Простая теория относительности

в модели 4D материи

Валерий П. Скоробогатов

http://aperonics.ucoz.ru mailto://vps137.yandex.ru

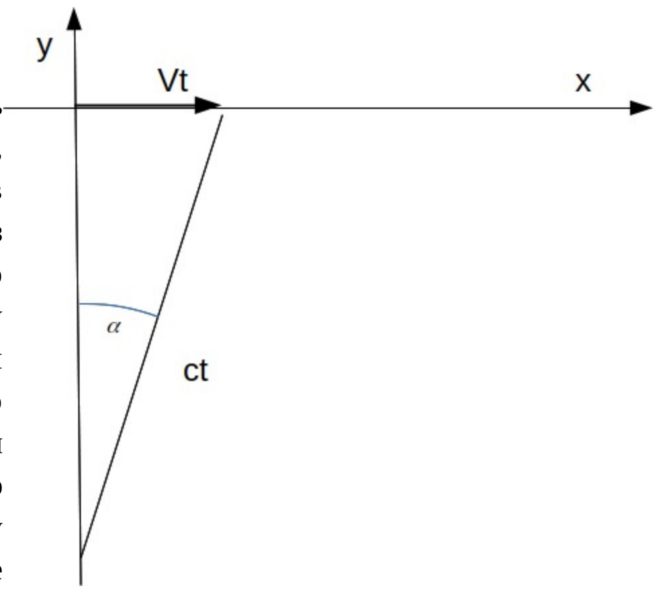
Теория относительности, несомненно, является самой популярной теорией в настоящее время, и ей посвящено огромное количество публикаций. Отметим лишь одну, в которой приведены различные виды преобразований пространства и времени [1]. Казалось бы, за более чем столетний период её существования, наполненный неустанной борьбой её противников и её сторонников, не осталось ничего нового сказать об этой теории. Однако мы приведём здесь простейший вывод одного из главных результатов специальной теории относительности (СТО) – уравнений преобразований Лоренца (ПЛ). Он основан на нашей предыдущей публикации [2], в которой ПЛ сведены к обычному ортогональному преобразованию. Естественный вопрос, возникающий после этого, – а нельзя ли, наоборот, каким-то образом из ортогонального преобразования получить ПЛ?

Оказалось, это можно сделать очень просто. Для этого вначале переформулируем постулат СТО о скорости света следующим образом:

- Скорость света – это максимальная скорость для тел

Это значит, что не может быть материальных тел, скорость которых превысит скорость света c. Пока ничего не говорим о значениях скорости света в различных инерционных системах отсчёта (ИСО). В математической форме это условие можно представить так:

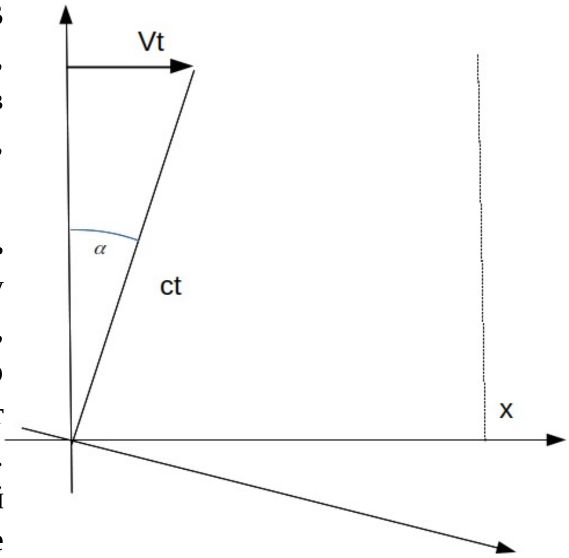
$$V = c\sin\alpha \qquad (1)$$



Смысл угла α легко уяснить, если нарисовать рисунок, поясняющий это условие. Предполагается, что некое тело движется с постоянной скоростью V в направлении оси x и что свет, испущенный из положения, когда расстояние от источника света до тела было минимальным, достигает тела. К этому времени тело преодолеет расстояние Vt. Конечно, при этом получается, что вектор ct направлен относительно оси x не перпендикулярно. Иначе, надо было бы использовать вместо синуса тангенс, что противоречило бы нашему условию, поскольку скорость тела могла бы быть больше скорости свете при углах α больших, чем $\pi/2$.

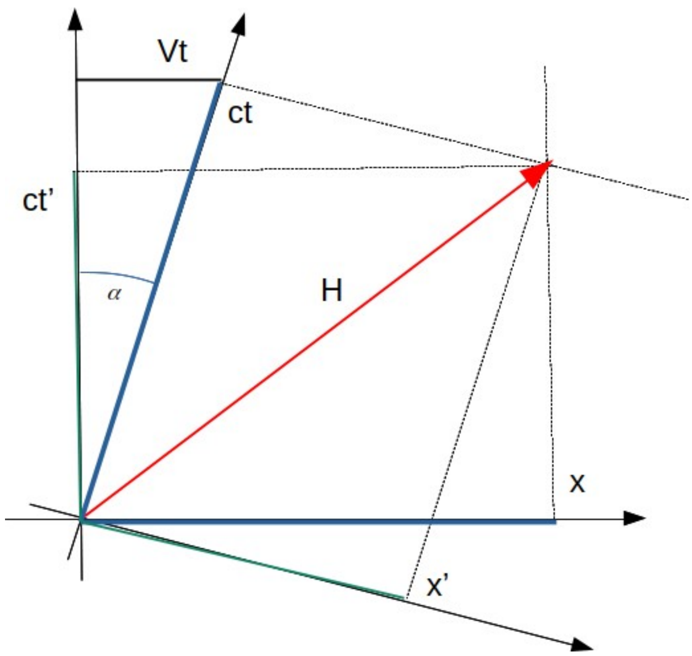
Из этого рисунка можно заключить, что пространство и время, если их, следуя СТО, попытаться объединить в одну конструкцию, не могут образовать декартову систему координат, как по умолчанию это предполагается в СТО. Получается косоугольная система.

