

# СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Чаварга Н.Н.

Ужгородский национальный университет, 88 000, Ужгород, ул. Пидгирна, 46, Украина  
nikolay.chavarga@mail.ru

Показано, что специальная теория относительности не подтверждается экспериментально – опыты Майкельсона на самом деле демонстрируют реальное сокращение движущихся тел, эксперименты с движущимися мюонами демонстрируют реальное замедление процессов в движущейся системе, а это делает системы координат неравноправными. Временное преобразование Лоренца при малых скоростях движения не переходит во временное преобразование Галилея, вследствие чего специальная теория относительности не согласуется с принципом соответствия Бора. Зависимость массы тела от скорости движения, а также связь массы тела с энергией, подтверждаются экспериментом, но не имеют отношения к теории относительности.

## 1. Введение

С момента создания специальной теории относительности (СТО) прошло более сотни лет. Официально признано ее экспериментальное подтверждение в разного типа опытах, тем не менее, споры о ее корректности не утихают и по настоящее время, особенно на форумах в сети Интернет. При внимательном анализе проблемы выясняется, что в этих дискуссиях обе стороны не удосужились аккуратно выяснить не только сущность самой теории и обсуждаемых вопросов, но даже физический смысл входящих в уравнения величин. Цель этой работы – изложить теорию относительности вообще, и СТО в частности, как можно доступнее, ибо, как показывает практика, дискутирующие стороны в подавляющем большинстве случаев ведут спор на разных языках. При этом основной проблемой является непонимание сути теории относительности и физического смысла входящих в уравнения величин. Особое внимание в настоящей работе будет уделено проблеме экспериментальной проверки теории, ибо поверхностное отношение к этому вопросу приводит к неправильным выводам.

У нас нет особых надежд на то, что многие читатели наберутся терпения, чтобы внимательно прочитать довольно большую по объему статью, поэтому еще во введении предложим читателю поразмышлять над простым примером. Известно, что всякая новая теория должна при условиях, при которых справедлива старая теория, давать нам результаты расчетов, мало отличающиеся от расчетов, полученных по старой теории. Самая простая задача в теории относительности – рассчитать координаты некоторого события в движущейся системе, если заданы скорость движения  $V$  системы и координаты события  $A(x, t)$  в неподвижной системе. Пример: пусть координаты события равны  $x=10^{16}$  м,  $t=100$  с, и скорость системы  $V=900$  м/с. Требуется рассчитать координаты этого события в движущейся системе по теории относительности Галилея и по СТО, результаты сравнить на предмет их схождения-расхождения.

Скорость 900 м/с считаем дорелятивистской, поскольку это скорость современного самолета (ниже мы еще вернемся к обоснованию этого утверждения). Расстояние  $10^{16}$  метров – это всего лишь треть парсека, единицы измерения длины в астрономии. Расчеты пространственной координаты в этом разделе приводить не будем, поскольку расхождение в направлении движения наблюдается только в двенадцатом знаке. Для проведения расчетов временной координаты нужно воспользоваться временными преобразованиями Галилея и Лоренца.

Преобразование Галилея:

$$t'=t=100 \text{ с.} \quad (1.1)$$

Этот результат означает, что все часы в движущейся системе показывают то же самое, что показывают все часы в неподвижной системе. Примерно такой же результат мы интуитивно ожидаем получить и по СТО – что-то около 99,9999999991. Однако:

Преобразование Лоренца:

$$t'_L = \frac{t - \frac{V}{C^2} x}{G} = \frac{100 - \frac{900}{9 \cdot 10^{16}} 10^{16}}{\sqrt{1 - \frac{81 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^{16}}}} = 0 \text{ с} \quad (1.2)$$

Как видим, расхождения неожиданные и поразительные – вместо ожидавшихся 99,9999999991 с получено ровно ноль. Мы рассмотрели событие на расстоянии  $10^{16}$  м вправо от начала координат. Если же рассмотрим точку на расстоянии  $-10^{16}$  м, т.е. на том же расстоянии, только влево от начала координат, то вместо 100 секунд по Галилею, на этот раз получим немногим более 200 секунд. Для расстояния, равного диаметру Галактики ( $\sim 6 \cdot 10^{20}$  м), получим примерно минус 70 дней, хотя теория Галилея по-прежнему дает нам ровно 100 секунд. Ниже мы разберем подробно, в чем причина этих расхождений, и что они на самом деле означают.

Данная работа является своеобразным итогом дискуссий, как устных, так и многочисленных продолжительных Интернет-дискуссий (в частности, на [www.membrana.ru](http://www.membrana.ru)), организованных в основном по материалам, изложенным в работах [1-3]. Этим объясняется подробное изложение ряда моментов, которые оказались трудными для восприятия, несмотря на их простоту.

## 2. Пространственная и временная координаты

В физике для описания картины мира вводят понятия абсолютного пространства и абсолютного времени. Наиболее полно определение этих понятий попытался дать Ньютон [4], однако его определения далеки от совершенства и, по сути, являются описаниями интуитивного восприятия как бесконечного пространства, так и времени. Вполне возможно, что человеческий ум в этом плане на большее просто не способен. С другой стороны, на наш взгляд, наиболее серьезные попытки уточнения и развития понятий пространства и времени представлены в работах Д.Е. Бурланкова, см., например [5].

Понятие абсолютного пространства предполагает его независимым от времени, и на язык математики ложится через понятие системы пространственных координат. При введении системы координат некоторая точка в пространстве по усмотрению исследователя объявляется нулевой, выбирается направление на рассматриваемую точку, выбирается эталон длины, и на оси координат наносятся метки. Таким образом, координата  $x$  некоторой точки А на выбранной оси – это количество делений (эталонов) на этой оси от нулевой точки до рассматриваемой, т.е. это не просто число, а измеренное расстояние. Заметим, что координата  $x$  – это характеристика не столько рассматриваемой материальной точки, сколько характеристика места в пространстве. Материальная точка может переместиться в другое место пространства, но координата  $x$  будет обозначать то место в пространстве, где материальная точка была раньше. Очевидно, что хотя  $x$  – произвольное число, но в наших рассуждениях  $x = \text{const}$ , ибо «место в пространстве» никуда не перемещается.

Примерно аналогичным образом вводится понятие абсолютного времени. По усмотрению исследователя некоторый момент времени объявляется нулевым. Далее выбирается некий механизм, периодически изменяющий свое состояние, механизм объявляется эталонным прибором для измерения времени, после чего количество тикаций прибора от нулевого момента до рассматриваемого, т.е. текущего момента  $t$ , объявляется «данным моментом времени». Таким образом, точка с координатой  $t$  на оси времени – это не произвольное число, а количество периодических движений эталонного механизма от нулевого момента до рассматриваемого, т.е. интервал времени. Очевидно, что при построении теории, в которой вводится понятие движения в пространстве и во времени, нет необходимости вести речь о конкретном эталоне длины, процедуре нанесения меток на пространственной оси, конкретном механизме хронометра и о конкретной процедуре синхронизации. В теории мы просто объявляем, что у нас имеется система координат, что метки на осях нанесены по эталону, что везде расставлены идеальные часы, что синхронизация выполнена идеально, и с этим арсеналом приступаем к изучению материального мира.

Это был первый момент, который часто становится предметом дискуссий по теме СТО, мол, момент времени – это просто число, а не интервал времени, а пространственная координата – это также просто число, а не расстояние от нулевой точки до рассматриваемой, а синхронизация выполняется медленным переносом часов или световыми сигналами (другой возможности нет) и т.д. На самом деле, иначе как через расстояние и интервал времени, понятия координаты точки на пространственной и временной осях нельзя представить в

количественной мере, т.е. математически, а на наличие синхронизации часов указывает отсутствие в уравнениях зависимости их показаний от пространственной координаты.

После того, как мы ввели понятия абсолютного пространства и системы координат, как его математического образа, а также математического времени, мы тем самым создали себе два инструмента для изучения материального мира. Пока мы рассчитываем на то, что этих понятий будет достаточно для изучения и описания любой возможной ситуации в бесконечном пространстве и абсолютном времени. Подразумевается, что если нам понадобится рассмотреть вопрос, как некая ситуация видится глазами движущегося материального наблюдателя, мы этому наблюдателю вручим не новое движущееся пространство, помещенное в абсолютное, а только систему координат в виде воображаемой трехмерной решетки, построенной из «материальных стержней» со свойствами твердого тела. Очевидно, что аналогичным образом в движущейся системе мы введем не «новое время», а лишь систему хронометров, тем или иным способом измеряющих математическое время.

Это не надуманный вопрос, как это может показаться, ибо в литературе и дискуссиях широко используются понятия «сокращения пространства в движущейся системе» и «замедление самого времени в движущейся системе», без малейшей попытки дать определения, что такое «пространство в пространстве» и что такое «свое время в движущейся системе». Никто еще не отважился сказать вслух, что он вводит понятие своего пространства и своего отдельного времени для движущейся системы, и не объяснил нам, чем его не устраивают «движущаяся система координат» и «замедление темпов протекания физических процессов». Какие физические проблемы нельзя рассмотреть без введения новых сущностей в виде собственного пространства и собственного времени в движущихся системах? Тем не менее, «сокращение пространства» и «замедление времени» в движущейся системе широко встречается в литературе по теории относительности. Это был второй момент, который по непонятной причине ускользает от внимания участников дискуссии.

Теперь рассмотрим основные свойства введенных базовых понятий физики – пространства и времени, такие свойства, при нарушении которых пространство уже будет не пространством, а время перестанет быть временем. Предположение о том, что все метки на пространственной оси наносятся прикладыванием одного и того же эталона, отражает свойство однородности пространства. Однако самой существенной особенностью есть тот факт, что вследствие свойства протяженности пространства **все точки в пространстве индивидуальны**, поэтому **ни в какой теории координаты даже двух разных точек в пространстве не могут быть обозначены одной и той же тройкой чисел  $x, y, z$** . Результат нарушения этого свойства можно проиллюстрировать линейкой для измерения длины (или осью координат), на которой все точки, кроме нулевой, обозначены одним и тем же числом, например, 9. По известной аналогии назовем это «относительностью разнородности». С помощью подобной линейки можно легко доказать, что толщина, ширина и длина спичечного коробка равны между собой, и равны 9 сантиметрам; или что размер коробка и стола, на котором может поместиться сотня коробков, равны между собой. Из приведенного примера видно, что основное свойство пространства, а именно – индивидуальность его точек, категорически нельзя нарушать. При его нарушении теория автоматически становится нефизической. К счастью, никто еще не додумался вводить в физику понятие относительности разнородности – слишком уж очевидная абсурдность.

Аналогичное основное свойство, которое нельзя нарушать ни при каких условиях, имеется и у времени – **в данный момент во всем бесконечном пространстве время одно и то же**, оно у нас одно на всю бесконечную Вселенную. Если в пространстве каждая точка индивидуальна (поэтому должна быть обозначена «индивидуальным числом»), то у времени обратное свойство – время едино на все пространство. На приборном уровне это свойство означает синхронность показаний всех часов во всем бесконечном пространстве. Математически же оно представлено тем, что в случае, если у нас имеется система уравнений (каждое из которых описывает движение некоторого объекта), во всех уравнениях, объединенных скобкой, под символом  $t$  понимаем одно и то же значение, даже если объекты в данный момент находятся на

невообразимо большом расстоянии друг от друга. Не может быть даже двух точек в пространстве, где бы в данный момент время было разным.

Именно такие взаимодополняющие, с одной стороны, и совершенно не зависящие друг от друга, с другой, свойства пространства и времени позволяют нам писать уравнения движения материальной точки типа  $x=x_0+Vt$ , где  $x$  – значение пространственной координаты в текущий момент времени,  $x_0$  – начальное условие. Если бы где-то в пространстве имелись точки, координаты которых имели бы одно и то же значение, либо в которых время было бы разным, приведенное выше уравнение было бы просто недействительным. Это был третий момент, на который должны обращать особое внимание исследователи, изучающие любую теорию относительности, не только СТО.

