Теория относительности

УДК 530.12, 530.16, 515.14, 537.8

Николенко А. Д.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ КОНТИНУУМ И ДВИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ

E-mail: *alniko@ukr. net*

Построено описание пространственно-временного континуума, отличающееся от пространства-времени Минковского и в то же время находящееся с ним во взаимнооднозначном соответствии. Разработана модель движения времени в рамках такого описания континуума. На основе этой модели введено понятие темпоральной скорости (скорости течения времени), отличное от используемого в специальной теории относительности понятия темпа (хода) времени. Выявлена роль скорости течения времени в преобразованиях Лоренца. Показано, что ограничение пространственной скорости развития физических процессов связанно с невозможностью опережения ими скорости течения времени. Предполагается, что скорость движения света в пустом пространстве отражает скорость течения времени. Полученные результаты показывают, что ряд фундаментальных физических соотношений и констант, связанных со скоростью света в вакууме, оказываются зависимыми от скорости течения времени.

Ключевые слова: специальная теория относительности, пространственно-временной континуум, скорость движения времени, скорость света в вакууме.

Посвящается 100-летию
специальной теории относительности.

В настоящее время широко распространено мнение, что четырехмерное псевдоевклидово пространство-время Минковского как адекватная математическая модель реального мирового пространственно-временного континуума имеет объяснимую связь с воспринимаемым чувствами пространством, а для евклидова пространства никакой связи с физическим миром не наблюдается — см. например [4]. Это действительно так, если евклидово пространство строить механически путем изменения знака у временной составляющей в записи его метрики.

Однако существует иная возможность построения евклидова пространства-времени, которое отражает физический мир не менее адекватно, чем пространство-время Минковского.

Пространственно-временной континуум с евклидовой метрикой более удобен для анализа и отличается наглядностью по сравнению с псевдоевклидовой геометрией Минковского. С его помощью можно увидеть явления в пространстве-времени с иной точки зрения, что оказывается в итоге весьма плодотворным.

1. Описания событий в пространстве-времени

Согласно современным представлениям, все физические явления совершаются в рамках некоторого дифференцируемого многообразия, именуемого пространственно-временным континуумом. Далее n-мерный пространственно-временной континуум будем обозначать как K^n. От n-мерного пространства R^n он отличается тем, что по крайней мере одно из его измерений связано с движением времени. В евклидовом пространстве E^n имеет место равноправие всех его измерений. Для упрощения полагаем, что влияние гравитации отсутствует.

Остановимся на используемых в этой статье обозначениях координатных систем и переменных. Ось времени будет иметь двойную разметку: во временных единицах измерения t, и кроме того, для возможности производить преобразования координатных систем — в пространственной размерности x^0. Координатные переменные x^i дополняются нижним индексом c, если они определяют *собственные* переменные (т. е. для объектов, неподвижных относительно наблюдателя), и индексом $н$ — когда они задают *наблюдаемые* переменные (т. е. для объектов, движущихся относительно наблюдателя). В частности *собственное* время объекта определяется по часам, покоящимся относительно этого объекта, а *наблюдаемое* — время объекта, определяемое по часам, покоящимся относительно наблюдателя (лабораторное время). Символ t без индекса остается для обозначения времени в его общем понимании. Если переменные имеют одинаковый нижний индекс, то они будут именоваться *одноименными*. На пространстве-времени Минковского (далее K^4_M) координатные системы будем обозначать как $S(t_н,x_н^i)$ для лабораторной системы отсчета, и $S^*(t_c,x_c^i)$ для сопутствующих систем отсчета. В этих обозначениях для удобства вместо переменной x^0 будем указывать t с соответствующим нижним индексом. *Опорное тело* (обозначаемое далее как g или p), с которым в обязательном порядке связывается любая система координат, в начальный момент времени находится в точке начала координат O, и затем с течением времени удаляется от него, оставаясь все время на временной оси своей системы.

Пространственно-временной континуум в специальной теории относительности (СТО) рассматривается как четырехмерное аффинное пространство [1], в которое вложено мероопределение, задаваемое квадратичной формой вида:

$$ds^2 = w^2dt_н^2 — dx^{(1)}{}_н^2 — dx^{(2)}{}_н^2 — dx^{(3)}{}_н^2\,. \qquad (1)$$

Здесь s — инвариантный интервал между точечными событиями в этом пространстве-времени, а w пока рассматриваем как коэффициент, обеспечивающий перевод временных единиц измерения времени в пространственные. Метрика плоского пространства-времени с гиперболической нормальной сигнатурой (+,–,–,–), задаваемая квадратичной формой (1), определяет геометрию пространства-времени Минковского K^4_M.

Можно связать интервал ds с показаниями движущихся часов [2]. Тогда $ds = wdt_c$. Подставим это выражение в соотношение (1):

$$w^2dt_c^2= w^2dt_н^2 — dx^{(1)}{}_н^2 — dx^{(2)}{}_н^2 — dx^{(3)}{}_н^2\,.$$

Домножим обе части уравнения на -1 и произведем перегруппировку переменных, связанных с $t_н$ и t_c в этом выражении следующим образом:

$$w^2dt_н^2= w^2dt_c^2 + dx^{(1)}{}_н^2 + dx^{(2)}{}_н^2 + dx^{(3)}{}_н^2\,. \qquad (2)$$

Данная перегруппировка переменных геометрически эквивалентна образованию нового плоского 4-х мерного пространства-времени, отличающегося от пространства-времени Минковского тем, что координатные оси собственного t_c и наблюдаемого времени $t_н$ в них меняются местами, т. е. образованию нового пространства-времени (далее K^4_N). Определим интервал ρ между пространственно-временными точками во вновь образованном 4-х мерном пространстве-времени как $d\rho = wdt_н$, и соотношение (2) примет вид:

$$d\rho^2 = w^2dt_c^2 + dx^{(1)}{}_н^2 + dx^{(2)}{}_н^2 + dx^{(3)}{}_н^2. \qquad (3)$$

В итоге получена метрика нового пространства-времени с сигнатурой (+,+,+,+). Все измерения этого континуума оказываются равноправными. Следовательно, такое преобразование приводит к изменению метрики и переводит пространство-время Минковского в плоское четырехмерное евклидово пространство-время K^4_N, в *структуру которого время в пространственном выражении входит аналогично пространственным измерениям.*

На K^4_N будем задавать 4-х мерные системы координат с ортонормированными векторными базисами с ортами $\boldsymbol{\tau},\mathbf{e}_1,\mathbf{e}_2,\mathbf{e}_3$, три оси которых x^1,x^2,x^3 задают непосредственно пространственные координаты в виде трехмерной подсистемы координат S^3 с ортами $\mathbf{e}_1,\mathbf{e}_2,\mathbf{e}_3$, а так же ось времени x^0, t с общим ортом $\boldsymbol{\tau}$. Лабораторная и сопутствующие системы координат на K^4_N имеют обозначения $S(t_c,x^i_н)$ и $S^*(t_н,x^i_c)$ соответственно.

Рассмотрим, каким образом может быть реализовано описание событий, которое будет соответствовать метрике (3), и сравним его с обычным описанием событий в пространстве-времени с метрикой (1).

Полагаем, что в некоторый начальный момент времени все часы синхронизированы обычным образом, принятым в специальной теории относительности. Учитываем, что в соответствии с принципом относительности А. Эйнштейна [6], все законы природы в инерциально движущихся системах отсчета реализуются одинаково.

Рассмотрим две системы координат, одну из которых условно принимаем как неподвижную (лабораторную) с наблюдателем H, и вторую, движущуюся относительно лабораторной, с наблюдателем K.

Каждый из наблюдателей составляет описание событий, пользуясь следующим правилом 1.