Без ущерба для дальнейшего рассмотрения мы можем перенести начало системы координат в то место, откуда, предполагается, исходит свет. Примем такую систему координат за неподвижную систему отсчёта. В её начало, можно считать, помещен наблюдатель, который следит за движущимся телом. В той простой ситуации, которая описывается, он видит, что за время наблюдения t тело, находившееся в первый момент наблюдения в ближайшем положении, переместилось на расстояние Vt.



С движущимся телом мы можем связать движущуюся с ним систему отсчёта. Поскольку скорость тела в этой системе координат отсутствует, угол α для этого тела равен нулю. Это значит, что ось x' движущейся системы отсчёта в момент времени t должна быть перпендикулярной вектору ct. Поэтому у нас должен получиться рисунок, подобный тому, что изображен. Там также отмечено положение произвольно взятой точки на оси x.

Из этого рисунка становится очевидным, что мы имеем дело с обычным ортогональным преобразованием, изменяющим координаты некоего вектора H. Остаётся сделать некоторые дополнительные построения, как это сделано на рисунке ниже, чтобы убедиться, что координаты (x, ct') этого вектора одной декартовой системы координат, изображенного на рисунке, преобразуются в координаты (x', ct) другой декартовой системы.



Из ортогональности такого преобразования следует, что длина этого вектора в одной системе координат равна длине в другой системе

$$H=\sqrt{x^2+(ct')^2}=\sqrt{x'^2+(ct)^2}=H' \qquad (2)$$

Отсюда перестановкой слагаемых следует равенство т.н. интервалов СТО:

$$s=\sqrt{(ct)^2-x^2}=\sqrt{(ct')^2-x'^2}=s' \qquad (3)$$

Конечно, также можно данную картину рассматривать так, как будто вектор (x, ct) одной косоугольной системы координат преобразовал свои координаты в значения (x’, ct’) другой косоугольной системы. Однако значения координат в этом случае станут другими и, очевидно, что такое преобразование не будет являться ортогональным поворотом системы координат. Такое представление не даст выше приведённых равенств.

В матричной форме ортогональное преобразование выразится в таком виде:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y \\ z \\ ct \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \cos\alpha & 0 & 0 & -\sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \sin\alpha & 0 & 0 & \cos\alpha \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ ct' \end{pmatrix} \qquad (4)$$

Отсюда с помощью (1) мы имеем следующую систему уравнений, исключая тривиальные:

$$x'=x\sqrt{1-V^2/c^2}-Vt'$$
$$ct=xV/c+ct'\sqrt{1-V^2/c^2}$$

Первое уравнение разрешим относительно x

$$x=\frac{x'+Vt'}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \qquad (5)$$

Затем подставляем это значение во второе уравнение

$$ct=\frac{(x'+Vt')V/c}{\sqrt{1-V^2/c^2}}+ct'\sqrt{1-V^2/c^2}$$

После приведения к общему знаменателю мы получим

$$ct=\frac{ct'+x'V/c}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \qquad (6)$$

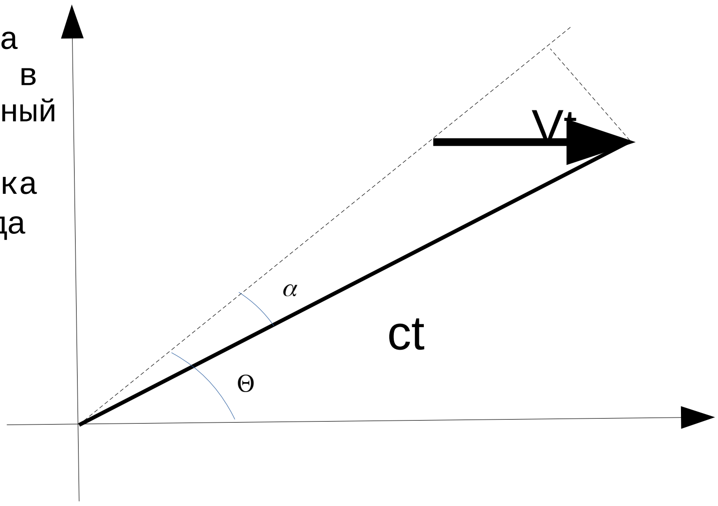
Вместе уравнения (5) и (6) составляют ПЛ. Таким образом, начав с требования о предельной скорости, простыми и очевидными операциями, мы получили главный результат СТО. Осталось понять, почему это произошло и имеет ли это какое-то отношение к реальным явлениям в природе.

Случай общего положения

Случай, когда тело в начальный момент времени не находилось на ближайшем расстоянии, включает в рассмотрение множитель, связанный с углом Θ между осью x и направлением на тело. Из рисунка видно, что $Vt\sin\Theta = ct\sin\alpha$. Отсюда

$$V=\frac{c\ \sin\alpha}{\sin\ \Theta}$$

Очевидно, что относительно скорости $V\ \sin\Theta$ все предыдущие рассуждения будут верны.



