

Как понимать формулу сложения скоростей в СТО

Юхимец А.К. к.т.н., доц. anatoly.yuhimec@gmail.com

Как известно, в *специальной теории относительности* (СТО) рассматривается как взаимное движение различных *инерциальных систем отсчёта* (ИСО) с относительными скоростями, соизмеримыми со скоростью света, так и движение различных тел относительно этих систем тоже с такими же скоростями. А при переходе от одной системы к другой возникает и необходимость пересчитывать как относительные скорости между системами, так и между системами и телами, или скорости между телами с точки зрения разных систем. При этом считается, что в СТО неприменима обычная формула сложения скоростей классической механики. А так как это не совсем верно, то и рассмотрим данный вопрос, чтобы устранить возникающие некорректности.

Приведу в работе несколько примеров из учебной и справочной литературы, но для начала подробно остановлюсь на следующем.

Пример №1. Взят из «Берклеевского курса физики»: «Предположим, что две частицы движутся навстречу друг другу со скоростью $v'_x = \pm 0,9c$, измеренной в системе отсчёта S' . Какова скорость одной частицы относительно другой? Чтобы решить эту задачу, примем за S систему отсчёта, в которой частица со скоростью $-0,9c$ неподвижна. Тогда скорость системы отсчёта S' относительно системы S равна $V = 0,9c$, так что частица, имеющая скорость $v'_x = +0,9c$ в системе S' , обладает скоростью в системе S

$$v_x = \frac{v'_x + V}{1 + v'_x V / c^2} = \frac{1,8c}{1 + (0,9)^2} = \frac{1,8}{1,81} c \cong 0,994c.$$

Заметьте, что относительная скорость этих двух частиц меньше c » [1, с. 372].

Казалось бы задача очень простая. Есть «формула сложения скоростей» и её применяют, даже не задумываясь о том, что же конкретно при этом вычисляют. А здесь есть о чём подумать и что показать *наглядно*.

Итак, в примере задан вопрос: какова скорость одной частицы относительно другой? И тут, прежде всего, следует заметить, что вопрос уже сам по себе *задан некорректно*. Раз мы говорим о скорости чего-либо, в данном случае о скорости сближения частиц, то

сразу же должны указать, а в какой системе отсчёта мы будем её *измерять*. Иначе вопрос просто не имеет смысла. Поэтому для начала решим задачу в системе S' , в которой частицы и движутся навстречу друг другу со скоростями $\pm 0,9c$ вдоль оси x' -ов. Ответим на этот вопрос со всей наглядностью. Рисуем схему.

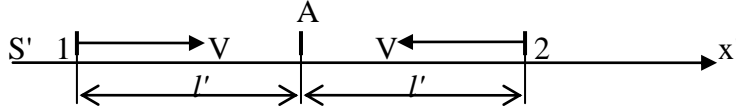


Рис. 1. Частицы 1 и 2 движутся в системе S' навстречу друг другу с равными скоростями, а поэтому встретятся в точке А посередине расстояния между ними.

Когда последователи эйнштейновской трактовки СТО (ортодоксы) говорят, что «две частицы движутся навстречу друг другу со скоростью $v'_x = \pm 0,9c$, измеренной в системе отсчёта S' », то при этом *автоматически считают* систему S' «покоящейся». А так как слово взято в кавычки, то это означает, что система считается покоящейся лишь *условно*. Вот в этой условно покоящейся ИСО и измеряется скорость рассматриваемых частиц. Правда, при этом не уточняется, а в чём же собственно заключается *условность* системы. Сказать, что это *чисто субъективное* мнение тех, кто находится в этой системе и якобы и проводит указанные измерения, как-то неловко. Теряется *объективность* самого рассмотрения вопроса. Поэтому лучше вообще ничего не говорить по этому поводу, что обычно и делается.

