JINR P2-95-161

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

FERMILAB
NOV 27 1995
LIBRARY

P2-95-161

В.Н.Стрельцов

УДЛИНЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ТЕЛ — СЛЕДСТВИЕ ЛОРЕНЦ-ИНВАРИАНТНОСТИ ИНТЕРВАЛА

Fermilab Library
0 1160 0049586 5

1995

Введение. В теории относительности место прежнего «дорелятивистского» инварианта — расстояния (длины), занимает 4-интервал. Поэтому, например, вместо длины стержня правильнее говорить о его (пространственноподобном) интервале. В покоящейся системе, т.е., по существу, в нерелятивистском пределе, их значения совпадают, что обеспечивает преемственность соответствующих теорий и необходимую однозначность интервала. С учетом лоренц-инвариантности интервала в движущейся системе отсчета это ведет к единственно «локационному определению» длины движущегося стержня [1]. Следствием же этого определения является увеличение (а не сокращение) продольных размеров тел при движении (см., напр., [2]).

Ниже приводятся дополнительные соображения на этот счет.

Релятивистский интервал — это четырехмерная величина, определяемая двумя точечными событиями и являющаяся аналогом (и, можно сказать, преемником) трехмерного расстояния (длины). Или, как говорят, метрика пространства Минковского определяется квадратом интервала:

$$-s^2 = (\Delta\mathbf{x})^2 - c^2\Delta t^2 \ , \qquad (1)$$

зависящего от разности координат указанных событий. 4-интервал — основной инвариант теории относительности, поэтому его называют также фундаментальным инвариантом. По определению инвариант — это величина, которая не изменяет своего значения при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Поскольку этот переход связан с изменением скорости движения, то инвариантность интервала должна означать независимость от скорости, т.е. постоянство (см., напр., [3, 4]). Материальными представителями пространственноподобного интервала являются масштабы (стержни), а времениподобного — часы. Заметим, что интервал также однозначно позволяет, например, классифицировать стержни, как прежде это делалось с помощью «нерелятивистского инварианта» — длины.

Длина стержня. В аналитической геометрии длина стержня определяется первым членом правой части (1). При этом очевидно, что значения проекций (слагаемых) всегда меньше самой длины (их суммы). Только для стержня, ориентированного вдоль одной из осей координат, длина будет совпадать с этой

«максимальной проекцией». Можно сказать, что, например, на плоскости такая ситуация имеет место, если угол поворота $\varphi = 0$.

Интервал стержня. В релятивистском случае из-за отрицательного знака в выражении для интервала (его псевдоевклидовости) значения пространственной проекции будут всегда больше величины самого интервала. Поэтому по аналогии с предыдущим рассуждением теперь уже «минимальной (пространственной) проекции» должен соответствовать угол $\psi = 0$ лоренцева поворота. Напомним, что $th\psi = \beta$, где β-скорость движения. Откуда следует, что «минимальная проекция» попросту определяется длиной покоящегося стержня. Иными словами, неподвижный масштаб измеряет пространственноподобный интервал [5]:

$$s = l^* . \tag{2}$$

Следует заметить, что, строго говоря, уже само представление о зависимости длины движущегося стержня от скорости с необходимостью ведет к предыдущему результату. Действительно, в соответствии с требованием лоренц-инвариантности только постоянная (независящая от скорости) величина может определять интервал стержня. Но таковой единственно является длина неподвижного стержня.

С другой стороны, квадрат длины движущегося стержня будет представлять пространственная часть квадрата интервала в движущейся системе, или первое слагаемое выражения

$$s^2 = \frac{(l^*)^2}{1-\beta^2} - \frac{\beta^2(l^*)^2}{1-\beta^2} . \tag{3}$$

Откуда для длины движущегося стержня будем иметь «формулу удлинения»:

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

Неинвариантность «сокращенного интервала». В тоже время в рамках традиционного (эйнштейновского) определения из-за условия одновременности (засечек положения концов движущегося стержня) интервал попросту равен сокращенной длине:

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

Таким образом, «сокращенный интервал» s_c явно зависит от скорости, а это означает, что традиционное определение не удовлетворяет требованию лоренц-инвариантности.

С учетом сказанного выше, вообще говоря, теряет смысл сама постановка вопроса о различных видимых размерах движущегося стержня. Из множества

последовательных положений, которые занимает стержень, только одно отвечает истинному значению интервала стержня ($s = l^*$). И этот «видимый размер» определяется формулой удлинения (4).