Замедление времени и сокращение размеров

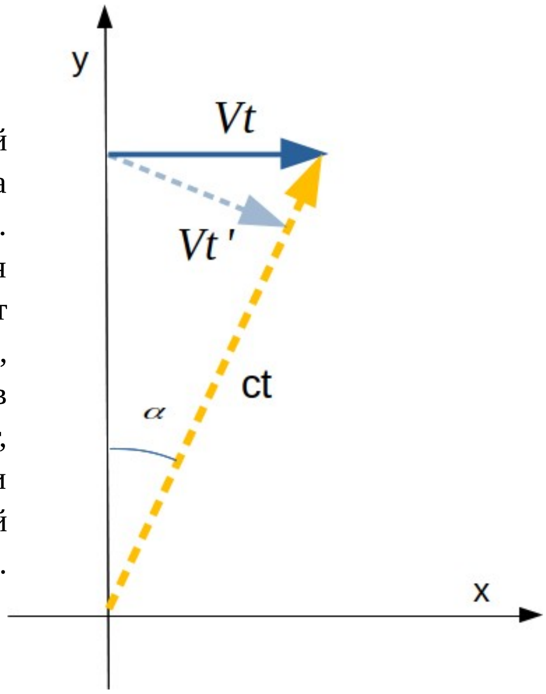
Рассматриваемый случай наблюдения движущегося тела позволяет очень просто интерпретировать следствия СТО, заключающиеся в сокращении продольных размеров тел и замедлении времени. Из рисунка ниже ясно, что наблюдатель, находящийся в начале системы координат не может верно оценить всё перемещение движущегося тела, сделанное им за время t. Он может видеть проекцию этого перемещения, обозначенную на рисунке пунктиром. Так он наблюдает кажущийся, мнимый путь тела $l'=Vt'$ вместо реального пути $l=Vt$. Отсюда мы имеем как бы “сокращение продольного размера”

$$l'=l\cos\alpha=l\sqrt{1-V^2/c^2} \qquad (7)$$

и после сокращение V – “замедление времени”

$$t'=t\sqrt{1-V^2/x^2} \qquad (8)$$

Таким образом, наблюдателю в неподвижной системе отсчёта кажется, что время движения тела составляет t' . Такое время показали бы его часы. Также он, принимая это время за истинное время движения, считает, что время t , которое он считает принадлежащим движущейся системе отсчёта, замедлилось по сравнению с его временем. Часы в движущейся системе отсчёта, он считает, отстают, показывая большее время, чем его часы. Именно эти расчётные показания часов неподвижный наблюдатель, придерживающийся СТО, считает т.н. собственным временем.

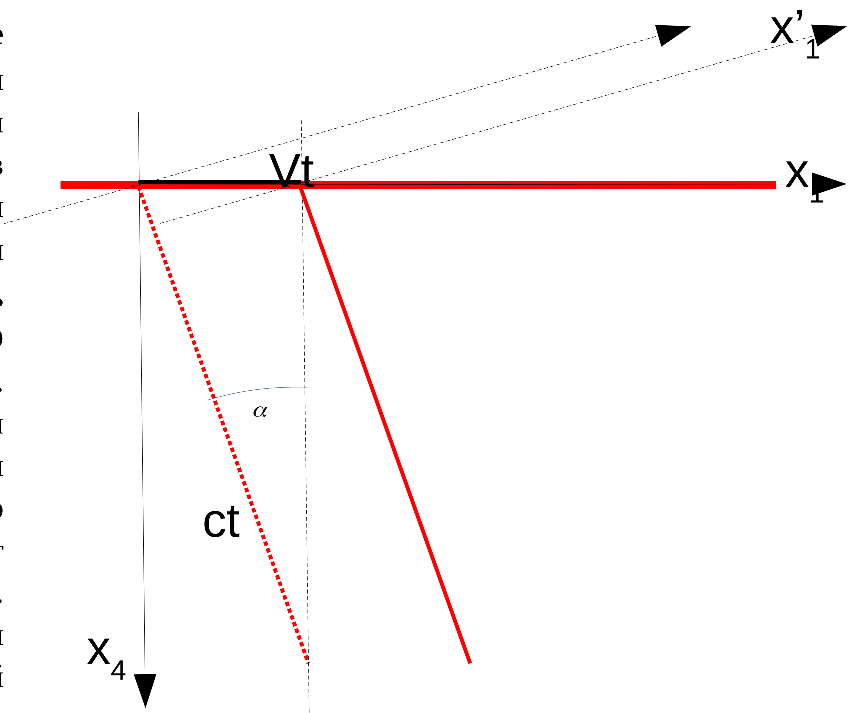


Модель 4D материи

Описание, которое дано выше, производилось в таком же пространстве и времени, что и в СТО. Поэтому значение его не может быть другим – это преобразование абстрактного евклидова пространства R^4 , появляющегося после прикрепления времени, пространства R^1 , к пространству R^3 . Умножив время на постоянную величину скорости света, мы изменили лишь масштаб и привели размерность к размерности длины. Метрика такого пространства положительно определена. Пространство Минковского R_1^3 имеет другую структуру. Оно представляет собой псевдоевклидово пространство со знакопеременной метрикой. В нём вместо ортогонального преобразования появляется гиперболическое, в котором вместо обычных тригонометрических функций используются гиперболичесие, но по сути ничего нового в данном представлении казалось бы, не может возникнуть.

Однако физический смысл обрисованной выше картине может быть придан, если вместо пространства и времени был бы рассмотрен некий физический объект, а пространство и время использовались бы по их прямому назначению – для обозначения положения физических тел и для обозначения движения физических тел.

