

## **Новая интерпретация специальной теории относительности (физико-философский анализ)**

А.П. Климец

*E-mail:* [aklimets@rambler.ru](mailto:aklimets@rambler.ru)

<http://aklimets.narod.ru>

(получена 22 мая 2005; изменена 4 июня 2005; опубликована 15 июля 2005)

На основе определенного философского подхода и под новым углом зрения рассматривается специальная теория относительности. Сущность указанной теории раскрывается с помощью метода моделирования. Это позволяет понять действительный смысл преобразований Лоренца.

### **1. О пространственно-временных отношениях в специальной теории относительности**

Философское значение теории относительности признается почти всеми. Это обусловлено прежде всего ее непосредственным отношением к ряду философских категорий: материя и движение, пространство и время и др. Разногласия начинаются с вопроса о том, подкрепляет или отрицает эта теория определенные философские концепции или какие видоизменения она в них вносит.

Зададим следующий вопрос: все ли в мире относительно? Ответ будет следующим: в материальном мире все относительно, кроме самого мира, который не находится во внешнем отношении с чем бы то ни было, представляя, однако, неисчерпаемое многообразие внутренних отношений.

В данном случае относительность изучается, как правило, не в качестве всеобщего универсального свойства (такая задача, да и то отчасти, стоит только перед философией), а в виде совершенно определенных отношений между определенными вещами или же элементами, организованными в целостную систему. В таком случае об относительности говорят, во-первых, в смысле конкретных отношений, а во-вторых, в смысле относимости (отнесенности) определенных свойств, характеристик, параметров и т.д. к одному или всем элементам, находящимся в данном отношении.

При познании объективных природных отношений необходимо учитывать ряд моментов. Прежде всего, нужно иметь в виду неисчерпаемость тех отношений, в которые может вступать любая материальная вещь. В ходе познания неизбежно приходится отвлекаться от бесконечного многообразия этих отношений, вычлняя отдельные из них. Далее. Отношения носят конкретный характер. Принцип конкретности истины позволяет четко определить, о каких отношениях идет речь в каждом отдельном случае. "Отношений вообще" не существует. Это либо материальные, либо идеальные отношения. В свою очередь они подразделяются на: 1) изолированные и взаимосвязанные; 2) внешние и внутренние; 3) двучленные и многочленные; 4) прерывные и непрерывные и т.д.

Наконец, об отношениях и результатах конкретных отношений судят по тем вещам и элементам, которые в данном отношении находятся. Отношения, при котором объекты вступают во взаимодействие, является уже связью. Понятия "отношение" и "связь" нередко употребляются как синонимы, для чего имеются определенные объективные основания. Связь - это всегда отношение, но не всякое отношение реализуется в виде связи. Связь возникает в том случае, если действие определенного объекта приводит к ответному действию со стороны других объектов. В отличие от связи "отношение" - более общее понятие и означает сосуществование конечных материальных объектов, событий, процессов. Естественно, что абстрактных отношений, "отношений вообще" (т.е. ни к чему ни относящихся) в материальной действительности не существует.

Необходимое условие конкретного понимания отношений - различие отношений внешних и внутренних. Существующее между ними различие имеет исключительно важное значение, т.к. закономерности, присущие внешним отношениям не тождественны закономерностям, характеризующим отношения внутренние. Если элементы, образующие внешние, изолированные отношения, не зависят друг от друга, то элементы внутренних отношений связаны между собой в рамках определенной системы. Однако любые внешние отношения могут считаться таковыми только до известного предела: всегда имеется определенная система, по отношению к которой они выступают уже как внутренние. Предельно общей системой для всех объективно-реальных отношений является материальный мир, как единое целое. В виде самостоятельных внешних отношений они способны функционировать лишь до тех пор, пока не подвергаются воздействию со стороны более общей системы. И, наконец, еще один вывод, вытекающий из диалектического понимания взаимосвязи между внешними и внутренними отношениями: если элементы, находящиеся во внешнем отношении друг к другу, начинают взаимодействовать, то они образуют целостную систему и вступают во внутренние отношения.

Таковы некоторые из особенностей, присущих материальным отношениям, а также их специфическому преломлению в форме идеальных мыслительных отношений.

