

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

95-35

P2-95-35

В.Н.Стрельцов

ФОРМУЛА УДЛИНЕНИЯ КАК СЛЕДСТВИЕ
ОДНОЗНАЧНОСТИ 4-ИНТЕРВАЛА

Направлено в журнал «Известия вузов. Физика»

1995

Введение. Одним из основных требований, которому должно удовлетворять определение физического понятия (величины) — его однозначность*. В настоящее время, однако, мы имеем два взаимно исключающих представления о поведении продольных размеров движущихся тел. Такое положение является следствием нарушения указанного требования при распространении понятия длины на быстрые движения. Больше того, уже в рамках самого традиционного определения длины движущегося стержня условие однозначности, строго говоря, не выполнено. Ниже мы рассмотрим это важное требование применительно к интервалу, который в теории относительности занимает место прежнего «дорелятивистского» инварианта — расстояния.

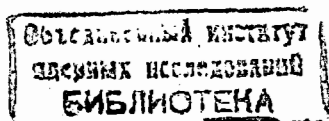
4-интервал. Релятивистский интервал — это четырехмерная величина, определяемая двумя точечными событиями и являющаяся аналогом (и, можно сказать, преемником) трехмерного расстояния (длины). Или, как говорят, метрика 4-пространства Минковского определяется квадратом интервала

$$s^2 = (\Delta x)^2 - c^2 \Delta t^2, \quad (1)$$

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 его независимость от скорости, т.е. постоянство. Вещественными представителями интервала являются часы и масштабы (стержни).

Длина стержня. В дорелятивистской физике, которая существенным образом опирается на евклидову геометрию, пространственное расстояние (в отличие, скажем, от его проекций) считалось инвариантом. Его материальным осуществлением служил твердый стержень. Иначе также мож-

*Детальное обсуждение этого вопроса можно найти в известных «Лекциях по физическим основам теории относительности» Л.И.Мандельштама [1].



но сказать, что длина выступала в качестве однозначной характеристики материального стержня*.

Однако теория относительности установила, что обычный стержень — это не пространственная вещь, а пространственно-временная конфигурация, т.е. в общем случае к трем его пространственным компонентам необходимо добавить временную. Причем добавление должно происходить с учетом требования лоренц-ковариантности, т.е. образованная четырехкомпонентная величина должна быть 4-вектором. В результате расстояние (первый член в формуле (1)) утрачивает свойства инварианта; эту функцию берет на себя интервал s .

Интервал стержня. Таким образом, в рамках теории относительности вместо длины стержня правильнее говорить об интервале стержня. Впрочем, как известно (см., напр., [2]), длина покоящегося стержня как раз определяет пространственноподобный интервал**

$$s = l^* \quad (2)$$

Отметим, что выполнение требования однозначности интервала обеспечивается здесь равенством $\Delta t^* = 0$. Если неподвижные часы измеряют времениподобный интервал, то неподвижный стержень измеряет пространственноподобный интервал. На основании сказанного направленному вдоль оси x^* покоящемуся стержню отвечает четырехкомпонентная величина

$$l_*^i = (c\Delta t^*, \Delta x^*, 0, 0) = (0, l^*, 0, 0). \quad (3)$$

К этому же результату можно прийти и «физическим путем» релятивизации локационной процедуры измерения длины покоящегося стержня [3]. Привлекая преобразования Лоренца, для длины движущегося со скоростью βc стержня получим

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

В свое время формула удлинения (4) была получена в рамках концепции релятивистской (локационной) длины (см., напр., [4]), опирающейся на отличное от традиционного «локационное определение» длины движущегося стержня.

*Вообще, требование однозначности определения физического понятия является по существу необходимым условием его пригодности.

**Это означает, что в покоящейся S^* -системе «прежний» и «новый» инварианты совпадают. Тем самым обеспечивается преемственность соответствующих теорий, поскольку 3-вектор — это 4-вектор с нулевой ct -компонентой.

Поскольку, как мы установили, данному покоящемуся стержню соответствует единственный интервал (как и одна длина), то вытекающая из (3) формула удлинения (4) единственно определяет поведение длины движущегося стержня. Поэтому общепринятое представление о сокращении движущихся тел должно быть отброшено.

Лоренц-инвариантность. Ранее к этому выводу мы пришли [5] в результате анализа общепринятого (эйнштейновского) определения длины движущегося стержня с точки зрения инвариантности интервала. Отвечающая этому определению четырехкомпонентная величина, в частности, имеет вид

$$l_c^n = (0, l, 0, 0) = (0, l^*\gamma^{-1}, 0, 0). \quad (5)$$

Откуда вытекает, что соответствующий интервал

$$s_c = l^*(1 - \beta^2)^{1/2} \quad (6)$$

зависит от скорости. А это означает, что традиционное определение противоречит требованию лоренц-инвариантности.

С другой стороны, используя специальные преобразования Лоренца для двух движущихся систем отсчета S и S_1 , имеем соотношение

$$(c\Delta t - \beta\Delta x)\gamma = (c\Delta t_1 - \beta_1\Delta x_1)\gamma_1. \quad (7)$$

Откуда с учетом вытекающего из формулы сокращения равенства $\Delta x\gamma = l^* = \Delta x_1\gamma_1$ заключаем о невозможности выполнения эйнштейновского условия $\Delta t = 0$ в обеих системах отсчета. Впрочем, этот результат выражает известную относительность одновременности.

Заключение. Требование однозначности является важнейшим ограничительным требованием, предъявляемым к физическим понятиям. Его применение к релятивистскому интервалу, описывающему стержень, ведет единственно к «локационному определению» длины движущегося стержня. Согласно этому определению продольные размеры тел увеличиваются (а не сокращаются) при движении. Тем самым изменяется один из главных выводов теории относительности.

Автор благодарит М.С.Хвастунова за плодотворные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мандельштам Л.И. — Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М.: Наука, 1972, с.166 и 169.

2. Там же, с.252.
3. Стрельцов В.Н. — Сообщ. ОИЯИ Д2-93-381, Дубна, 1993.
4. Strel'tsov V.N. — Found.Phys., 1976, v.6, p.293.
5. Стрельцов В.Н., Хвастунов М.С. — Изв. вузов. Физика, 1995, №2, с.125.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 февраля 1995 года.

Стрельцов В.Н. P2-95-35
Формула удлинения как следствие однозначности 4-интервала

В теории относительности место прежнего «дорелятивистского» инварианта — расстояния, или длины, занимает интервал. В системе покоя стержня их значения совпадают. Тем самым обеспечивается требуемая однозначность интервала. С учетом инвариантности интервала в движущейся системе это приводит единственно к «локационному определению» длины движущегося стержня. Его же следствием является увеличение (а не сокращение) продольных размеров тел при движении.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1995

Перевод автора

Strel'tsov V.N. P2-95-35
The Elongation Formula as a Consequence
of 4-Interval Singlevalueness

In relativity theory an interval takes place of the previous «pre-relativistic» invariant-distance or length. Their values coincide in the rest system of a rod. Thereby a required singlevalueness of the interval is ensured. In a moving system taking into account an interval invariance it leads only to the «radar definition» of the moving rod length. The consequence of this definition is the increase (but not contraction) of longitudinal sizes of bodies when moving.

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

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