интерпретируется в зависимости от того, в какой системе координат рассматривается конечное событие  $(x'', t'')$ . Если оно в досветовой (этому соответствуют случаи сложения двух досветовых или двух сверхсветовых скоростей  $v_i$ ), то правая часть выражения (4) равна  $(v_1 + v_2)/(1 + v_1 v_2/c^2)$  и  $U = V$  — суммарная скорость. Если же  $(x'', t'')$  в сверхсветовой системе (этому соответствуют случаи сложения до- и сверхсветовой скорости), то  $U = (1 + v_1 v_2/c^2)/(v_1 + v_2) = 1/V$ .

Интересно, что при сложении сверхсветовых скоростей суммарная скорость всегда меньше световой. В граничном случае, когда  $v_i \rightarrow c$ ,  $V \rightarrow c$ ; при  $v \rightarrow \infty$  суммарная скорость  $V \rightarrow 0$ .

Таким образом, нелокальные теории и их частичный случай теория тахионов могут быть сформулированы в релятивистски-инвариантной форме, симметричной относительно до- и сверхсветовых скоростей.

## Литература

1. Marchildon L., Antipp A., Everett A. — Phys. Rev., 1983, v.D27, p.1740.
2. Recami E. — Revista Nuovo Cimento, 1986, v.9, p.1.

Рукопись поступила 19 декабря 1994 года.