

Специальная теория относительности: критические замечания

Кочетков Виктор Николаевич
главный специалист ФГУП «Центр эксплуатации
объектов наземной космической инфраструктуры»
(ФГУП «ЦЭНКИ»)

vnkochetkov@gmail.com
vnkochetkov@rambler.ru
<http://www.matphysics.ru>

1. Введение.

Для начала мне бы хотелось сказать несколько слов об истории создания специальной теории относительности (СТО).

В конце XIX столетия между двумя разделами физики - механикой и электродинамикой - возникли серьезные противоречия.

С одной стороны, в классической механике использовался принцип относительности Галилея, утверждавший полное равноправие систем отсчета, движущихся относительно друг друга прямолинейно и равномерно.

А с другой стороны, в электродинамике движение частиц и поля описывалось в абсолютной системе отсчета, координаты которой были жестко связаны с эфиром.

Под эфиром понималась среда, заполняющая мировое пространство, и в которой происходят все физические процессы, в т.ч. электромагнитные колебания.

В то время физикам казалось, что для приведения классической механики в соответствие с электродинамикой необходимо только подтвердить существование эфирного ветра.

С целью определения величины эфирного ветра в 1881, 1886 - 1887 годах А. Майкельсоном и Э. Моли были проведены эксперименты.

Но эксперименты дали отрицательный результат: эфирный ветер зарегистрирован не был.

В итоге электродинамика с эфирной теорией, казалось надежно подтвержденная опытами, не согласовывалась с классической механикой.

С целью выхода из сложившейся ситуации крупнейшими физиками того времени было сделано следующее:

- в 1881 году английский физик Д. Томсон предположил, что масса M тела, движущегося со скоростью v , будет больше, чем его масса M_0 в состоянии покоя, причем:

$$M = M_0 / [1 - (v^2 / c^2)]^{1/2} \quad (1)$$

где: c - скорость света;

- в 1889 году ирландский физик Д. Фицджеральд предложил зависимость для продольного размера l' тела, имеющего длину l в неподвижном состоянии относительно эфира, от скорости v движения тела относительно эфира:

$$l' = l \cdot [1 - (v^2 / c^2)]^{1/2} \quad (2)$$

- в 1892 году нидерландский физик Х. Лоренц дополнил гипотезу Д. Фицджеральда идеей "местного" времени t' , связанного с "истинным" универсальным временем t преобразованием:

$$t' = t - [(x \cdot v) / c^2] \quad (3)$$

где: v - скорость движения тела при прохождении точки пространства с координатой x ;

а позднее Х. Лоренц видоизменил преобразования Галилея для случая больших скоростей:

$$x' = \beta \cdot (x - V \cdot t) \quad (4)$$

$$x = \beta \cdot (x' + V \cdot t') \quad (5)$$

$$y' = y \quad (6)$$

$$z' = z \quad (7)$$

путем введения "релятивистского" множителя β :

$$\beta = 1 / [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2} \quad (8)$$

причем формулы (4)-(7) получили наименование - преобразования Лоренца;

- в 1905 году А. Эйнштейн, взяв из классической механики принцип равноправия всех инерциальных систем отсчета (принцип относительности), а из электродинамики принцип постоянства скорости света, установил, что пространственно-временная связь между инерциальными системами отсчета представляет собой преобразования Лоренца.

СТО существует уже более ста лет, даже несмотря на наличие большого количества ее противников.

Одной из причин живучести СТО - ее простота.

Так вся кинематическая часть СТО строится на четырех простейших уравнениях - преобразованиях Лоренца.

А основанием для СТО служат следующие исходные условия:

- симметрия пространства и времени (пространство - однородно и изотропно, а время – однородно);

- принцип относительности, утверждающий, что в любых инерциальных системах отсчета все физические явления при одних и тех же условиях протекают одинаково, т.е. физические законы независимы (инвариантны) по отношению к выбору инерциальной системы отсчета, а уравнения, выражающие эти законы, имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета;

- принцип инвариантности скорости света, утверждающий, что скорость света в вакууме не зависит от движения источника света, т.е. скорость света одинакова во всех направлениях и во всех инерциальных системах отсчета.

