

В конце параграфа целесообразно рассмотреть мысленные эксперименты (но не тот, который приведен в учебнике), иллюстрирующие смысл соотношений (3), (6). Важно показать, что формулы (3), (6), как и (2), (5), не противоречат равноправию всех ИСО, т. е. являются симметричными по отношению к наблюдателям из разных систем отсчета. Описания таких экспериментов можно найти, например, в [3].

Предлагаемый подход носит общий и строгий характер и не требует от учащихся знаний, выходящих за пределы программы средней школы. На наш взгляд, нет никакого смысла использовать всевозможные уловки для (создания видимости) получения требуемого результата в тех случаях, когда существует прямой и убедительный путь достижения цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плетюхов, В. А. Методика изложения темы «Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей» в 11 классе средней школы / В. А. Плетюхов // Формирование готовности будущего учителя математики к работе с одаренными учащимися : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 14–15 апр. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. Е. П. Гринько. – Брест: БрГУ, 2021.
2. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 11 кл. общеобразоват. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович. – Минск : Нар. асвета, 2014. – 287 с.
3. Тейлор, Э. Ф. Физика пространства-времени / Э. Ф. Тейлор, Дж. А. Уилер. – 2-е изд., доп. – М. : Мир, 1971. – 319 с.

В. А. ПЛЕТЮХОВ

Беларусь, Брест, УО «БрГУ имени А. С. Пушкина»

МЕТОДИКА ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ «ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА. РЕЛЯТИВИСТСКИЙ ЗАКОН СЛОЖЕНИЯ СКОРОСТЕЙ» В 11 КЛАССЕ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Тема «Основы специальной теории относительности», которая изучается в 11 классе средней школы, является одной из самых сложных и труднодоступных в смысле восприятия, причем не только для учащихся, но и для учителей. На протяжении уже многих лет мы наблюдаем, как трансформируется от издания к изданию методика изложения этой темы в учебнике по физике [1–3], и приходим к неутешительному выводу, что форма меняется, а трудности остаются. Основной причиной этих трудностей является то, что авторы с завидным постоянством пытаются извлекать важнейшие следствия специальной теории относительности (далее – СТО) непосредственно из экспериментальных фактов и постулатов, лежащих в основе данной теории.

Поясним сказанное. Как известно, исходные положения любой физической теории являются не прямым следствием, а обобщением экспериментальных данных. Указанные положения-постулаты облакаются в строгую математическую форму, обычно систему каких-то уравнений. И уже затем из уравнений

мы извлекаем новые физические знания, связи, которые называются следствиями теории. Заключительным этапом построения теории является опытная проверка этих следствий, по крайней мере ключевых из них.

Аналогичная последовательность действий должна по возможности выдерживаться и при изучении любой физической теории. Что касается СТО, то такая возможность существует, но она почему-то игнорируется авторами школьных учебников. Все звенья последовательности есть, а логической цепочки нет. Так, если говорить конкретно о релятивистской кинематике, то преобразования Лоренца, которые являются математической сердцевиной данного раздела СТО, вообще не «работают»: не показана их связь ни с постулатами СТО, ни с основными кинематическими следствиями теории (релятивистская формула сложения скоростей, эффекты замедления времени и сокращения длин). Основные формулы кинематики либо даются вообще без всякого доказательства, либо «выводятся» из громоздких малопонятных для учащихся мысленных экспериментов, которые могут служить не более чем иллюстрацией к этим формулам. Фактически все сказанное и написанное приходится принимать на веру. А поскольку физический смысл следствий СТО не очень хорошо согласуется с нашими житейскими представлениями о свойствах движения, пространства и времени, то и вся теория СТО при такой подаче материала воспринимается как некоторая, мягко говоря, абстракция.

В то же время, как уже было упомянуто выше, существует иной подход к изложению положений СТО, который удовлетворяет критериям научности и доступности, разумеется, в той мере, в какой вообще можно говорить о доступности СТО для широкой аудитории. Продемонстрируем его суть на примере материала § 24 учебника [3]. Приведенное здесь утверждение, что релятивистский закон сложения скоростей можно получить из преобразований Лоренца

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

носит голословный характер. Устранить этот недостаток можно достаточно просто.

Применяя формулы (1) для движущегося тела, получим:

$$\Delta x' = \frac{\Delta x - v\Delta t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \quad \Delta t' = \frac{\Delta t - \frac{v}{c^2}\Delta x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \quad (2)$$

далее разделим $\Delta x'$ на $\Delta t'$:

$$\frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{\Delta x - v\Delta t}{\Delta t - \frac{v}{c^2}\Delta x} = \frac{\frac{\Delta x}{\Delta t} - v}{1 - \frac{v}{c^2}\frac{\Delta x}{\Delta t}} \quad (3)$$

Вводя обозначения

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = u, \quad \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = u', \quad (4)$$

где u и u' – скорости тела в системах отсчета K и K' соответственно, вместо (3) получим формулу

$$u' = \frac{u-v}{1-\frac{uv}{c^2}}. \quad (5)$$

Из (5) легко выразить скорость u через u' :

$$u = \frac{u'+v}{1+\frac{u'v}{c^2}}. \quad (6)$$

Формулы (5), (6) и выражают собой релятивистский закон сложения скоростей.

Из вида формул (5), (6) следует, во-первых, равноправие ИСО K и K' , так как одна из них получается из другой путем замены $u \leftrightarrow u', v \rightarrow -v$. Иначе говоря, релятивистский закон сложения скоростей и преобразования Лоренца (1), из которых он вытекает, находятся в соответствии с первым постулатом – принципом относительности Эйнштейна. Во-вторых, полагая в (6) $u' = c$, получим, что и $u = c$, т. е. релятивистский закон сложения скоростей и преобразования Лоренца соответствуют также второму постулату СТО – о постоянстве скорости света в вакууме.

Таким образом, преобразования Лоренца естественно встраиваются в единую логическую цепочку теории относительности, а релятивистский закон сложения скоростей принимает строгий, доказательный характер. Простота и доступность изложения при этом только выигрывают.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 10 кл. общеобразоват. шк. / В. В. Жилко, А. В. Лавриненко, Л. Г. Маркович. – Минск : Нар. света, 2001. – 319 с.
2. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 11 кл. общеобразоват. учреждений с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович. – Минск : Нар. света, 2009. – 255 с.
3. Жилко, В. В. Физика : учеб. пособие для 11 кл. общеобразоват. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, Л. Г. Маркович. – Минск : Нар. света, 2014. – 287 с.

В. С. САЙ, О. В. МАТЫСИК

Беларусь, Брест, УО «БрГУ имени А. С. Пушкина»

МЕТОД ИТЕРАЦИЙ ЯВНОГО ТИПА С ПЕРЕМЕННЫМ ШАГОМ РЕШЕНИЯ НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ ПЕРВОГО РОДА

В гильбертовом пространстве H решается операторное уравнение $Ax = y_\delta$, где $A: H \rightarrow H$ – оператор положительный, ограниченный, самосопряженный и $\|y - y_\delta\| \leq \delta$. Предполагается, что $0 \in S_A$ (но не является собственным значением оператора A), поэтому рассматриваемая задача некорректна.