Системы отсчета в 4D-модели эфира

В. Скоробогатов

Было показано [1], что нулевой результат опыта Майкельсона-Морли можно было бы объяснить с помощью модели 4D-среды ("эфира"), допустив существование скоростей света как больше, так и меньше стандартного значения c. Такие скорости могли бы зависеть от скорости зеркала V, от которого отражается свет. В противном случае, когда скорость света предполагается постоянной, расхождение в путях света в продольном и поперечном направлениях достигает второй степени V/c, где V - скорость эфира относительно поверхности Земли, где, как предполагается проводится опыт. Здесь мы обсудим выбор систем отсчета в модели и затронем вопрос о так называемом замедлении времени, который является одним из самых дебатируемых в теории относительности.

Кроме того, применение галилеевых преобразований, использовавшихся при трактовке результата опыта Майкельсона-Морли, требует большего обоснования для использования в той форме, которая была предложена.

Вначале рассмотрим две системы отсчета в 3D пространстве, K и K'. Одна из них покоится, а другая движется с постоянной скоростью V. Обычно соответствующие оси координат этих систем выбираются параллельными друг другу. Тогда, если скорость направлена вдоль оси x, преобразование Галилея записывается в виде

$$x' = x - Vt \qquad (1)$$

Есть простое взаимное соотношение, или симметрия, между обеими системами при их взаимозамене (т.е. когда K' считается неподвижной и скорость системы K измеряется относительно ее):

$$x = x' + Vt \qquad (2)$$

Мы видим, что только знак у скорости V изменился, когда системы поменялись местами. Время t не изменяется при этих преобразованиях.
Требование коллинеарности осей не является строгим. Можно выбрать любую ориентацию для системы отсчета. Например, если движущаяся система K' повернута вокруг третьей оси на угол α относительно соответствующей оси системы K, то соотношение (1) изменится на следующее:

$$x' = (x - Vt)\cos\alpha \qquad (3)$$

Надо заметить, что так как операции вращения и трансляции не являются перестановочными, важен порядок этих операций. Здесь перемещение предшествует повороту.
Такое преобразование не дает ничего нового в рассмотрении движения, если только не принимать во внимание нарушение симметрии между системами:

$$x = \frac{x'}{\cos\alpha} + Vt \qquad (4)$$

При этом, конечно, различие в форме последних двух выражений не означает, что взаимная скорость движения систем изменилась. Надо учесть изменение второй координаты, так как направление скорости в системе K' изменилось. В общем случае ур.(3) может быть записано в виде

$$r' = M\,(r - Vt) \qquad (5)$$

где M - ортогональная матрица, описывающая вращение. Обратное преобразование будет выглядеть как

$$r = M^{¿} r' + Vt \qquad (6)$$

Мы видим, что скорость V в одной системе превращается в MV в другой системе, когда эта система повернута на угол α.
В таком рассмотрении неявно предполагается, что обе системы могут быть связаны с телами. В классической физике наилучшим приближением к физическому телу является материальная точка, но это не так в 4D-модели эфира. Здесь таким приближением, также как и моделью отдельной частицы,

является двумерный объект, струна или линия, пересекающая границу эфира, точнее, имеющая точку касания с ней. Отсюда следует, что 4D-система отсчета должна соответствовать положению движущегося тела, т.е. положению струны. Как показано [1], телу, находящемуся в покое, соответствует линия, перпендикулярно расположенная к границе среды, а движению тела - наклон этой линии. Поэтому нам надо повернуть движущуюся систему отсчета, если мы хотим, чтобы она была связана с движущимся телом. Угол поворота должен быть таким же, как угол отклонения линии от нормального положения. Тогда если наблюдателю придать импульс в направлении движения, то ему будет казаться, что тела, движущиеся вместе с ним с той же скоростью, находятся как бы в покое.

Мы можем описать такой поворот в 4D пространстве с помощью матрицы

$$M=\begin{bmatrix} \cos\alpha & . & . & -\sin\alpha \\ . & 1 & . & , \\ . & . & 1 & . \\ \sin\alpha & . & . & \cos\alpha \end{bmatrix} \qquad (7)$$

Здесь предполагается, что r - 4-х мерный радиус-вектор. Следует заметить, что в 4-х мерном пространстве вращение происходит не вокруг какой-то одной оси, а вокруг двух осей, или вокруг двумерной плоскости, натянутой на эти оси. Используя эту матрицу в ур.(6) легко получить

$$\begin{aligned} x&=x'\cos\alpha-z'\sin\alpha \\ z&=x'\sin\alpha+z'\cos\alpha \end{aligned} \qquad (8)$$