<u>Правило 1</u>. *Для любой пары систем отсчета, находящихся в относительном движении, каж-*

дый наблюдатель наблюдает объекты и описывает в соответствующем протоколе $Пр^1$ ход событий с ними в хронологии и масштабе собственного времени ***своей*** *системы отсчета* (т. е. сверяясь с показаниями собственных часов). При этом описание объектов и событий в иной, движущейся системе отсчета, выполняется покоящимся наблюдателем всегда в одноименных наблюдаемых величинах, а события в своей системе отсчета описываются в одноименных собственных величинах.

Пусть описываются события в движущейся системе координат. В соответствии с правилом 1 наблюдатель *К* описывает ход событий в собственной системе в собственном времени $t_с,$ собственных пространственных координатах $x^1{}_с, x^2{}_с, x^3{}_с$ и составляет протокол $Пр_к{}^1$.

Наблюдатель *Н* производит описание тех же событий, наблюдая из своей неподвижной системы координат за событиями в движущейся системе и описывая их в хронологии наблюдаемого времени $t_н$ (соответствующего ходу его собственных часов), в наблюдаемых пространственных координатах $x^1{}_н, x^2{}_н, x^3{}_н$ и составляет протокол $Пр_н{}^1$.

Правило 1 симметрично относительно наблюдателей, и в случае необходимости описания событий, происходящих не в движущейся, а в лабораторной системе координат, наблюдатель *К* в силу эйнштейновского принципа относительности будет описывать их в наблюдаемых величинах, а наблюдатель *Н* — в собственных.

Необходимо отметить, что релятивистское описание будет отражать, с точки зрения неподвижного наблюдателя *Н*, различный масштаб собственного времени для каждого из движущихся объектов и связанных с ними систем отсчета. В то же время сам он отображает события, наблюдаемые им во всех движущихся относительно него системах отсчета, в *едином* масштабе наблюдаемого времени (т. е. по своим собственным часам).

Другими словами, он приводит время всех систем отсчета к своему, *наблюдаемому* времени.

Очевидно, что протокол наблюдателя *К* может быть преобразован в протокол наблюдателя *Н*, и наоборот. В силу своей линейности такие преобразования ставят во взаимно однозначное соответствие протоколы, т. е. можно записать $Пр_н{}^1 \leftrightarrows Пр_к{}^1$.

Важной особенностью этого вида описаний является то, что в каждой системе отсчета наблюдатели описывают события, пользуясь *одноименными* координатами и временем.

Описанная процедура составления описаний адекватно отражает ситуацию в пространстве-времени и наиболее удобна для обоих наблюдателей.

Предпишем наблюдателям составлять описание в ином порядке — по правилу 2.

<u>Правило 2</u>. *Для любой пары систем отсчета, находящихся в относительном движении, каждый наблюдатель наблюдает объекты и описывает в соответствующем протоколе $Пр^2$ ход событий с ними в хронологии и масштабе собственного времени* ***иной*** *системы отсчета* (т. е. сверяясь с показаниями часов в другой, наблюдаемой системе отсчета). При этом описание объектов и событий в иной, движущейся системе отсчета, выполняется покоящимся наблюдателем всегда в наблюдаемых пространственных координатах, а события в своей системе отсчета описываются в собственных пространственных координатах.

Как видно из приведенной формулировки правила 2, описание в каждой системе отсчета составляется в *разноименных* величинах. Это основное отличие от описания по правилу 1.

В соответствии с этим предписанием наблюдатель *Н* составляет свой протокол, наблюдая из своей неподвижной системы координат за событиями в движущейся системе и описывая их не в соответствии с ходом своих часов, как в предыдущем случае, а наблюдая показания движущихся часов (по часам наблюдателя *К*), т. е. в собственном времени $t_с$ движущейся системы отсчета. При этом он по-прежнему использует наблюдаемые пространственные координаты, как и в предыдущем случае.

Наблюдатель *К* в другой, движущейся системе координат описывает в своем протоколе события, также используя иной масштаб времени — по наблюдениям за показаниями часов наблюдателя *Н*, которые в силу принципа относительности движутся относительно него, т. е. во времени $t_н$. При этом он так же, как и по правилу 1, пользуется собственными пространственными координатами.

Таким образом, системы пространственных координат для всех наблюдателей сохраняются такими же, как и в первом случае. Меняется только выбор масштаба времени, в котором описываются события.

На первый взгляд, такое описание по правилу 2 приведет к тому, что наблюдателю *Н* придется описывать события в движущихся системах отсчета каждую в своем масштабе времени, т. е. время лабораторной системы координат начинает зависеть от конкретного тела, которое наблюдатель *Н* рассматривает. Это в итоге может привести к размножению систем отсчета, которые ему придется использовать в своем описании. Однако это не так. С учетом того, что по условию все часы изначально синхронизированы, во всех инерциально движущихся системах отсчета *собственное* время будет идти одинаково — это прямое следствие принципа относительности. Следовательно, наблюдатель *Н* в лабораторной системе координат может использовать единый масштаб времени относительно происходящих событий для их описания. С другой стороны, наблюдатели в движущихся системах отсчета будут формировать свои описания по наблюдаемым ими показаниям часов в неподвижной лабораторной системы отсчета наблюдателя *Н*, которые будут различными для каждого из них. В итоге увеличения числа используемых систем отсчета в описании по правилу 2 по сравнению с правилом 1 не произойдет.

В этом случае наблюдатель приводит время всех систем отсчета к единому *собственному* времени.

Как видно из формулировок правил 1 и 2, они составлены симметрично относительно наблюдателей в разных системах, и поэтому принцип относительности будет выполняться по отношению к каждой из них.

Очевидно, что составленные наблюдателями описания (протоколы) по правилу 2 также будут адекватно описывать события, но в иных масштабах времени по сравнению с описаниями по правилу 1, и их составление будет более трудоемким. Можно утверждать, что между протоколами наблюдателя *Н* и наблюдателя *К* для описаний по правилу 2 существует взаимно однозначное соответствие, т. е. для них также можно записать $Пр_н^{\,2} \leftrightarrows Пр_к^{\,2}$.

Учитывая, что оба вида описаний событий — по правилу 1 и по правилу 2, адекватно описывают ситуацию и отличаются только масштабами используемого времени (которые связаны между собой линейными соотношениями), можно утверждать, что имеет место *взаимно однозначное соответствие* между протоколами, составленными по правилу 1 и правилу 2, т. е. $(Пр_н^{\,1}, Пр_к^{\,1}) \leftrightarrows (Пр_н^{\,2}, Пр_к^{\,2})$.

Нетрудно видеть, что геометрическая форма описаний по правилу 1 приводит к пространству-времени Минковского, а по правилу 2 — к пространству-времени K^4_N.

Поставим теперь вопрос — какое из описаний будет правильное, а какое — нет. Очевидно, что правильными будут оба вида описаний и никаких объективных причин считать описания, составленное по правилу 2 неверными, нет. В связи с этим приведем высказывание Анри Пуанкаре [3]: «*Никакая геометрия не может быть более истинной, чем другая, та или иная геометрия может быть только более удобной*".

Что касается вопроса, какова на самом деле метрика пространства-времени в реальности, сошлемся на мнение известного физика из Кембриджского университета Стивена Хокинга [5] — «*…физическая теория есть просто математическая модель, и бессмысленно спрашивать, соответствует ли ей какая-либо реальность. Вместо этого мы можем лишь спросить, находятся ли ее предсказания в согласии с соответствующими наблюдениями «*.

Таким образом, говорить о том, что метрика нашего мира есть метрика пространства-времени Минковского, можно только с учетом выбранного порядка описания событий. Иной разумный порядок описания событий может привести к иной геометрии пространства-времени, которую также следует принимать как истинную.

