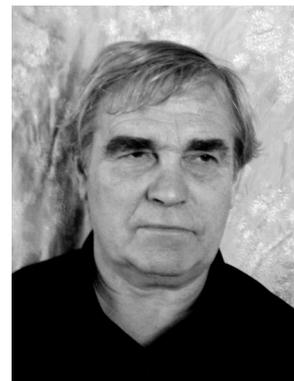


УДК 510.10



А.В. Кочетков



П.В. Федотов

**Кочетков А.В.*,
Федотов П.В.****

Специальная теория относительности А. Эйнштейна: комментарии и сомнения

*Кочетков Андрей Викторович, доктор технических наук, профессор Пермского национального исследовательского политехнического университета и Саратовского государственного технического университета, член Президиума и председатель Поволжского отделения Российской академии транспорта
E-mail: soni.81@mail.ru

**Федотов Петр Викторович, инженер, эксперт ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования» (Саратов, Россия)

Рассматриваются несколько подходов и образовательных технологий преподавания современной физики в высшей технической школе применительно к анализу понятия «пространство» в специальной теории относительности. Приводятся результаты многолетних исследований и консультаций, переписки с ведущими специалистами и научно-педагогическими изданиями

Ключевые слова: специальная теория относительности, общая теория пространства, размеры, системы координат, пространственно-временной континуум.

Альберт Эйнштейн, с именем которого связана современная теория относительности и даже, в ознаменование заслуг, носит имя Эйнштейна, занимает в истории новейшего естествознания особое место. «С величайшей непримиримостью Эйнштейн выступал против любых попыток канонизации в какой либо форме естественнонаучных и философских точек зрения, которая лишает возможности подвергнуть их критической проверке и тем самым препятствует дальнейшему творческому прогрессу»¹. В своей научной автобиографии Эйнштейн следующим образом выразился о современной физике, как она представлялась ему в юности:

«Несмотря на то, что в отдельных областях она [физика] процветала, в принципиальных вещах господствовал догматический застой»². Без ошибки можно сказать то же самое и о современной физике, в частности, о теории относительности.

«Теория относительности – довольно разнородная как по составу, так и по своему состоянию область науки. Частная (или специальная) теория относительности (СТО) уже практически устоялась, и в ней возможны главным образом чисто методические усовершенствования. Общая теория, напротив, если и достаточно полна по своей геометрической формулировке, но в чисто физическом пока еще туманна и не завершена (на это уже жаловался сам Эйнштейн)»³. В российской физической литературе принято называть «специальная теория относительности», в западной – «частная теория относительности». Необходимо понимать, что речь идет об одной и той же теории

Авторы не сомневаются в завершенности специальной теории относительности, но глубоко сомневаются в физической адекватности ее современного применения. Что касается общей теории относительности или как её еще называют, теория тяготения, идеи авторов в этой теории будут разбираться в следующей главе. В данной главе представлена попытка разобраться, что такое специальная теория относительности, где и когда возможно адекватное её применение в физике.

Основой СТО является принцип относительности в формулировке Эйнштейна: *все законы физики одинаковы во всех инерциальных системах отсчета*.

Эта формулировка отличается от формулировки Галилея, которая говорит только о законах механики в разных инерциальных системах отсчета.

Этот вывод бесспорен, по крайней мере, «несмотря на самые усердные поиски, никто никогда не обнаружил каких-либо нарушений этого принципа»⁴. Но далее идет интересное дополнение: «в любой инерциальной системе отсчета одинаковы как *форма* законов физики, так и *численные значения физических констант*, фигу-

¹ Гернек Ф. Альберт Эйнштейн. М.: Мир, 1979. С. 13

² Физический энциклопедический словарь / Под гл. ред. А.М. Прохорова. М.: Большая российская энциклопедия, 1995. С. 265.

³ Тейлор Э.Ф. Физика пространства-времени / Э.Ф. Тейлор, Дж.А. Уилер. М.: Мир, 1971. С. 6.

⁴ Там же. С. 23.

рирующих в этих законах»¹. На первый взгляд – невинное дополнение, не вызывающее споров. Но давайте зададим такой же невинный вопрос: А какие величины входящие в тот или иной физический закон являются физическими константами? И вот тут проявляется некоторый произвол, потому что достаточно объявить любую величину, входящую в физический закон, константой, как она автоматически, по принятому дополнению станет постоянной в любой инерциальной системе отсчета. И не надо никаких экспериментов, никаких доказательств. Объявил, что данная величина – физическая константа, и все (!), она автоматически постоянна в любой инерциальной системе отсчета, по определению.

Авторы предлагают: во-первых, исключить данное дополнение из теории относительности, как противоречащее самому духу физики, в которой, как известно, каждое утверждение должно быть доказанным. И, во-вторых, дополнить принцип относительности определением понятия физической константы.