### 3. Сущность теории относительности

Всякая теория относительности начинается с того момента, когда относительно абсолютной системы отсчета, обычно обозначаемой через  $K$ , запускают двигаться другую систему отсчета  $K'$  и пытаются ответить на вопрос: как одна и та же ситуация выглядит при наблюдениях за ней из разных систем отсчета? Очевидно, что если в задаче нет сопоставления точек зрения из разных систем координат, то задача не относится к теории относительности, даже если рассматривается движущийся предмет, например, движение ракеты с переменной массой, которое описывается уравнением Циолковского.

В любой теории относительности в первую очередь нужно ответить всего лишь на два вопроса:

а) Если в покоящейся системе  $K$  пространственная координата некоторой произвольной точки  $A$  (покоящейся в  $K$ ) равна  $x$ , то каким будет значение координаты этой же точки в движущейся системе  $K'$  в произвольный момент времени  $t$ ?

б) Если все часы в системе  $K$  показывают момент  $t$ , то что будут показывать часы в движущейся системе  $K'$  в этот же момент времени?

Ответы на эти вопросы содержатся в уравнениях, называемых преобразованиями пространства и времени. Пример ответов на второй вопрос мы уже привели во введении. Математически сущность любой теории относительности содержится в преобразованиях пространства и времени. Все остальное – это только выводы из теории, добытые после соответствующей математической обработки, или же истолкование сущности теории, например, на  $x-t$ -диаграммах и т.п.

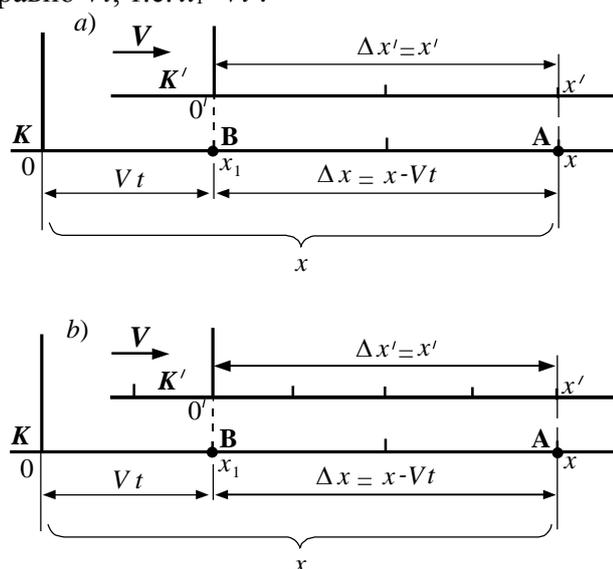
Если в результате этой обработки окажется, что системы координат по всем параметрам равноправные, можно будет сделать вывод о том, что наделение системы  $K$  свойством абсолютной системы координат, объявление ее выделенной системой, является излишним, однако построение всякой теории относительности нужно начинать с введения абсолютной системы, относительно которой равномерно движется равноценная ей система  $K'$ , и до тех пор, пока равноправие систем не будет доказано, их нельзя считать априори равноправными. Во всех подобных рассуждениях подразумевается, что до начала эксперимента обе системы были покоящимися, метки на осях координат совпадали, все часы были синхронизированными и шли в одном темпе (способ синхронизации не указывается), часов имеется бесконечно много, размещены они как угодно плотно и своим присутствием никому не мешают.

Для построения пространственных преобразований координат нужно в системе  $K$  рассмотреть произвольную точку  $A$  с координатой  $x$ . При этом нужно ответить на вопрос: каким является значение координаты этой же точки по данным измерений, выполненным в системе  $K'$  средствами, покоящимися в  $K'$ ? Ответ зависит от свойств инструментов в движущейся системе, при этом моделью твердых тел и инструментом для измерения длины служат сами оси координат. Предполагая наличие тех или иных свойств у движущихся материальных тел, мы наделяем этими свойствами пространственные оси движущейся системы. Например,

- а) размеры тел остаются неизменными по всем координатам (Галилей),
- б) размеры тел сокращаются по всем координатам (нет такой теории),

- с) размеры тел удлиняются по всем координатам (нет такой теории),  
 d) размеры тел сокращаются в направлении движения и остаются неизменными по другим координатам (Лоренц) и т.д.

Для получения пространственного преобразования системы координат нужно «привязать» друг к другу через сравнение результатов измерений одного и того же количества абсолютного пространства инструментами разных систем. С точки зрения математики рациональнее всего сравнить количество пространства между произвольной точкой А и некоторой точкой В, против которой в рассматриваемый момент находится начало  $0'$  системы  $K'$ , рис. 3.1. В отличие от точки А, для которой  $x=const$ , значение координаты  $x_1$  точки В в системе  $K$  зависит от времени наблюдения, и численно равно  $Vt$ , т.е.  $x_1=Vt$ .



**Рис. 3.1. К выводу пространственных преобразований Галилея и Лоренца:**

- a) между точками В и А абсолютного пространства находится одинаковое количество делений на осях  $x$  и  $x'$ .  
 b) движущаяся ось сокращена в соответствии с  $G=0,5$ , поэтому между точками В и А на движущейся оси помещается в два раза больше делений (сокращение Фитцджеральда – Лоренца как реальный эффект).

Если цена деления на движущейся оси не зависит от ее скорости движения относительно  $K$ , рис.3.1, a), то  $\Delta x = \Delta x'$ . С другой стороны, из рисунка видно, что

$$\Delta x = x - Vt \quad (3.1)$$

$$\Delta x' = x' \quad (3.2)$$

Отсюда

$$x' = x - Vt \quad (3.3)$$

Мы получили пространственное преобразование теории относительности Галилея, сопоставляющее координаты произвольной покоящейся в  $K$  точки.

Если же движущиеся материальные тела сокращают свои размеры в направлении движения, например, пропорционально  $G$  ( $G$  назовем коэффициентом негалилеевости, от Galileo), причем

$$G = \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} \quad (3.4),$$

то между точками А и В абсолютного пространства поместится большее количество меток на оси  $x'$ , ибо  $\Delta x' = \Delta x / G$ , рис. 3.1, b), поэтому уравнение (3.3) примет вид

$$x' = \frac{x - Vt}{G} \quad (3.5)$$

Уравнение (3.5) – это преобразование Лоренца для пространственной координаты. Подчеркнем, что мы построили его на предположении о **реальном** сокращении движущихся тел, ибо математика взятку не берет, с ней нельзя договориться, мол, *пусть сокращение движущихся тел будет кажущимся, мы же запишем уравнения как для реально сокращенных тел, и на рисунке движущуюся ось изобразим сокращенной реально, и на этой основе объясним*

результаты опытов Майкельсона, но на самом деле никакого реального сокращения нет..., т.е. после «успешного объяснения эксперимента» с привлечением эффекта реального сокращения мы объявим, что *сокращение было кажущимся*. Подчеркнем, что равенство (3.4) пока ниоткуда не следует, просто при таком значении  $G$  можно успешно объяснить опыты Майкельсона.

Уточним физический смысл величин, входящих в (3.5). В правой части представлены величины, измеренные средствами системы  $K$ . Величина  $x$  – координата произвольной точки  $A$  в абсолютном пространстве (координата произвольного места в пространстве), ее значение никак не связано с величиной момента времени  $t$ . Величина  $t$  – произвольный момент времени, в который мы поинтересовались значением пространственной координаты  $x'$  той же самой точки  $A$ , но в движущейся со скоростью  $V$  системе. Именно тот факт, что мы имеем преобразования для пересчета значений координаты произвольной точки и произвольного момента времени  $A(x, t)$ , дает нам возможность пересчитывать координаты материальной точки, движущейся по любому закону, когда пространственная и временная координаты точки связаны конкретным законом ее движения. Экспериментально независимость величин  $x$  и  $t$  проявляется в том, что пространственное и временное преобразования проверяются в принципиально разных экспериментах: пространственное – в опытах Майкельсона, временное – в опытах с мюонами. Если в опытах Майкельсона не рассматривается эффект замедления темпов протекания физических процессов, то в опытах с мюонами не рассматривается эффект сокращения Фитцджеральда-Лоренца.

Собственно говоря, идея сокращения движущихся тел была выдвинута сначала Фитцджеральдом, а затем и Лоренцем, для объяснения результатов опытов Майкельсона, поэтому мы отступим от общей линии изложения теории относительности, остановимся на пространственном преобразовании, хотя о временном еще не шла речь, и рассмотрим проблемы, связанные с опытами Майкельсона, ибо только в опытах Майкельсона экспериментально проверяется пространственное преобразование координат, вернее, три преобразования – кроме (3.5) проверяются еще два преобразования:  $y'=y$ ,  $z'=z$ . Подчеркнем только еще раз (в качестве промежуточного вывода), что сущность любой теории относительности заключается в сопоставлении точек зрения из разных систем координат на один и тот же факт, на одну и ту же ситуацию, а понятие «точка зрения» означает не что иное, как результат измерений, выполненных неподвижными в этой системе средствами измерений. Вследствие этого, во всех уравнениях, относящихся к теории относительности, должны присутствовать штрихованные и нештрихованные величины. Здесь мы хотим подготовить читателя к тому, что ниже мы столкнемся с фактами, когда соотношения между величинами, измеренными средствами одной системы, представляют имеющими отношение к теории относительности.

#### 4. Эксперименты Майкельсона

Интерферометр Майкельсона схематически изображен на рисунке 4.1. Фотоны от источника  $S$  направляются на посеребренную пластину  $P$ , которая может расщепить луч на две части – в направлении к зеркалам  $M_1$  и  $M_2$ . Отразившись от зеркал, фотоны снова сходятся на пластине, интерферируют (взаимодействуют) и направляются к наблюдателю  $O$ , который наблюдает интерференционные полосы. Если длину одного из плеч прибора изменить на половину длины волны фотона, интерференционная картина изменится – светлые полосы займут место темных, и наоборот. С помощью этого явления Майкельсон пробовал обнаружить факт движения Земли относительно светонесущей среды. При этом предполагалось, что движущийся относительно Земли эфир (эфирный ветер) будет «сносить» фотоны в направлении движения и в перпендикулярном направлении по-разному, вследствие чего интерференционная картина будет зависеть от ориентации прибора.

Очень часто в литературе встречается утверждение, что в опытах Майкельсона измерена скорость света и экспериментально подтверждено постоянство скорости света, т.е. установлено, что она не зависит от скорости и взаимного направления движения фотона и системы отсчета. Это глубоко ошибочное утверждение. На самом деле в этих опытах установлено, что

интерференционная картина не зависит от ориентации движущегося прибора. Все, больше ничего. Из этого можно только сделать однозначный вывод, что фотоны, разделенные пластиной в направлениях к зеркалам  $M_1$  и  $M_2$ , возвращаются к пластине одновременно. Никакого иного результата опыты Майкельсона не дают. Задача физиков заключается в интерпретации этого результата. В литературе предложены только четыре варианта объяснения независимости интерференционной картины от ориентации прибора, которые мы и рассмотрим.

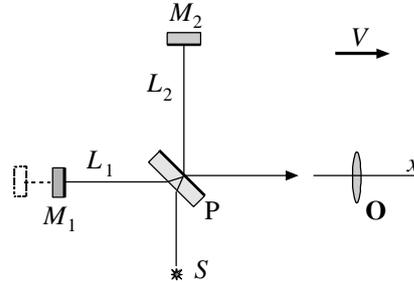


Рис. 4.1. Схема интерферометра Майкельсона

**4.1. Размеры тел в направлении их движения не изменяются** при изменении их скорости движения относительно системы  $K$  (верна теория относительности Галилея), но выполняется баллистическая гипотеза Ритца, исходящая из корпускулярных свойств фотонов. Ритц предположил, что скорость фотонов-корпускул зависит от скорости испустивших их атомов аналогично тому, как скорость пули относительно Земли зависит от скорости самолета, на котором установлена пушка.