Под *отображением* будем понимать правило, по которому каждой пространственно-временной точке (объекту) $Q \in K^4_N$ сопоставлена некоторая определенная точка (событие) *С* или объект на K^4_M, и обратно. Обозначим такое отображение для лабораторных систем отсчета в виде **f**: $S(t_c, x^i_н) \rightarrow S(t_н, x^i_н)$; $S(t_c, x^i_н) \in K^4_N$, $S(t_н, x^i_н) \in K^4_M$. Обратное отображение соответственно $\mathbf{f}^{-1}$: $S(t_н, x^i_н)$ □ $S(t_c, x^i_н)$; $S(t_c, x^i_н) \in K^4_N$, $S(t_н, x^i_н) \in K^4_M$. Аналогично и для сопутствующих систем $S^* \in K^4_M$, $S^* \in K^4_N$.

Правило, определяющее данное отображение, можно сформулировать следующим образом. *При отображении* **f** (*и обратном отображении* $\mathbf{f}^{-1}$) *из одного представления простран-*

ства-времени в иное каждая лабораторная система координат отображается так, что ее пространственная подсистема координат переходит сама в себя, а координатная ось времени меняется местами с осью времени сопутствующей системы координат. Аналогично отображается и сопутствующая система координат.

Отсюда следует, что для того, чтобы отобразить некоторое уравнение, заданное на K^4_N, на пространство-время Минковского K^4_M, достаточно преобразовать его таким образом, чтобы временные переменные поменялись местами при неизменных пространственных переменных. В итоге как левая, так и правая части уравнения должны содержать только одноименные переменные. Это весьма простое правило удобнее всего применять на практике. Кроме отображений вида **f**, будут рассматриваться преобразования координатных систем L, выполняемые в рамках одного и того же описания пространства-времени.

Отметим несколько существенных свойств отображения $\mathbf{f}: K^4_N \rightarrow K^4_M$.

Пусть даны пространства P, R и S одинаковой размерности, и определены отображения $\mathbf{g}: P \rightarrow R$, $\mathbf{h}: R \rightarrow S$. Отображение **p**, сопоставляющее каждой точке A пространства P точку $\mathbf{h}(\mathbf{g}(A))$ в пространстве S, представляет собой *произведение* (композицию) отображения **g** на отображение **h**, что обозначается как $\mathbf{h}\circ\mathbf{g}$. Тождественное отображение обозначим символом **k,** а отображение с верхним индексом -1 именуется обратным. Некоторое отображение **g** является взаимно-однозначным, если $\mathbf{g}^{-1}\circ\mathbf{g} = \mathbf{g}\circ\mathbf{g}^{-1} = \mathbf{k}$. Рассмотрим теперь, выполняется ли это соотношение для отображения **f**:

$$\mathbf{f}^{-1}\circ \mathbf{f} = \mathbf{f} \circ \mathbf{f}^{-1} = \mathbf{k}.$$

Нетрудно видеть, что, в соответствии со сформулированным выше правилом отображения **f,** для его реализации в описании объекта необходимо произвести перегруппировку переменных, а $\mathbf{f}^{-1}$ реализуется той же перегруппировкой, но в обратном порядке, и в итоге будет получен исходный объект. В результате имеем тождественное отображение, и, таким образом, можно подтвердить, что *отображение* **f** *является взаимно однозначным*.

Мир в представлении пространства-времени Минковского можно рассматривать как четырехмерное аффинное многообразие, и о представлении K^4_N также можно говорить как о четырехмерном аффинном многообразии (не принимая во внимание их метрические свойства). Учитывая, что K^4_N и K^4_M имеют одинаковую размерность; отображение **f** является взаимно однозначным; как объекты и отношения на K^4_N, так и объекты и отношения на K^4_M адекватно отражают одну и ту же физическую реальность, то можно говорить об изоморфности отображения **f**. Изоморфизм отображения **f** позволяет объекты и отношения на K^4_M представлять (моделировать) с помощью объектов и отношений на K^4_N.

Нужно отметить, что существенным отличием пространства-времени Минковского от K^4_N заключается в том, что световые конуса, задающие основное структурное деление пространства-времени Минковского, на K^4_N отсутствуют.

2. Движение времени и активные координатные системы

Далее за основу будем брать описание пространства-времени K^4_N, и получим основные закономерности движения материальных частиц при таком описании в рамках темпоральной теории, разработанной автором. Понятие *движения* частицы в этой теории расширяется за счет учета ее движения *во времени*. Траектория материальной частицы на K^4_M — мировая линия. При отображении на K^4_N она принимает иной вид и именуется далее *линией жизни*. Отметим, что в своей системе отсчета линии жизни всегда стационарны. Положение материальной частицы A на K^4_N задается ее радиус-вектором $\mathbf{r}_A$, который представляет собой векторную сумму радиус-вектора $\mathbf{r}_g$ опорного тела g координатной системы и пространственного вектора $\mathbf{r}_r$, который связывает опорное тело g и частицу A, т. е.

$$\mathbf{r}_A = \mathbf{r}_g + \mathbf{r}_r,\ (\mathbf{r}_g, \mathbf{r}_r) = 0.$$

Дифференцируя это соотношение, получим:

$$d\mathbf{r}_A = d\mathbf{r}_g + d\mathbf{r}_r. \tag{4}$$

Отсюда видно, что дифференциал любого 4-х мерного вектора перемещения $d\mathbf{r}_A$ материальной частицы A на K^4_N может быть представлен как сумма *темпорального* $d\mathbf{r}_g$ (т. е. параллельного оси времени) и *пространственного* $d\mathbf{r}_r$ (т. е. лежащего в 3-х мерном пространстве) векторов.

Можно показать, что вектора $d\mathbf{r}_A$, $d\mathbf{r}_g$, $d\mathbf{r}_r$ всегда образуют плоский прямоугольный треугольник — «треугольник перемещений» — (см. рис.1). Отметим, что $d\mathbf{r}_A$ направлен по касательной к линии жизни.