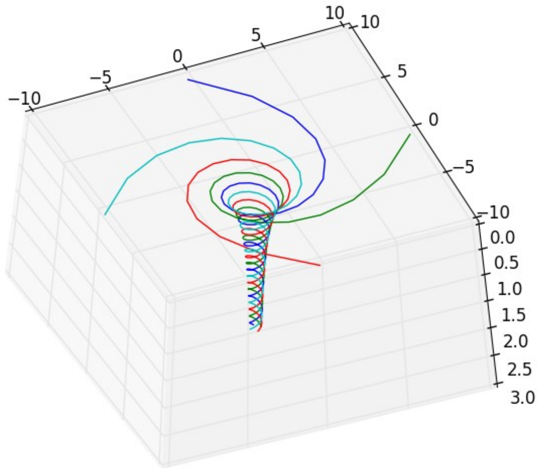
Таким объектом не может быть эфир, который претендует на роль светоносной среды во множестве теорий. Во-первых, это трёхмерная конструкция. Во-вторых, свет, который в такой среде мог бы распространяться, был бы обязательно связан с продольными колебаниями частиц такой среды в то время, как известно со времен опытов Герца, свет представляет собой поперечные колебания. В-третьих, многочисленные попытки обнаружить эфир следует признать безуспешными. Мы можем указать на другой объект в пространстве R^4 . Он должен вести себя также как вектор ct на представленных рисунках. В трёхмерном пространстве R^3 материальное тело можно в ряде случаев заменить т.н. материальной точкой, чтобы изучить движение тела. В пространстве R^4 это должен быть объект с размерностью на единицу выше. Это должен быть некий линейный объект, движущийся плоско-параллельно со скоростью V в направлении оси x. Он по своим свойствам должен представлять тело, частицу, которую мы можем наблюдать в Мире.



На рисунке показано поперечное сечение пространства R^4 . На нём предполагается, что 4D материя занимает полупространство в положительном направлении оси x_4 . Горизонтальная красная линия означает часть трёхмерной границы 4D материи, гиперповерхности. Свет может распространяться лишь по этой гиперповерхности и относительно гиперповерхности представляет собой поперечные колебания. Красная пунктирная линия представляет искомый линейный объект в первоначальном положении, сплошной красной линией он обозначен в момент времени t.

Мы дали название *4-вихря* этому объекту с таким свойством. Предполагается, что он является аналогом трёхмерной вихревой структуры, водоворота. Водоворот будет стоять на месте, если его тело будет расположено по нормали к границе воды. В этом случае кривизна границы будет симметричной относительно оси вихря. При наклоне вихря симметрия его границы нарушится и силы поверхностного натяжения начнут сдвигать его в сторону, где симметрия была бы восстановлена, т.е. в сторону наклона.

В случае 4-вихря мы имеем дело с кривизной не двумерной поверхности, а трёхмерной гиперповерхности, нарушение симметрии которой также вызывает движение всего вихря. На рисунке изображены некоторые образующие покоящегося 4-вихря геодезические. Возможным является лишь регистрации положения его горловины, его положения в 3D Мире.

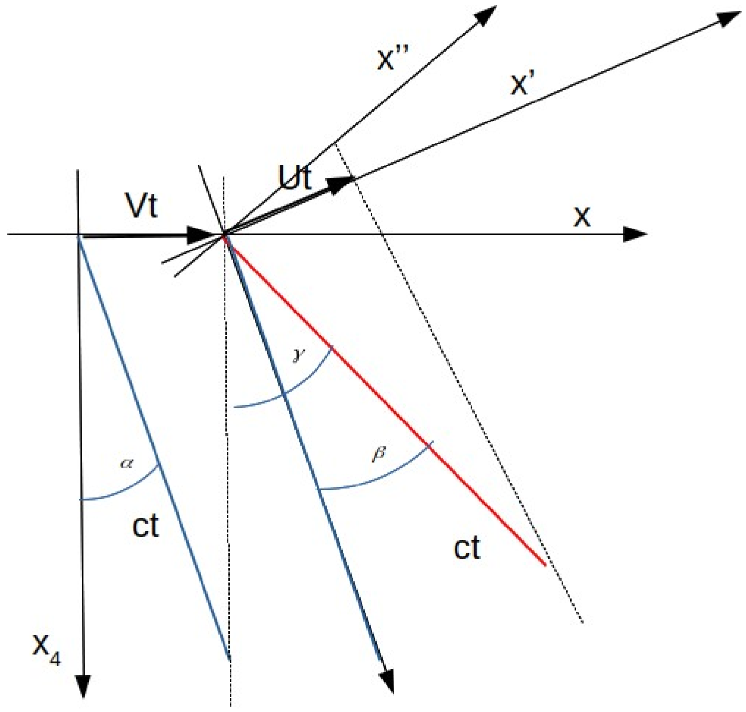


Сложение скоростей

Формула сложения скоростей, получаемая в СТО, всегда вызывает легкое недоумение. По ней получается в частности, что если одна из скоростей V или U равна скорости света, то общая скорость v' тоже будет равной скорости света, какой бы не была другая скорость