Физическая константа – это постоянная, входящая в физический закон и сохраняющая численное значение в любых инерциальных системах отсчета.

Причем, постоянство численного значения должно быть подтверждено на опыте, а не приниматься априори. В случае невозможности проведения прямых опытов по проверке физических законов, необходимо четко оговаривать, что данная величина условно (гипотетически) принята за физическую константу.

Для того, чтобы понять, зачем ломаются копыта по поводу данного дополнения, рассмотрим основания СТО.

Действительным основанием СТО является не принцип относительности, как это принято утверждать, а дополнение к нему. Потому, что СТО, как это легко видеть, основывается на поперечном эффекте Доплера, но эффект Доплера для волновых процессов является связующим при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой, а в пределах одной инерциальной системы отсчета не наблюдается, так как скорость в пределах одной системы отсчета равна нулю (если приемник и источник волн неподвижны относительно друг друга и соответственно относительно подвижной системы отсчета). Но заявляя, что поперечный эффект Доплера – это закон природы, а скорость света – физическая константа, априори, согласно дополнению получим, что скорость света сохраняет численное значение во всех инерциальных системах отсчета. При рассмотрении СТО явно видно, что если скорость света не абсолютна, то СТО рассыпается, как карточный домик.

Это прекрасно осознавал сам Эйнштейн и в своих работах неоднократно сокрушался, что принцип абсолютности скорости света экспериментально не доказан, и утверждая, что постоянство скорости света в различных инерциальных системах отсчета – это гипотеза, которая необходима, чтобы получить все выводы, следующие из СТО.

Последователи Эйнштейна пошли дальше и, добавив дополнение, объявили уже принцип абсолютности скорости света не гипотезой, а постулатом, не требующим доказательств. Совершенно замечательна фраза, приведенная в цитированной выше книге Уиллера: книге, прекрасной методически, тем не менее, качественное методическое преподавание предмета не может покрыть огрехов теории. На с. 24 написано следующее утверждение, которое мы приводим полностью:

«Законы электродинамики, выполняющиеся в одной инерциальной системе отсчета, точно так же строго выполняются и в любой другой инерциальной системе отсчета. Численное значение скорости света ($c = 2,997925 \times 10^8$ м/сек) является одной из постоянных, фигурирующих в законах электродинамики. Согласно принципу относительности, это экспериментальное значение должно быть одинаковым в любой из двух инерциальных систем отсчета, равномерно движущихся относительно друг друга. Подтверждается ли это на опыте? Ответ на этот вопрос: ДА, хотя современные эксперименты страдают совершенно неудовлетворительной чувствительностью для того, чтобы решить столь важный вопрос. Давайте поэтому, подобно улитке, «втянем рога» и сосредоточимся на более простом вопросе, на который *можно* дать окончательный ответ»².

Вот так! Крупными буквами ДА, а затем мелкими буквами, что современные эксперименты не могут ответить на этот вопрос. А поэтому, «втянем рога» и будем верить, что это так, потому что, если нет экспериментального подтверждения, то остается только ВЕРА. И, уж тем более, не будем обращать внимание на мелкое лукавство. Как известно, уравнения электродинамики неодинаковы в разных инерциальных системах отсчета, если заряды неподвижны – это уравнения электростатики, в которые не входят скорости зарядов и скорость света, магнитные эффекты и т. д. Если же заряды движутся равномерно, то уравнения переходят в уравнения магнитостатики. И при переходе от подвижной системы отсчета к неподвижной уравнения электромагнетизма меняются не только по форме, но и по содержанию в нем постоянных величин, в частности, скорости света.

Несмотря на нежелание физиков говорить на подобную тему, теоретически можно придумать сколько угодно СТО, принимая за абсолютную скорость, в принципе любое значение скорости в любом природном эффекте.

В самом деле, например, примем за абсолютную скорость звука в воздухе, исходя из следующих логических умозаключений. Так как распространение звука в атмосфере – это закон природы, значит, формула распространения звука (волновое уравнение) должна сохранять при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой, по принципу относительности Эйнштейна, не только свою форму, но и численное значение входящих в него физических констант. В волновое уравнение звука входит физическая константа – скорость звука в атмосфере, значит, скорость звука в атмосфере должна сохранять численное значение при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой, движущейся относительно первой прямолинейно и равномерно. При переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой в акустике, как известно, действует эффект Доплера. (Как показано авторами данной статьи, не только продольный, но и поперечный³). Значит, при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой будут действовать преобразо-

¹ Там же.

² Там же.