где z означает четвертую координату точки в 4D среде. Выберем границу так, чтобы она описывалась с помощью выражения

$$z=0 \qquad (9)$$

Тогда если исключить z' из (8), мы получим из первого уравнения в точности ур.(4). После этого, если принять во внимание, что в соответствии с [1]

$$V=c\sin\alpha \qquad (10)$$

ур.(4) можно представить как

$$x'=\frac{x-Vt}{\sqrt{1-(\frac{V}{c})^2}} \qquad (11)$$

Это ничто иное, как преобразование Лоренца для пространственной координаты.
Подставив (10) в первое уравнение (8) мы получим

$$x=x'\cos\alpha-(z'-ct)\sin\alpha \qquad (12)$$

Оно выглядит как первая часть ортогонального преобразования. Можно формально построить вторую часть

$$z-ct'=x'\sin\alpha+(z'-ct)\cos\alpha \qquad (13)$$

Если подставить сюда z из второго уравнения (8), то нетрудно получить следующее выражение

$$t'=t\cos\alpha \qquad (14)$$

С другой стороны, если положить

$$z=z'=0 \qquad (15)$$

и использовать определение скорости с помощью ур.(10), то получится преобразование Лоренца для времени:

$$t=\frac{t+xV/c^2}{\sqrt{1-(V/c)^2}} \tag{16}$$

Чтобы получить взаимное преобразование нужно подставить это выражение в ур.(11) и сделать некоторые упрощения:

$$t'=\frac{t-xV/c^2}{\sqrt{1-(V/c)^2}} \tag{17}$$

Обсуждение

Чтобы лучше представить себе смысл выражений, полученных выше, рассмотрим рис.1, на котором представлена ситуация с двумя системами отсчета так, как и в работе [1]. Здесь ось y представляет любое направление в плоскости, образованной второй и третьей осями. Вместе с осью x эта плоскость образует трехмерное пространство, или "мир", соответствующий ур.(9). Оно представлено на рис.1 в виде горизонтальной плоскости. Две другие плоскости, которые пересекают ее, представляют положение движущейся системы отсчета в начальный момент времени и в момент t. Они имеют наклон по отношению к "миру" такой, что их четвертая ось z' шла вдоль движущегося тела, положение которого в данном случае совпадает с положением подвижного наблюдателя. Последний обозначен точечной линией.

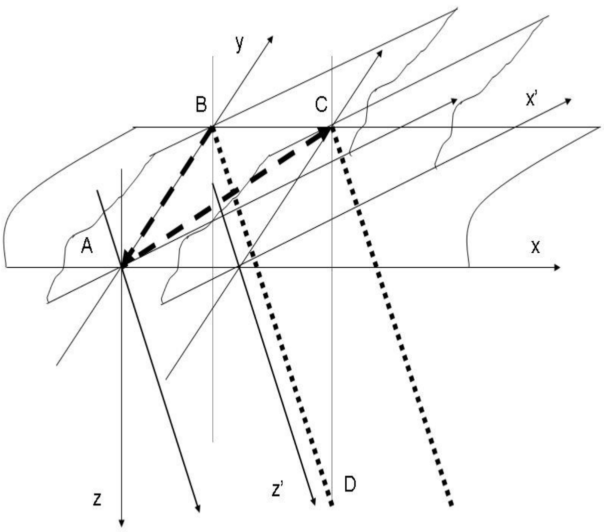

Рис.1

Представим себе, что из начала покоящейся системы отсчета, отмеченного буквой A, также как из начала движущейся системы, отмеченного буквой B, одновременно испускаются пучки света, показанные пунктирными линиями. Так как свет может по предположению распространяться только внутри "мира" с постоянной скоростью c, то легко получить ур.(14). Расстояние ct' представляет собой путь, проходимый светом от точки A до точки C, куда сместится начало движущейся системы. Поэтому время t' есть время, нужное свету, чтобы пройти это расстояние в обеих системах. Но в отличии от покоящегося наблюдателя, находящегося в точке A, наблюдатель, движущийся из точки B в точку C, не может заметить, что свет проходит за пределами его координатной системы. Действительно, отрезок AC не содержится в системе отсчета, а лишь пересекает ее. Движущемуся наблюдателю может показаться, что свет распространяется от удаляющегося от него (по отношению к его местоположению в обратном направлении) наблюдателю в точке A, и он может заключить, что его время (т.е. время, нужное световому сигналу для того, чтобы пройти расстояние от него до другого наблюдателя) замедлилось. Но это не так, если посмотреть на всю картину в четырех измерениях. Мы понимаем, что свет идет в движущейся системе только вдоль взаимного пересечения двух координатный систем, т.е. вдоль двумерной плоскости, нормально расположенной к вектору скорости. Движущийся наблюдатель не способен воспринимать путь света BA целиком, потому что он уходит из этой плоскости во время движения.