Элементарные расчеты показывают, что в этом случае фотоны действительно возвратятся в исходное положение строго одновременно. Проблема только в том, что астрономические наблюдения более чем убедительно демонстрируют нам, что баллистическая гипотеза не выполняется, т.е. скорость фотонов на самом деле не зависит от скорости испустивших их источников. Этот вывод делается на основе наблюдений за двойными звездами, которые могут находиться на постоянном расстоянии друг от друга благодаря их вращению вокруг общего центра – сила гравитации уравнивается центробежной силой. Линейная скорость движения звезд на орбите при этом получается приличной.

Если бы баллистическая гипотеза выполнялась, фотоны, испущенные движущейся в направлении к нам звездой, имели бы бо́льшую скорость, чем фотоны, испущенные звездой, движущейся в направлении от нас. Вследствие этого более быстрые фотоны от далекой звезды могли бы по дороге к месту наблюдения несколько раз обогнать более медленные (испущенные в разное время), и к наблюдателю одновременно прибыли бы фотоны из разных мест траектории звезд. В результате этого вместо двух точечных изображений звезд мы бы видели размытые изображения, или даже кольцо, если звезды находятся достаточно далеко. Ничего подобного, однако, астрономы не наблюдают, поэтому баллистическая гипотеза, несмотря на ее привлекательность с точки зрения простоты и красоты, в настоящее время всерьез не рассматривается.

**4.2. Скорость фотонов не зависит от скорости испустивших их источников, но все тела в направлении движения реально сокращают свои размеры** в соответствии с

$$l = l_0 G \quad (4.1)$$

где  $l$  – размер движущегося тела по данным измерений в неподвижной системе,  $l_0$  – размер того же тела, но в состоянии покоя относительно системы  $K$ ,  $G$  – коэффициент негалилеевости (3.4).

Все величины, входящие в эту формулу, измерены средствами системы  $K$ , и относятся, фактически, к разным объектам. Уравнение (4.1) связывает величину проекции сокращенного движущегося стержня с длиной этого же стержня (или его брата-близнеца) в состоянии покоя, рис.4.2, поэтому оно не относится к теории относительности, однако оно может быть

использовано для вывода пространственного преобразования Лоренца (и мы этим уже воспользовались при выводе (3.5)).

Как видно из рисунка, движущийся стержень занимает  $l'$  меток на пространственной оси системы  $K$  и  $l'$  меток на своей пространственной оси. Очевидно, что  $l'$  – это результат измерения длины движущегося стержня средствами системы  $K'$ , а  $l$  – результат измерения длины **этого же стержня**, но средствами системы  $K$

$$l' = \frac{l}{G} \quad (4.1)'$$

Сопоставление результатов измерений одного и того же объекта средствами разных систем координат – «поле деятельности» или «сфера интересов» теории относительности. В соотношении (4.1)' представлены точки зрения разных наблюдателей по вопросу длины движущегося стержня, поэтому, в отличие от (4.1), соотношение (4.1)' уже относится к теории относительности, это частный случай пространственного преобразования Лоренца (при  $t=0$ ), если под  $l'$  понимать координату конца движущегося стержня. Непонимание разницы между (4.1) и (4.1)' часто является предметом длительных и бесплодных дискуссий. Это непонимание обычно проявляется через выражение: «Длина тела является максимальной в системе координат, в которой оно покоится». При этом, для доказательства равноправия систем, рядом с рисунком 4.2 норовят нарисовать другой рисунок, на котором уже стержень  $l_0$ , рисуют меньшим стержня  $l'$ , хотя очевидно, что и прямые, и обратные преобразования должны быть представлены одним и тем же рисунком.

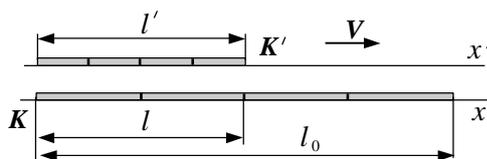


Рис. 4.2

Несложные расчеты показывают (впервые их провели сначала Лармор, затем Фитцджеральд и Лоренц), что и в этом случае (случае реального сокращения движущихся тел) фотоны возвратятся в исходное место строго одновременно, вследствие чего интерференционная картина не будет зависеть от ориентации движущегося прибора, т.е. опыты Майкельсона можно объяснить и гипотезой сокращения Фитцджеральда–Лоренца. Проблема только в том, чтобы установить физическую причину сокращения тел. Если это постоянно действующая внешняя сила, то она, во-первых, должна быть огромной по величине, и, во-вторых, должна тормозить свободно движущееся в вакууме тело, вследствие чего закон инерции не будет выполняться. При таких условиях движения планеты давно бы упали на звезды и т.д. В связи с указанными затруднениями вопрос сотню лет оставался без ответа.

**4.3. Третий вариант** объяснения опытов Майкельсона был предложен Эйнштейном. Он предполагает нарушения логики здравого смысла, и заключается в фантастическом предположении о **независимости скорости фотона относительно движущейся системы**, причем как от величины скорости системы, так и от взаимного направления движения фотона и системы. Как именно могло появиться подобное предположение? Возможно, молодой Эйнштейн, размышляя над фактом независимости скорости фотона от скорости источника (при наличии светонесущей среды в этом нет ничего удивительного – скорость звука не зависит от скорости свистка на паровозе) формально распространил идею и на приемник излучения – если скорость фотона не зависит от скорости источника, то, может быть, она не зависит и от скорости приемника?! Нельзя ли с этой идеей объяснить опыты Майкельсона без допущения о реальном сокращении тел в направлении движения? **Соль идеи в том, что если реального сокращения нет, то не нужна и сила для деформации тел – закон инерции будет выполняться!** Подобный ход мыслей, когда формальная сторона преобладает над физическим

смыслом, когда математику ставят впереди физики, очень характерен для современной теорфизики. Казалось бы, достаточно вообразить себе фотон, летящий навстречу двум приемникам (они же системы координат), движущимся с разными скоростями, как станет ясно, что фотон не может одновременно с одной и той же скоростью двигаться относительно этих двух приемников, имеющих разные скорости, да еще и движущихся в разных направлениях. Подобный парадокс должен опровергнуть любую гипотезу.

В чем именно заключается фантастичность независимости скорости света от скорости приемника, можно проиллюстрировать с помощью мысленного эксперимента. Пусть относительно абсолютной системы  $K$  движется система  $K'$  со скоростью, близкой к скорости света, – например, электрон со скоростью  $V=0,999 C$ . Пусть относительно  $K$  в разные стороны одновременно испущены два фотона со скоростью  $C$ . Нас пытаются убедить в том, что фотоны являются настолько необычными объектами, что скорость их движения равна  $C$  даже относительно электрона, который сам движется со скоростью  $0,9999 C$ , причем независимо от взаимного направления движения – как в направлении движения электрона, так и против! Проблема, с которой мы только что столкнулись, не только физико-математическая, но и философская. Как могло случиться так, что противоречащее со всей очевидностью логике и здравому смыслу предположение могло быть не только предложено на суд научной общественности, но и внимательно выслушано, и признано? Что случилось с физиками, что они подобное предположение вообще приняли к рассмотрению? Для ответа, для наглядной иллюстрации сути предположения Эйнштейна, рассмотрим простую ситуацию, рис. 4.3.

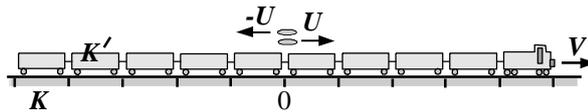


Рис. 4.3

Скорость поезда относительно системы  $K$  равна  $V$ . Скорости самолетов относительно  $K$  равны  $U$  и  $-U$ . Если в голове поезда часы выставить на запаздывание (по сравнению центром поезда,  $x=0$ ), а в хвосте поезда на опережение, то можно добиться того, что измеренная средствами на поезде скорость самолетов окажется численно равной  $U$  в обоих направлениях, т.е. независимой от системы отсчета.

Пусть относительно Земли (система  $K$ ) движется длинный поезд со скоростью  $V$  по данным измерений системы  $K$ . Со скоростью  $U$  относительно  $K$  движутся два самолета в противоположных направлениях. В момент  $t=0$  оба самолета находились против середины поезда, которая в свою очередь находилась против точки  $x=0$  системы  $K$ . Вопрос: можно ли сделать так, чтобы измеренная средствами на поезде скорость самолетов относительно поезда была также равна  $U$ , причем в обоих направлениях сразу, и что для этого нужно сделать? Абсурдность самой постановки вопроса очевидна, но она принципиально отличается от соответствующей ее постановки в СТО. Если фотону разрешено двигаться с одной и той же скоростью в направлении и против движения релятивистского электрона, то почему подобное не позволено самолету по отношению к поезду? Чем самолет хуже фотона?

Очевидно, ответа на подобные вопросы в рамках логики и здравого смысла просто не существует. Подобный вывод, полученный в результате анализа какого-либо допущения, должен опровергнуть любую гипотезу, СТО же стала теорией. Одна из причин этого состояния дел заключается в том, что парадокс был получен не в результате анализа теории, а с самого начала был заложен в гипотезу в качестве исходного пункта, в качестве ее краеугольного камня, а вскоре последовало математическое «объяснение», гипнотически действующее на теоретиков, и вывод об «экспериментальном подтверждении», сделанный, конечно же, теоретиками.

Как же можно математически объяснить постулат постоянства скорости света? Какую процедуру измерения представляет этот постулат? На рис. 4.3 скорость  $V$  поезда определяется измерительными средствами системы  $K$ , т.е. неподвижными в системе  $K$  инструментами – линейкой в системе  $K$  (ось  $x$ ) и синхронизированными часами, расставленными вдоль **этой** линейки. Теми же самыми измерительными средствами системы  $K$  определяется и скорость  $U$  самолетов. В нашем случае теория относительности начинается с момента, когда мы попробуем

сравнивать результаты измерений скоростей самолетов, полученные средствами, имеющимися на поезде, с результатами измерения скоростей тех же объектов средствами на Земле. Ключевой момент здесь – в выражении «средствами измерения, имеющимися в той или иной системе отсчета». Выше мы уже приводили пример, как можно с помощью нехитрого приема и нехитрого средства (линейки, на которой все метки обозначены одним и тем же числом) «доказать», что размеры спичечного коробка и стола, на котором помещается сотня коробков, одинаковы. Там было нарушено основное свойство пространства как базового понятия физики – свойство индивидуальности точек пространства, требующее, чтобы даже две из них не могли быть обозначены одним и тем же набором координат  $x, y, z$ .

Если мы теперь по аналогии изменим основное свойство второго базового понятия физики – времени, – то это уже будет не время, а наука будет не физикой, но зато можно будет математически объяснить парадоксальный постулат постоянства скорости света и даже скорости самолета относительно поезда. Для этого наблюдателям на поезде просто нужно пользоваться специальным образом рассинхронизированными часами. Для того, чтобы самолет догнал убегающий локомотив, ему нужно больше времени, чем если бы поезд стоял, поэтому для получения того же значения скорости самолета, что и в неподвижной системе, часы в голове поезда нужно выставить «на нужной величины запаздывание», чтобы численно компенсировать разницу во времени, а часы в хвосте выставить «на соответствующее опережение». Теперь, если момент старта самолетов фиксировать по часам в центре поезда (начало  $K'$ ), а прибытие – по запаздывающим часам в голове или спешащим в хвосте поезда, можно получить то же самое значение скорости самолета, что и в измерениях средствами неподвижной системы, причем как в направлении движения поезда, так и против! Вот в чем суть математического «объяснения» постоянства скорости самолета или любого другого объекта – в изменении основного свойства базового понятия физики, в предписании использовать для измерений скорости объектов рассинхронизированные часы.

Идею рассинхронизации часов на поезде (т.е. в системе  $K'$ ) нетрудно представить математически. Если через  $x$  обозначить пространственные координаты, через  $t$  – показания всех часов на железнодорожном полотне (система  $K$ ), то показания  $t'$  рассинхронизированных часов на поезде должны зависеть от того, против какой координаты  $x$  на железнодорожном полотне они в данный момент находятся, т.е. не  $t'=t$ , как у Галилея, а

$$t' = t - kx \quad (4.2)$$

где коэффициент  $k$  характеризует степень рассинхронизации, который должен зависеть как от скорости поезда, так и от скорости самолета, ибо для каждого конкретного случая нужна своя степень рассинхронизации.