$$v' = \frac{V+U}{1+\frac{VU}{c^2}} \qquad (9)$$

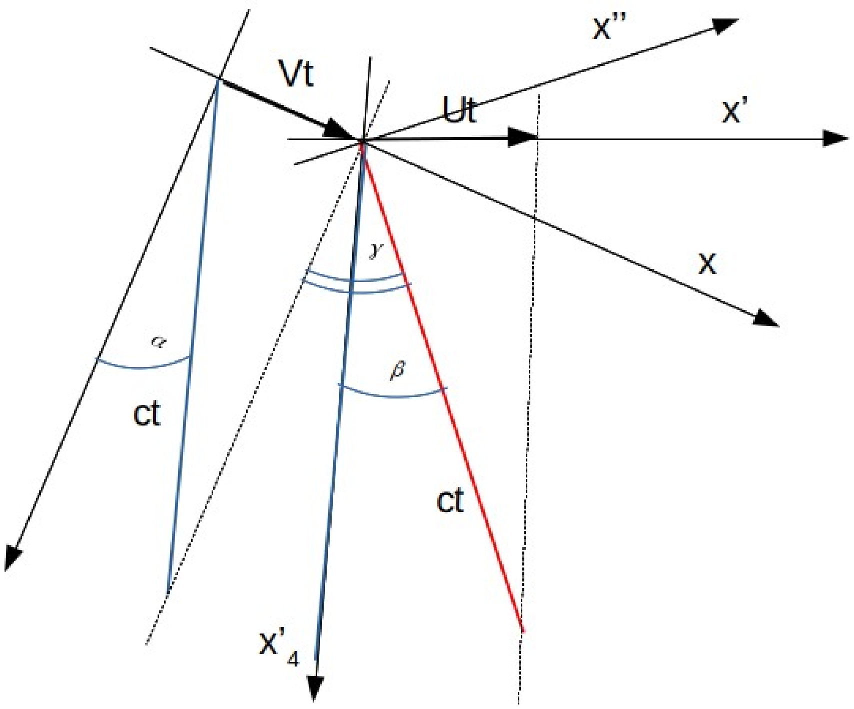
В представлении, которое дано здесь, получится другая формула. Она уже была получена [3], [4]. Пусть относительно тела, движущегося со скоростью V, в том же направлении движется другое тело со скоростью U. Это значит, что в ИСО, связанной с первым телом, которое обозначено на рисунке синим цветом и которое имеет наклон α, есть тело, обозначенное красным цветом и имеющее наклон относительно 4-вихря первого тела β. Очевидно, что относительно исходной ИСО угол наклона составит сумму этих углов.



Поэтому общая скорость, согласно определению (1), равна

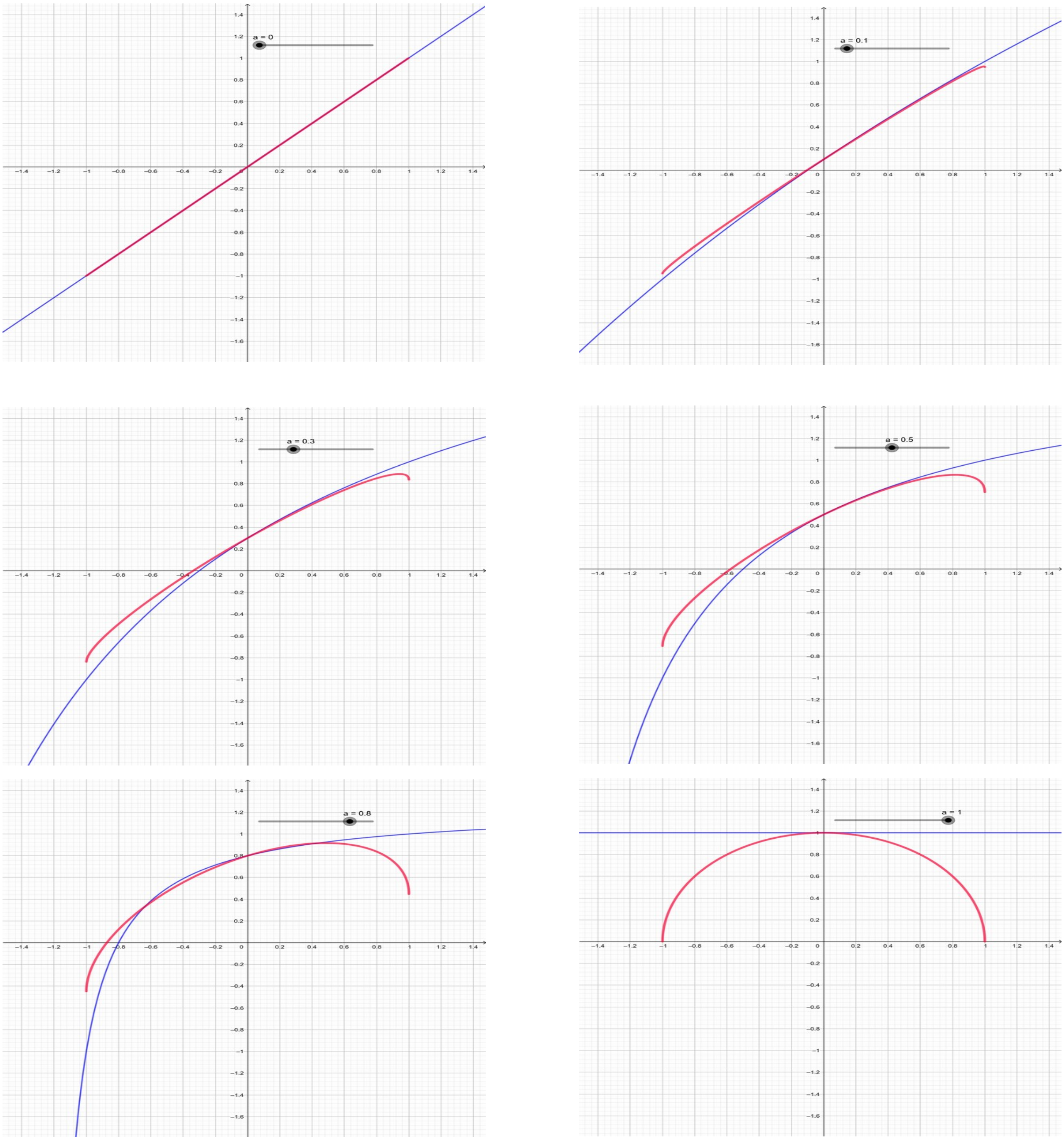
$$V' = c\sin(\alpha+\beta) = c(\sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta) = V\sqrt{1-U^2/c^2} + U\sqrt{1-V^2/c^2} \qquad (10)$$