Целью моей статьи является намерение предложить Вам посмотреть на СТО не взглядом ортодокса или противника СТО, а взглядом стороннего наблюдателя, не верящего никому на слово и старающегося опираться

только на те законы или принципы, которые можно считать не подлежащими сомнению.

2. СТО в общем виде

Критическое рассмотрение СТО можно начать с выбора исходных условий.

Симметричность пространства и времени – это область применения теории.

Я думаю, что принцип относительности, тесно связанный с симметрией пространства и времени, вряд ли может вызвать возражение.

А вот в отношении справедливости принципа инвариантности скорости света у некоторых критиков СТО имеются сомнения, связанные в первую очередь с их несогласием с методикой проведения экспериментов по регистрации эфирного ветра (А. Майкельсоном и Э. Моли и др.).

Ну что же, если есть сомнения, а тем более учитывая, что действительная природа света пока неизвестна, может быть стоит попробовать построить СТО в общем виде без использования принципа инвариантности скорости света.

Если в СТО в качестве исходных условий использовать только симметрию пространства и времени и принцип относительности, то пространственно-временная связь между инерциальными системами отсчета будет записана в виде преобразований Лоренца (формулы (4)-(7)), только множитель β , который для отличия назовем коэффициентом пропорциональности β , может определяться из зависимостей:

- для случая, если значение коэффициента пропорциональности β лежит в диапазоне $\beta > 1$:

$$\beta = 1 / [1 - (V^2 / c_1^2)]^{1/2} \quad (9)$$

- для случая, если значение коэффициента пропорциональности β лежит в диапазоне $0 < \beta < 1$:

$$\beta = 1 / [1 + (V^2 / c_2^2)]^{1/2} \quad (10)$$

где: c_1 и c_2 – действительные постоянные величины.

Об указанных диапазонах коэффициента пропорциональности β можно сказать следующее:

- при значениях коэффициента пропорциональности β , лежащих в диапазоне $\beta > 1$, должна существовать такая скорость c_1 движения точки, которая была бы инвариантна в любой инерциальной системе отсчета;

- при значениях коэффициента пропорциональности β , лежащих в диапазоне $0 < \beta < 1$, не может существовать скорость движения точки, инвариантная в любой инерциальной системы отсчета.

В СТО для получения зависимости массы тела от его скорости использовались законы сохранения энергии и импульса при рассмотрении замкнутой механической системы, состоящей из двух тел, испытывающих однократное и ограниченное во времени абсолютно упругое или абсолютно пластичное столкновение, в инерциальных системах отсчета в моменты времени до и после столкновения (также для этой цели применялась и функция Лагранжа).

Думаю, что у Вас не вызывает сомнения законность применения в инерциальных системах отсчета закона сохранения энергии, связанного с однородностью времени, и закона сохранения импульса, связанного с однородностью пространства, замкнутой механической системы.

Поэтому, используя аналогичным образом законы сохранения энергии и импульса, можно получить зависимость массы M движущего со скоростью v тела, имеющего массу покоя M_0 , для случая рассмотрения СТО в общем виде (без использования принципа инвариантности скорости света):

$$M = \gamma \cdot M_0 \quad (11)$$

где коэффициент пропорциональности γ , как и коэффициент пропорциональности β , может определяться из зависимостей:

- для случая, если значение коэффициента пропорциональности γ лежит в диапазоне $\gamma > 1$:

$$\gamma = 1 / [1 - (v^2 / c_1^2)]^{1/2} \quad (12)$$

- для случая, если значение коэффициента пропорциональности γ лежит в диапазоне $0 < \gamma < 1$:

$$\gamma = 1 / [1 + (v^2 / c_2^2)]^{1/2} \quad (13)$$

Для сравнения в таблицах 1 и 2 приведены основные значения массы \mathbf{M} , импульса \mathbf{P} и кинетической энергии \mathbf{E} тела в зависимости от величины его скорости v :