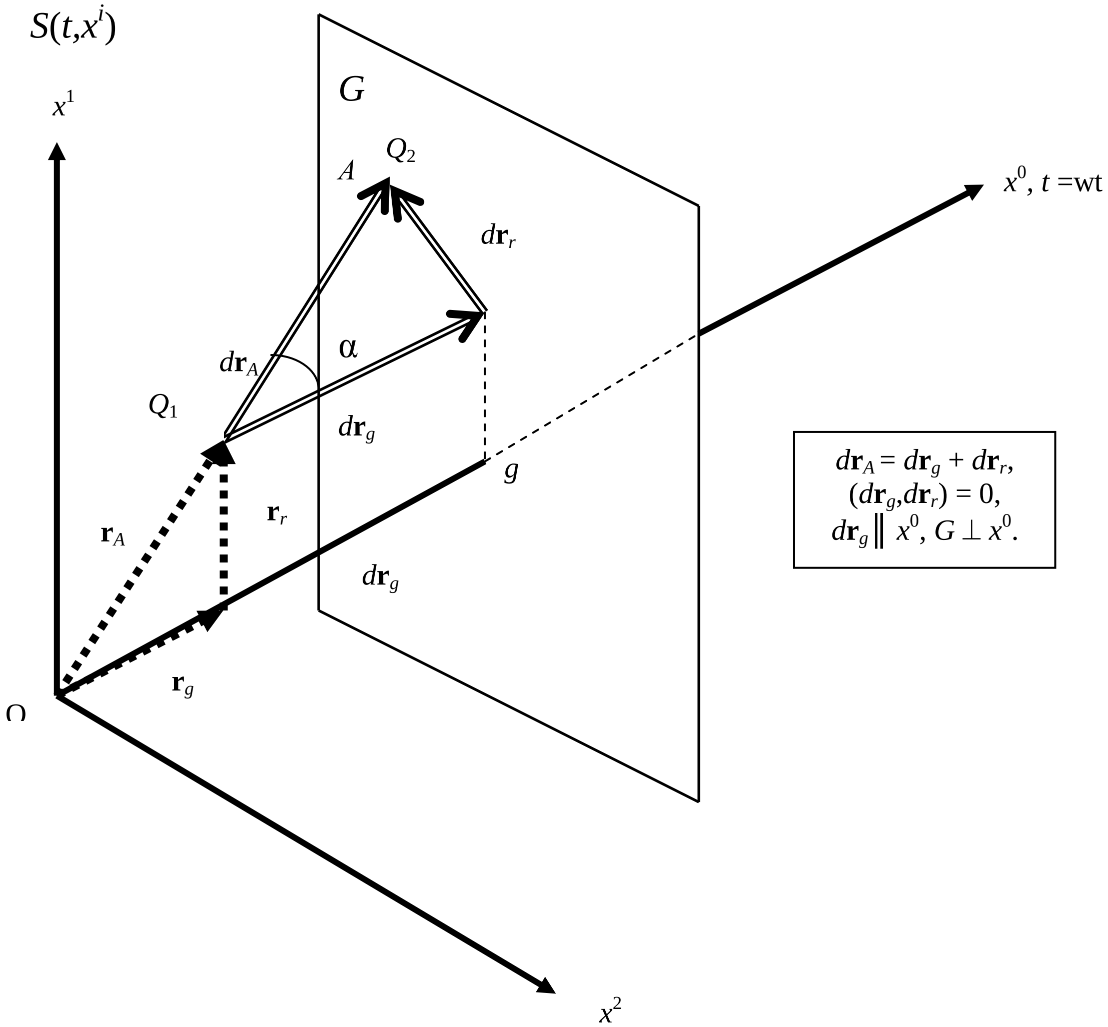

Рис. 1. Радиус-вектора $\mathbf{r}_A$, $\mathbf{r}_g$, $\mathbf{r}_r$ и векторный треугольник перемещений $d\mathbf{r}_A$, $d\mathbf{r}_g$, $d\mathbf{r}_r$ материальной частицы *A* в 4-х мерном пространстве-времени K^4_N из положения Q_1 в положение Q_2. g – опорное тело координатной системы $S(t,x^i)$, ось Ox^3 не показана.

Выделим три состояния *покоя* частицы. *Покой в пространстве* (или просто *покой*) характеризуется параллельностью соответствующего участка линии жизни частицы оси времени соответствующей системы координат. Другими словами, в состоянии покоя вектор перемещения частицы $d\mathbf{r}_A$ коллинеарен вектору перемещения опорного тела системы, в которой эта частица покоится, т. е. в общем случае $d\mathbf{r}_A = \lambda d\mathbf{r}_g$. Здесь λ — коэффициент пропорциональности. Для сопутствующей системы координат S^* материальная частица *A* совмещена с ее опорным телом, и этот коэффициент $\lambda = 1$. Тогда можно записать:

$$d\mathbf{r}_A = d\mathbf{r}_g + d\mathbf{r}_r = d\mathbf{r}_g. \qquad (5)$$

Покой во времени задается соотношением $d\mathbf{r}_A = d\mathbf{r}_g + d\mathbf{r}_r = d\mathbf{r}_r$. *Абсолютный покой* характеризуется равенством $d\mathbf{r}_A = d\mathbf{r}_g = d\mathbf{r}_r = 0$.

В дальнейшем для удобства опорное тело сопутствующей системы S^* будем обозначать как p, а опорное тело лабораторной системы S — как g.

Движение времени на K^4_N задается с помощью непрерывно эволюционирующих *активных координатных систем*. На оси времени такой координатной системы всегда существует выделенный *момент реализации событий*, непрерывно движущийся в положительном направлении оси времени, такой, что все событий с материальными телами осуществляются только в этот момент времени (см. рис. 2). С этим моментом связывается изохронная трехмерная *гипер-*

поверхность (гиперплоскость) *реализации событий* G, имеющая физический смысл обычного непосредственно ощущаемого нами плоского изотропного пространства. Она включает в себя опорное тело системы координат g и поступательно движется вместе с моментом реализации событий вдоль оси времени с определяемой ниже темпоральной скоростью W. Очевидно, что ось времени системы пересекает гиперповерхность G только в одной точке, в которой находится опорное тело системы g. Все материальные частицы, имеющие ненулевую массу покоя, и с которыми совершаются события, в момент реализации событий находятся в пределах гиперповерхности G.

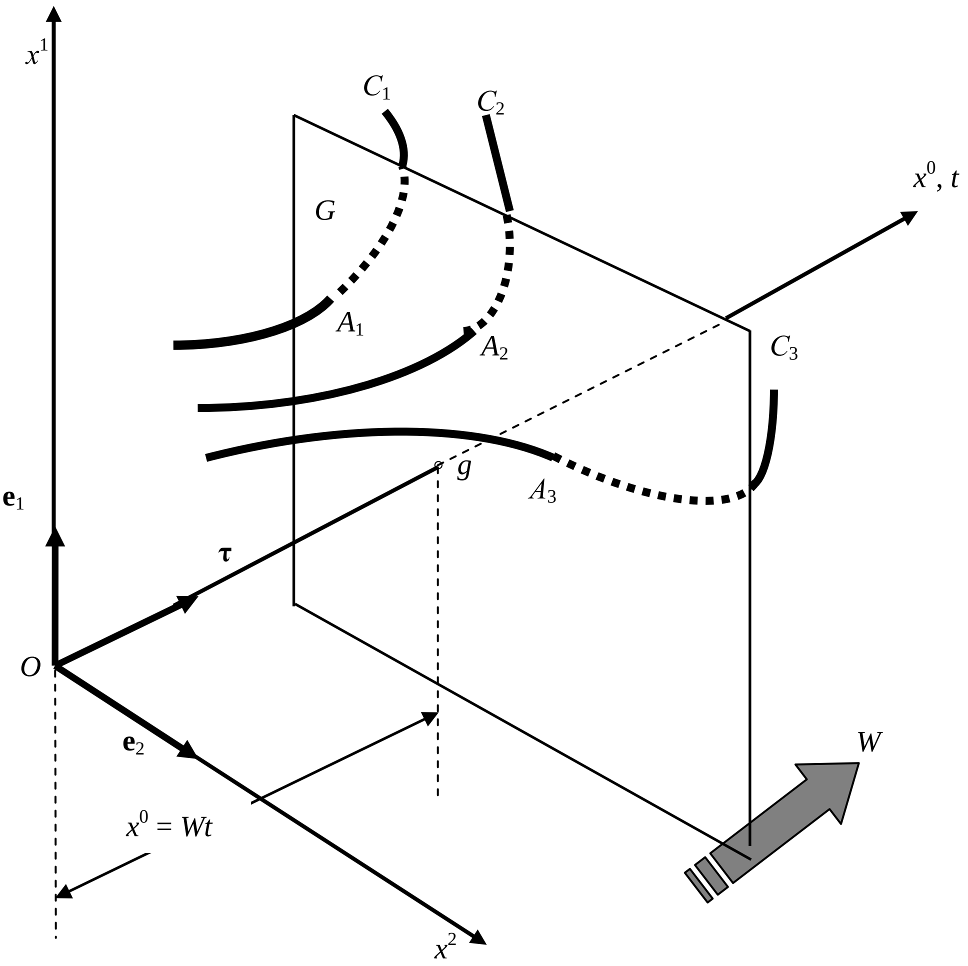

Рис.2. Движение времени в активной координатной системе S на K^4_N определяется поступательным движением изохронной гиперповерхности реализации событий G вдоль оси времени со скоростью W. Точки пересечения стационарных линий жизни C_i с движущейся гиперповерхностью G представляют материальные частицы A_i и их движения в трехмерном пространстве. Ось x^3 не показана.

