

## О лоренцевом сокращении длины движущегося тела

Мубаракшин И. Р.

Марийский Государственный Университет (МарГУ).

e-mail mubair@mail.ru

«Задачей теории относительности является имеющее смысл измерение пространства и времени. Я подчеркиваю – *измерение*, так как сами по себе пространство и время – как это неопровержимо доказано Кантом – представляют собою первичные, врожденные формы человеческого восприятия. В этом отношении никакое естествознание не может ничего изменить».

Макс Лауэ. (23.11.1955)

Основная особенность релятивистской кинематики – это сокращение длины движущегося тела и замедление хода движущихся часов. Эти релятивистские эффекты следуют непосредственно из преобразований Лоренца и хорошо известны. Для конкретности обратимся к эффекту сокращения длины. Все (разумеется, кто признает СТО) согласны, что эффект связан с относительностью одновременности: одновременное положение концов движущегося стержня не является таковым в собственной системе отсчета стержня и наоборот. Вопрос заключается в интерпретации.

Существуют два взаимно противоречивых подхода к интерпретации лоренцева сокращения длины движущегося тела.

Первый подход, **кинематический**, представлен, например, в учебном пособии Угарова В.А., одного из лучших, на наш взгляд, учебных пособий по СТО, [1]. Угаров подробно обсуждает этот эффект и разные варианты ответов на вопрос о его реальности.

«Что означает уменьшение длины линейки? Нередко можно услышать вопрос: становится ли линейка «на самом деле» короче? Прежде всего, ясно, что никакого сжатия линейки произойти не может. Это следует из основного принципа, положенного в основу СТО, - принципа равноправия всех ИСО. Во всех ИСО физическое состояние линейки одно и то же. Поэтому не может быть и речи о возникновении каких-либо напряжений, ведущих к деформации линейки. «Укорочение» линейки происходит исключительно в силу различных способов измерения длины в двух системах отсчета». [1]

Далее Угаров приводит следующие слова Эйнштейна по поводу реальности лоренцева сокращения: «Вопрос о том, реально ли лоренцево сокращение или нет, не имеет смысла. Сокращение не является реальным, поскольку оно не существует для наблюдателя, движущегося с телом; однако оно реально, так как оно может быть принципиально доказано физическими средствами для наблюдателя, не движущегося вместе с телом». [1]

Другой подход, **динамический** или **силовой**, представлен в работах Фейнберга Е.Л., [2, 4]. В обстоятельной статье [2] с характерным названием «Можно ли рассматривать релятивистское изменение масштабов длины и времени как результат действия некоторых сил?» он обосновывает правомерность динамического или силового подхода в задачах, связанных с переходом от одного состояния равномерного движения к другому.

Поддержку своей позиции Фейнберг находит у Паули:

«Весьма важно, что Эйнштейн сделал теорию независимой от специальных предположений о строении материи.

Следует ли на этом основании вообще отбросить стремление к атомистическому пониманию лоренцева сокращения? По нашему мнению, это не так. Сокращение масштаба является не простым, а напротив, крайне сложным процессом».[3]

Вопрос, который периодически ставит Фейнберг: почему независимо от природы сил и вещества новая равновесная форма тела отличается одним и тем же лоренцевым сжатием ?

Статья Фейнберга [2] написана довольно эмоционально. Четверть века спустя он вернулся к этой теме.[4]

### **Противоречие.**

Подводя итог обсуждению поставленного им вопроса, Фейнберг пишет: «можно, но ... – не нужно». Так можно или нельзя? Все-таки нельзя, если рассматривается равномерное относительное движение тела и системы отсчета. Если не происходит изменения состояния движения, то откуда возьмутся силы? (Хотя все должно быть наоборот, сначала силы, потом изменение состояния движения.)