- для значений коэффициента пропорциональности γ , лежащих в диапазоне $\gamma > 1$:

Таблица 1

Скорость v	Масса \mathbf{M}	Импульс \mathbf{P}	Кинетическая энергия \mathbf{E}
$v \ll c_1$	M_0	$M_0 \cdot v$	$(M_0 \cdot v^2)/2$
$v < c_1$	имеет действительное значение	имеет действительное значение	имеет действительное значение
$v = c_1$	∞	∞	∞
$v > c_1$	не имеет действительного значения	не имеет действительного значения	не имеет действительного значения

- для значений коэффициента пропорциональности γ , лежащих в диапазоне $0 < \gamma < 1$:

Таблица 2

Скорость v	Масса \mathbf{M}	Импульс \mathbf{P}	Кинетическая энергия \mathbf{E}
$v \ll c_2$	M_0	$M_0 \cdot v$	$(M_0 \cdot v^2)/2$
$v < c_2$	имеет действительное значение	имеет действительное значение	имеет действительное значение
$v = c_2$	$M_0/2^{1/2}$	$(M_0 \cdot c_2)/2^{1/2}$	$M_0 \cdot c_2^2 \cdot (1-1/2^{1/2})$
$v > c_2$	имеет действительное значение	имеет действительное значение	имеет действительное значение
$v = \infty$	стремится к нулю	$M_0 \cdot c_2$	$M_0 \cdot c_2^2$

Как видно из таблиц 1 и 2, если не брать во внимание эксперименты А. Майкельсоном и Э. Моли, то оба диапазона возможных значений коэффициента пропорциональности $\gamma > 1$ и $0 < \gamma < 1$ являются равноценными, т.к. оба удовлетворяют граничному условию для малых скоростей.

3. Теоретическая проверка СТО

Прежде чем начать проверку СТО нужно ответить на несколько вопросов.

Первый вопрос: если проводить проверку справедливости СТО, то на какие законы можно опереться?

Я думаю, что в первую очередь, конечно, на законы сохранения импульса и энергии.

Тем более, что они уже применялись при определении зависимости массы тела от скорости.

Законы сохранения импульса и энергии утверждают, что импульс и энергия замкнутой механической системы (на которую не действуют внешние силы) не изменяются с течением времени, т.е. в любой инерциальной системе отсчета для любого момента времени вектор импульса и величина энергии замкнутой механической системы постоянны (т.к. отсутствует внешнее воздействие).

Теперь другой вопрос – что рассматривать?

Для определения зависимости массы тела от скорости использовалась замкнутая механическая система тел, взаимодействие которых носило разовый и ограниченный во времени характер, что позволяло выбрать в инерциальных системах отсчета два события: первое события – до начала взаимодействия тел, второе событие - после окончания взаимодействия тел.

Тогда для проверки СТО можно задать законный вопрос.

Обеспечит ли зависимость массы тела от скорости (формула (11)) выполнение законов сохранения импульса и энергии замкнутой системы тел,

у которых взаимодействие носит постоянный по времени характер, в инерциальных системах отсчета?

Чтобы установить это, можно рассмотреть простейший пример.

Допустим, что имеется замкнутая механическая система, состоящая из двух тел 1 и 2, соединенных между собой нитью 3 и имеющих равные массы в состоянии покоя.

В инерциальной системе отсчета \mathbf{K} , в которой центр масс системы, состоящей из тел 1 и 2 и нити 3, неподвижен, тела 1 и 2 с нитью 3 вращаются с угловой скоростью ω вокруг общего центра масс.