Итак, на рис. 1 показан некоторый начальный момент, когда все часы в «покоящейся» S' показывают условное время $t' = 0$. Из рисунка видно, что каждая из частиц до их встречи в точке А системы S' должна преодолеть расстояние l' . Каждая из частиц преодолет это расстояние за длительность $\Delta t' = l'/0,9c$. До встречи в точке А частицы за длительность $\Delta t'$ преодолеют общее расстояние $2l'$. Поэтому скорость их взаимного сближения будет $V_{\text{наб}} = 2l'/(l'/0,9c) = 1,8c$. Как видим задача очень простая и такое же простое её решение.

Но то, что мы *молчаливо* считаем систему S' «покоящейся», т.е. по Эйнштейну *условно* неподвижной, на самом деле означает, что мы *мыслим её абсолютно неподвижной*, т.е. *абсолютной системой отсчёта* (АСО). В ней обе частицы движутся со скоростями $0,9c$, а скорость их сближения равна $1,8c$. И это не противоречит тому, что для любого материального объекта скорость его абсолютного

движения не может превышать c . Устраняется и всякий субъективизм, так как рассмотрение сразу же переводится на объективную основу. Но это пока ещё не признаётся ортодоксальной физикой,

А теперь посмотрим как изменится ситуация, когда мы введём систему отсчёта S , в которой частица 2 будет покоиться, рис. 2.

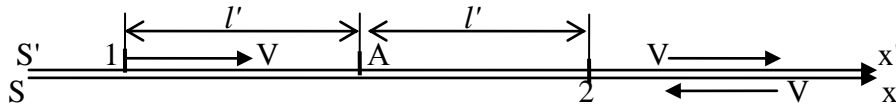


Рис. 2. Введена система S , в которой частица 2 покоится. В сравнении с рис. 1 ничего больше не изменилось, кроме того, что теперь обе системы движутся относительно друг друга со скоростью V в разных направлениях.

Теперь система S' по отношению к системе S движется вправо со скоростью V . И с такой же скоростью V по отношению к системе S' движется вправо частица 1. Система S также движется по отношению к системе S' со скоростью V , но уже влево. И теперь у нас уже есть две системы отсчёта. А начальный вопрос «какова скорость одной частицы *относительно другой*», на который мы выше и получили ответ с точки зрения системы S' , как бы между делом уже подменяется *совсем другим вопросом*: какова будет скорость частицы 1 *по отношению к системе отсчёта S* , в которой покоится частица 2?

И хотя об этом ничего не говорится, но в приведенном решении *молчаливо* уже система S *мыслится* «покоящейся», а система S' «движущейся». *Но пока мы это не оговорили*, то введение системы S *ничего не меняет*. Обе системы существуют и взаимно движутся относительно друг друга *на равных правах*. То, что в одной системе частица 1 движется, а в другой частица 2 покоится, ещё не определяет ситуацию. Её конкретно определяет то, какая из систем отсчёта *реально* является неподвижной, т.е. АСО.

Поэтому ситуацию *сразу же радикально изменяет* именно введение «*покоящейся системы*» S , по отношению к которой заодно и покоится частица 2 (см. ниже рис. 3). Теперь *реально* относительно S со скоростью V движется система S' , в которой с относительной «скоростью v'_x » движется частица 1. Выражение «скорость v'_x » в отношении частицы 1 взято в кавычки, так как это уже не есть в полном смысле слова *скорость* частицы 1 относительно *системы координат* (СК) как тела отсчёта *движущейся* системы S' , а всего

лишь некоторая скорости подобная величина. Это *условная* относительная скорость по отношению к *пространству-времени* системы S' [2]. Таким образом, задача найти *скорость* v_x частицы 1 теперь уже в *покоящейся* системе S – это уже *совсем другая задача* в сравнении с задачей найти *скорость сближения* частиц в *покоящейся* системе S' .

Далее в приведенном примере по известной в СТО формуле «сложения скоростей» находится скорость частицы 1 в «покоящейся» системе S через значение «скорости» этой частицы в уже движущейся системе S' и скорость самой S' по отношению к системе S .