Поэтому мы можем говорить о задержке времени только условно, также как и о сокращении длин. Отрезок BC также не содержится в движущейся системе, а лишь пересекает его. Из движущейся системы наблюдатель воспринимает проекции действительных расстояний, принадлежащих "миру". Формулы преобразования Лоренца справедливы при выполнении условия (15), которое соответствует плоскости взаимного пересечения и не могут распространяться на всю систему отсчета. При этом существенно, что первая формула (11) получена из преобразования Галилея (8) для двух координатных систем, повернутых по отношению друг к другу. Вторая формула (17) также возникает из преобразования Галилея, но при дополнительном требовании (15), ограничивающее область общего для обеих систем отсчета пространства.

Намек на другую интерпретацию содержится в ур.(12,13). Выражение z - ct выгладит как аргумент некой волновой функции f. Для нее будет справедливым написать волновое уравнение

$$\ddot{f} - c^2 \partial_z^2 f = 0$$

Тогда мы можем представить себе две волны, движущиеся со скоростью света вдоль осей z и z'. Первая из них соответствует телу в точке A, или неподвижному наблюдателю, вторая - движущемуся телу. Значение z'- ct, деленное на длину волны, соответствует постоянной фазе с точки зрения неподвижного наблюдателя. Соотношения (12,13) поэтому имеют отношение к изменению фазы волны во время движения.

Это может помочь нам описать процесс эмиссии света следующим образом. Волна, существующая в некотором атоме (в четвертом измерении), достигает поверхности, границы среды или "мира", и производит на ней возмущение. Так как фаза "внутренней" волны в момент, когда волна выходит на поверхность ("гиперповерхность"), произвольна, то "внешняя" волна испускается в произвольном направлении. Эта внешняя волна, (видимый свет, если, конечно, длина волны соответствующая!), имеет те же параметры, что и внутренняя. Т.е. она движется по границе с той же скоростью и имеет ту же длину волны. Если она наталкивается на другой атом со схожими параметрами, она поглощается этим атомом, его электронами. Такое рассмотрение оправдывает высказывание, сделанное в работе [1] о том, что фотон - это часть электрона.

При рассмотрении систем отсчета в теории относительности всегда предполагалось их параллельное расположение. Поэтому происходит изменение длин и времен при попытке согласовать возникающий наклон движущейся системы отсчета по отношению к неподвижной. Говоря другими словами, движущийся наблюдатель живет в "воображаемом мире", который имеет лишь плоскость, перпендикулярную вектору скорости, в качестве общей части пространства с наблюдателем, находящемся в покое. Его мир произведен скользящим поворотом и его оценки расстояний и времен в нем неправильны. Это не значит, что теория относительности не верна. Она "работает", но не дает реальной картины для 4D-модели эфира. Чтобы давать правдоподобные результаты в ней вводится искусственное 4D пространство-время. В данной работе показано, как можно иначе их интерпретировать в реальном геометрическом пространстве.

Дополнение.

О некоторых понятиях СТО.

При сравнении полученных результатов с теми, что дает нам теория относительности, вначале попытаемся выяснить, чему соответствует такое понятие, как событие, в предложенной модели.

Под событием можно понимать набор параметров (r,t), необходимых для локализации какого-то объекта в пространстве и во времени. Здесь r - координаты этого объекта в каком-то базисе обычного 3-х мерного пространства, которому в модели соответствует гиперповерхность 4-х мерного ограниченного многообразия в 4-х мерном евклидовом пространстве. Здесь предполагается, что это многообразие заполняет все полупространство z > 0 так, что и его гиперповерхность также эвклидова. С определением координат на ней проблем нет.

Но как быть со временем? Можем ли мы его измерять, если на этой гиперповерхности ничего не происходит? Конечно, нет. Должно быть что-то движущееся. Если это так, то пусть это будет какое-нибудь тело в том виде, котором предложено выше. Иными словами, пусть вдоль гиперповерхности ("в мире") движется струна (или нить, вихрь,линия), касаясь ее только в одной точке, положение которой r можно определять. Тогда расстояние, которое проходит такое тело, можно откалибровать и использовать в качестве единиц времени. При этом удобно использовать часы - устройство, в котором движение какой-то его детали происходит циклически.