³ Кочетков А.В. Новое в эффекте Доплера: принцип зеркальности и общие уравнения / А.В. Кочетков, П.В. Федотов // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 4. С. 14. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://naukovedenie.ru_47ТВН412

вания Лоренца, с одним исключением: величина c входящая в формулы преобразования Лоренца будет иметь численное значение скорости звука, а не скорости света. Так как в формулы преобразования Лоренца скорость c входит в знаменатель в виде коэффициента

$$\beta = \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}},$$

где u – скорость относительного движения, то движение со скоростью выше скорости звука невозможно, так как при этом знаменатель преобразований Лоренца становится мнимым. Движение со скоростью звука возможно только для фононов, квантов звука, аналогичных фотонам, для материальных объектов движение со скоростью звука невозможно, так как при этом знаменатель равняется нулю, а масса, энергия, время и т.д. стремятся к бесконечности. Значит, скорость звука в атмосфере – это абсолютная скорость.

Несмотря на то, что эксперименты подтверждают, движение со скоростью выше скорости звука существует, строго следуя принципу относительности Эйнштейна, а главное, дополнению к нему, можно априори утверждать, что скорость звука абсолютна.

В свою очередь, доказательство существования поперечного эффекта Доплера дает возможность, по аналогии со световой теорией относительности. Эйнштейна, разработать звуковую теорию относительности, повторив эксперименты Кеннеди-Торндайка для звука и строго повторяя теоретические выкладки специальной теории относительности так, как это проделано далее.

Возможным основанием для изложенной далее теории является высказывание самого А. Эйнштейна в работе «Принципы относительности и его следствия»: « В качестве сигналов (для синхронизации часов) можно использовать, например, звуковые волны, которые распространяются между А и В, проходя через среду, неподвижную по отношению к этим точкам.

С не меньшим успехом можно воспользоваться световыми лучами, распространяющимися в пустоте или в однородной среде, неподвижной по отношению к А и В. Оба эти способа одинаково приемлемы. Если же, пользуясь и тем, и другим способом, мы получим различные результаты, это будет объясняться тем, что, по крайней мере, в одном из способов условия эквивалентности путей АВ и ВА не соблюдаются»¹.

Авторы прекрасно осознают, что скорость звука, как и света, не может быть абсолютной, тем не менее, проверив логические выкладки, следующие из принципа относительности Эйнштейна, предлагают рассмотреть акустическую специальную теорию относительности как иллюстрацию того, до чего может довести непонимание действительных законов природы и слепое следование красивым теориям.

Опыт Майкельсона широко известен. Но он не может стать основным для теории Эйнштейна, несмотря на общераспространенное мнение, т.к. единственным результатом этих опытов явилось утверждение, что Мировой эфир не существует.

На рис. 1 показана схема установки в экспериментах Майкельсона–Морли: когерентный пучок света входит из источника когерентного света А. Часть его отражается полупрозрачным зеркалом В, а часть продолжает распространяться до зеркала D. После отражения одного пучка от зеркала С, а другого от зеркала D, пучки света интерферируют на экране коллиматора Е.

Нужно помнить, что в опытах Майкельсона–Морли и, впоследствии, в опытах Кеннеди–Торндайка источник и приемник света движутся вместе с подвижной системой координат, при этом строго неподвижны относительно друг друга. А именно этот факт, обычно забывается при обсуждении результатов опытов Майкельсона, когда делается вывод о том, что скорость света постоянна не только между относительно неподвижными источником и приемником, но и при относительном движении источника и приемника.

Основополагающим экспериментом стал модернизированный вариант опытов Майкельсона – Морли в виде опытов, проведенных Кеннеди и Торндайком². В результате этих экспериментов стали считать, что скорость света абсолютна, т.е. имеет одно и то же численное значение в любой инерциальной системе координат, независимо от того, с какой скоростью движется инерциальная система координат относительно неподвижной.

В этом эксперименте изучалось распространение света по замкнутому пути, как и в опыте Майкельсона – Морли, но не на воздухе, а в цельном куске кварца. Достаточно взять кусок аморфного кварца (для исключения анизотропии), чтобы убедиться, что скорость звука в кварце постоянна в любой инерциальной системе координат, независимо от того, с какой скоростью относительно неподвижной системы координат движется экспериментальная установка.

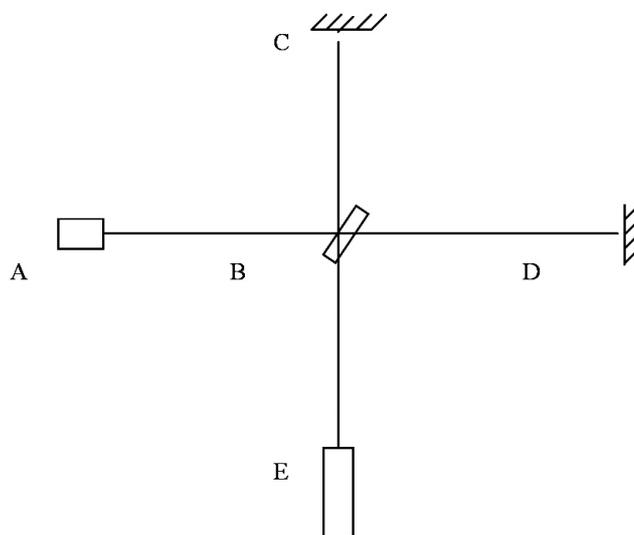


Рис. 1. Схема установки в экспериментах Майкельсона – Морли

¹ Эйнштейн А. Собрание сочинений в 4 т. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 148.