Мы можем развернуть картинку на угол α , чтобы увидеть, что для второго тела получилась ситуация, аналогичная первому и что его угол наклона в исходной ИСО равен $\gamma=\alpha+\beta$. В этом действии, на наш взгляд, отражается принцип относительности Эйнштейна. Рассмотрение движения тел происходит не относительно гиперповерхности Вселенной, а относительно воображаемой, соответствующей выбранной ИСО. Относительно её можно проделать все операции, которые были сделаны выше, чтобы получить ПЛ.



Чтобы сравнить выражения (9) и (10) мы изобразим эти две функции при c=1 для различных значений одной из скоростей V или U. Из графиков видно, что при нулевом значении они сливаются, при малых значениях почти не отличаются. Различие в том, что первая функция, изображенная синим цветом, неограниченна. Вторая функция красного цвета, как и должна по условию (1) не превышать по модулю единицу. Она представляет собой половину эллипса. Последний график отражает ситуацию, при которой одна из скоростей равна единице.

Заметим, что формула сложения в СТО (9) соответствует случаю, когда вместо синуса суммы углов используется тангенс: $tg(\alpha+\beta)=\dfrac{tg\,\alpha+tg\,\beta}{1+tg\,\alpha\;tg\,\beta}$. Мы этот случай вынуждены отвергнуть из-за нарушения условия (1).



Энергия 4-вихря

Рассмотрим наиболее простую форму 4-вихря, в котором пренебрежём зависимостью от дополнительного измерения и есть только два движения 4D материи – вращение вокруг оси вихря и движение вдоль оси со скоростью света. Траекторию точки 4D материи в таком случае можно представить в виде вектора

$$x=\begin{pmatrix} R\cos\phi \\ R\sin\phi \\ 0 \\ ct \end{pmatrix}$$

Это спирали, семейство винтовых линий, получаемое при разных значениях радиусов R и углов ϕ . Поле скоростей получится дифференцированием, считая R независимым от времени

$$u=\begin{pmatrix} -R\dot{\phi}\sin\phi \\ R\dot{\phi}\cos\phi \\ 0 \\ c \end{pmatrix}$$

Вычислим квадрат скорости $u^2=(R\dot{\phi})^2+c^2$. Тогда общая кинетическая энергии такого 4-вихря получится интегрированием по дополнительному измерению. L_0 – это расстояние вдоль x_4 , на котором скорость исчезает, "длина частицы" в дополнительном измерении, k_1 - коэффициент пропорциональности.

$$E=\frac{k_1}{2}\int d x_4 u^2=\frac{k_1 L_0}{2}\left(R^2\dot{\phi}^2+c^2\right)$$

Если принять, что $R\dot{\phi}=c$, мы получим уравнение для энергии покоя $E_0=m_0c^2$, в котором масса покоя m_0 пропорциональна длине частицы,

$$m_0=k_1 L_0$$

Когда 4-вихрь имеет наклон по отношению к нормали, восстановленной от гиперповерхности, его длина увеличивается

$$L=\frac{L_0}{\cos\alpha}$$

Таким образом, мы получим знаменитое уравнение для энергии частицы

$$E=mc^2$$

в котором $m=\frac{m_0}{\sqrt{1-V^2/c^2}}$ - т.н. *релятивистская масса*. Альтернативно, как это сейчас принято [5], можно считать массу постоянной, равной m_0 , а энергию прямо зависящей от скорости $E=\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-V^2/c^2}}$. В этом случае, однако, нельзя массе придать тот геометрический смысл, который связан с наклоном 4-вихря. В этом случае получается, что при малых скоростях по сравнению со скоростью света мы имеем классическое значение кинетической энергии и энергии покоя $E=m_0c^2+m_0V^2/2$. Альтернативно можно записать эту же формулу в виде $m=m_0+m_0V^2/2c^2$.

Волны де Бройля

Решение уравнения $R\dot{\phi}=c$ имеет вид

$$\phi=\frac{ct}{R}+C$$

Постоянную интегрирования C можно положить равной нулю. За один период $t=T$ угол ϕ изменится на 2π . Отсюда имеем $R=\frac{c}{\omega}$, где циклическая частота $\omega=2\pi/T$. При этом предположим, что за этот период движение 4D материи вдоль оси 4-вихря происходит на расстоянии, равном комптоновской длине волны λ_C : $\lambda_C=cT$. Тогда при продвижении 4-вихря эта комптоновская волна разворачивается в де Бройлевскую волну на гиперповерхности так, как это показано на рисунке ниже.