При этом необходимо учесть наклон движущегося тела к гиперповерхности. Поскольку мы не можем "заглянуть" в 4-е измерение, можно, конечно, только предположить такой наклон. Но, если вдоль струны, как это показано выше, бежит световая волна, то равны треугольники ABC и BCD и, следовательно, наклон струны равен углу $\alpha = \arcsin(V/c)$.

Такая струна может служить как мерило времени. Поэтому, если мы захотим ввести в систему координат временную ось, то ее следует направить не под прямым углом к гиперповерхности, а именно под углом α в сторону "видимого" движения струны. Проще говоря, эта ось (нормированная умножением на скорость света c, чтобы иметь размерность длины) должна быть выбрана вдоль самой струны. Она не совпадает с осью декартовой системы z. Тогда время, измеренное по пройденному телом расстоянию вдоль оси x, с помощью простых действий можно отмерять вдоль этой оси. Это время t, которое имманентно присутствует с неподвижной системе отсчета при наличии, конечно, в ней пробного тела.

Соответственно этому, если мы выбираем декартову систему отсчета, связанную с этой струной, то неизбежно возникает то вращение, которое описано выше. При этом временная ось этой системы ct' становится направленной нормально к гиперповерхности, т.е идущей вдоль четвертой оси z. Она также как и в неподвижной системе направлена под углом α к своей оси x', но уже в обратную сторону, соответствующей видимому направлению движения. Именно такая ориентация предполагается для неподвижной струны, по положению которой подвижный наблюлатель сможет измерять свое время t'.

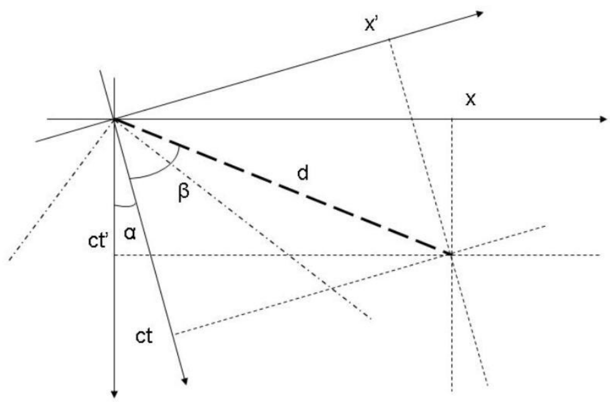

Рис.2

Таким образом, можно обосновать появление в ур.(12,13) выражений типа z - ct' и z'- ct. Мгновенное положение обеих систем отсчета показано на рис.2. Символом d обозначено сохраняющееся расстояние при переходе от одной системы к другой. Оно равняется

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

Именно оно соответствует событию СТО. Из его инвариантности следует инвариантность интервала СТО

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

Из сравнения этих величин видно, что действительному интервалу s ("времениподобному") соответствует d, находящиеся ближе к оси ct, чем к оси x, а мнимому интервалу ("пространственноподобному") - наоборот. "Световой конус" - это нулевое значение интервала. Его сечение с плоскостью xz показано на рис.2 точечными линиями. Это биссектрисы углов между осями x и ct. Угол раствора конуса - прямой. Для d, лежащих на световом конусе x = ct, т.е. луч света достигает положения выбранной точки x на гиперплоскости за время t.

В результате мы имеем простую геометрическую картину, в которой все величины действительны. "Мнимыми" являются измерения, проведенные в движущейся системе, поскольку эта система "выпадает" из того многообразия, которое мы называем средой или эфиром. Расстояние x' - это расстояние, которое кажется подвижному наблюдателю, а время t' - время, которое он бы мог измерить, если бы его система соответствовала положению среды.

Поэтому как это следует из вышесказанного, введение временной оси, не является необходимым для описания системы отсчета. Во-первых, ее положение из-за наклона не соответствует декартовой системе координат. Во-вторых, время здесь рассматривается как независимый параметр для описания световых волн, распространяющихся вдоль гиперповерхности среды, и годится лишь для частичного описания движения физических тел, которым здесь ставится в соответствие струна, двумерный объект. "Видимое" движение тела в разных системах отсчета в соответствии с преобразованиями Лоренца различно.