² Тейлор Э.Ф. Физика пространства-времени...

А это, в свою очередь, в соответствии с рассуждениями специальной теории относительности означает, что скорость звука также абсолютна и имеет одинаковое численное значение в любой инерциальной системе координат. И соответственно все эффекты специальной теории относительности, замедление времени (парадокс близнецов), сокращение длин и т.д., будут иметь место для звука.

Пример. Возьмем две инерциальные системы координат. Одну – неподвижную относительно Земли; другую движущуюся – например, самолет, летящий со скоростью близкой к скорости звука c . Представим, что на самолете установлен метроном, отсчитывающий время, а на земле – наблюдатель, принимающий сигналы метронома (обязательное условие – сигналы от метронома должны распространяться со скоростью звука). Периоды между сигналами метронома будут увеличенными по сравнению с сигналами неподвижного метронома, находящегося на земле (см. «Поперечный эффект Доплера в акустике»), наблюдатель, хорошо знакомый со специальной теорией относительности, сделает вывод, что время в самолете замедленно. Причем, формула замедления времени хорошо известна:

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (1)$$

здесь T – время в неподвижной системе координат, T_0 – время в подвижной системе координат, v – скорость подвижной системы координат, c – скорость звука.

Предположение о замедлении времени следует из предположения абсолютности скорости звука, которое, в свою очередь, следует из экспериментов о постоянстве численного значения скорости звука в любой инерциальной системе координат (аналогично экспериментам Кеннеди – Торндайка).

Пример. Рассмотрим эффект близнецов в акустике. Представим, двух близнецов, которые живут, например, во Владивостоке, один близнец однажды улетает на самолете ТУ-154 в Москву со скоростью 1192,8948 км/ч, что составляет 0,999999 скорости звука в воздухе, расстояние от Москвы до Владивостока примем 10 000 км, время полета «время в самолете» 8,38 часов, плюс обратно, итого по часам в самолете первый близнец вернется (не считая времени разгона при взлете и торможения при посадке) через 16,76 часов, а во Владивостоке за это время пройдет, по земным часам

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{16,76}{\sqrt{1 - \frac{1192,8948^2}{1192,8960^2}}} = 8340335,387849 \text{ часов} = 952 \text{ года}.$$

Рассмотрим, что произойдет, если самолет достигнет скорости звука

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{T_0}{0} = \infty$$

Время на земле будет равно бесконечности, другими словами, время в самолете, с точки зрения земного наблюдателя остановится.

При переходе через звуковой барьер уравнения не имеют смысла и, значит, необходимо признать, что ни одно тело не может летать со скоростью, равной или большей скорости звука, т.е. никаких сверх звуковых самолетов нет и быть не может.

Звук так же, как и свет, оказывает механическое давление на тела. Исходя из этого утверждения, можно повторить мысленный эксперимент Эйнштейна с подвижным ящиком для звука.

Сущность эксперимента состоит в том, что он рассмотрел первоначально покоившийся ящик массы m . Из левой стенки вправо излучается направленный сгусток энергии (света – Эйнштейн, звука – Авт.), в целях исключения колебаний в пределах одной полуволны колебаний, в результате сгущение среды пройдет весь ящик длиной L и будет поглощен в противоположном конце. При поглощении энергии звуковой волны ящик сдвинется вправо и центр тяжести его тоже сдвинется вправо, что недопустимо с точки зрения механики, если не признать, что энергия звуковой волны переносит импульс

$$E = mc^2, \quad (2)$$

где E – энергия звуковой волны, m – масса излучения, c – скорость звука.

Таким образом, можно построить всю релятивистскую механику на основе абсолютности скорости звука, а не света.