Все события (в прошлом, будущем и настоящем) в пространственно-временном континууме сгруппированы в совокупность стационарных линий жизни материальных частиц. Точки пересечения перемещающейся гиперповерхности G с неподвижными линиями жизни материальных частиц будут двигаться в пространстве точно так же, как если бы мы рассматривали движение физических тел в обычном мире традиционным образом. Другими словами, развитие любого физического процесса системы физических тел определяется равномерным прохождением гиперповерхности реализации событий через совокупность стационарных линий жизни материальных частиц, составляющих эту систему.

Такую схему можно рассматривать как удобную математическую модель, описывающую процесс движения времени, хотя нельзя исключить, что она соответствует реальной структуре пространства-времени.

Поскольку в каждой активной координатной системе присутствует непрерывно движущаяся гиперповерхность G, которая является ее неотъемлемой частью, мы стоим перед необходимостью определить параметры такого движения. С этой целью вводится понятие *темпоральной* скорости W (или скорости движения времени).

Скорость движения материальной частицы вдоль i–й координатной оси x^i в общем случае определяется следующим образом: $v^i = \dfrac{dx^i}{dt}$. Скорость движения частицы вдоль оси x^0 — оси времени, также определяем по этой же формуле как $W = \dfrac{dx^0}{dt}$. Все материальные частицы с ненулевой массой покоя всегда находятся в пределах этой гиперповерхности.

Темпоральная скорость W характеризует движение гиперповерхности реализации событий G вдоль оси времени. Дифференциал вектора перемещения гиперповерхности G во времени примет вид:

$$d\mathbf{r}_g = \boldsymbol{\tau} dx^0\square = \boldsymbol{\tau}\, W\, dt.$$

В скалярном виде:

$$dx^0\square = Wdt. \qquad (6)$$

Вводимое таким образом понятие скорости движения времени W определяется в пределах *одной* системы отсчета и существенно отличается от используемого в СТО понятия «хода (темпа) времени», которое представляет собой отношение временных интервалов в *разных* системах отсчета $dt_c/dt_н$.

Как видно из выражения (6), величина интервала dx^0 может изменяться за счет изменения интервала dt при неизменной скорости W, что проявляется в релятивистском эффекте «замедления» времени, или за счет возможного изменения темпоральной скорости W. Для упрощения в данной статье ограничимся рассмотрением равномерного движения времени, что соответствует условию $W = \mathrm{const}$.

Пусть материальная частица покоится в своей системе отсчета, тогда из выражения для квадратичной формы (3) получим $d\rho = wdt$. Поскольку движение в пространстве в этом случае отсутствует, то 4-х мерный интервал $d\rho$ становится равным величине dx^0, и с учетом соотношения (6) имеем $wdt = Wdt$. *В связи с этим коэффициент w приобретает физический смысл скорости движения покоящейся частицы во времени.*

3. Опрокидывание координатных систем при пространственных движениях материальных частиц

Рассмотрим ключевое положение темпоральной теории — *эффект опрокидывания* координатной системы и его основные следствия. Положим, что в некоторый начальный момент времени при $t_0 = t_{н0} = t_{c0} = 0$ выполняется условие $x^1{}_c = x^2{}_c = x^3{}_c = x^1{}_н = x^2{}_н = x^3{}_н = 0$. Эту совмещенную точку начала координат обозначим как O. Пусть материальная частица, в исходном состоянии покоившаяся в лабораторной системе координат, испытала перемещение в пространстве на $d\mathbf{r}_r$ за некоторый промежуток времени $dt_н$. Тогда ориентация связанной с ней сопутствующей системы координат определяется в соответствии со следующей теоремой.

Теорема 1. *В континууме $K^4{}_N$ пространственное перемещение $d\mathbf{r}_r$ частицы за период времени $dt_н$ приводит к повороту сопутствующей системы координат относительно лабораторной на угол $\alpha = \arcsin \dfrac{|d\mathbf{r}_r|}{Wdt_н}$ в плоскости, образуемой ортом времени $\boldsymbol{\tau}_c$ и вектором пространственной скорости* $\mathbf{v}$.

Угол α здесь определяет поворот оси времени сопутствующей системы координат относительно оси времени лабораторной системы координат и далее именуется *углом опрокидывания*. Если $\alpha = \pi/2$, будем говорить о *полном опрокидывании* координатной системы.

Доказательство этой теоремы базируется на том положении, что если некоторая материальная частица A находится в состоянии покоя в координатной системе S^*, то в любой иной системе отсчета эта частица также должна наблюдаться как покоящаяся в системе S^*. Действительно, в состоянии покоя вектора перемещения частицы A — $d\mathbf{r}_A$ и опорного тела системы S^* — $d\mathbf{r}_p$ коллинеарны и не зависят от выбора системы отсчета.

Согласно определению, опорное тело системы координат $S^*(t_н,x^i_c)$ всегда движется по ее оси времени и находится в составе гиперповерхности реализации событий этой системы, т. е. справедливо соотношение $d\mathbf{r}_p = \boldsymbol{\tau}_н W\, dt_н$. Пусть частица A совмещена с опорным телом p этой системы координат. Учитывая, что частица A находится в состоянии покоя в сопутствующей системе отсчета $S^*(t_н,x^i_c)$, можно записать:

$$d\mathbf{r}_A = d\mathbf{r}_p = \boldsymbol{\tau}_н W\, dt_н. \qquad (7)$$

Таким образом, ось времени сопутствующей системы координат оказывается ориентированной также, как вектор $d\mathbf{r}_A$, касательный к линии жизни частицы A.

Опишем теперь ситуацию с точки зрения лабораторной системы отсчета $S(t_c,x^i_н)$ с опорным телом g. Пусть опорное тело g переместилось по оси времени своей системы на вектор перемещения $\Delta\mathbf{r}_g$. Поскольку g всегда принадлежит гиперповерхности G, это движение соответствует сдвигу (параллельному переносу) гиперповерхности G вдоль оси времени на величину вектора $\Delta\mathbf{r}_g$. С другой стороны, материальная частица A, которая также принадлежит этой гиперповерхности, при этом переместилась вдоль своей линии жизни на некоторый вектор перемещения $\Delta\mathbf{r}_A$. При этом в рамках гиперповерхности реализации событий частица A сдвинулась на некоторый вектор пространственного перемещения $\Delta\mathbf{r}_r$. В итоге эти три вектора образуют треугольник перемещения $\Delta\mathbf{r}_A = \Delta\mathbf{r}_g + \Delta\mathbf{r}_r$. Векторный треугольник перемещений имеет два важных свойства.

1. *Векторный треугольник перемещений всегда является прямоугольным независимо от ориентации в пространстве его пространственного вектора* $\Delta\mathbf{r}_r$. Вектор $\Delta\mathbf{r}_g$ может быть представлен в виде $\Delta\mathbf{r}_g = \Delta x^0_c\boldsymbol{\tau}_c + 0\cdot\mathbf{e}_1 + 0\cdot\mathbf{e}_2 + 0\cdot\mathbf{e}_3$, а вектор $\Delta\mathbf{r}_r = 0\cdot\boldsymbol{\tau}_c + \Delta x^1_н\mathbf{e}_1 + \Delta x^2_н\mathbf{e}_2 + \Delta x^3_н\mathbf{e}_3$, где $\Delta x^0_c, \Delta x^1_н, \Delta x^2_н, \Delta x^3_н$ — компоненты соответствующих векторов. Очевидно, что скалярное произведение этих векторов всегда равно нулю, т. е. $(\Delta\mathbf{r}_g, \Delta\mathbf{r}_r) = 0$, что и доказывает исходное утверждение.