Решая эту *новую* задачу, *условную* относительную скорость v'_x частицы 1 нельзя складывать с *реальной* скоростью V , с которой движется относительно *покоящейся* S система отсчёта S' . Поэтому известная в СТО «формула сложения скоростей» таковой не является. Но она позволяет вычислить скорость v_x частицы 1 относительно *покоящейся системы* S через *условную* относительную скорость v'_x частицы 1 в *движущейся* системе S' и *реальную* скорость V самой S' относительно покоящейся S . Это и делается с помощью уже известной

$$\text{формулы } v_x = \frac{v'_x + V}{1 + v'_x V / c^2}.$$

$$\text{Найденная скорость } v_x = \frac{1,8c}{1 + (0,9)^2} = \frac{1,8}{1,81}c \cong 0,994c \text{ меньше скорости } c.$$

Но это уже не просто *скорость сближения* частиц в системе S , а *прежде всего* это скорость движения частицы 1 в системе S . Неважно, есть там частица 2 или её нет. А *заодно* это и скорость сближения частиц с точки зрения системы S , так как частица 2 покоится в ней. И поскольку в АСО не может быть вещественных частиц, движущихся со скоростью больше скорости света, то в соответствии с *принципом относительности* таких частиц не может быть ни в какой ИСО, независимо от её *собственного движения*. Найденная скорость v_x это подтверждает.

Что здесь следует подчеркнуть *особо*. Ни одна задача в ортодоксальной *трактовке* СТО не решается *без введения условно покоящейся системы отсчёта*. А когда она введена, причём введена как АСО (хотя это *не понимается и не признаётся*), то *сразу же* все другие системы и физические объекты приобретают ту или иную *собственную скорость движения в ней*. И все *собственные* скорости

в АСО, как скорости *реальные*, складываются точно так же, как и в классической механике.

Формула «сложения скоростей» получена в ортодоксальной трактовке СТО чисто *формальным математическим путём*. Например, в «Кратком справочнике по физике» это показано так:

«Закон сложения скоростей. Тело, имеющее некоторую скорость w_x в «движущейся» со скоростью v системе координат, имеет в неподвижной системе скорость u_x »:

$$u_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}}{d \left(\frac{t' + x'v/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right)} = \frac{dx' + dt'}{dt' + \frac{v}{c^2} dx'} = \frac{\frac{dx'}{dt'} + v}{1 + \frac{v}{c^2} \frac{dx'}{dt'}} = \frac{v + w_x}{1 + \frac{w_x \cdot v}{c^2}},$$

т.е. результирующая скорость не может превзойти скорость света.

Пример. Предположим, что из «электронной пушки» в противоположных направлениях вылетают два электрона со скоростями $0,9c$ по отношению к пушке. Их относительная скорость:

$$u = \frac{0,90c + 0,90c}{1 + (0,90)^2 \frac{c^2}{c^2}} = \frac{1,8}{1,81} c \gg [3, \text{ с. 289-290}].$$

Во-первых, здесь допущена та же ошибка, что и в разобранным нами выше примере из «Берклеевского курса физики». Найдена не относительная скорость электронов в неподвижной системе отсчёта «электронной пушки», которая равна $1,8c$, а найдена скорость одного электрона по отношению к системе отсчёта, в которой второй электрон неподвижен. Во-вторых, в предложении «Тело, имеющее некоторую скорость w_x в «движущейся» со скоростью v системе координат, имеет в неподвижной системе скорость u_x » допущена довольно характерная ошибка. В данном случае тело имеет «скорость w_x » не в движущейся системе координат, а в движущейся системе отсчёта, т.е. *оценена так* в её «пространстве-времени», что совсем не одно и то же.

Аналогичные выводы формулы «сложения скоростей» приведены и в других книгах, например в учебном пособии для физиков А.Н. Матвеева. Получив примерно тем же формально математическим путём формулу (17.6) «сложения скоростей», он дальше пишет: «Из формулы (17.6) следует, что скорость света постоянна, и сложение скоростей никогда не приводит к скоростям, большим скорости света» [4, с. 101].

Оказывается, вот почему скорость света постоянна. И зачем же тогда разгонять встречные пучки частиц в ускорителях до скоростей, близких к скорости света? Спросите тех, кто работают на ускорителях частиц, зачем они это делают? Выходит, что они зря расходуют огромные средства?