Теория относительности Эйнштейна, как известно, начиналась с опытов Майкельсона. В этих опытах проверялась гипотеза движения Земли относительно Мирового эфира. В ходе экспериментов когерентный пучок света разделялся на два пучка, один пучок направлялся вдоль движения Земли, другой – поперек. После прохождения определенной длины по выбранному направлению, пучки вновь объединялись и наблюдались интерференционные полосы. Если Земля движется относительно Мирового эфира, то при перемене ориентации прибора относительно направления вектора скорости Земли, в её движении относительно звезд (по канонам современной науки) должно наблюдаться смещение интерференционных полос, т.к., в случае движения относительно эфира разность времени, затраченного световым лучом поперек и вдоль движения Земли, определяется по формуле преобразования Лоренца:

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

где t' , t – время прихода светового луча, вдоль и поперек движения Земли относительно эфира, соответственно, v – скорость Земли относительно Мирового эфира, c – скорость света, x – длина пути пройденная световым пучком в выбранном направлении (длина плеча интерферометра).

Результат данного эксперимента известен, как отрицательный, т.е. никакого смещения интерференционных полос не наблюдалось. В результате в науке утвердилось мнение, что Мировой эфир не существует. Но формулы преобразования Лоренца остались, хотя в них входит скорость v относительно Мирового эфира, который по определению, в электронной теории Лоренца, неподвижен относительно Мирового пространства.

Вопрос. Чему равна скорость Земли v , относительно Мирового эфира, если Мировой эфир *не существует*?

Ответ. v – неопределенно, в формулу преобразования Лоренца можно подставить любое значение. Подставим значение $v = 0$, в формулу (3)

$$t' = \frac{t - \frac{0}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{0}{c^2}}} = \frac{t - 0}{\sqrt{1 - 0}} = t,$$

т.е., если отказаться от теории Мирового эфира, то $t' = t$, никакого смещения интерференционных полос быть не может. А это, в свою очередь, означает, что никаких новых теорий, для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона, придумывать не надо. Однако специальная теория относительности Эйнштейна, появилась и была признана. А это означает, что теория Эйнштейна выполняет, какие-то другие функции, кроме объяснения опытов Майкельсона.

Ответ на этот вопрос дал сам Эйнштейн. В своих работах, посвященных теории относительности, он неоднократно писал¹, что специальная теория относительности призвана спасти электронную теорию Лоренца от разгрома. Т.к. электронная теория Лоренца полностью основана на теории Мирового эфира и не совместима с теорией относительности Галилея, в которой Мирового эфира как особой инерциальной системы отсчета быть не может. Таким образом, специальная теория относительности призвана, не применяя скомпрометированного термина «*Мировой эфир*», спасти теорию Лоренца, полностью основанную на теории Мирового эфира.

Рассмотрим, как это делается в специальной теории относительности, которая, как известно, является частным случаем общей теории относительности.

Одним из основных положений общей и специальной теории относительности является то, что величина интервала ds инвариантна во всех инерциальных системах отсчета.

Интервал определяется по формуле

$$ds^2 = \sum g_{\mu\sigma} dx_\mu dx_\sigma = g_{\mu\sigma} x_\mu x_\sigma, \quad (4)$$

где ds – интервал, $g_{\mu\sigma}$ – ковариантный тензор 2-го ранга, *фундаментальный тензор*, x_μ , x_σ – произвольные тензоры 1-го ранга, векторы.

Фундаментальный тензор $g_{\mu\sigma}$ определяет дифференциал длины дуги ds (или линейный элемент ds^2) и, следовательно, всю внутреннюю геометрию риманова пространства.

В римановом пространстве

$$g = \det[g_{\mu\sigma}(x^1, x^2, \dots, x^n)] \neq 0 \quad (5)$$

В случае трехмерного евклидова пространства

$$g_{ij} = \delta_j^i. \quad (6)$$

В общей теории относительности фундаментальный тензор определяет гравитационное поле и в случае отсутствия гравитации так, как это рассматривается в специальной теории относительности:

$$\det g_{\mu\sigma} = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Как сказано выше, при переходе от одной системы координат к другой интервал остается постоянным

¹ Эйнштейн А. Собрание сочинений в 4 т. Т. 1. С. 66, 146, 179 и т.д.

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu = g'_{\sigma\tau} dx'_\sigma dx'_\tau \quad (8)$$

Т.к. фундаментальный тензор $g_{\mu\tau}$ – ковариантный, то при переходе к новой системе координат, фундаментальный тензор преобразуется по ковариантному закону

$$g'_{\sigma\tau} = \frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\tau} g_{\mu\nu} \quad (9)$$

Подставив (14) в (13), получим

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu = \frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\tau} g_{\mu\nu} dx'_\sigma dx'_\tau \quad (10)$$

В специальной теории относительности формула интервала существенно упрощается, т.к. фундаментальный тензор имеет детерминант (7), то

$$ds^2 = -dx^2 - dy^2 - dz^2 + dt^2 = -dx'^2 - dy'^2 - dz'^2 + dt'^2 \quad (11)$$

В формуле (11), как это принято в специальной теории относительности, размерность времени t выбрана таким образом, чтобы скорость света равнялась единице.