2. *Значение угла* α *между векторами* $\Delta\mathbf{r}_A$ *и* $\Delta\mathbf{r}_g$ *треугольника перемещений не зависит от ориентации в пространстве* G *пространственного вектора* $\Delta\mathbf{r}_r$.

Величину угла α можно определить следующим образом:

$$\cos\alpha = \frac{\Delta x^0_c}{\sqrt{(\Delta x^0_c)^2 + (\Delta x^1_н)^2 + (\Delta x^2_н)^2 + (\Delta x^3_н)^2}}.$$

Как и значение Δx^0_c, величина $(\Delta x^1_н)^2 + (\Delta x^2_н)^2 + (\Delta x^3_н)^2 = |\Delta\mathbf{r}_r|^2$ не зависит от направления в пространстве G вектора $\Delta\mathbf{r}_r$. Следовательно, и значение угла α не зависит от ориентации этого вектора в пространстве.

Переходя к бесконечно малым перемещениям, получим прямоугольный треугольник перемещений в дифференциальной форме вида (4). Отсюда:

$$\alpha = \arcsin\frac{|d\mathbf{r}_r|}{|d\mathbf{r}_A|}.$$

Принимая во внимание соотношение (7), получаем значение угла между осями времени сопутствующей и лабораторной системы координат, возникшего в результате перемещения $d\mathbf{r}_r$:

$$\alpha = \arcsin\frac{|d\mathbf{r}_r|}{W dt_н}.$$

Поскольку при $d\mathbf{r}_r \neq 0$ угол $\alpha \neq 0$, то сопутствующая система координат, связанная с движущейся в пространстве частицей A, неизбежно испытает поворот на этот угол по отношению к лабораторной системе (см. рис.3). Очевидно, что плоскостью поворота (вращения) сопутствующей системы координат относительно лабораторной будет плоскость треугольника перемещений.

Представим вектор $d\mathbf{r}_r$ в следующем виде:

$$d\mathbf{r}_r = \frac{d\mathbf{r}_r}{dt_н}\, dt_н = \mathbf{v}dt_н, \tag{8}$$

где вектор $\mathbf{v}$ — пространственная скорость частицы, выраженная в виде $\mathbf{v} = d\mathbf{r}_r/dt_н$.

Вектор пространственной скорости $\mathbf{v}$ направлен так же, как и вектор $d\mathbf{r}_r$, и можно полагать, что плоскость поворота определяется вектором $\mathbf{v}$ и ортом времени $\boldsymbol{\tau}_c$. Заметим, что орты времени как лабораторной $\boldsymbol{\tau}_c$, так и сопутствующей системы координат $\boldsymbol{\tau}_н$, и вектор $\mathbf{v}$ компланарны и лежат в плоскости поворота координатных систем. Таким образом, теорема доказана.

Следствие 1.1. *При инерциальном движении на K^4_N сопутствующая система координат повернута относительно лабораторной системы координат на постоянный угол опрокидывания* α *в плоскости, образуемой ортом времени* $\boldsymbol{\tau}_c$ *и вектором пространственной скорости* $\mathbf{v}$*, и эти координатные системы неподвижны друг относительно друга.*

Пусть исследуемая частица A совершает инерциальное движение в пространстве относительно опорного тела g лабораторной системы. Для удобства сориентируем пространственные оси координат лабораторной системы $S(t_c,x^i_н)$ таким образом, чтобы движение частицы осуществлялось вдоль одной из пространственных координатных осей, например $x^1_н$. Удобно также сориентировать пространственную ось сопутствующей системы координат x^1_c, чтобы она лежала в плоскости вращения $x^0_cOx^1_н$. Учитывая изотропность пространства, этого можно добиться должным поворотом соответствующих пространственных координатных осей. Запишем выражение для угла опрокидывания α с учетом соотношения (8):

$$\alpha = \arcsin\frac{|d\mathbf{r}_r|}{Wdt_н} = \arcsin\frac{|\mathbf{v}dt_н|}{Wdt_н} = \arcsin\frac{|\mathbf{v}|}{W}.$$

Таким образом, из условия $W = \mathrm{const}$ и $|\mathbf{v}| = v = \mathrm{const}$ следует $\alpha = \mathrm{const}$. Отсюда видно, что линия жизни частицы A представляет собой прямую линию, при заданных начальных условиях проходящую через точку начала лабораторной системы координат и повернутую относительно ее оси времени на постоянный угол α. Касательная к прямой всегда совпадает с самой этой прямой, что и определяет ориентацию оси времени сопутствующей системы координат. Поскольку направление оси времени сопутствующей системы координат таким образом установлено, необходимо определить, движется ли временная ось сопутствующей системы координат вдоль линии жизни в ходе инерциального движения материальной частицы.

Из анализа прямоугольного треугольника перемещений вида (4) следует соотношение:

$$dx^0_c = \cos\alpha\, dx^0_н. \tag{9}$$

Пусть гиперповерхность реализации событий G удалилась от точки начала координат лабораторной системы до значения x^0_c. Тогда соответствующее значение временной координаты $x^0_н$ *сопутствующей* системы можно получить на основании соотношения (9). Отсюда интервал оси времени *сопутствующей* системы координат от точки начала ее координат до текущего значения $x^0_н$ будет равен:

$$x^0_н = \frac{x^0_c}{\cos\alpha}. \tag{10}$$

С другой стороны, треугольник, образованный интервалом оси времени x^0_c от точки начала координат *лабораторной* системы, соответствующим интервалом ρ линии жизни частицы A и пространственным отрезком, пройденный этой частицей в пространстве в гиперповерхности G, представляет собой прямоугольный треугольник, угол между гипотенузой и катетом x^0_c которого является углом опрокидывания α. Следовательно, четырехмерный интервал ρ линии жизни от точки начала координат лабораторной системы до текущего положения частицы A выражается соотношением:

$$\rho = \frac{x^0_c}{\cos\alpha}. \tag{11}$$

Правые части уравнений (10) и (11) совпадают. Таким образом $\rho = x^0_н$. Это говорит о том, что движение оси времени сопутствующей системы вдоль линии жизни частицы отсутствует, и точки начала координат обоих систем остаются совмещенными в ходе инерциального движения, что и доказывает следствие 1.1.

Следствие 1.2. *Все 4-х мерные координатные системы инерциально движущихся частиц в пространственно-временном континууме K^4_N неподвижны друг относительно друга.*

Доказательство этого вытекает непосредственно из следствия 1.1, если последовательно применять его к каждой паре инерциальных систем координат.

Эффект опрокидывания координатных систем представляет собой фундаментальное свойство движения в 4-х мерном пространстве-времени. Наличие этого эффекта отличает движение в 4-х мерном пространстве-времени от движения в 3-х мерном пространстве, где инерциальное движение материального тела с поворотом координатных систем и их неподвижностью не связано. Заметим, что эффект *поворота* координатных систем в рамках СТО при *поступательном* движении частицы в пространстве, по сути, не имеет строго доказательства.