При этом, конечно, надо сделать существенную оговорку. Поскольку сам неподвижный наблюдатель на самом деле не может знать (разве что не используя, может быть, какие-то специальные средства вроде интерферометра Майкельсона-Морли) движется он или нет относительно среды, его система отсчета также может не соответствовать "абсолютной" системе, связанной со средой. Поэтому и его оценки расстояний и времен могут оказаться "мнимыми", не соответствующими "истинным" расстояниям и временам, измеренным относительно среды. При таких измерениях возникает ошибка, подобная той которая существует при сбивке нуля в измерительных приборах. При малых скоростях V относительно среды она пропорциональна второй степени отношения V/c. Например, для скорости Земли вокруг Солнца 40 км/сек, она составит 10^{-8}. Именно такой точностью должен обладать прибор, чтобы зафиксировать это движение.

Постулаты СТО о инвариантности скорости света и законов механики во всех инерциальных системах отсчета, как мы видим, для модели 4D-эфира сводятся к постоянству скорости света только в системе отсчета, связанной со средой, с "эфиром". Можно предположить, что это постоянство является следствием свойств самой среды.

Дополнение 2.
Сложение скоростей.

Поскольку в предыдущем Дополнении мы установили чем являются событие и интервал СТО в модели 4D-эфира, нетрудно определить как изменяется скорость тела в неподвижной системе отсчета при переходе к подвижной системе.

Для этого можно было бы, как это делается в СТО, разделить ур.(11) на ур.(14) и получить известную формулу сложения скоростей

$$v=\frac{v'+V}{1+\frac{v'V}{c^2}} \tag{18}$$

Здесь V - как и выше, скорость подвижной системы координат, v'- скорость тела в системе отсчета K', определяемая как x'/t'.

Однако такое определение не соответствует модели. Действительно, значения x' и t' не могут быть произвольными и лежать в области за световым конусом. Переопределение v' как dx'/dt' не меняет сути. Мы должны дать определение не абстрактной скорости, а скорости какого-нибудь тела аналогичное тому, что приведено для определения скорости самой системы отсчета, заданное ур.(10). Это проще всего сделать, если рассмотреть движение такого пробного тела, положение которого в начальный момент времени совпадает с общим (при переходе от одной системы отсчета к другой) вектором d. Тогда его скорость не будет лежать в запредельной области и ее можно будет легко определить в разных системах отсчета. В системе K она задается с помощью выражения

$$v=c\sin(\alpha+\beta) \tag{19}$$

где β - угол, обозначенный на рис.2. В системе K' эта скорость примет значение

$$v=c\sin\beta \tag{20}$$

После простых преобразований получится следующее выражение:

$$v=v'\sqrt{1-(\frac{V}{c})^2}+V\sqrt{1-(v\frac{'}{c})^2} \tag{21}$$

Полученное преобразование скорости существенно отличается от аналогичного преобразования в СТО, особенно при больших значениях V или v'.

Действительно, из сравнения (18) и (21) видно, что совпадение будет только при малых скоростях, когда в разложения в ряды по V/c и v'/c отбрасываются члены выше первого порядка и происходит простое сложение скоростей v = V + v'. С учетом второго порядка формула (18) дает $(V + v')(1 - V v'/c^2)$, а формула (21) - $(V + v')(1 - V v'/2c^2)$. При достижении же V скорости света результатом первой формулы будет c, а второй - c $\sqrt{(1 - (V/c)^2)}$. Таким образом, вопреки утверждению СТО общая скорость не достигнет скорости света, если скорость тела в какой-либо системе отсчета принять равной c (или принять, что сама система отсчета движется со скоростью света). Соответственно этому и случай V = v' = c по ур.(18) дает v = c, а по ур.(21) - v = 0. Но, как и было уже сказано выше, тело не может двигаться со скоростью света и поэтому случай, когда угол α становится прямыми, а β больше, чем π/2 - α следует считать недостижимым пределом.

Использовать полученное преобразование скорости для v = c можно только в одном случае - когда вместо тела движется световой квант. Тогда "кажущаяся" его скорость в системе K' будет равной c cos α. Поскольку размеры тел в направлении движения также испытывают пропорциональное лоренцево "сокращение" (что является, как показано выше, мнимым эффектом), то измерения времени, сделанные в движущейся системе с помощью измерений скорости света, дадут те же значения, что и в неподвижной системе. Этого и следовало ожидать, поскольку в модели 4D-среды время рассматривается как независимый параметр. Поэтому в отличие от замедления времени теории относительности в предлагаемой модели мы имеем "замедление" скоростей движения тел. Но как уже говорилось выше, оценки расстояний и времен в движущейся системе отсчета являются ложными. Следовательно, также и оценки скоростей в таких системах не могут соответствовать действительным скоростям.

---

[1] В.Скоробогатов. Свет в модели 4D эфира. 2006[1]