По формуле (8) имеем

$$ds^2 = g_{xx} dx dx + g_{yy} dy dy + g_{zz} dz dz + g_{tt} dt dt = \frac{\partial x}{\partial x'} \frac{\partial x}{\partial x'} g_{xx} dx' dx' + \frac{\partial y}{\partial y'} \frac{\partial y}{\partial y'} g_{yy} dy' dy' + \frac{\partial z}{\partial z'} \frac{\partial z}{\partial z'} g_{zz} dz' dz' + \frac{\partial t}{\partial t'} \frac{\partial t}{\partial t'} dt' dt' \quad (12)$$

Подставив в последнее выражение значение компонентов фундаментального тензора, получим

$$ds^2 = -dx^2 - dy^2 - dz^2 + dt^2 = -\left(\frac{\partial x}{\partial x'}\right)^2 dx'^2 - \left(\frac{\partial y}{\partial y'}\right)^2 dy'^2 - \left(\frac{\partial z}{\partial z'}\right)^2 dz'^2 + \left(\frac{\partial t}{\partial t'}\right)^2 dt'^2 \quad (13)$$

Сравнив уравнения (11) и (13), получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial x}{\partial x'} &= 1 \quad \text{или} \quad \partial x = \partial x' \\ \frac{\partial y}{\partial y'} &= 1 \quad \text{или} \quad \partial y = \partial y' \\ \frac{\partial z}{\partial z'} &= 1 \quad \text{или} \quad \partial z = \partial z' \\ \frac{\partial t}{\partial t'} &= 1 \quad \text{или} \quad \partial t = \partial t' \end{aligned} \quad (14)$$

Интегрируя обе части выражений (14), по свойствам неопределенного интеграла имеем

$$\begin{aligned} x &= x' + C_1 \\ y &= y' + C_2 \\ z &= z' + C_3 \\ t &= t' + C_4 \end{aligned} \quad (15)$$

Таким образом, группа разрешенных преобразований координат включает подгруппу переноса начала координат на аддитивную постоянную величину $C_1 \div C_4$.

Для того, чтобы получить вторую подгруппу преобразований координат, представим линейную матрицу перехода к новым координатам

$$\frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma}$$

в явном виде.

Из (14) имеем

$$\left[\frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \right] = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial x'} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial y}{\partial y'} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial z}{\partial z'} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial t}{\partial t'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \delta^i_j \quad (16)$$

Из (16) следует, что матрица перехода к новым координатам

$$\frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma}$$

обладает всеми необходимыми свойствами ортогональной матрицы¹ и, значит, является ортогональной. Отсюда следует, что второй подгруппой преобразования координат, является группа ортогональных преобразований координат, состоящие в том, что оси координат могут поворачиваться на произвольный угол φ , при сохранении начала координат.

Так, при повороте координат на угол φ вокруг оси z , переход к новым координатам выражается следующими формулами перехода от старых координат к новым координатам:

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \varphi + y \sin \varphi, \\ y' &= -y \sin \varphi + x \cos \varphi, \\ z' &= z \\ t' &= t \end{aligned} \quad (17)$$

Таким образом, определена вторая подгруппа разрешенных преобразований координат в специальной теории относительности – это ортогональные преобразования координат. И, как легко видеть, других преобразований координат в специальной теории относительности нет.

Но сдвиг начала координат (15) и поворот осей (16) не предполагают движения одного базиса относительно другого, т.к. в формулы преобразования координат не входит скорость v перемещения одного базиса относительно другого. Но это означает, что в специальной теории относительности Эйнштейна инерциальными считаются только системы координат, *неподвижные относительно друг друга*.

Т.о., из вышеизложенного следует, что тензорные уравнения специальной теории относительности Эйнштейна предполагают только переход между неподвижными относительно друг друга системами координат, при этом, никакого сокращения времени не происходит. О сокращении длин можно сообщить следующее: при ортогональных преобразованиях координат скалярное произведение двух векторов инвариантно, т.е. постоянно при переходе к новым координатам. В этом случае легко видеть: сокращение длин также невозможно.

А. Эйнштейн был осведомлен о том, что в специальной теории относительности инерциальные системы координат предполагаются неподвижными относительно друг друга. В работе «К общей теории относительности»² указывается, что разрешенные преобразования координат в специальной теории относительности:

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \tau + y \sin \tau, \\ y' &= -x \sin \tau + y \cos \tau, \quad z' = z, \quad t' = t \\ \text{и } x &= x - \tau', \quad y' = y - \tau^2, \quad z' = z - \tau^3, \quad t' = t, \end{aligned}$$

где $\tau, \tau_1, \tau_2, \tau_3$ – постоянные.