Нигде вывод формулы «сложения скоростей» не сделан *наглядно*. А именно *наглядность* и показывает, что данную формулу *нельзя считать* формулой *сложения скоростей*. Восполним этот пробел, рассматривая всё тот же наш пример 1.

Итак, относительно покоящейся системы отсчёта S со скоростью V движется система отсчёта S' , а в ней с условной относительной скоростью v'_x движется частица 1, рис. 3. Требуется определить, а какой будет скорость v_x частицы 1 в покоящейся системе отсчёта S ? Для этого покажем некоторый начальный момент ($t_o = t'_o = 0$), когда начала систем координат S и S' совпадают и в этой же точке находится частица 1, рис. 3а. А также покажем взаимное положение этих систем через некоторую длительность Δt , отсчитанную по часам системы S , когда частица 1 достигнет частицы 2, рис. 3б.

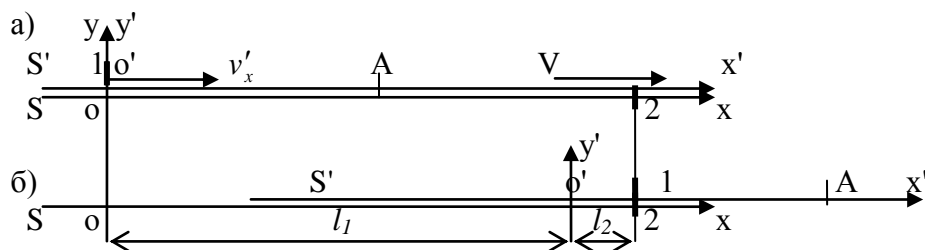


Рис. 3. а) начала систем координат o и o' совмещены и здесь же находится точка 1; б) взаимное положение этих систем через некоторую длительность Δt по часам системы S , когда частица 1 достигнет частицы 2.

Рассмотрим решение по пунктам:

1) За длительность Δt система отсчёта S' продвинется вперёд на расстояние $l_1 = V\Delta t$ (положение б)). Поскольку система S покоящаяся, то все её часы будут иметь показания Δt .

2) Так как «время» в движущейся системе S' идёт медленнее, то все её часы отсчитают длительность $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - V^2/c^2}$.

3) Раз скорость частицы 1 в системе S' равна v'_x , а её часы отсчитали длительность $\Delta t'$, то, следовательно, частица 1 продвинулась вперёд в S' на расстояние $l'_2 = v'_x \Delta t'$.

4) Найденное в п.3 расстояние будет оценено в системе S как $l_2 = v'_x \Delta t' \sqrt{1 - V^2/c^2}$. Или с учётом п.2 это составит $l_2 = v'_x \Delta t (1 - V^2/c^2)$.

5) Согласно пунктам 1 и 4 в положении б) частица 1 в S будет отстоять от начальной точки *o* на расстоянии

$$l_1 + l_2 = V \Delta t + v'_x \Delta t (1 - V^2/c^2) = (V + v'_x (1 - V^2/c^2)) \Delta t.$$

б) Скорость частицы 1 в системе S определится как

$$v_x = \frac{l_1 + l_2}{\Delta t} = V + v'_x (1 - V^2/c^2).$$

И, во-первых, мы получили совсем не ту формулу, что ожидали, а, во-вторых, если подставить сюда наши значения V и v'_x , то скорость v_x будет больше c . А этого, согласно принципу относительности, не должно быть ни в какой ИСО. Следовательно, нами где-то была допущена ошибка. И мы её сейчас найдём.

Конечно же, я специально привёл не то решение, которое должно быть в этом случае. И сделал это для того, чтобы *показать* к каким противоречиям уже при рассмотрении такого простого примера приводит ортодоксальная трактовка теории. А теперь ищем ошибку по пунктам.

Первых два пункта не вызывают никаких сомнений, если считать ходом «времени» в системе S' сам ход её часов. Казалось бы, и п. 3 не должен вызывать сомнений. Раз скорость частицы в системе S' равна v'_x , а время в этой же системе по темпу хода её часов ушло вперёд на $\Delta t'$, то мы всё сделали правильно. Но вот тут как раз и кроется ошибка.