Обратимся к преобразованиям Лоренца, обозначения стандартные,

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \beta^2}} .$$

Будем считать точки штрихованной с.о. неподвижными. Разности координат любых двух точек

$$x'_1 = \frac{x_1 - vt_1}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad x'_2 = \frac{x_2 - vt_2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

равны

$$x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - x_1 - v(t_2 - t_1)}{\sqrt{1 - \beta^2}}.$$

В нештрихованной с. о. эти точки движутся и при одновременном положении, т.е. когда  $t_2 - t_1 = 0$ , оказываются на меньшем расстоянии, чем неподвижные,  $x_2 - x_1 = (x'_2 - x'_1)\sqrt{1 - \beta^2}$ .

Происходит деформация координатной сетки всего пространства – сжатие вдоль оси X в  $\sqrt{1 - \beta^2}$  раз. Соответственно такой деформации изменяются и пространственные масштабы.

Причина деформации в том, что синхронизация часов каждой системы отсчета происходит посредством одной и той же предельной инвариантной скорости – скорости передачи электромагнитного взаимодействия или скорости света. Никакой динамики тут нет и не может быть. (См. также [5])

Динамическая интерпретация необходима в тех процессах, в которых рассматриваются переходы из одного равновесного состояния в другое.

Но то же самое происходит в классической физике, нерелятивистской. Чтобы проследить процесс перехода, требуется аналитическое выражение сил, будь то силы инерции или силы упругости. Или наоборот, чтобы определить возникающие силы, задают закон движения и применяют законы динамики.

**Вывод.** Если нас интересует конечное равновесное состояние, то достаточно кинематического подхода. Если же нужны промежуточные стадии, то динамический подход необходим. Но одновременно применять оба подхода невозможно, так как они противоречат друг другу по постановке задач.

Ответ на вопрос Фейнберга об универсальности сжатия в этом и состоит: потому что для синхронизации пространственно разделенных часов используется инвариантная скорость распространения электромагнитных возмущений (см. также [5]). Если мы соглашаемся с тем, что лоренцево сокращение связано с относительностью одновременности, то,

следовательно, причиной этого сокращения является синхронизация пространственно разделенных часов.

Когда заканчиваются все динамические процессы, связанные с неинерциальным движением (тел, частей тел, полей), тогда и прекращается действие сил. Остаются чисто кинематические релятивистские эффекты, обусловленные способом измерений.

Со времен Г. Минковского принято считать, что пространство и время объединяются в единый пространственно-временной континуум, приписывая эти свойства самим пространству и времени. Не умаляя заслуг Минковского и введенного им 4-мерия, не лучше ли отнести объединение пространства и времени на счет свойств (природы) электромагнитного взаимодействия. Здесь уместно вспомнить слова самого Минковского:

**Я хочу теперь же указать, о каком значении  $c$  будет в итоге идти речь:  $c$  будет иметь значение скорости распространения света в пустоте. Для того чтобы не говорить ни о пространстве, ни о пустоте, мы можем опять охарактеризовать эту величину как отношение электромагнитной и электростатической единиц количества электричества.**

### Литература

1. Угаров В.А. Специальная теория относительности.- М.: «Наука», Глав. ред. ФМЛ, 1977. – С. 72.)
2. Фейнберг Е.Л. // УФН, **116**, вып. 4, 1975. - С. 709 – 730. (См. также «Эйнштейновский сборник, 1975-1976». – М.: Наука, 1978. – С. 43 -77)
3. Паули В. Теория относительности. – М.: Наука, глав. ред. ФМЛ, 1983. – С. 33.
4. Фейнберг Е.Л. // УФН, **167**, № 4, 1997. – С. 455- 457.
5. Мубаракшин И.Р. Почему скорость света постоянна?// Физическое образование в вузах. Т. 24, № 2, 2018. – С. 159 – 165.
6. Г. Минковский. Пространство и время. // Принцип относительности. Сборник работ классиков релятивизма. – М.: ОНТИ, 1935. - С. 186.