Учтем, что ось времени (x^0,t) активной координатной системы имеет двойную разметку. Пусть гиперповерхность реализации событий G продвинулась вдоль оси времени лабораторной системы на малый интервал, соответствующий величине dt_c. В начальном и конечном положении на этом интервале гиперповерхность G отсечет на линии жизни движущейся частицы A интервал, соответствующий участку $dt_н$ на оси времени сопутствующей системы координат. Здесь мы учитываем, что в этой ситуации на бесконечно малом участке линия жизни будет совмещена с бесконечно малым участком оси времени сопутствующей системы координат. Гиперповерхность G представляет собой гиперплоскость *одномоментных* событий, и в силу этого с ее помощью устанавливается связь между любыми интервалами на оси времени лабораторной и сопутствующей систем координат независимо от того, в каких единицах измерения и каким образом отсчитываются временные интервалы. В силу ортогональности G оси времени своей координатной системы интервалы dt_c и $dt_н$ будут связаны соотношением $dt_c = \cos\alpha\, dt_н$. Принимая во внимание это соотношение и учитывая выражение (9), получим:

$$W_c = \frac{dx^0_c}{dt_c} = \frac{\cos\alpha\, dx^0_н}{\cos\alpha\, dt_н} = W_н = W = \text{inv}.$$

Отсюда видно, что темпоральная скорость W является инвариантной величиной как относительно изменения систем координат, так и относительно отображения **f**.

4. Преобразования систем координат на K^4_N.

Эффект опрокидывания при относительном движении тел на евклидовом пространстве-времени K^4_N может быть описан как обычное геометрическое преобразование поворота координатных осей сопутствующей системы $S^*(t_н,x^i_c)$ относительно лабораторной $S(t_c,x^i_н)$ на величину угла опрокидывания α, (см. рис.3). Запишем это преобразование для инерциального движения в виде известных формул поворота координатных систем:

$$x_c = -x^0_c \sin\alpha + x_н\cos\alpha,\quad x^0_н = x^0_c\cos\alpha + x_н\sin\alpha.$$

Полагаем для упрощения $x^1 = x$, $v^1 = v$. Учитывая, что при равномерном движении $x^0_н = Wt_н$, $x^0_c = Wt_c$, и деля на W, получим формулы преобразования в виде:

$$x_c = -Wt_c\sin\alpha + x_н\cos\alpha,\quad t_н = t_c\cos\alpha + x_н\frac{\sin\alpha}{W}. \tag{12}$$

Обратное преобразование строится аналогично. Получим теперь эти преобразования *в темпоральной форме* (т. е. исключим из них угол опрокидывания). Из геометрических соображений и с учетом соотношения $x_н = vt_н$ имеем:

$$\sin\alpha = \frac{vt_н}{Wt_н} = \frac{v}{W},\quad \cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{v^2}{W^2}}.$$

С учетом этих соотношений формулы (12) примут вид:

$$x_c = -t_c v + x_н\sqrt{1-\frac{v^2}{W^2}},\quad t_н = t_c\sqrt{1-\frac{v^2}{W^2}} + x_н\frac{v}{W^2}.$$

Обратное преобразование можно получить аналогично.

Чтобы видеть, как полученные преобразования будут выглядеть на K^4_M, отобразим полученные соотношения в пространство-время Минковского. Выполнив для этого соответствующую перегруппировку переменных (т. е. отображение **f**), имеем:

$$x_c = \frac{x_н - Wt_н \sin\alpha}{\cos\alpha},\ t_c = \frac{t_н - x_н \dfrac{\sin\alpha}{W}}{\cos\alpha}. \qquad (13)$$

В *темпоральной форме* полученные формулы преобразования примут вид:

$$x_c = \frac{x_н - t_н v}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{W^2}}},\ t_c = \frac{t_н - x_н \dfrac{v}{W^2}}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{W^2}}} \qquad (14)$$

Особо отметим, что при выводе данных соотношений введения понятия скорости света не потребовалось.

5. Зависимость предельно возможных скоростей движения в пространстве от скорости движения времени.

Полученные соотношения позволяют доказать следующее.

Теорема 2. *Никакие пространственные движения и взаимодействия в системе физических тел не могут осуществляться быстрее течения времени в этой системе*, т. е. $|\mathbf{v}| \le W$. Под взаимодействием физических тел здесь понимается движение материальных частиц с нулевой массой покоя. Раскрывая в выражении (4) значения дифференциалов векторов перемещений с учетом соотношений (7), (8) и учитывая результаты теоремы 1, получим:

$$Wdt_н\boldsymbol{\tau}_н = W\cos\alpha\, dt_н\boldsymbol{\tau}_c + \mathbf{v}dt_н. \qquad (15)$$

Отсюда после перехода к скалярной форме этого уравнения и соответствующих преобразований следует:

$$v = W\sin\alpha. \qquad (16)$$

Можно показать, что полученное выражение не изменяется при отображении из K^4_N в пространство-время Минковского, т. е. будет ковариантным относительно отображения **f**. Величина sin α, как тригонометрической функции, не может превышать единицы независимо от значений угла α. Таким образом, наибольшее достижимое значение пространственной скорости v по абсолютной величине будет равно max $|\mathbf{v}| = W$, что и доказывает теорему 2. Другими словами, невозможно обогнать течение времени во Вселенной. Теорема 2 имеет два важных следствия.

Следствие 2.1. *Наблюдаемая скорость движения материальной частицы с ненулевой массой покоя в пространстве может сколь угодно приближаться к темпоральной скорости (скорости движения времени), но никогда не достигает ее, т. е.*

$$\lim_{\alpha\to\pi/2,\, m_0\ne 0} v(\alpha) = W, \quad v \ne W.$$

Здесь выражение $v(\alpha)$ подчеркивает связь пространственной скорости v с углом опрокидывания α. Для доказательства данного следствия необходимо получить выражение, связывающее массу покоя частицы m_0 с углом опрокидывания α. Можно показать, что эта зависимость имеет вид: $\cos\alpha = \dfrac{m_0}{M}$, где $M = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{W^2}}}$ — *наблюдаемая* масса частицы. Очевидно, что $m_0 \le M$. При $m_0 \ne 0$ отношение m_0/M никогда не достигнет значения, равного нулю. В итоге угол опрокидывания α может сколь угодно приближаться, но никогда не достигнет и не превысит значения π/2. Вытекающее отсюда ограничение скорости, в силу ковариантности соотношения (16), будет выполняться и на пространстве-времени Минковского K^4_M, что доказывает следствие 2.1.

Следствие 2.2. *Любая материальная частица с нулевой массой покоя может двигаться в свободном пространстве только с постоянной наблюдаемой пространственной скоростью, которая инвариантна и всегда равна темпоральной скорости (скорости движе-*

ния времени), т. е. при $m_0 = 0$ *всегда* $v = W = inv$.

Формулировка этого следствия из теоремы 2 эквивалентна знаменитому второму *постулату* специальной теории относительности Эйнштейна, являющемуся краеугольным камнем этой теории. Значение угла α при $m_0 = 0$ получаем из уравнения $\cos\alpha = \frac{m_0}{M} = 0$. Отсюда для рассматриваемой группы объектов $\alpha = \pi/2 = \text{const}$. Следовательно, для этого случая $v(\pi/2) = W\sin(\pi/2) = W = \text{const}$.

Темпоральная скорость W, как отмечено выше, является инвариантной величиной, и ее значение остается постоянным независимо от каких-либо движений каких-либо тел (в том числе источника частиц) в пространстве. Следовательно, при постоянстве темпоральной скорости W левая часть соотношения $v(\pi/2) = W\sin(\pi/2)$, определяющая наблюдаемую скорость движения материальной частицы с нулевой массой покоя (в частности фотона), так же будет инвариантна и постоянна. В силу ковариантности соотношения (16), оно будет выполняться и на пространстве-времени Минковского K^4_M, что доказывает следствие 2.2.

