сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Д2-94-446

В.Н.Стрельцов

СОКРАЩЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ТЕЛ НЕСОВМЕСТИМО С ЛОРЕНЦ-ИНВАРИАНТНОСТЬЮ

1994

Стрельцов В.Н. Д2-94-446

Сокращение движущихся тел несовместимо
с лоренц-инвариантностью

Подчеркивается, что традиционное (эйнштейновское) определение длины движущегося масштаба противоречит инвариантности интервала. Этому требованию единственно удовлетворяет концепция релятивистской (локационной) длины. Поэтому теперь один из главных выводов теории относительности гласит: продольные размеры тел увеличиваются при движении.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1994

Strel'tsov V.N. D2-94-446

Moving Bodies Contraction Is Incompatible
with Lorentz Invariance

It is emphasized that the traditional (Einsteinian) definition of the moving rod length contradicts the interval invariance. The concept of the relativistic (radar) length satisfies this demand only. Therefore one of the main conclusions of relativity theory says now: longitudinal sizes of bodies increase in motion.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1994

Введение. Теория относительности установила, что материальная линейка (масштаб) представляет физически не пространственную вещь, а пространственно-временную конфигурацию. Иначе говоря, к трем пространственным компонентам добавляется временная. На математическом языке это означает, что масштаб должен описываться пространственноподобным 4-вектором. Общепринятое определение длины движущегося масштаба дает рецепт получения соответствующей четверки чисел (в каждой системе отсчета). Если при этом условие лоренц-ковариантности выполнено, то указанные четверки должны представлять один и тот же 4-вектор. Или, иначе, соответствующий сокращенной длине 4-интервал должен быть лоренц-инвариантен.

Как известно, релятивистский интервал — это четырехмерная величина, определяемая двумя точечными событиями и являющаяся аналогом трехмерного расстояния между двумя точками. Или, как говорят, метрика (четырехмерного) пространства Минковского определяется квадратом интервала

$$-s^2 = c^2\Delta t^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2 , \tag{1}$$

зависящего от разности координат указанных событий. Интервал — основной инвариант теории относительности, поэтому его называют также фундаментальным инвариантом. Вещественными представителями интервала являются часы и масштабы.

Напомним, что инвариант — это величина, которая не изменяет своего значения (остается инвариантной) при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Поскольку этот переход связан с изменением скорости движения, то инвариантность интервала должна означать его независимость от скорости, т.е. постоянство.

Ввиду важности последнего утверждения* сформулируем его в виде теоремы и докажем ее.

Теорема. *Если интервал не зависит от скорости движения, то он инвариантен.*

---

*Тем более, что оно вызывает возражение даже у специалистов (например, у рецензента «Phys.Rev.Lett.»).

Исключительно для наглядности будем полагать, что $s = l^* f(\beta c)$, где l^* — постоянная, $f = (1-\beta^2)^a$, βc — скорость. Под материальным представителем интервала будем подразумевать движущийся стержень.

Необходимость. Пусть $a = 0$. Тогда в двух системах отсчета, где стержень движется со скоростями βc и $\beta_1 c$, будем иметь

$$s = l^*(1-\beta^2)^0 = l^* \text{ и } s_1 = l^*(1-\beta_1^2)^0 = l^*,$$

т.е. условие инвариантности интервала $s = s_1$ действительно выполнено.

Достаточность. Очевидно, что требование лоренц-инвариантности будет соблюдено, если справедливо равенство

$$l^*(1-\beta^2)^a = l^*(1-\beta_1^2)^a .$$

Но это возможно, если только $a = 0$ (поскольку $\beta \neq \beta_1$).

Таким образом, теорема доказана. Так же легко может быть доказана и обратная теорема.