Во-первых, никакого «времени» как такового в *движущейся* ИСО нет, а есть система «пространство-время» [2]. В движущейся ИСО мы можем оперировать только понятиями «ход часов» и «разность показаний» для разноместных часов. Но они *не дают* временную длительность, *протекающую* между разноместными событиями. А так как скорость должна измеряться по разноместным часам, а они *не дают* временную длительность, то в S' и нет *реального измерения скорости* частицы 1. То, что мы находим как v'_x является некоторой *условной* относительной скоростью. И поэтому найденное в п. 3 расстояние $l'_2 = v'_x \Delta t'$ неверно, а поэтому неверен и дальнейший расчёт. Исправим ошибку.

7) Если бы мы в нашем случае измеряли v'_x , то нашли бы её как

$$v'_x = \frac{l'_2}{(t'_2 - t'_1)},$$

где: t'_2 - показания часов в S' в точке, где частица 1 встречается с частицей 2, рис. 3б;

$t'_1 = t'_{o'} = 0$ - показания часов в S' в точке o' , где находилась частица 1 в начальный момент, рис. 3а.

8) Так как точка, в которой встречается частица 1 с частицей 2, в системе «пространство-время» S' имеет координату $x' = l'_2$, то показания часов в этой точке в момент а) были $-x'V/c^2 = -l'_2V/c^2$ [2]. В момент б) к ним добавилась длительность движения систем $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - V^2/c^2}$ и показания часов стали $t'_2 = \Delta t \sqrt{1 - V^2/c^2} - l'_2V/c^2$.

9) Подставляем найденные показания часов в формулу п. 7 и находим $v'_x = \frac{l'_2}{\Delta t \sqrt{1 - V^2/c^2} - l'_2V/c^2}$. Откуда $l'_2 = \frac{v'_x \Delta t \sqrt{1 - V^2/c^2}}{1 + \frac{v'_x V}{c^2}}$, а

$$l_2 = \frac{v'_x \Delta t (1 - V^2/c^2)}{1 + \frac{v'_x V}{c^2}}.$$

10) Теперь с учётом п.1 мы можем определить скорость частицы 1 в системе S как $v_x = \frac{l_1 + l_2}{\Delta t} = V + \frac{v'_x - v'_x V^2/c^2}{1 + v'_x V/c^2} = \frac{V + v'_x}{1 + v'_x V/c^2}$. Это и есть правильная формула.

Но давайте ещё раз посмотрим на рис. 3. Когда мы рассматривали сближение частиц в «покоящейся» системе S' , то в ней они *объективно реально* встречаются ровно посередине некоторого первоначального расстояния между ними. А когда «покоящейся» стала система S , то посмотрите, где оказалась точка А «движущейся» системы S' в момент встречи частиц. Это прямо говорит нам о том, что теперь это *объективно реально совершенно другая* физическая ситуация. И в первом случае *реально покоится* S' , а во втором случае *реально покоится* S , а *реально движется* S' .

Таким образом, мы *наглядно* убедились в том, что ответ на поставленный в примере вопрос зависит от того, в какой системе отсчёта мы будем рассматривать сближение частиц. И если бы взаимное движение частиц было *сугубо относительным*, то оно бы не зависело от того, с чьей точки зрения мы его рассматриваем. Это

прямо говорит о том, что и частицы и системы отсчёта имеют своё *собственное движение* в реальном физическом пространстве. Его можно рассматривать как *абсолютное движение* Ньютона. И когда мы рассматриваем физическое явление в *реально покоящейся* ИСО, т.е. в АСО, то в ней все измерения носят характер *реальных* измерений. В ней мы получаем *реальные* скорости и можем складывать их по правилам классической механики.

В *реально движущейся* ИСО все замеры в её «пространстве-времени», в которые входят показания её разноместных часов, не являются реальными измерениями. Через регистрации точечных событий в системе «пространство-время» движущейся ИСО, после их последующей обработки, мы получаем некоторые *условные относительные величины*. А уже через них, благодаря *принципу относительности*, находим и ту форму законов, по которым явления существуют и развиваются в природе сами по себе [5].