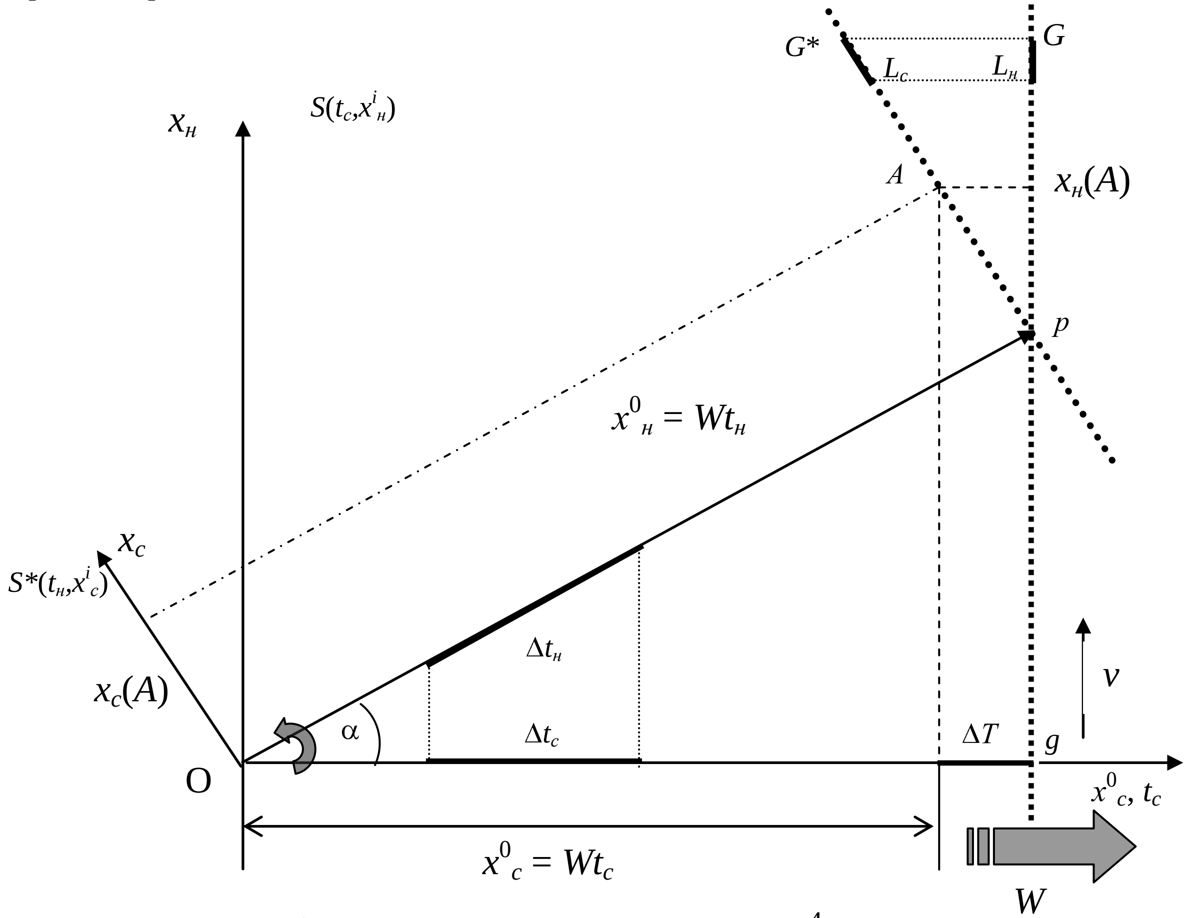

Рис. 3. К выводу преобразований координатных систем на K^4_N.

Сопутствующая система $S^*(t_н,x^i_c)$ и ее гиперповерхность G^* повернута относительно лабораторной на угол опрокидывания α. Отрезки длины $L_н = L_c\cos\alpha$, временные интервалы $\Delta t_c = \Delta t_н\cos\alpha$, интервал времени ΔT демонстрируют релятивистские эффекты сокращения длины отрезка, «замедления» времени и относительности одновременности на K^4_N. Оси x^2 и x^3 не показаны.

На основании следствия 2.2. для частного случая современной скорости движения времени получим $W = c$ (здесь c — современная скорость движения света в вакууме). В итоге можно сформулировать принцип эквивалентности «свет-время»: *наблюдаемое свободное движение света в пространстве отражает движение времени в пространственно-временном континууме (является одной из форм наблюдаемого движения времени).* Поразительное свойство скорости света не зависеть от *пространственных* скоростей источника или приемника излучения объясняется тем, что темпоральная скорость W является скоростью движения гиперповерхности реализации событий в целом и не связана со скоростями движения каких-либо тел в пределах самой этой гиперповерхности. Соответственно и скорость света, значение которой всегда остается равным значению темпоральной скорости, сохраняется постоянным.

Эквивалентность вида «свет-время” позволяет также утверждать, что скорость света в вакууме — фундаментальная мировая константа, оказывается зависимой от скорости движения времени, и при возможном изменении темпоральной скорости в ходе эволюции Вселенной также претерпит изменения. Используя принцип эквивалентности вида «свет-время», можно определить, как соотносятся полученные темпоральные преобразования координатных систем с преобразованиями Лоренца. Для частного случая современной скорости течения времени выполняется равенство $W = c$. Подставляя его в соотношения (14), получаем известные преобразования Лоренца. Так как темпоральные преобразования при современной скорости движения времени переходят в преобразования Лоренца, то эффекты специальной теории относительности достаточно просто могут быть получены на основе темпоральной теории как ее частные случаи (без привлечения постулата о постоянстве скорости света).

Эффекты «замедления» времени, сокращения длин Лоренца-Фитцджеральда, относительности одновременности имеют на K^4_N наглядную геометрическую интерпретацию (см. рис. 3), и их количественное выражение точно соответствует результатам СТО.

Все известные экспериментальные подтверждения СТО согласуются и с темпоральной теорией. Эксперименты, подтверждающие постоянство скорости света в вакууме, в темпоральной теории обосновываются теоремой 2 и следствием 2.2, тогда как в СТО они теоретического обоснования не имеют и вводятся посредством соответствующего постулата.

Скорость света в вакууме c представляет в наблюдаемом нами пространстве современную скорость движения времени, входит в значительнее число физических соотношений и непосредственно связана с рядом фундаментальных физических констант. Этот факт подчеркивает огромную роль движения времени в физических процессах.

Заметим, что *законы природы реализуются в разных системах отсчета одинаковым образом только тогда, когда они имеют одинаковую скорость течения времени* (темпоральную). Действительно, так как изменение темпоральной скорости приводит к изменению мировых физических констант (в частности скорости света в вакууме), то это неизбежно скажется на реализации законов природы.

Литература:

1. *Вейль Г.* Пространство, время, материя. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 456 с.
2. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теория поля. — М.: Наука, 1967. — 460 с.
3. *Пуанкаре А.* О науке. — М.: Наука, 1983. — 560 с.
4. *Сазанов А. А.* Четырехмерный мир Минковского. — М.: Наука, 1988. — 224 с.
5. *Хокинг С., Пенроуз Р.* Природа пространства и времени. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. — 160 с.
6. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов (Под ред. Е И Тамма). — М.: Наука, 1965.

Статья поступила в редакцию 11.05.2005 г.

Nikolenko A. D.

The Space-Time Continuum and Motion of the Time

E-mail: *alniko@ukr.net*

We formulated the description of the Space-Time Continuum, which differs from Minkowski Space-Time, and simultaneously is in one-to-one correspondence with it. The model of time motion within the frames of such continuum description was developed. Based on that model, the concept of Temporal Velocity (Velocity of Time) was introduced, differing from the concept of time speed (motion), which is used in Special Relativity theory. The role of temporal velocity in Lorenz Transformations was revealed. It was shown that limitation of spatial velocity of physical processes development is connected with their impossibility to surpass the temporal velocity. It was assumed that the velocity of light in the vacuous space reflects the temporal velocity. Obtained results show that a series of fundamental physical correlations and constants related to velocity of light in vacuum turn out to be dependent on temporal velocity.

Key words: Special Relativity, Space-Time Continuum, the Velocity of Time, the Velocity of Light.