Выражение (4.2) предписывает движущимся рассинхронизированным часам идти в том же темпе, что и покоящимся. Чтобы в этом убедиться, рассинхронизацию нужно сделать нулевой, принять  $k=0$ , при этом остается преобразование Галилея:  $t'=t$ .

Теперь поупражняемся немного в вопросе темпа хода движущихся часов. Если все рассинхронизированные часы в движущейся системе нужно «заставить» идти замедленно, правую часть (4.2) нужно умножить на коэффициент, меньший единицы, например, коэффициент негалилеевости  $G$ .

$$t' = G(t - kx) \quad (4.2)'$$

При  $k=0$  выражение (4.2)' переходит в  $t'=tG$  – имеем замедление хода часов без рассинхронизации. В зависимости от знака перед коэффициентом  $k$ , рассинхронизация может проявлять себя в вычислениях величины  $t'$  как в виде увеличения  $t'$  (добавлением к  $t$  величины  $Vt$  – имеем своего рода «ускорение» темпа хода часов), так и в виде его уменьшения (вычитанием от  $t$  величины  $Vt$ ), но очевидно, что через  $G$  мы предписываем всем процессам, в том числе и хронометрам, идти в замедленном темпе, поскольку  $G < 1$ .

А теперь внимание! Если мы хотим предписать всем движущимся рассинхронизированным часам идти в ускоренном темпе, уравнение (4.2) примет вид:

$$t' = \frac{t - kx}{G} \quad (4.2)''$$

Очевидно, что если отбросить рассинхронизацию ( $k=0$ ), выражение (4.2)'' переходит в  $t'=t/G$  – имеем ускорение хода часов без рассинхронизации.

Манипулируя рассинхронизацией часов на поезде, можно добиться того, что **измеренная** скорость самолетов будет одинаковой как для самолета, летящего вдоль поезда, так и для летящего против движения поезда. Практически один к одному описанная манипуляция с часами на поезде представлена во временном преобразовании Лоренца.

$$t' = \frac{t - \frac{V}{C^2}x}{G} \quad (4.3)$$

При  $k=V/C^2$  уравнение (4.3) принимает вид (4.2)''. Убедиться в том, что это уравнение предписывает пользоваться рассинхронизированными часами, нетрудно. Достаточно в (4.3) вместо  $t$  подставить  $t=0$ , как станет ясно, что в этот момент в центре поезда (где  $x=0$ ) имеем также  $t'=0$ , но в голове поезда, где  $x \neq 0$ , формула предписывает запаздывание часов (на это указывает знак «минус»), а в хвосте поезда – опережение (знак «минус» компенсируется минусом при координате хвоста поезда). Отметим, что временное преобразование Лоренц не вывел, а просто заметил, что при подстановке такого выражения для времени, уравнения Максвелла остаются инвариантными. Это очень яркий пример того, когда математика, поставленная впереди физики, сослужила плохую службу физике.

**Промежуточный итог:** в дискуссиях о корректности СТО, и о ее соответствии эксперименту, нужно четко осознавать, что:

а) выражение  $t'=t$  предписывает движущимся синхронизированным часам идти в том же темпе, что и абсолютные часы (т.е. правильно показывать время),

б) выражение (4.2) предписывает движущимся рассинхронизированным часам идти в том же темпе, что и абсолютные, при этом рассинхронизация изменила основное свойство понятия времени как базового понятия физики,

в) выражение (4.2)' предписывает движущимся рассинхронизированным часам идти в замедленном темпе (основное свойство базового понятия физики изменено),

г) выражение (4.2)'' предписывает движущимся рассинхронизированным часам идти в ускоренном темпе (основное свойство базового понятия физики изменено). Это очень важный момент, ниже мы еще вернемся к его обсуждению.

Что касается самой процедуры математического «доказательства» постоянства скорости света, то она выглядит примерно следующим образом. Рассматривают процесс движения фотона из двух систем координат, одна из которых покоится. В системе  $K$  уравнение движения фотона имеет вид  $x=Ct$  (при начальном положении  $x_0=0$ ), в системе  $K'$  оно имеет вид  $x'=C't'$ . Вопрос: чему численно равно  $C'$ ? Для ответа уравнение движения фотона нужно перевести в штрихованную систему с помощью преобразований пространства и времени, т.е. вместо  $x$  в преобразования Лоренца везде подставить  $Ct$ .

$$x' = \frac{x - Vt}{G} \Big|_{x=Ct} = \frac{Ct - Vt}{G} = \frac{t(C - V)}{G} \quad (4.4)$$

$$t' = \frac{t - \frac{V}{C^2}x}{G} \Big|_{x=Ct} = \frac{t - \frac{V}{C^2}Ct}{G} = \frac{t\left(1 - \frac{V}{C}\right)}{G} = \frac{t(C - V)}{CG} \quad (4.5)$$

$C'$  определяют как отношение  $x'$  к  $t'$

$$C' = \frac{t(C - V)}{G} \Big/ \frac{t(C - V)}{CG} = C \quad (4.6)$$

Анализируя (4.4) совсем нетрудно увидеть, что для определения пространственной координаты движущейся точки согласно СТО (как и согласно теории Галилея) нужно учитывать зависимость скорости фотона от скорости системы. Имеем один из самых неожиданных результатов тщательного анализа сути СТО – **постулируя независимость скорости фотонов от скорости системы, в промежуточных вычислениях эту самую зависимость учитывают!**

Временное преобразование СТО (4.5) также предписывает нам учитывать сложение-вычитание скоростей света и движущейся системы, но дополнительно содержит «инструкцию», как в расчетах этот факт скрыть с учетом результата, уже полученного в (4.4), а именно – через член  $Vx/C^2$ , отвечающий за рассинхронизацию, т.е. за относительность одновременности, вклад которого в значение  $t'$  при  $x>0$  проявляется в виде уменьшения  $t'$  (оно же – «замедление времени»), а также через коэффициент  $G$ , находящийся в знаменателе, вклад которого проявляется в виде увеличения  $t'$  (оно же – «ускорение времени»).

Как говорил Г. Вейль, «Математика – это только мясорубка, и если в нее засыпать лебеду, то на выходе также получим только лебеду». Теперь мы знаем, какой ценой для науки физики достигается математическое объяснение постоянства скорости света. Если для измерения скорости разрешено пользоваться специальным образом рассинхронизированными часами, не следует удивляться после этого, что измеренная скорость фотона не зависит от скорости системы. Достаточно рассинхронизировать часы немного по-другому, и мы получим «постоянство скорости самолета», или любого другого объекта. В связи с этим следует ясно сказать, что специальная теория относительности – это теория, предписывающая использовать для проведения измерений линейку с рассинхронизированными часами. Другую равноценную по глубине искажения основного понятия физики теорию можно построить, используя пространственные оси координат с одним и тем же числом против каждой метки.

Когда мы говорим «специальным образом рассинхронизированные часы», то имеем в виду, что временное преобразование Лоренца предписывает делать рассинхронизацию для каждой скорости по-своему, к тому же асимметрично относительно начала системы координат – в одну сторону от нулевой отметки часы предписано выставлять на опережение, а в противоположную – на запаздывание. Как это ни удивительно, но физически это означает, что во временном преобразовании на самом деле заложена информация о направлении движения системы  $K'$  – иначе как знать, в каком направлении часы выставлять на запаздывание, а в каком на опережение, если не знаешь, в какую сторону движется твоя система? Что делать экспериментатору в системе  $K'$ , занимающемуся процедурой синхронизации, если в данный момент он по какой-то причине не видит систему  $K$ ? Через месяц-другой он ее увидит, но синхронизацию нужно выполнять сейчас.

Если же при попытке синхронизировать часы фотонами рассинхронизация выполняется автоматически, то это как раз и означает, что имеем дело с зависимостью скорости света от скорости и направления движения системы. Другими словами, во временном преобразовании содержится информация не только о зависимости скорости света от скорости системы, но и предписание, как скрыть этот факт – по какому закону рассинхронизировать часы, чтобы результат измерения скорости света не зависел от направления и скорости движения системы. Не скорость света является независимой от скорости системы, в которой ее измеряют, а результат измерений скорости света. Но результат измерений, как известно, может быть корректным, а может быть и некорректным – какие результаты измерения длины объектов мы получим, если будем пользоваться линейкой, в которой против каждой метки нарисовано одно и то же число?

Примечательно, что во всех спорах по поводу СТО спорящие стороны не отдают себе отчета, что **рассинхронизацией часов на самом деле нельзя объяснить опыты Майкельсона**, ибо фотоны не фиксируют моменты своего старта от посеребренной пластины и моменты прибытия к зеркалам. Если, в соответствии с временным преобразованием, время на посеребренной пластине и на зеркалах разное (на самом деле разными являются показания рассинхронизированных приборов, измеряющих время), то математически можно получить

одно и то же измеренное значение скорости фотонов (как в направлении движения системы, так и против). После этого вслед за Эйнштейном можно сказать, что хотя реального сокращения тел в направлении движения нет, интерференционная картина в приборе Майкельсона потому остается неизменной, что измеренная скорость распространения фотона не зависит от скорости и направления движения прибора. При этом от внимания читателя ускользает тот факт, что величину измеренного (на самом деле рассчитанного) значения скорости фотона получают искусственно, через рассинхронизацию, а фотоны значением показаний часов на пластине и зеркалах интерферометра не интересуются, и вычислением своей собственной скорости не занимаются. Они либо возвратятся к пластине в нужное время, если плечо прибора сокращено реально и в нужной пропорции (в пропорции сокращения Фитцджеральда – Лоренца, т.е. пропорционально  $G$ ), и тогда интерференционная картина не будет зависеть от ориентации прибора, либо опоздают. Эксперименты показывают, что фотоны возвращаются к исходным позициям одновременно при любой ориентации интерферометра. В связи с этим мы вынуждены ясно сказать, что опыты Майкельсона демонстрируют нам реальное сокращение движущихся тел (подтверждая тем самым пространственные преобразования Лоренца), однако реальное сокращение означает неравноправие систем координат, т.е. опыты Майкельсона на самом деле опровергают СТО в интерпретации Эйнштейна. Нужно признать, что это совершенно неожиданный вывод после сотни лет «экспериментального подтверждения» СТО опытами Майкельсона, после того, как СТО «была построена» на основе опытов Майкельсона.

Заметим, что в дискуссиях относительно опытов Майкельсона одна сторона предлагает для измерения скорости света пользоваться специальным образом рассинхронизированными часами, мотивируя это тем, что правильную синхронизацию выполнить нельзя в принципе (относительность одновременности). Другая сторона все время пытается придумать всякого рода мысленные эксперименты, из которых «с очевидностью следует зависимость скорости света от скорости системы», как в приведенном выше примере – направить фотон навстречу релятивистским электронам, и попытаться ответить на вопрос: как фотон может двигаться с одной и той же скоростью против обоих электронов одновременно. Разговор идет, фактически, о разных вещах, и об этом нужно четко помнить. На самом деле в дискуссиях об экспериментах Майкельсона, и СТО в целом, спор должен идти по вопросу, допустимо ли, или недопустимо, использование для измерения скорости объектов рассинхронизированных часов, а также по вопросу, каким образом рассинхронизация часов в разных частях прибора Майкельсона влияет на поведение фотонов. Что изменится в поведении фотонов от того, в какой степени будут рассинхронизированы часы в разных частях интерферометра – что часы показывают на посеребрянной пластинке, и что на убегающем от фотона (или же бегущим навстречу фотону) зеркале?

Здесь уместно упомянуть и об опытах Саньяка с вращающимся интерферометром. В этом приборе пучок фотонов также расщепляется на две части, в одной из которых фотоны догоняют убегающие по кругу зеркала (аналогично тому, как самолет догоняет локомотив поезда), а в другой части фотоны распространяются навстречу набегающим зеркалам (как самолет летит навстречу хвосту поезда). В этих опытах (а также в равноценных им опытах Майкельсона – Гэля) легко фиксируется факт изменения скорости вращения прибора, по сути, факт зависимости скорости фотонов от направления вращения. И мы теперь знаем почему – в опытах Саньяка фотоны не обращают внимания на «относительность одновременности» (т.е. на разные показания часов при разных зеркалах), предписанную рассинхронизацией, и возвращаются на исходные позиции как умеют, т.е. не одновременно. В результате прибор четко фиксирует изменение скорости своего вращения – при изменении скорости вращения прибора интерференционная картина изменяется.