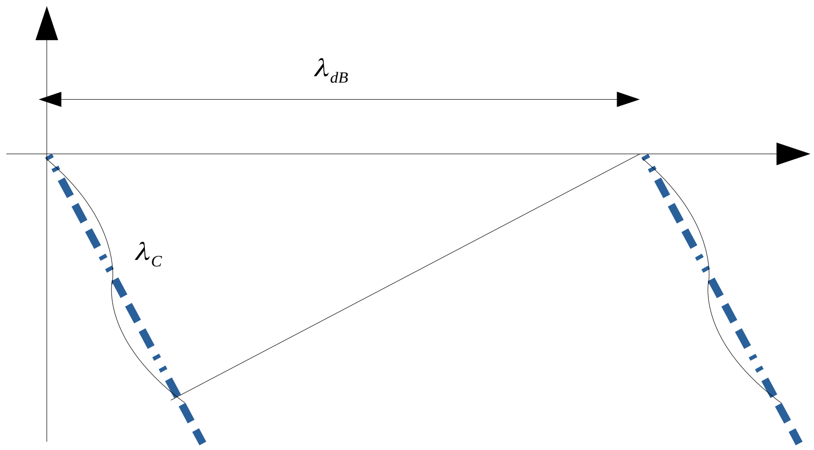
$$\lambda_{dB}=\frac{cT}{\sin\alpha}=c^2\frac{T}{V}=\frac{h}{p}$$

Постоянная Планка h определится при этом как

$$h=mc^2T=ET$$

Таким образом, энергия волны де Бройля равна $E=h\nu$, где частота $\nu=1/T$. Модуль импульса определяется почти как в классической механике

$$p=mV=\frac{m_0}{\cos\alpha}c\,\sin\alpha=m_0c\,tg\,\alpha$$

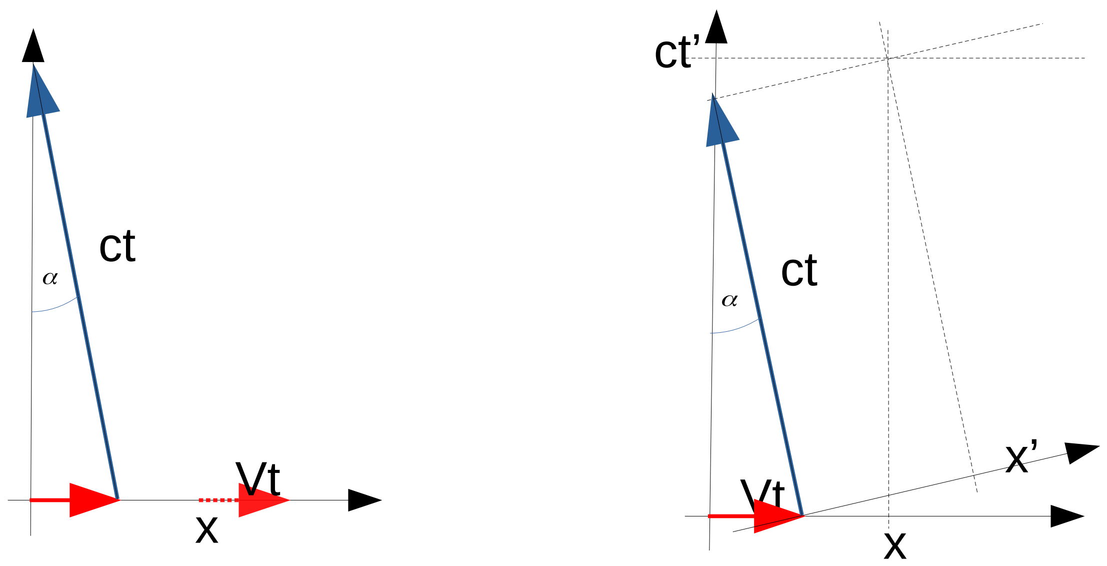


Обсуждение

Конечно, предложенный вариант вывода ПЛ, хоть и является на наш взгляд простейшим, не идеален. Ось x' движущейся ИСО не может быть повернута. Её направление по условию должно совпадать с направлением оси x покоящейся ИСО. Однако, простота, с которой получаются ПЛ, требует объяснения. Пытаясь понять суть поворота на угол α при ПЛ, мы неизбежно приходим к мысли о четвёртом измерении. При этом мы должны принять во внимание, что поворот в четырёхмерном пространстве происходит не вокруг одной оси, как в трёхмерном Мире, а “вокруг двумерной плоскости”. Поэтому кажется естественным предположить, что, если ПЛ имеют отношение к реальному процессу, то поворот при ПЛ должен происходить с участием четвертого измерения. При этом если это пространство-время, то поворот должен произойти в плоскости, включающую временную ось. Если это 4D материя, то поворот в плоскости $(x_{1,}x_4)$, как это предложено выше.

В первом случае пространства-времени, однако, поворот приобретает абстрактный, чисто математический характер и ПЛ - смысл пассивного преобразования координат, при котором положение всех векторов остаётся неизменным. Изменилось положение осей системы координат и вектора получили новые значения координат, но их модули и их положения остались неизменными. Во втором случае 4-вихрь, который представляет собой замену трёхмерного тела в обычном трёхмерном представлении, получает реальный наклон относительно гиперповерхности. Пространство при этом остаётся без изменения. Такое преобразование является активным. Именно оно соответствует движению тела, выраженного в классической механике преобразованием Галилея $x'=x+Vt$. В предложенной картине движение 4-вихря вдоль гиперповерхности Вселенной подчиняется именно этому закону. Кроме того, представление поворота даёт в этом случае для вектора Н реальное, действительное, значение в отличие от интервала СТО, который может принимать и мнимые значения. ПЛ возникают, как это видно из всего рассмотрения, путём пассивного преобразования. В этом, на наш взгляд, заключается смысл принципа относительности теории относительности, когда вместо активного преобразования предлагается пассивное.