Приведенные выражения полностью соответствуют выражениям (15) и (17), и полностью исключают замедление времени и сокращение длин. И это несмотря на то, что в специальной теории относительности принято говорить о замедлении времени и сокращении длины.

Сущность данного парадокса состоит в том, что возникла путаница: законы, действительные для преобразования инерциальных координат *по Эйнштейну* (например, абсолютность скорости света) *неподвижных относительно друг друга*, стали считать действительными для преобразования координат *по Галилею*, которые, как известно, предполагают также и *системы координат, движущиеся относительно друг друга*. Отсюда все парадоксы специальной теории относительности: парадокс замедления времени, «эффект близнецов», сокращение длин и т.д.

Обычно в специальной теории относительности применяют преобразования Лоренца, называя их формулами перехода к новым координатам, однако это не так, потому что при этих преобразованиях нарушается инвариантность интервала (11), что легко показать прямой подстановкой, в старой системе координат

$$s^2 = t^2 - x^2,$$

в новой системе координат $s'^2 = t'^2 - x'^2$, по формулам преобразования Лоренца

¹ Борн М. Атомная физика. М.: Мир, 1970.

² Эйнштейн А. Собрание сочинений в 4 т. Т. 1. С. 434.

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

Подставив формулы преобразования Лоренца в формулу интервала, получим выражение интервала s' в новой системе координат через старые координаты:

$$s'^2 = \frac{t^2 - \frac{2tvx}{c^2} + \frac{v^2x^2}{c^4}}{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \frac{x^2 - 2xvt + v^2t^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{(t^2 - x^2) + 2xvt(1 - \frac{1}{c^2}) + v^2(\frac{x^2}{c^4} - t^2)}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$s'^2 = t'^2 - x'^2 \neq s^2$$

Таким образом, при переходе от старой системы координат $(x$ и $t)$ к новой системе координат $(x'$ и $t')$, которая движется относительно старой со скоростью v , в направлении положительного направления оси x , выражения интервала s и s' не равны друг другу, что подтверждает сделанный вывод о том, что специальная теория относительности не предполагает относительного движения координат.

Разрешение парадокса СТО

Налицо парадокс, с одной стороны, эффекты Доплера (продольный и поперечный) реально существуют, как в акустике, так и в оптике, с другой стороны, все выводы СТО, основанные на эффекте Доплера, признаются авторами данной книги неверными.

На самом деле, парадокс – только кажущийся. Все дело в том, что выводы СТО, неверны с точки зрения объективной реальности, и при этом верны с точки зрения неподвижного наблюдателя. Проблема не в математике, а в «двойной морали» в физике.

С одной стороны, – в акустике. Изменение частоты гудка поезда, проходящего мимо неподвижного наблюдателя, объясняется эффектом Доплера. При этом утверждается, что частота гудка на самом деле не изменилась, изменилась частота принимаемых звуковых колебаний.

С другой стороны, – в оптике. Изменение частоты света принимаемого неподвижным наблюдателем с пролетающей мимо ракеты, объясняется также эффектом Доплера, но изменение частоты считается уже не кажущимся, как в акустике, а действительным (якобы, потому что время в ракете замедляется, поэтому изменяется частота излучаемого света).

Достаточно убрать подобное раздвоение объяснений совершенно аналогичных явлений и признать, что как в акустике, так и в оптике время не изменяется, а все изменения частот и времени **кажутся** неподвижному наблюдателю в соответствии с эффектом Доплера.

Координата – время, в СТО

Одно из нововведений СТО – это четырехмерный мир, четвертая координата – координата времени. Причем, если скорость света принять абсолютной, то можно время прохождения расстояния x со скоростью света можно измерять в метрах, по формуле $x = ct$. Легко проверить, 1 м светового времени равен $3,335640 \times 10^{-9}$ сек.

Исходя из определения времени в метрах, можно построить решетку из часов. «Представим себе, что мы построили тело отсчета, собрав из метровых стержней кубическую решетку, вроде того подобия «шведских стенок», которые стоят на детских площадках.

Закрепим в каждом узле этой решетки часы. Часы могут быть любой конструкции, но они *проградуированы* в метрах времени¹.

Другими словами, расстояние в инерциальной системе отсчета имеет собственное время, иначе в разных узлах решетки время будет одинаковым. А согласно СТО «событие определяется не только местом, но и моментом времени, в который оно произошло»².

Одно из основных понятий в СТО – это интервал. Посмотрим, что такое интервал в СТО. Вот, какое определение дается понятию интервала в литературе: «Сигнал распространяется со скоростью c ; пройденное им расстояние равно по этому $c(t_2 - t_1)$. С другой стороны, это же расстояние равно

$$\left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \right]$$

Таким образом, мы можем написать следующую зависимость между координатами обоих событий в системе K :

¹ Тейлор Э.Ф. Физика пространства-времени... С. 28.