**4.4.** Четвертый вариант объяснения опытов Майкельсона был предложен автором этой работы. Объяснение базируется на предположении, что **все так называемые «твердые» элементарные частицы, а также фотоны, представляют собой электромагнитные солитоны**. Солитоны – волновые образования, в которых волновой процесс не

распространяется дальше некоторого расстояния, которое и определяет размеры солитона. Для образования солитонов среда должна обладать свойствами нелинейности и дисперсии (зависимость скорости волны от ее частоты). Некоторые виды солитонов имеют свойства как твердых частиц (при столкновениях проявляют свойства упругих шаров), так и волновые свойства, поэтому в гипотезе солитонов загадочный корпускулярно-волновой дуализм имеет элементарное объяснение средствами классической физики.

Известно, что все «твердые» частицы могут аннигилировать со своими античастицами и наоборот – могут образоваться из излучения (например, при столкновении двух фотонов с энергиями не меньше 0,51 МэВ может образоваться пара «электрон-позитрон»). Логично допустить поэтому, что светоносная среда существует, а нелинейные ее свойства и свойства дисперсии, необходимые для образования «твердых» солитонов, проявляются лишь при больших энергиях фотонов. Мы предполагаем, что фотон высокой энергии настолько деформирует среду, настолько изменяет ее свойства, что другой фотон уже не может пройти через это место, не прочувствовав на себе этот факт, т.е. не провзаимодействовав с другим фотоном. При малых же энергиях выполняется принцип суперпозиции – фотоны игнорируют друг друга даже в солнечной короне.

Для некоторых видов двумерных солитонов характерно уменьшение продольных размеров в соответствии с (4.1) [6]. Предположим, что это соотношение выполняется и для трехмерных солитонов. Совсем недавно было показано, что существуют нелинейные уравнения, решения которых описывают трехмерные солитоны [10]. Использование этого соотношения для получения преобразования координат приводит к выражению, в точности совпадающему с пространственным преобразованием Лоренца. Опыты Майкельсона при этом получают свое естественное объяснение через реальное сокращение тел в направлении движения и через сохранение размеров в перпендикулярном направлении, вопрос эфирного ветра становится некорректным, закон инерции выполняется естественным образом, поскольку солитоны не отдают свою энергию среде – ни внутреннюю, ни кинетическую. Элементарные расчеты показывают, что эксперименты по определению скорости света путем измерения времени прохождения фотона к зеркалу и обратно (т.е. при помощи одного хронометра) с учетом сокращения плеча прибора дают точное значение скорости света  $C$  независимо от ориентации прибора, состоящего из солитонов. Это означает, что в солитонном мире нельзя зафиксировать факт своего движения относительно светоносной среды путем измерения скорости света в разных направлениях с помощью одного хронометра.

Преобразование времени в солитонной теории относительности имеет вид  $t' = tG$ . По сути дела, физический смысл этого преобразования следующий: в материальном мире, построенном из электромагнитных солитонов, все процессы (включая и ход хронометров) реально замедляют свой темп протекания по мере увеличения абсолютной скорости, поэтому движущиеся хронометры неправильно измеряют время, а именно – в соответствии с  $t' = tG$ .

Аналогичная ситуация в солитонной относительности имеется и с измерением длины тела: все материальные объекты уменьшают свои размеры по мере увеличения скорости (в том числе и инструменты для измерения длины), поэтому длина в движущейся системе измеряется неправильно – в соответствии с  $l' = l/G$ , где  $l$  – длина движущегося тела, измеренная инструментами системы  $K$ , т.е. «правильно измеренная». Теория хорошо согласуется с принципом соответствия Бора. В деталях с солитонной теорией относительности можно ознакомиться на сайте [3].

## **5. Другие эксперименты, связанные с теорией относительности**

### **5.1. Эксперименты с мюонами. Преобразование времени**

Дальнейшими экспериментами, имеющими отношение к теории относительности, и которые считаются подтверждающими СТО, суть эксперименты с быстро движущимися мюонами. Мюон – элементарная частица, имеющая электрический заряд как у электрона, массу в 207 раз большую, но время жизни всего  $\sim 2,2 \cdot 10^{-6}$  с. Мюоны образуются при столкновениях

высокоэнергетических частиц, при взаимодействии космических лучей с атмосферой Земли и т.п. Теоретически, даже если мюону сообщить скорость, равную скорости света  $C=3 \cdot 10^8$  м/с, при времени жизни  $t=2,2 \cdot 10^{-6}$  с он сможет пролететь не более  $S=C \cdot t=3 \cdot 10^8 \cdot 2,2 \cdot 10^{-6}=660$  м, однако мюоны обнаруживают и на расстояниях порядка 20 км от места их рождения. Если мюоны заставить бегать по кругу в ускорителе, длина их пробега зависит от скорости так, как будто их время жизни  $t_m$  (измеренное средствами неподвижной системы) возрастает по закону

$$t_m = \frac{t_0}{G} \quad (5.1)$$

где  $t_0$  – время жизни мюона в состоянии покоя.

На сегодняшний день официально считается, что эти результаты подтверждают предположение о «замедлении времени» в движущейся системе как вывод из СТО. Математически идея оформляется следующим образом. Рассматривается временное преобразование Лоренца

$$t' = \frac{t - \frac{V}{C^2} x}{G} \quad (5.2)$$

Объявляется, что к мюону прикреплена система  $K'$ , начало которой движется по закону  $x=Vt$ , где  $V$  – скорость мюона. При подстановке в преобразование (5.2) вместо  $x$  величины  $Vt$  имеем:

$$t' = \frac{t - \frac{V}{C^2} Vt}{G} = \frac{t \left(1 - \frac{V^2}{C^2}\right)}{G} = \frac{t G^2}{G} = t G \quad (5.3)$$

Если в момент рождения мюона было  $t'=t=0$ , то  $t$  и  $t'$  в соответствии с (5.3) имеют смысл интервалов времени от начального момента до текущего – таков физический смысл координаты на временной оси. Поскольку  $t' < t$ , в СТО говорят о «замедлении времени в движущейся системе». Ниже мы еще вернемся к анализу вывода (5.3). Естественно, что эта формула имеет прямое отношение к теории относительности, ибо сопоставляет результаты измерения времени жизни одного и того же мюона средствами разных систем координат. Разумно ли, однако, вводить понятие «собственного времени в движущейся системе», говорить о его «замедлении», или достаточно предположить, что в движущейся системе по какой-то причине замедляются все процессы, в том числе и колебательный процесс в мюоне? Мы понятие времени математически представляли как «количество тиканий эталонного, математического хронометра». Почему же нам теперь недостаточно просто сказать, что в движущейся системе материальный эталонный хронометр замедляет ход, что он просто неправильно измеряет время, т.е. измеряет в соответствии с (5.3)? Расположенный рядом математический хронометр правильно показывает время, а материальный – в соответствии с (5.3). Зачем умножать сущности? Что такое особенное существует в природе, что его нельзя объяснить замедлением темпа протекания процесса, и что вынуждает нас вводить понятие собственного времени в движущейся системе? Вероятнее всего – просто отсутствие понимания физической причины замедления всех процессов. Если мы сегодня не знаем этой причины, это еще не означает, что мы не будем знать ее завтра. Заметим, что в солитонной теории относительности замедление электромагнитных процессов получается естественным образом и элементарно [3].

Допустим, что мюону природой отведено выполнить в состоянии покоя миллион внутренних колебаний (все микрообъекты обладают волновыми свойствами, значит, внутренние колебания у них существуют), после чего он распадается аналогично тому, как обычные часы выходят из строя после совершения определенного количества движений, т.е. просто изнашиваются. Логично допустить далее, что и в движущемся состоянии мюон до своего полного «износа» и распада совершает тот же миллион колебаний, что и в состоянии покоя, только в замедленном темпе. Если измеренным временем считать количество внутренних колебаний, совершенных движущимся мюоном, то результат измерения (для одного мюона) будет тот же, что и для покоящегося, т.е. результат измерения времени жизни

частицы не зависит от системы координат, если измерения проводить средствами этой системы. Аналогичная ситуация имеется и с измерением длины. Например, если на стержне нанесены четыре метки, то количество их никогда не изменится, независимо от того, сокращается стержень по мере увеличения скорости, остается неизменным или даже удлиняется.

Для того, чтобы наши опыты с мюоном имели отношение к теории относительности, за этим мюоном нужно следить из двух систем координат, после чего сопоставить результаты наблюдения. Пусть мы умеем создавать мюоны в неподвижной и движущейся системе так, что гибель одного мюона сопровождается рождением второго и т.д. – имеем в каждой системе свои мюонные часы. Допустим, наш движущийся мюон родился против некоторой точки А и погиб против точки В неподвижной системы. Пусть далее эксперимент показывает, что за это время в  $K$  могут родиться и погибнуть 100 мюонов. Измеренное в  $K'$  значение времени жизни мюона (миллион колебаний) мы можем представить и через количество погибших мюонов, просто шкала хронометра при этом будет огрублена в миллион раз. По данным измерений в системе  $K'$  это будет 1 погибший мюон – одно деление на шкале движущегося прибора. По данным измерений  $K$  процесс движения от А к В будет длиться столько времени, что в  $K$  успеют родиться и погибнуть 100 мюонов. Таким образом, результат измерения длительности движения мюона от точки А к точке В – 100 погибших покоящихся мюонов за время жизни одного двигавшегося, 100 делений на шкале покоящегося хронометра ( $t=100$ ) против одного деления на шкале двигавшегося хронометра ( $t'=1$ ). Результат хорошо согласуется с формулой  $t' = t G$  при  $G=0,01$ , но ведь физически это означает неравноправие систем координат! Мы специально представили показания приборов при измерении длительности одного и того же процесса в «штуках погибших мюонов» для того, чтобы упредить попытки манипуляции более абстрактными понятиями  $t$  и  $t'$ . Теперь уже никакими математическими манипуляциями не удастся представить один двигавшийся мюон как сотню двигавшихся, а сотню покоящихся как один покоящийся. А без этого равноправия систем координат никак не получить! А если это кому-то и «удастся», то мы будем понимать, что это возможно только через математическую ошибку.

Очевидно, что можно было бы следить из разных систем координат и за рождением-гибелью покоящихся в  $K$  мюонов. Результаты измерений были бы, конечно, те же – сто погибших покоящихся в  $K$  против одного в  $K'$ . Это означает, что из системы  $K'$  процессы в системе  $K$  должны казаться убыстренными, если в  $K'$  не ощущается скорость движения, но равноправия систем координат при этом никак не получить!

Упомянутая манипуляция формулами в СТО проводится при выводе обратных преобразований времени. Конечно, наша задача теперь – найти тот шаг в математических превращениях, где была допущена ошибка. Как это ни странно, но это самый первый шаг, и незамеченным он оказался в связи с его «очевидностью». Ставится простой вопрос: если  $V$  – скорость движения системы  $K'$  относительно  $K$ , то какой будет скорость движения  $K$  относительно  $K'$ ? Уже сотню лет ответ считается очевидным:  $V' = -V$ . Рассуждения здесь примерно следующие: если  $K'$  движется относительно  $K$  со скоростью  $V$ , то  $K$  движется относительно  $K'$  со скоростью  $-V$ , а с какой же еще?! В эксперименте всего два объекта, движущихся навстречу друг другу! Одна и та же скорость сближения!