Причем расстояние от тела 1 или тела 2 до центра масс системы, состоящей из тел 1 и 2 и нити 3, равно R .

Я думаю, что у Вас не будет сомнения по поводу того, что для любого момента времени t в инерциальной системе отсчета \mathbf{K} импульс и кинетическая энергия системы, состоящей из тел 1 и 2 и нити 3, постоянны.

Отсутствие изменения кинетической энергии системы, состоящей из тел 1 и 2 и нити 3, связано с невозможностью изменения потенциальных энергий у тел 1 и 2 и нити 3 в инерциальной системе отсчета \mathbf{K} .

Также для рассмотрения возьмем инерциальную систему отсчета \mathbf{K}' , движущуюся относительно инерциальной системы отсчета \mathbf{K} с некоторой скоростью \mathbf{V} в плоскости, параллельной плоскости вращения тел 1 и 2 с нитью 3.

Проведенные цифровые расчеты показывают, что в инерциальной системе отсчета \mathbf{K}' импульс \mathbf{P}' и кинетическая энергия \mathbf{E}' системы, состоящей из тел 1 и 2 и нити 3, являются функциями времени t' , что противоречит законам сохранения импульса и энергии замкнутой механической системы.

Причем нарушение законов сохранения импульса и энергии имеет место как для случая, когда значения коэффициентов пропорциональности β и γ лежат в диапазонах $\beta > 1$ и $\gamma > 1$, так и для случая, когда значения

коэффициентов пропорциональности β и γ лежат в диапазонах $0 < \beta < 1$ и $0 < \gamma < 1$.

Для наглядности на рис. 1, рис. 2 и рис. 3 приведены графики изображающие зависимости абсолютной величины $|\mathbf{P}'|$ импульса \mathbf{P}' , значения угла α' между направлением вектора импульса \mathbf{P}' и осью $\mathbf{O}'x'$ системы отсчета \mathbf{K}' , кинетической энергии \mathbf{E}' механической системы, состоящей из тел 1 и 2 и нити 3, в инерциальной системе отсчета \mathbf{K}' в зависимости от величины времени t' для случая, когда значения коэффициентов пропорциональности β и γ лежат в диапазонах $\beta > 1$ и $\gamma > 1$.