Интервал в пространстве 4-импульсов. Рассмотренные выше свойства имеют непосредственное отношение к (времениподобному) интервалу

$$s_p^2 = E^2 - (\mathbf{p}c)^2 = m^2c^4 \tag{6}$$

в импульсном пространстве Минковского. Как видно, «минимальной (временной) проекции» отвечает энергия покоя (лоренцев угол, или быстрота $\psi = 0$), а сам интервал действительно постоянен. В то же время при $\psi \neq 0$ соответствующая проекция, т.е. энергия движущегося тела, будет всегда больше его энергии в покое.

Коснемся теперь очень важного физического следствия теории относительности, которое, однако, при определении понятия размеров движущихся объектов фактически игнорировалось до настоящего времени.

Лоренц-ковариантность. По определению математические величины, представляющие ковариантное физическое понятие в различных системах отсчета, связаны преобразованиями Лоренца. Вообще, ковариантные операции — такие операции, которые имеют смысл вне зависимости от системы отсчета. Примерами могут служить испускание и поглощение светового сигнала. В теории относительности физические понятия описываются совокупностью точечных событий, которая, в частности, может быть сведена к паре событий. Разность координат этих событий будет определять интервал (4-вектор) данного физического понятия. Здесь мы хотим подчеркнуть, что согласно рассматриваемому определению ковариантная величина задается во всех системах отсчета совокупностью одних и тех же событий.

Отсюда немедленно вытекает, что одновременные события не могут использоваться при определении физических понятий ввиду относительности одновременности. Впрочем, об этом позднее вполне однозначно высказался и сам Эйнштейн [6]: «Четырехмерный континуум не распадается объективно на сечения, среди которых были бы сечения, содержащие все одновременные события». Таким образом, здесь мы имеем очень сильный аргумент против традиционного определения, приводящего к известному сокращению движущихся тел.

Заключение. Лоренц-инвариантность интервала означает его независимость от скорости движения, т.е. постоянство. Поэтому, например, пространственноподобный интервал определяется длиной неподвижного стержня. В движущейся системе отсчета его «пространственная часть» из-за псевдоевклидо-

вости всегда больше самого интервала. А это означает, что продольные размеры тел увеличиваются (а не сокращаются) при движении. Больше того, эйнштейновское условие одновременности (засечек положения концов движущегося стержня) вступает в противоречие с требованием лоренц-ковариантности.

Автор благодарит М.С.Хвастунова за обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов В.Н. — Препринт ОИЯИ Р2-95-35, Дубна, 1995.
2. Strel'tsov V.N. — Found Phys., 1976, v.6, p.293.
3. Стрельцов В.Н., Хвастунов М.С. — Изв. вузов. Физика, 1995, т.38, с.125.
4. Стрельцов В.Н. — Сообщение ОИЯИ Д2-94-446, Дубна, 1994.
5. Мандельштам Л.И. — Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М.: Наука, 1972, с.252.
6. Эйнштейн А, — Собр. науч. трудов. М.: Наука, 1966, т.2, с.753.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 апреля 1995 года.

Стрельцов В.Н. Р2-95-161

Удлинение движущихся тел —
следствие лоренц-инвариантности интервала

Интервал — основной инвариант теории относительности. Прямым следствием лоренц-инвариантности интервала является его постоянство (независимость от скорости). В частности, пространственноподобный интервал определяется длиной неподвижного стержня. В движущейся системе его «пространственная часть» (длина стержня в движении) из-за отрицательного знака (псевдоевклидовости) будет всегда больше самого интервала. А это означает, что тела удлиняются (а не сокращаются) при движении. Тем самым изменяется один из главных выводов теории относительности.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1995

Strel'tsov V.N. P2-95-161

Elongation of Moving Bodies —
a Consequence of Interval Lorentz Invariance

The interval is the main invariant of the relativity theory. The direct consequence of interval lorentz invariance is its constancy (independence of the velocity). In particular, the space-like interval is defined by the length of a resting rod. In a moving frame its «space part» (the rod length in motion) because of the negative sign (pseudo-Euclideanness) is always greater the interval itself. And it means that bodies elongate (but not contract) when moving. Thus, one of the main conclusions of the relativity theory changes.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1995