Мы, однако, не поверим этой очевидности, и попробуем разобраться в деталях. Что такое  $V$  как скорость одного тела относительно другого? Как получают эту величину на практике? Пусть тело 1, рис. 5.1, считается неподвижным, оно же – система  $K$ . Прикрепим к нему пространственную ось координат и поставим против каждой метки синхронизированные часы. Поскольку наши часы математические, абсолютные, мы не указываем процедуру синхронизации, мы ее просто объявляем или подразумеваем. Что делают экспериментаторы в  $K'$ ? Они фиксируют, например, моменты  $t_0$  и  $t_1$  прохождения телом 2 между заранее выбранными ими метками  $x_0$  и  $x_1$  на своей оси, и отсюда определяют величину  $V$ :

$$V = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} \quad (5.4)$$

При этом систему  $K'$  они видят просто как точечный материальный объект.

Теперь ответим на вопрос, что такое  $V'$ . Ответ зависит от того, какие инструменты имеются в системе  $K'$ , т.е. в системе, связанной с объектом 2. В системе  $K'$  должны выполнить ту же процедуру, что и в системе  $K$ , при этом объект 1 они также видят как точечный объект, поскольку пространственная ось координат объекта 1 – это математическая абстракция. Можно считать, что объекты 1 и 2 – это космические корабли, пытающиеся определить скорость друг друга, при этом никаких осей координат у соседа не видно. Очевидно, что если  $K'$  имеет линейки и часы такие же, как и  $K$  (теория Галилея), то и результат измерения скорости  $K$  относительно  $K'$  будет  $-V$ . Все было бы хорошо, но, к сожалению для СТО, пространственное преобразование Лоренца предписывает движущимся линейкам сокращаться пропорционально  $G$ .

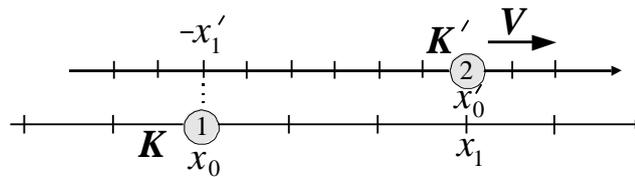


Рис. 5.1

Пространственное преобразование Лоренца предписывает движущимся телам сокращаться, поэтому для выполнения  $V' = -V$  нужно, чтобы движущиеся хронометры шли в ускоренном темпе, в то время как эксперименты с мюонами указывают на замедление процессов в движущейся системе.

Поскольку в движущейся системе согласно этому предписанию метки на пространственной оси размещены гуще, рис. 5.1 (и этим уже объяснены эксперименты Майкельсона), то для получения  $V' = -V$  движущиеся часы должны идти в ускоренном темпе, ибо в расчетах скорости большее количество меток (помещающихся между  $x'_0$  и  $-x'_1$ ) нужно делить на большее количество тиканий хронометра, чтобы получить то же самое значение скорости. А эксперимент ясно указывает на замедление, т.е. предлагает нам делить на меньшее количество тиканий – эксперимент однозначно подтверждает формулу  $t' = tG$ . Вот какой коварной оказалась очевидность! Мы либо признаём реальность сокращения движущихся тел, и на этой основе объясняем эксперименты Майкельсона, и получаем право писать и пользоваться пространственным преобразованием Лоренца, либо обманываем себя и собеседника, и говорим о кажущемся сокращении, но тогда автоматически теряем право использовать преобразование Лоренца – кажущееся для нас не может быть кажущимся для математики и для фотонов. Кажущееся сокращение не может влиять на поведение фотонов!

Посмотрим теперь, как в СТО математически удастся получить  $V' = -V$ , если движущиеся тела, как нам демонстрируют опыты Майкельсона, реально сокращаются. Пусть пространственная ось системы  $K'$  сокращена в соответствии с преобразованием Лоренца. Наблюдатели в  $K$  пытаются определить скорость системы  $K'$ . Для этого они фиксируют время перемещения системы  $K'$  относительно  $K$  от  $x=0$  до  $x=x_1$ , рис. 5.1. Поскольку все часы в  $K$  синхронизированы по условию задачи ( $x_0=0$ ,  $t_0=0$ ), скорость определяют как

$$V = \frac{x_1}{t_1} \quad (5.5)$$

В соответствии с рисунком, в момент  $t_1$  начало системы  $K$  ( $x=0$ ) находится против точки  $-x'_1$ . Если хотим корректно сопоставить результаты измерения скорости, наблюдатель в  $K'$  должен выполнить ту же самую процедуру измерения скорости, что и в  $K$ , только своими инструментами. Он должен измерить своей линейкой то же самое количество пространства между  $x=0$  и  $x=x_1$ , начать и завершить измерения в те же самые моменты, что и  $K$ . Преобразования координат позволяют нам узнать результаты его измерений длины:

$$x'_1 = \frac{x - V t_1}{G} \Big|_{x=0} = -\frac{V t_1}{G} \quad (5.6)$$

СТО предписывает пользоваться рассинхронизированными часами, дает нам возможность узнать показания часов не во всей движущейся системе, а только в точке, которая в данный момент находится против точки с координатой  $x$  в системе  $K$ . В нашем случае для определения скорости  $V'$  нужно снять показания часов на движущейся оси, которые в момент  $t_1$  находились против точки с координатой  $x=0$  в системе  $K$ , т.е. часов, которые в момент  $t_1$  находились в точке  $-x_1'$  системы  $K'$ , рис. 5.1. Этот результат мы узнаем из временного преобразования Лоренца:

$$t' = \frac{t_1 - \frac{V}{C^2}x}{G} \Bigg|_{x=0} = \frac{t_1}{G} \quad (5.7)$$

Отсюда

$$V' = \frac{x'_1}{t'_1} = -\frac{Vt_1}{G} : \frac{t_1}{G} = -V \quad (5.8)$$

Не стоит сильно удивляться этому результату. Если уравнение (5.6) учитывает увеличение количества пространственных меток на движущейся оси между точками  $x=0$  и  $x=x_1$ , то уравнение (5.7) представляет убыстрение темпа хода хронометров (!). Вот какой ценой в СТО достигается желаемое  $V'=-V$ , а через него и обратные преобразования пространства и времени, имеющие тот же структурный вид, что и прямые, т.е. позволяющие математически «доказать» равноправие систем координат. Известно, что дьявол прячется в деталях. Выражение (5.7) – это и есть та деталь, в которой сотню лет прятался «дьявол СТО». Если мы принимаем это «доказательство» (фактически же, манипуляцию формулами), то, смотря на один ранее летавший, но теперь покоящийся и погибший мюон, против сотни покоившихся в  $K$  и погибших за это же время, мы должны уметь проиллюстрировать и обратное преобразование времени для этих же мюонов. Теперь, становясь на точку зрения  $K'$ , указывая пальцем на один погибший летавший мюон, нужно осмелиться утверждать, что с вашей точки зрения это сотня, а указывая тем же пальцем на сотню погибших покоившихся мюонов, нужно научиться утверждать, что с вашей точки зрения это всего лишь один мюон, иначе равноправие координат проиллюстрировать не удастся. Несомненно, подобное умение требует особого состояния ума.

Самое неожиданное в приведенных выше выкладках то, что уравнение (5.7) явно демонстрирует нам ускорение темпа протекания процессов в движущейся системе (!), т.е. то, что противоречит экспериментам с мюонами. Этот же результат можно получить и из преобразований пространства и времени строго аналитически. Рассмотрим покоящуюся в  $K$  точку  $A$  с пространственной координатой  $x$ . Пространственная координата этой же точки в системе  $K'$  равна

$$x' = \frac{x - Vt}{G}$$

В дифференциальной форме:

$$dx' = \frac{dx - V dt}{G}$$

Поскольку мы рассматриваем покоящуюся точку (место в пространстве), то  $dx=0$ , отсюда

$$dx' = -\frac{V dt}{G} \quad (5.9)$$

Аналогично получим временное преобразование Лоренца в дифференциальной форме для покоящейся точки:

$$dt' = \frac{dt - \frac{V}{C^2} dx}{G} \Bigg|_{dx=0} = \frac{dt}{G} \quad (5.10)$$

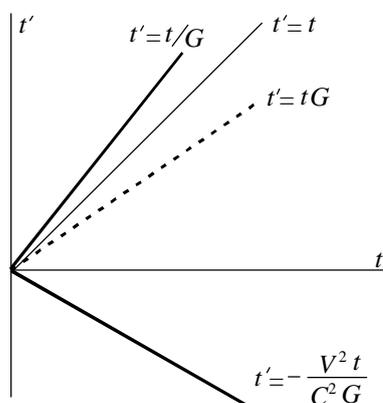
Отсюда

$$v' = \frac{dx'}{dt'} = -\frac{V dt}{G} : \frac{dt}{G} = -V \quad (5.11)$$

Для того, чтобы получить (5.11) с учетом сокращения движущихся тел, нам снова понадобилось потребовать ускорения темпов протекания процессов в движущейся системе через (5.10), что противоречит экспериментам. Таким образом, мы лишний раз убедились, что во временном преобразовании Лоренца на самом деле содержится предписание всем процессам в движущейся системе ускоряться пропорционально  $1/G$ . Поправка на рассинхронизацию, имеющаяся в числителе временного преобразования Лоренца, имитирует замедление процессов в направлении положительных значений  $x$  (и ускорение в направлении отрицательных значений  $x$ ), причем более эффективно (пропорционально  $G^2$ ), чем знаменатель предписывает ускорение, см. вывод (5.3) – там мы обещали возвратиться к этому вопросу, имея в виду настоящий момент. Временное преобразование Лоренца через процедуру рассинхронизации отнимает у величины  $t$  больше, чем прибавляется ей через ускорение физических процессов, представленное в знаменателе. Быть может, временное преобразование Лоренца физически более корректно писать в виде двух слагаемых, первое из которых представляет предписание относительно скорости протекания процессов, а второе – рассинхронизацию:

$$t' = \frac{t}{G} - \frac{Vx}{C^2 G} \quad (5.12)$$

Если мы хотим проигнорировать или просто не вводить рассинхронизацию, второй член в уравнении нужно просто вычеркнуть. Останется то, что должно проверяться (но не подтверждается) в экспериментах с мюонами – информация об ускорении темпов физических процессов. Следует также подчеркнуть особо, что если коэффициент  $G$  представляет некий эффект, отражающий, как предполагается, объективное свойство материального мира, неживой природы, то член, отвечающий за рассинхронизацию – это результат деятельности человека, и этот результат не может входить в уравнения, описывающие свойства природы. Он может входить в инженерные расчеты, позволяющие оценить ошибку, привнесенную рассинхронизацией, но не в законы природы, каковыми являются преобразования координат.



**Рис.5.2.** К вопросу о физическом смысле временного преобразования Лоренца

Физический смысл выражения (5.12) можно проиллюстрировать графически. Построим диаграмму, в которой по оси абсцисс будем откладывать время  $t$  системы  $K$ , а по оси ординат – время  $t'$  системы  $K'$ . На этой диаграмме зависимость  $t'$  от  $t$  по теории Галилея будет изображена прямой линией ( $t'=t$ ), проходящей через начало координат, и наклоненной к оси  $t$  под углом 45 градусов, рис. 5.2.

В отличие от теории Галилея, член  $t/G$  из выражения (5.12) на этой диаграмме будет представлен линией, наклоненной под бóльшим углом, поскольку  $G < 1$ , причем чем больше скорость  $V$ , тем больше наклон линии. Очевидно, что эта линия иллюстрирует не замедление, а «ускорение времени» как объективный процесс, как некий естественный эффект, сопутствующий движению.

Второй член уравнения (5.12), (представляющий результат рассинхронизации часов, т.е. результат инженерной деятельности, а не природного явления), для случая  $x=Vt$  (движущиеся часы помещены в начало движущейся системы) имеет вид

$$-\frac{Vx}{C^2G}\Big|_{x=Vt} = -\frac{V^2t}{C^2G}$$

и представляется на диаграмме линией с отрицательным наклоном. Суммарный результат действия природы и человека, предписанный пространственным временным преобразованием Лоренца (5.12), будет представлен линией  $t'=tG$  как «замедление времени». Как видим, эффект от рассинхронизации пересиливает эффект от ускорения процессов настолько, что в результате расчетов получается ровно  $t'=tG$ , см. вывод (5.3). Другими словами, оказалось, что при анализе временного преобразования Лоренца в свое время был сделан неправильный вывод относительно зависимости, которую нужно проверять экспериментально. На самом деле в экспериментах с мюонами нужно проверять лишь то, что согласно временному преобразованию Лоренца предписано природой, т.е.  $t'=t/G$ , которое, как мы знаем, экспериментом не подтверждается.