Данный конкретный пример позволяет *наглядно* показать ещё одну деталь наших *условных* измерений в СТО, благодаря которым выполняется принцип относительности.

Давайте ещё раз сделаем *реально покоящейся* систему отсчёта S' , а наша система S будет *реально движущейся*. И мы их так прямо и называем без всяких кавычек и оговорок, рис. 4. Система S' является АСО, система S реально движется со скоростью V влево и в ней покоится частица 2. В системе S' со скоростью V вправо движется частица 1. Вопрос: какова будет «скорость» v_x частицы 1, если её найти в движущейся системе «пространство-время» S ? Я намеренно не пишу «измерить», так как это *не есть измерение*, и слово «скорость» взято в кавычки, так как это *условная относительная* скорость.

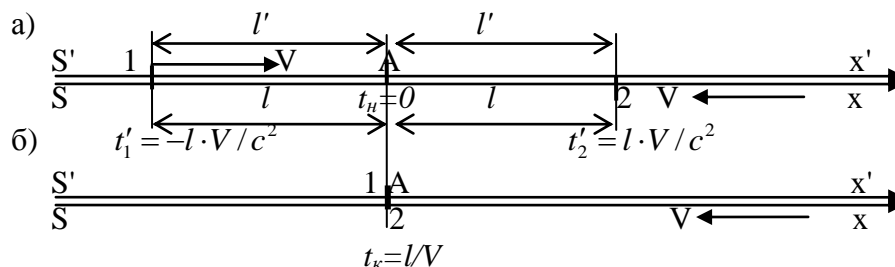


Рис. 4. а) начальное взаимное положение систем отсчёта и частиц; б) частицы 1 и 2 встретились в точке А через длительность $\Delta t'$, отсчитанную по часам системы S' .

Решаем задачу по пунктам:

1) Так как система S' покоящаяся, а система S движущаяся, то расстояние от частицы 1 до точки A и от точки A до частицы 2 в системе S' равно $l' = l\sqrt{1 - v^2/c^2}$.

2) Примем показания часов в некоторый начальный момент в обеих системах в точке A за нулевые, рис.4а. Тогда в системе S' как неподвижной они нулевые во всех её точках.

3) Так как система S движущаяся, то в её точке 2 уже в момент a) показания часов будут $t_2 = l \cdot V / c^2$, а на часах против частицы 1 показания будут $t_1 = -l \cdot V / c^2$. Это следует из условия «синхронизации» показаний разноместных часов в движущейся системе «пространство-время» [2].

4) Из положения a) наглядно видно, что в системе S' частица 1 и частица 2 встретятся в точке A через длительность $\Delta t' = l'/V$. Эта же длительность по часам системы S будет отсчитана как $\Delta t = \Delta t' \sqrt{1 - V^2/c^2} = l' \sqrt{1 - V^2/c^2} / V$.

5) Из п. 4 и п. 3 следует, что часы системы S против точки A в положении b) покажут $t_k = t_2 + \Delta t = l \cdot V / c^2 + l(1 - V^2/c^2)/V = l/V$.

6) Так как в системе «пространство-время» S против частицы 1 в момент a) часы имели показания $t_1 = -l \cdot V / c^2$, а в момент b) имеют показания $t_k = l/V$, то «время» сближения частиц в этой системе будет оценено как $t_e - t_1 = \frac{l}{V} + \frac{l \cdot V}{c^2} = \frac{l}{V} \left(1 + \frac{V \cdot V}{c^2}\right)$.

7) За рассчитанную разность в показаниях часов частица 1 пройдёт в S расстояние $2l$. Отсюда «скорость» сближения частиц, или «скорость» частицы 1 в системе S , будет оценена как $v_x = \frac{2l}{t_e - t_1} = \frac{V + V}{\left(1 + \frac{V \cdot V}{c^2}\right)}$. И мы снова получили правильную формулу для этого частного случая.