Сокращенная длина. С учетом сказанного рассмотрим традиционное (эйнштейновское) определение длины l_c движущегося масштаба. Пусть для простоты масштаб ориентирован и движется вдоль оси x S-системы. В рамках данного определения ему сопоставляются два одновременных (точечных) события на его концах, или четырехкомпонентная величина

$$l_c^n = (0, \Delta x, 0, 0) = (0, l_c, 0, 0) . \tag{2}$$

Поэтому пространственноподобный интервал, отвечающий данному движущемуся масштабу, имеет вид

$$s_c = \Delta x = l_c . \tag{3}$$

Как известно, прямым следствием условия одновременности засечек положения концов движущегося масштаба $\Delta t = 0$ (одновременности упомянутой пары событий) является формула сокращения

$$l_c = l^*(1-\beta^2)^{1/2} . \tag{4}$$

Здесь l^* — длина масштаба в покое, или собственная длина, βc — его скорость (скорость S^*-системы относительно S).

Неинвариантность «сокращенного интервала».

а) На основании (4) следует, что интервал s_c явно зависит от скорости движения [1]:

$$s_c = l^*(1-\beta^2)^{1/2} . \tag{5}$$

Но, как мы доказали выше, такая зависимость означает, что традиционное определение не удовлетворяет требованию лоренц-инвариантности [2].

б) Последний результат можно получить и иным путем, если учесть, что на основании (5) при переходе к системе покоя стержня ($\beta \to 0$) будем иметь

$$s_c^* = l^* . \tag{6}$$

Сравнение (5) и (6) прямо говорит о неинвариантности «сокращенного интервала». Отметим также следующее.

Нековариантность сокращенной длины (точнее, сокращенного объема) косвенно проявилась уже, когда Лауэ [3] представил выражение для энергии и импульса (G^i) электромагнитного поля в ковариантной форме:

$$G^i = \int T^{ik} dV_k . \tag{7}$$

Здесь T^{ik} — тензор энергии-импульса электромагнитного поля, dV_k — четырехмерная величина, которая в соответствии с общепринятым определением имеет только одну временную компоненту — элемент пространственного объема (см., например, [4]). Поскольку лоренц-ковариантность T^{ik} сомнений не вызывает, то нековариантность G^{i*} в левой части (7) должна означать нековариантность dV_k, а тем самым и сокращенной длины.

Поясним физический смысл математических результатов. Согласно требованию лоренц-ковариантности одна и та же пара событий должна представлять стержень во всех системах отсчета. Эйнштейновское условие одновременности событий в движущейся системе вступает в противоречие с этим основополагающим требованием.

Релятивистская длина. В рамках концепции релятивистской (локационной) длины (см., например, [5]) вместо (2) имеем

$$l_r^i = (\beta l_r, l_r, 0, 0) , \tag{8}$$

откуда с учетом формулы удлинения

$$l_r = l^*(1-\beta^2)^{-1/2} \tag{9}$$

постоянство интервала $s_r = l^*$ (его совпадение с длиной покоящегося масштаба) очевидно. Другими словами: четырехкомпонентная величина l_r^i (в отличие от l_c^n) является 4-вектором [1].

*Известная как «проблема 4/3».

Заключение. Высказывается мнение, что рассмотренная проблема имеет педагогический характер и не заслуживает внимания*. Однако, как следует из полученных результатов, традиционное представление о сокращении движущихся тел несовместимо с лоренц-инвариантностью интервала. Поэтому мы должны отказаться от него, заменив вытекающим из концепции релятивистской (локационной) длины выводом об увеличении продольных размеров тел при движении. Тем самым изменяется одно из главных следствий теории относительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов В.Н. — Сообщение ОИЯИ Р2-84-843, Дубна, 1984.
2. Стрельцов В.Н., Хвастунов М.С. — Сообщения ОИЯИ Д2-94-72 и Р2-94-171, Дубна, 1994.
3. von Laue M. — Ann.Phys. (Leipzig), 1911, 35, p.124.
4. Меллер К. — Теория относительности. М.: Атомиздат, 1975, §4.17.
5. Strel'tsov V.N. — Found.Phys., 1976, 6, p.293.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 ноября 1994 года.

*Такого мнения придерживаются, например, редакции «Amer.J.Phys.» и «Eur.J.Phys.».