## 5.2. Эксперименты, якобы связанные с теорией относительности

### 5.2.1. Зависимость массы тела от его скорости движения

А как обстоят дела с другими экспериментами, якобы имеющими отношение к теории относительности? Наиболее убедительным в этом плане считается увеличение массы материального тела по мере увеличения его скорости. Первым делом следует сказать, что увеличение массы по мере возрастания скорости впервые экспериментально обнаружил Кауфман в 1901 году, за 4 года до появления СТО, но теоретически формула зависимости массы от скорости была получена Лоренцем в его электронной теории еще до опытов Кауфмана. Вместе с несколько отличающейся формулой Абрагама она служила для Кауфмана ориентиром в анализе его экспериментальных данных [7, с.35]. Это означает, что даже если бы СТО никогда не была предложена, если бы мы по части теории относительности вообще ничего не знали (даже теории Галилея), создатели синхрофазотронов, столкнувшись с проблемой запаздывания высокоэнергетичных электронов к ускоряющим участкам прибора, в конце концов вспомнили бы об опытах Кауфмана и об электронной теории Лоренца, и проблема ускорения частиц до высоких энергий была бы решена точно так же, как она в действительности и была решена. И формула, возможно, называлась бы формулой Лоренца – Кауфмана.

Однако, как увеличение массы тела может быть связано с теорией относительности? Связь чего с чем должна присутствовать в соответствующем уравнении, чтобы оно могло быть отнесено к теории относительности? В уравнении Циолковского имеется связь скорости движущейся ракеты с ее массой, но никто не приписывает это уравнение к теории относительности. Очевидно, что поскольку теория относительности – это сопоставление точек зрения на некоторый факт с разных систем координат, то в уравнении для увеличения массы тела должны быть представлены результаты измерения массы средствами, покоящимися в разных системах координат. На сегодняшний день никто еще не умеет этого делать, а если бы умел, в теории было бы введено еще одно преобразование – преобразование массы. Сколько независимых понятий (физических величин), столько и преобразований должно быть в теории.

Можно ли, однако, измерить массу движущегося тела средствами неподвижной системы? Оказывается, можно, если тело имеет электрический заряд, и величина этого заряда известна. Именно этим воспользовался Кауфман. Поток электронов, выбрасываемый радиоактивными ядрами радия с большой скоростью, он направил на участок пространства с электрическим и магнитным полями. Под действием сил Лоренца и Кулона траектория полета электронов вместо прямолинейной становится сложной кривой, форму которой можно рассчитать, зная скорость, массу и заряд электронов, а также силовые характеристики полей. Оказалось, что траектория полета электронов отличается от расчетной, причем отличие тем больше, чем больше скорость

электронов, и согласия с расчетами можно добиться только в случае, если допустить, что масса  $m$  движущегося электрона увеличивается по мере увеличения его скорости в соответствии с

$$m = \frac{m_0}{G} \quad (5.13)$$

где  $m_0$  – масса покоящегося электрона.

По сути дела, Кауфман изобрел неподвижный инструмент для измерения массы движущегося электрически заряженного тела (аналогично тому, как фотоаппарат, способный делать мгновенные фотографии, может служить неподвижным инструментом для измерения длины движущегося тела). Все величины, представленные в этой формуле, измерены средствами неподвижной системы координат. Отсюда мы делаем вывод, что зависимость массы тела от скорости в том представлении, в котором мы ею пользуемся, и в котором ею пользуются создатели ускорителей, просто не имеет отношения к теории относительности, поэтому не может служить аргументом для верификации не только СТО, но и любой другой теории относительности. Она может быть аргументом в пользу теории строения вещества, из которой следует, что масса тела увеличивается по мере увеличения скорости, но не теории относительности. Отметим, что в солитонной гипотезе строения вещества формула (5.13) легко получается при предположении, что инертная масса солитона равна заключенной в нем энергии [3].

### 5.2.3. Связь массы тела с его внутренней энергией

И наконец, рассмотрим самый знаменитый эксперимент, который связывают с теорией относительности. Пусть у нас имеется объект в возбужденном состоянии (атомное ядро, атом, молекула). Известно, что в процессе его возврата в основное состояние объект излучает электромагнитную энергию. Если в возбужденном состоянии внутренняя энергия объекта была равна  $E_1$ , после излучения и перехода в основное состояние стала равной  $E_0$ , то эксперимент показывает, что масса объекта уменьшается пропорционально величине излученной энергии, причем коэффициент пропорциональности равен  $C^2$ , т.е.

$$E_1 - E_0 = E = \Delta m C^2 \quad (5.14)$$

где  $E$  – суммарная энергия излучения,  $\Delta m$  – величина, на которую уменьшилась масса излучающего объекта, или же масса, которую условно можно приписать излученной энергии, в предельном случае – одному фотону.

Очевидно, что формула (5.14) также не сопоставляет никаких точек зрения – все величины, входящие в (5.14), измерены средствами системы  $K$ , при этом излучающий объект покоится до и после излучения (если пренебречь импульсом отдачи), система  $K'$  в рассмотрение не вводится, и даже не упоминается. Таким образом, связь массы с энергией (5.14) не имеет ни малейшего отношения к теории относительности, поэтому не является аргументом в вопросе экспериментальной проверки не только СТО, но и любой другой теории относительности. Мы не сомневаемся в экспериментальном подтверждении (5.14), но можно только удивляться, каким образом ее удалось зачислить в факты, подтверждающие СТО, и каким образом это оставалось незамеченным сотню лет.

## 6. СТО и принцип соответствия Бора

Если мы уже убедили читателя в том, что СТО не подтверждается экспериментально, то должны поискать другие затруднения в теории, причем средствами самой теории. В принципе, некорректность теории должна быть обнаружима и средствами этой теории.

На две такие некорректности мы уже указывали выше. Имеется в виду уравнения (4.4) и (4.5), где нами обнаружено предписание средствами СТО суммировать скорость света со скоростью системы, что противоречит основному постулату СТО, а также уравнения (5.7) и (5.10), где обнаружено предписание ускорять темп хода движущихся часов. Каждой из этих некорректностей вполне достаточно для того, чтобы опровергнуть теорию, но оказывается, что теория страдает еще одним серьезным недостатком.

Уже во введении было продемонстрировано, что применение рассинхронизированных часов ведет к тому, что СТО не согласуется с принципом соответствия Бора. Этот принцип гласит, что всякая новая теория, претендующая на более полное описание реальности, чем старая, должна в условиях, в которых старая хорошо согласуется с экспериментом, давать результаты расчетов, близкие к тем, которые дает старая теория. Расхождения должны быть меньше заданной практическими потребностями точности. Теперь пришел черед возвратиться к примеру, приведенному во введении, и рассмотреть его подробно.

Для проверки новой теории на предмет ее согласия с принципом Бора нужно просто провести строгие расчеты по обеим теориям и сравнить результаты, как это уже было сделано во введении. Но, если нет желания заниматься сложными расчетами, можно поступить и по-другому: в уравнениях новой теории отбросить те члены, которые при условиях выполнения старой теории вносят незначительный вклад в результаты расчетов. При этом уравнения новой теории должны перейти в уравнения старой. Это и будет аналитической проверкой новой теории на предмет ее согласия с принципом соответствия. В дискуссиях о согласии СТО с принципом Бора, со стороны физиков-теоретиков первым делом последует крайне непрофессиональный вопрос: какие имеются условия граничного перехода от СТО к теории Галилея? Ответ предельно прост – между релятивистской и дорелятивистской скоростями нет четкой границы, вернее, просто нет границы, поэтому и нет условий граничного перехода. Например, пусть у нас имеется стальная проволока диаметром 2 мм, стальной пруток диаметром 20 мм и болванка диаметром 100 мм. Вопрос: какие условия граничного перехода от проволоки к прутку и от прутка к болванке? При каких диаметрах проволоку нужно уже считать прутком, а пруток болванкой, и наоборот? Ответ: нет никакой границы, все относительно. Для часовых дел мастера проволока 2 мм – это болванка, из которой он точит детали. Для строителей крупных мостов, когда толщина тросов доходит до одного метра, болванка 100 мм диаметром – это лишь проволока, поэтому понятие «малая толщина» – относительное.

Аналогичным образом относительным есть и понятие «малая скорость», представить его математически довольно трудно, ибо это субъективное понятие. Все зависит не только от скорости, но и от того, какая точность расчетов требуется практикой. Если практика требует 20 значащих цифр, то автомобиль «Запорожец» вполне релятивистский объект, а если всего лишь 6-7 знаков, то ракета с третьей космической скоростью – глубоко дорелятивистский объект.

Сначала мы проверим, переходят ли преобразования Лоренца в преобразования Галилея при малых скоростях аналитически, а затем проиллюстрируем это числовым примером. Понятие «малая скорость» мы математически свяжем с членами второго и более высоких порядков малости.

**В пространственном преобразовании Лоренца под знаком радикала имеется член второго порядка малости  $V^2/C^2$ .**

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

Если пренебрежение (вычеркивание из соответствующих уравнений) этими членами вносит в расчеты изменения в пределах заданной точности, то скорость системы  $K'$  можно считать малой. Очевидно, что это не имеет отношения к математической операции, называемой предельным переходом. Пусть скорость движущейся системы и требуемая условиями задачи точность таковы, что вкладом в расчеты члена второго порядка малости можно пренебречь. В этом случае член  $V^2/C^2$  можно просто вычеркнуть, поскольку в пространственном преобразовании Лоренца он стоит отдельно. Знаменатель при этом превращается в единицу, и пространственное преобразование Лоренца переходит в преобразование Галилея  $x' = x - Vt$ . Это означает, что по части пространственного преобразования СТО удовлетворяет принципу Бора, и мы показали это аналитически, не прибегая к конкретным численным расчетам.

Теперь рассмотрим **временное преобразование Лоренца.**

$$t' = \frac{t - \frac{V}{C^2} x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

Как и прежде, при малых скоростях  $V$  радикал в знаменателе переходит в единицу. В числителе же имеется свой член второго порядка малости:  $-V/C^2$ , однако он не самостоятельный, он находится в связке с координатой  $x$  произвольной точки, числовое значение которой может быть каким угодно, в том числе и каким угодно большим по модулю. Практически любое малое значение  $V/C^2$  мы можем компенсировать таким значением пространственной координаты, что это существенно повлияет на результаты расчетов для  $t'$ . Это означает, что по части временного преобразования СТО не удовлетворяет принципу соответствия, и физической причиной тому есть использование рассинхронизированных часов.

Иногда в литературе [8] или в дискуссиях в качестве условия граничного перехода выдвигается требование  $V/C^2 \rightarrow 0$ . Это некорректное требование, оно равноценно требованию  $V \rightarrow 0$ , поскольку  $C = \text{const}$ , а единицы измерения можно выбрать так, что получится  $C=1$ . В этом случае временное преобразование Лоренца «почти переходит» в преобразование Галилея (на самом деле в числителе появляется неопределенность типа  $0 \cdot \infty$ ). Указанные требования мы обязаны применить и к пространственному преобразованию, но при этом пространственное преобразование Лоренца переходит в  $x'=x$ , а это означает, что уже нет движения, поэтому и теории относительности нет. В примере с металлическими болванками это соответствует требованию «диаметр болванок стремится к нулю», т.е. исчезают сами объекты анализа.

Чаще всего в литературе утверждают, что в теории Галилея скорость света равна бесконечности, и выдвигают требование  $C \rightarrow \infty$  [9]. Это также некорректное требование. Во-первых  $C$  – это константа, величина постоянная, и ею нельзя варьировать точно так же, как и числом  $\pi$ , основанием натурального логарифма  $e$  и т.п. Во-вторых, если в преобразованиях Галилея отсутствует скорость света, это еще не означает, что она считается равной бесконечности, тем более не означает, что ею пренебрегли. Все эти неуклюжие увертки, указывающие на формальное, поверхностное, фактически непрофессиональное, владение математикой многими физиками, можно легко опровергнуть простыми и строгими расчетами, выполненными по теории Галилея и СТО, ибо всякая теория имеет всего лишь два предназначения: а) объяснить явление качественно, б) дать соответствующие количественные оценки.