² Там же.

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2(t_2 - t_1)^2 = 0 \text{ }^1.$$

Но в последнюю формулу входит не время, а отрезок времени между двумя событиями. Поэтому не важно, как синхронизированы часы в разных точках пространства, главное, что между точками пространства сигнал распространяется со скоростью c , время события определяется как промежуток времени, необходимый свету, чтобы прийти в точку наблюдения.

Есть прекрасный пример, когда событие определяется не только местом, но и временем. Это – событие на Земле. Если событие произошло в Берлине в 12.00, то в новостях сообщают, что данное событие произошло в Берлине (место) в 12.00 по берлинскому времени. Или событие произошло в Москве (место) в 15.00 московского времени. При этом берлинское или московское время – это местное время, которое определяется по суточному вращению Земли, которое равносильно тому, что Солнце встало (опорный сигнал) в данном месте (достиг узла решетки).

Лоренц, формулы преобразования которого широко применяются в СТО, называл время, которое получается в результате преобразований при переходе от одной системы отсчета к другой «местным временем» по аналогии с местным временем по часовым поясам на Земле.

Выводы

1. Из изложенного следует, что принцип абсолютности скорости света – гипотеза, от которой в третьем тысячелетии стоит отказаться, т.к. нет ни одного эксперимента, подтверждающего этот постулат.

2. Эффекты, рассматриваемые в СТО: эффект замедления времени, эффект укорачивания длин и т.д. – это кажущиеся эффекты, которые кажутся неподвижному наблюдателю, но в действительности ничего подобного не происходит.

3. Выше доказано, что скорость звука совершенно аналогична скорости света. И если признавать справедливость постулата абсолютности скорости света, в принципе можно признать постулат абсолютности скорости звука, и, в частности, невозможность летать со скоростью звука, что полностью опровергается опытом, т.к. уже существуют сверхзвуковые самолеты. Во-вторых, если в практике будут определены волны, имеющие скорость распространения, не равную скорости света или звука (например, гравитационные волны), появится необходимость еще одной специальной теории относительности и, соответственно, еще одной абсолютной скорости, чего в принципе не может быть, т.к. не может быть нескольких абсолютных скоростей, не равных друг другу.

4. Необходимо признать, что любое тело может двигаться быстрее света, и *абсолютной скорости*, превысить которую невозможно, в природе не существует. А без этого постулата не может быть СТО².

ЛИТЕРАТУРА

1. Борн М. Атомная физика. М.: Мир, 1970. 484 с.
Born M. (1970). Atomnaya fizika. Mir, Moskva. 484 p.
2. Гернек Ф. Альберт Эйнштейн. М.: Мир, 1979.
Gernek F. (1979). Al'bert Einshtein. Mir, Moskva.
3. Кочетков А.В. Новое в эффекте Доплера: принцип зеркальности и общие уравнения / А.В. Кочетков, П.В. Федотов // Интернет-журнал Науковедение. 2012, № 4. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://naukovedenie.ru_47ТВН412
Kochetkov A.V. Novoe v effekte Doplera: printsip zerkal'nosti i obshchie uravneniya. A.V. Kochetkov, P.V. Fedotov. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2012, N 4. URL http://naukovedenie.ru_47ТВН412.
4. Кочетков А.В. Проявления исторического мышления в современной физике (Лекции для непрофессионалов) / А.В. Кочетков, П.В. Федотов. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2001. 176 с.
Kochetkov A.V. (2001). Proyavleniya istoricheskogo myshleniya v sovremennoi fizike (Lektsii dlya neprofessionalov). A.V. Kochetkov, P.V. Fedotov. Sarat. gos. tehn. un-t, Saratov. 176 p.
5. Тейлор Э.Ф. Физика пространства-времени / Э.Ф. Тейлор, Дж.А. Уилер. М.: Мир, 1971. 320 с.
Teilor E. F. (1971). Fizika prostranstva-vremeni / E F. Teilor, Dzh.A. Uiler. Mir, Moskva. 320 p.
6. Физический энциклопедический словарь / Под гл. ред. А.М. Прохорова. М.: Большая российская энциклопедия, 1995. 928 с.
Fizicheskii etsiklopedicheskii slovar'. Pod gl. red. A.M. Prohorova. Bol'shaya rossiiskaya enciklopediia, Moskva. 1995. 928 p.
7. Эйнштейн А. Собрание сочинений в 4 т. Т. 1. М.: Наука, 1965. 600 с.
Einshtein A. (1965). Sobranie sochinenii v 4 t. T. 1. Nauka, Moskva. 600 p.

¹ Там же. С. 15.

² Кочетков А.В. Проявления исторического мышления в современной физике (Лекции для непрофессионалов) / А.В. Кочетков, П.В. Федотов. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2001.