Понятие события, используемого в СТО, в данной трактовке приобретает иное значение. Это также набор величин (x, t), как и в СТО. Только это не такое довольно абстрактное событие, как вспыхивание света в точке x и в момент t. Так понимаемое событие никак не связано с существованием движущейся системы отсчёта, хотя цель именно в том, чтобы получить формулы пересчёта координат события в одной системе отсчёта для другой системы. Мы предлагаем такую несложную ситуацию. В точке x условно неподвижной системы отсчёта движется тело с постоянной скоростью V, которое за время t преодолело расстояние Vt. Надо понять, каким будет те же расстояние и время в системе отсчёт, связанной с этим телом – расстояние x' , положения точки x, и времени t' , за которое переместится начало неподвижной системы отсчёта. Из рисунков, что есть ниже, видно, что если переместить вектор Vt в начало системы отсчёта (или же просто отмерить расстояние, равное Vt), то мы снова можем придти к построению, которое было дано вначале.



В предложенном варианте вывода ПЛ знаменитые эффекты продольного сжатия размеров и замедления времени имеют мнимый, кажущийся характер, возникающий из-за геометрии наблюдения. Поэтому все парадоксы, такие как парадокс близнецов, могут быть разрешены простейшим образом. Нет реального замедления времени в движущейся ИСО. Покоящийся наблюдатель может лишь мысленно представить, что этот эффект имеет место. Замедление времени, якобы наблюдаемое при регистрации космических мюонов и в других экспериментах, возможно связаны с увеличением времени жизни частиц, которое получается в движении. Со скоростью меняется длина частицы — меняется и время её распада, если она нестабильная.

Проверка предложенной формулы для сложения скоростей могла бы быть проверкой всей предложенной концепции 4D материи. Однако отличия от формулы СТО сказываются лишь при достаточно больших скоростях.

Сам принцип относительности легко трактуется в рамках модели 4D материи. Он заключается с этой точки зрения в невозможности установить истинное положение границы 4D Вселенной, граничной гиперповерхности. Поэтому можно так переформулировать этот принцип:

- Никаким методом невозможно установить истинное положение границы Вселенной.

В рамках модели 4D материи это положение легко объясняется. Движение тела в нашем трёхмерном Мире – это лишь видимая часть перемещения четырёхмерного вихря вдоль границы Вселенной. Такое движение является инерционным. Это значит, что вихрь сохраняет своё поле скоростей той 4D материи, которой он окружён и из которой он состоит, что является следствием того, что вихревое движение “вморожено” в поле скоростей 4D материи. Этот вывод математически выражается в виде уравнения [6]

$$\dot{F}+L_u F=0$$

где L_u - производная Ли относительно поля скоростей u, F – тензор т.н. *внутреннего электромагнитного поля*, определяемого как четырёхмерная завихрённость поля скоростей:

$$F_{ij}=\partial_i u_j-\partial_j u_i \quad .$$

Поэтому любая ИСО со своим телом отсчёта выглядит так, как будто это тело находится в покое относительно Вселенной в то время, как она имеет наклон на некий угол α_0 . При этом скорость света в ней не равна истинной скорости света, которой обладает реальная гиперповерхность,

$$c_{rf}=c\cos\alpha_0$$

Поэтому вопреки утверждению СТО скорость света не является инвариантной относительно переходов из одной ИСО к другой. Она кажется инвариантной наблюдателю, находящемуся неподвижным в одной из ИСО. Действительно, поскольку расстояния и времена в движущейся ИСО ему кажутся в соответствии с (7) и (8) уменьшенными на один и тот же множитель $\cos\alpha_0$, то скорость света, являющаяся отношением этих величин, тоже будет постоянной. Это утверждение справедливо как для продольных расстояний, расстояний вдоль движения , так и для поперечных [7]. Относительность в этом представлении означает невозможность установить значение α_0 . Поэтому в формулах ПЛ вместо скорости света, принимающей предельное значение на гиперповерхности Вселенной, следует понимать скорость c_{rf} . Но вместе с тем, ПЛ дают нам ключ к опредлению истинной скорости света, которой обладает граница Вселенной, если, конечно, во-первых такая граница действительно существует и если, во-вторых, мы научимся опредлять значение угла α_0 . В этом смысле мы бы получили доступ к некой абсолютной системе отсчёта, связанной с таким телом отсчёта как наша Вселенная. В этом случае ПЛ следовало бы применить для перехода между той условно ИСО, в которой мы находимся и этой АСО. Это бы означало преодоление принципа относительности в предложенной формулировке.

[1] Малыкин Г.Б. Паралоренцовы преобразования. УФН, 179, 285 (2009)
[2] Скоробогатов В.П. Природа преобразований Лоренца Сайт автора, http://vps137.narod.ru/phys/article20.pdf (2012)
[3] Van Linden R. Dimensions in special relativity theory (2005) http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.549.5602&rep=rep1&type=pdf
[4] Скоробогатов В.П. Системы отсчёта в 4D- модели эфира . Сайт автора. http://vps137.narod.ru/phys/article6.pdf (2007)
[5] Окунь Л.Б, Формула Эйнштейна. «Не смеется ли Господь Бог»? УФН, 178, 541 (2008)
[6] Скоробогатов В.П. Электродинамика в модели 4D материи. http://vixra.org/abs/1312.0189 (2013)
[7] Скоробогатов В.П. The meaning of the postulates of the special relativity. http://vixra.org/abs/1611.0318 (2016)