Самые простые расчеты в теории относительности – это перерасчет значений пространственной и временной координат материальной точки из неподвижной системы в движущуюся. Пара чисел, соответствующих пространственной и временной координатам произвольной точки, в теории относительности называется событием – где-то в точке пространства с координатой  $x$  в какой-то момент времени  $t$  что-то произошло. Математически событие обозначается как  $A(x, t)$ . Для математики не имеет значения, в чем заключается событие, что именно произошло, и где – если в момент  $t$  в точке  $x$  ничего не произошло, то для теории это тоже событие.

Пусть нам необходимо провести расчеты для случая, когда скорость системы  $K'$  равна  $V=900$  м/с (скорость современного истребителя). Интуитивно мы полагаем, что это «малая скорость», дорелятивистская скорость, однако количественная оценка не помешает. По сути дела, понятие «малая скорость» математически можно связать с разрешением пренебрегать отдельно стоящими членами второго порядка малости. Для оценки скорости нужно рассчитать член второго порядка малости в преобразованиях Лоренца  $V^2/C^2 = 81 \cdot 10^4 / 9 \cdot 10^{16} = 9 \cdot 10^{-12}$ . Полученный результат означает, что примерно до двенадцатого знака расчеты, выполненные по теории Галилея и СТО, будут совпадать. Мы полагаем, что для современных измерительных средств и расчетов 7-8 знаков – вполне достаточная точность, поэтому будем считать скорость 900 м/с глубоко дорелятивистской, т.е. с хорошим запасом соответствующей понятию «малая скорость». Это означает, что при указанной скорости результаты расчетов пространственной и

временной координат произвольного события, выполненные по обеим теориям, должны мало отличаться друг от друга, если только СТО согласуется с принципом Бора, т.е. если СТО – физически корректная теория.

Пусть некое событие  $A(x, t)$  произошло в точке с координатой  $x=10^{16}$  м через 100 секунд после того, как была выполнена синхронизация часов, т.е. после того, как начало системы  $K'$  совпадало с началом системы  $K$ . Определить координаты этого события в движущейся системе. Выполняем расчеты.

### 6.1. Пространственная координата.

а) Галилей:  $x'_G = x - Vt = 10^{16} - 900 \cdot 100 = 9\,999\,999\,999\,910\,000$  м

б) Лоренц: 
$$x'_L = \frac{x - Vt}{G} = \frac{10^{16} - 900 \cdot 100}{\sqrt{1 - \frac{81 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^{16}}}} = 9\,999\,999\,999\,955\,000$$
 м

Смотрим отношение  $r_x$  результатов расчетов «Галилей/Лоренц» по пространственной координате. Действительно, наблюдаем совпадение в результатах до двенадцатого знака:

$$r_x = \frac{x'_G}{x'_L} = 0,999\,999\,999\,995\,5$$

Не только аналитические, но и строгие численные расчеты показали, что по части пространственного преобразования при «довольно приличных малых скоростях» СТО переходит в теорию Галилея. Примечательно, что соотношение получилось меньше единицы. Причина в том, что движущимся телам в СТО предписано сокращаться, поэтому на одном и том же участке пространства в движущейся сокращенной системе уложилось больше меток, чем в случае теории Галилея.

Заметим, что приведенные расчеты можно было бы получить и проще, но в ущерб прозрачности физической стороны вопроса:

$$r_x = \frac{x'_G}{x'_L} = \frac{x - Vt}{\frac{x - Vt}{G}} = G = \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} = \sqrt{1 - \frac{81 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^{16}}} = 0,999\,999\,999\,995\,5$$

Как видим, соотношение  $r_x$  аналитически не зависит от значения пространственной координаты – можно рассматривать любую точку на пространственной оси – от минус бесконечности до плюс бесконечности, и это не повлияет на точность расчетов. Ни одна из сравниваемых теорий относительности не накладывает абсолютно никаких ограничений на величину пространственной координаты события.

### 6.2. Временная координата.

а) Галилей:  $t'_G = t = 100$  с (5.15)

б) Лоренц: 
$$t'_L = \frac{t - \frac{V}{C^2} x}{G} = \frac{100 - \frac{900}{9 \cdot 10^{16}} 10^{16}}{\sqrt{1 - \frac{81 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^{16}}}} = 0$$
 с (5.16)

Вместо интуитивно ожидавшихся каких-то 99,999 999 999 8 с мы получили ровно ноль (!), при этом соотношение результатов вычисления «Галилей/Лоренц» для временной координаты уходит в бесконечность:

$$r_t = \frac{100}{0} \rightarrow \infty,$$

и зависит от значения пространственной координаты. Теперь понятно, почему нами были выбраны скорость  $V=900$  м/с и расстояние  $x=10^{16}$  м – чтобы расчеты можно было легко проверить, не прибегая к средствам вычисления, чтобы не осталось никаких сомнений в корректности вычислений – даже карандаш и бумага нам не понадобились. Расстояние  $10^{16}$  метров – это всего лишь треть парсека, единицы измерения расстояний в астрономии. Время

100 секунд ощутимо на бытовом уровне, поэтому нас нельзя обвинить в том, что мы выбрали запредельные величины. При расстоянии, равном диаметру Галактики (примерно 20 килопарсек,  $6 \cdot 10^{20}$  м), для указанной скорости  $K'$ , СТО вместо 100 секунд по Галилею дает результат минус 70 дней!

А что получится, если вместо пространственной координаты  $x=10^{16}$  м рассмотреть событие в точке  $x=-10^{16}$  м в тот же самый момент времени  $t=100$  с? Нетрудно увидеть, что теперь по СТО получим  $t'_L=200$  с и соотношение  $r_t$  в расчетах для разных теорий вместо бесконечности окажется равным 2 – имеем расхождение в первом знаке против двенадцати знаков для пространственной координаты. Язык не поворачивается назвать результат вычисления 200 с вместо 100 с «замедлением времени». Вот какие сюрпризы нам преподносит рассинхронизация, называемая «относительностью одновременности». Если кого-либо из читателей не убедили логические доводы, может быть, его убедят результаты этих элементарных вычислений? Несовпадение результатов (5.15) и (5.16) должны отбросить любые попытки спекуляций вокруг вопроса перехода временного преобразования Лоренца в преобразование Галилея при малых скоростях. Вычисления выполнены с большой точностью и строго – мы ничего не устремляли к нулю, ничего не устремляли к бесконечности, ничего не разлагали в ряд с последующим отбрасыванием неудобных членов ряда, но вместо примерно 100 с для расстояния, равного диаметру Галактики, получили минус 70 дней! Для этого же расстояния, но в сторону отрицательных значений  $x$ , получим плюс 70 дней вместо ожидавшихся 100 секунд.

Поскольку в результатах вычислений усомниться никак нельзя (ибо в теории относительности более простых задач, как перевести координаты события из покоящейся системы в движущуюся, не существует), наиболее часто встречающиеся со стороны оппонентов аргументы против приведенных расчетов звучат так: принцип Бора является философским, а не физическим, для физики он необязателен; или: **это теория относительности Галилея на больших расстояниях неверна, это она не согласуется с принципом соответствия!!** По физической ценности это «достижение» мысли равноценно убеждению, что таблица умножения при больших числах может оказаться неверной – кто на самом деле проверял таблицу умножения при больших числах с помощью счетных палочек и суммирования? Мы оставим это достижение интеллекта без комментария, ограничимся только замечанием, что по пространственной координате теория Галилея верна и для больших расстояний, вплоть до бесконечности. Что же ей мешает «заодно посмотреть и показания часов»?

Можно указать еще на одно затруднение, к которому приводит использование рассинхронизации. Во временном преобразовании Галилея величина  $t'$  имеет смысл измеренного времени на всей бесконечной оси движущейся системы. В противоположность этому во временном преобразовании СТО величина  $t'$  имеет смысл показаний часов не на всей движущейся оси, а лишь в некоторой точке, которая в момент  $t$  находится против точки с координатой  $x$  на неподвижной оси, см. рис. 3.1. Вследствие этого временное преобразование Лоренца не может перейти в преобразование Галилея в принципе, ни при какой скорости и ни при каком расстоянии – не совпадают физические смыслы величин. Одного этого аргумента должно быть вполне достаточно для того, чтобы понять, что СТО не согласуется с принципом соответствия Бора, вследствие чего не является физической теорией.

В этой работе мы не приводили расчетов времен движения фотонов в интерферометре Майкельсона согласно баллистической гипотезе Ритца и согласно гипотезе сокращения Фитцджеральда – Лоренца в связи с их элементарностью, с одной стороны, и большим объемом статьи – с другой. С этими вычислениями, а также с некоторыми вопросами, не рассмотренными здесь, например, с представлением теории относительности на  $x-t$ -диаграммах, эффектом Доплера и др., можно ознакомиться в работах [1-3].

## Выводы

1) Эксперименты Майкельсона подтверждают пространственное преобразование Лоренца при допущении о реальном сокращении движущихся материальных тел. Реальность

сокращения тел делает системы координат неравноправными, а это противоречит принципу относительности СТО.

2) Эксперименты с мюонами указывают на реальное замедление темпов протекания физических процессов в движущейся системе. Реальность замедления процессов также указывает на неравноправие систем координат, и противоречит принципу относительности СТО.

3) Временное преобразование Лоренца построено путем нарушения основного свойства базового понятия физики – времени; оно требует рассинхронизации хронометров и ускорения темпа протекания физических процессов, т.е. противоречит эксперименту, см. п.2.

4) Средствами СТО найдено противоречие в СТО – пространственное и временное преобразования Лоренца предписывают скорость света суммировать со скоростью движущейся системы, что противоречит базовому постулату СТО.

5) Рассинхронизацией часов можно добиться независимости измеренной скорости фотонов от скорости системы координат, но этим нельзя объяснить результаты экспериментов Майкельсона, поскольку фотоны движутся независимо от наличия или отсутствия синхронизации. **Синхронизация хронометров есть не явлением природы, а продуктом инженерной деятельности человека, поэтому она не может присутствовать в преобразованиях координат, которые, фактически, являются законами природы.**

6) При малых скоростях временное преобразование Лоренца не переходит в преобразование Галилея. СТО не согласуется с принципом соответствия Бора, что делает ее нефизической теорией.

7) Зависимость массы тела от его скорости не относится к теории относительности, поэтому не может служить инструментом проверки теории относительности.

8) Связь массы тела с заключенной в нем энергией не имеет абсолютно никакого отношения к теории относительности, поэтому также не может служить инструментом проверки теории относительности.

### Литература

1. Чаварга Н.Н. Проблема рационального и иррационального в физике. – Ужгород: Патент, 1999. – 236 с.
2. Чаварга М.М. Відносний рух солітонів // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія „Фізика”, випуск 7, 2000. – С. 174–194.
3. [www.chavarga.iatp.org.ua](http://www.chavarga.iatp.org.ua)
4. Тейлор Э.Ф., Уилер Дж. А. Физика пространства-времени. – Москва: Мир, 1971. – 320 с.
5. Бурланков Д.Е. Пространство, время, космос, кванты. – Н. Новгород: Издательство Нижегородского университета, 2007. – 144 с.  
[www.phys.unn.ru/docs/bigpop.pdf](http://www.phys.unn.ru/docs/bigpop.pdf)
6. Филиппов А.Т. Многоликий солитон. – М.: Наука, 1990. – 288 с.
7. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том первый. – М.: Наука, 1984. – 576 с.
8. Мэрион Дж.Б. Физика и физический мир. – М.: Мир, 1975. – 624 с.
9. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Том 1. Работы по теории относительности. 1905 – 1920. – М.: Наука, 1965. – 700 с.
10. Fokas A. Integrable Nonlinear Evolution Partial Differential Equations in 4+2 and 3+1 Dimensions// Phys. Rev. Lett. 96.19021 (2006).