Снова обратим внимание на то, что частицы встретились в точке A . Это ещё раз показывает нам, что неподвижная система S' и движущаяся система S – это *одна объективная реальность*, а неподвижная система S и движущаяся система S' – *это совсем другая объективная реальность*. Когда мы находим v_x при неподвижной системе S в её пространстве и времени, то эта скорость является *реальной* и в этом смысле *абсолютной*. А когда мы находим v_x в движущейся системе «пространство-время» S при реально

неподвижной S' , то в этом расчёте это уже условная скорость. Но этот расчёт говорит нам, что таким будет реальное значение скорости v_x в реальном пространстве и времени, если реально неподвижной будет система S .

Пример №2. Взят из «Фейнмановских лекций по физике»: «Пусть ваша скорость внутри корабля равна половине скорости света, а скорость корабля тоже равна половине скорости света. Значит, и u равно $\frac{1}{2}c$, и v равно $\frac{1}{2}c$, но в знаменателе uv равно $\frac{1}{4}$, так что

$$v = \frac{1/2 \cdot c + 1/2 \cdot c}{1 + 1/4} = \frac{4c}{5}.$$

Выходит по теории относительности, что $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{2}$ дают не 1, а $\frac{4}{5}$. Небольшие скорости, конечно, можно складывать, как обычно, потому что, пока скорости по сравнению со скоростью света малы, о знаменателе $(1 + uv/c^2)$ можно забыть, но на больших скоростях положение меняется» [6, с. 290].

Если корабль движется со скоростью $\frac{1}{2}c$, то ваша скорость внутри корабля, если вы не фотон, не может быть равна $\frac{1}{2}c$. Здесь Р. Фейнман тоже *подменяет* понятия. Скорость $\frac{1}{2}c$ относительно *системы отсчёта*, в которой корабль покоится, совсем не означает, что это и есть скорость относительно *самого корабля* как тела отсчёта.

Пример №3. Взят из учебного пособия «Механика и теория относительности»: «Представим теперь ракету, которая движется со скоростью 100000 км/с относительно Земли. Пусть в ракете в направлении её скорости перемещается некоторый предмет со скоростью 100000 км/с относительно ракеты. Спрашивается, какова будет скорость этого предмета относительно Земли? Если бы измерить её, то получилось бы значение около 164000 км/с. Хотя описанный опыт с ракетой не производился, но производились многочисленные другие опыты, которые показали, что формула сложения скоростей (*классической механики* – А. Ю.) не является правильной» [4, с. 76].

Здесь автор А.Н. Матвеев тоже не делает различия между скоростью относительно ракеты и «скоростью» относительно «пространства-времени» реально движущейся системы отсчёта, в которой ракета покоится. И такие же примеры можно привести и из других книг.

Заключение.

Таким образом, сложение скоростей в СТО в пределах каждой ИСО осуществляется так же, как и в классической механике. А то, что называется «формулой сложения скоростей» в СТО, по своей сути является формулой *пересчёта* скорости чего-либо из движущейся ИСО в «покоящуюся» с учётом скорости движения самой движущейся ИСО относительно «покоящейся».

Проанализированный нами простой конкретный пример является прямым подтверждением основного и главного философского принципа – в основе всех природных явлений лежит *самодвижение материи*. Самодвижение материи является *способом её существования* в реальном физическом пространстве – в её объёме.

Все природные движения сами по себе являются *абсолютными*, но для нас как наблюдателей они проявляются *в форме относительных движений* – как движения одних физических объектов относительно других. *Относительное* есть лишь *следствие*, результат, проявление, *форма восприятия абсолютного*. Ту или иную *форму существования абсолютного* можно постичь лишь *мышлением* в результате глубокого непредвзятого анализа его конкретных *относительных проявлений*.

Ссылки:

1. Берклевский курс физики. Т. 1. М.: Наука, 1975.
2. Пространство-время в специальной теории относительности.
<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10857.html>
3. Н.И. Карякин, К.Н. Быстров, П.С. Киреев. Краткий справочник по физике. М.: Высшая школа, 1964.
4. А.Н. Матвеев. Механика и теория относительности. М.: Высшая школа, 1986.
5. Суть принципа относительности в СТО.
<http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/170625134642.pdf>
6. Фейнмановские лекции по физике. Т. 1-2. М.: Мир, 1977.