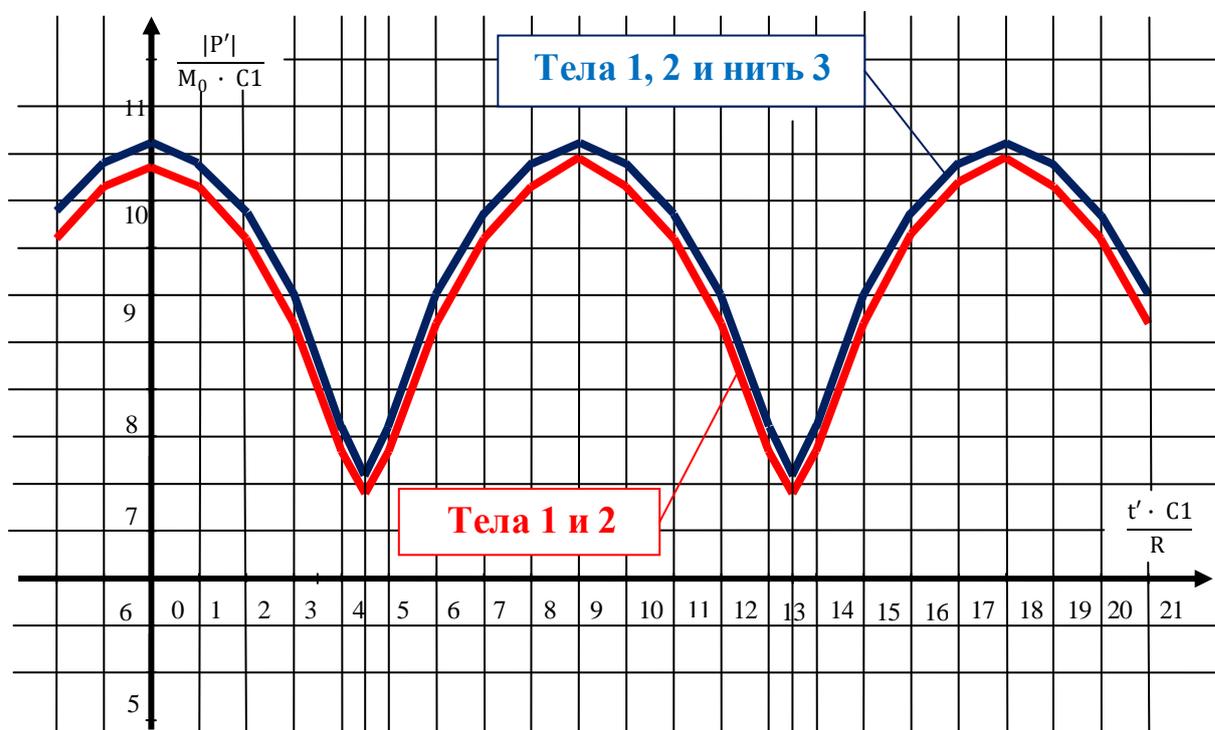


Рис.1

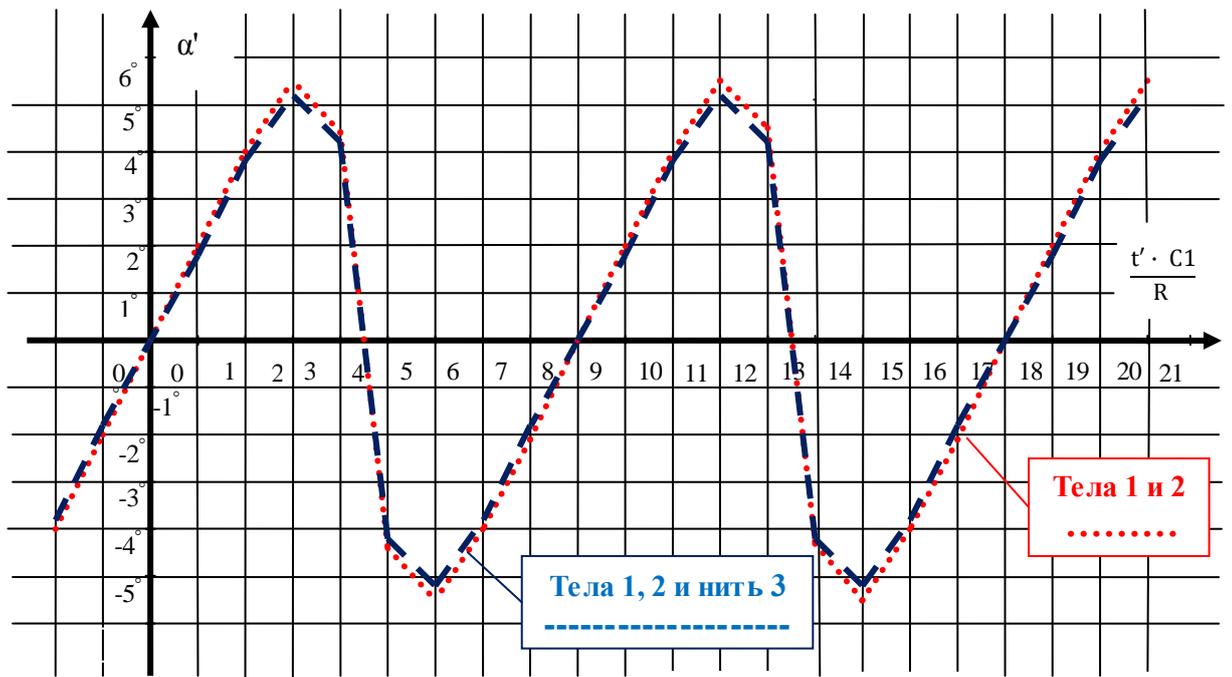


Рис.2

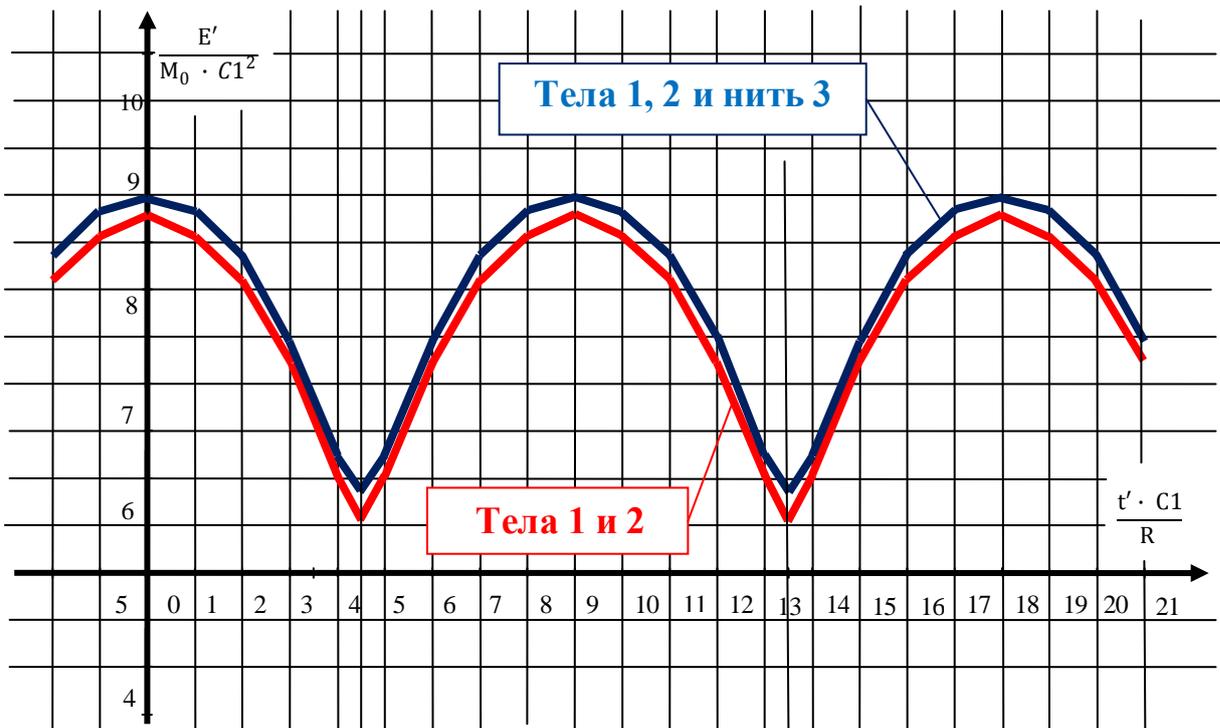


Рис.3

Более того, теоретические расчеты показывают, что в инерциальной системе отсчета K' для замкнутой механической системы, состоящей из тел 1 и 2 и нити 3, законы сохранения импульса и энергии будут выполняться только в случае, когда постоянные величины c_1 и c_2 равны бесконечности.

А это приводит к тому, что преобразования Лоренца вырождаются в

преобразования Галилея.

В итоге можно отметить, что использование СТО при рассмотрении отдельных примеров может привести к нарушению законов сохранения импульса и энергии замкнутой механической системы в инерциальных системах отсчета.

Остается только одно, а именно: выбирать, что верно - СТО или законы сохранения импульса и энергии?

Я, признаюсь, более склонен к необходимости выполнения законов сохранения импульса и энергии.