Сущность проблемы состоит в следующем: представляют ли отношения нечто единообразное и настолько очевидно, что над ними вовсе не стоит ломать голову, или же, напротив, им присущи характерные особенности, и, как все в материальном мире, отношения подчиняются определенным закономерностям. Ведь зачастую специфика и многообразие отношений нивелируются; даже если и делается различие между внешними и внутренними отношениями, то закономерности, отличающие их друг от друга, отождествляются. Случается, что один из видов отношений возводится в ранг универсальности, абсолютизируется, а свойства, характеризующие конкретную определенность отношений (т.е. их конкретное основание) переносятся на все многообразие отношений, составляющих данное явление. В действительности же отношения одного типа далеко не в каждом случае оказывают непосредственное влияние на отношения другого типа, отличного от первого по конкретному основанию. Подобная абсолютизация и нивелировка заходят еще дальше: отношения, представляющие собой сосуществование определенных элементов, отождествляются с самостоятельным существованием самих элементов или образуемой ими системы. Излагаемый здесь подход позволяет понять действительную суть многообразных объективных отношений, их роль в процессе развития, а также предохраняет от их теоретического гипертрофирования или приписывания не свойственных им функций.

Важную роль играет при этом принцип материальности. Этот принцип указывает на

материальную основу объективных отношений и помогает установить конкретный характер данных отношений.

Большинство физических закономерностей получает строгое математическое описание и выражается в виде разнообразных формул. Любая такая формула сама по себе есть определенное математическое соотношение, элементы которого находятся во внешней количественной взаимозависимости. Подобная структура формулы - результат знакового выражения, в то время как сами объективные отношения, описываемые формулами, могут быть не только внешними, но и внутренними. В свою очередь, проекция абстрактно-математического описания на природную действительность помогает точно установить конкретный характер объективных отношений, отображенных в той или иной формуле.

Если исключить принцип материальности из познания природных отношений, то они рискуют превратиться в пустые абстракции, а операции с ними - в акт произвола. Вот почему вопрос о характере и закономерностях объективных отношений представляется исключительно важным.

Переходя к специальной теории относительности (СТО), выделим следующие моменты. Первый постулат Эйнштейна констатирует независимость законов природы от движения инерциальных систем отсчета (ИСО), т.е. закономерности механического перемещения изолируются от всех остальных законов природы и отношения между теми и другими описываются как чисто внешние. Кроме того, в СТО описывается не пространство и время "вообще" (физическое, биологическое, социальное и т.п.), а определенные пространственно-временные характеристики конкретных физических событий. Как, например, не существует человека «вообще», но существуют конкретные люди, так не существует и времени «вообще», но есть конкретные временные процессы. Поэтому возникает вопрос: насколько оправдан в теории относительности указанный общий подход к понятиям «пространство» и «время» и как в действительности связаны пространственно-временные характеристики конкретных явлений, описываемых СТО и ОТО, с пространственно-временными параметрами других явлений?

Для начала в качестве примера рассмотрим второй закон Ньютона

$$F = m (\Delta V / \Delta t) = ma. \quad (1)$$

Эта формула раскрывает связь между изменением скорости  $\Delta V$ , инертной массой  $m$  и силой, действующей в течение определенного промежутка времени  $\Delta t$ . Несмотря на универсальность данного закона, здесь время  $\Delta t$  означает не любое время, а время, связанное с определенными механическими процессами. Аналогичным образом обстоит дело и с другими формулами, где речь идет не об абстрактном времени «вообще», а о времени, как характеристике определенных физических процессов. Не составляют исключения и формулы, получаемые из преобразований Лоренца. Например, преобразования Галилея позволяют определять скорость и положение различных ИСО относительно друг друга. В преобразованиях же Лоренца для выполнения той же задачи вводятся дополнительные условия: пространственные величины и временные интервалы вычисляются с учетом закономерностей движения света. Поняв действительный смысл этих преобразований, нетрудно понять и все остальное.

В последующем анализе наиболее существенным оказывается тот факт, что инерциальные системы являются изолированными, т.е. находятся друг с другом во внешнем отношении. Закономерности же объективной относительности таковы, что материальные системы,

находящиеся друг с другом во внешнем отношении, не оказывают воздействия друг на друга, на сами системы, на их материальный субстрат и не влияют на внутренние отношения каждой из систем. Это подтверждает и положение о конкретности отношений: как не существует отношения без образующих его элементов, так не существует и отношения без определенного признака, по которому соотносятся эти элементы. Причем изменение отношения по одному признаку не обязательно ведет к изменению отношения по другим признакам.

Это подтверждают и оба принципа, положенные в основу СТО. В обоих случаях констатируется естественный результат внешних отношений, в которых находятся изолированные инерциальные системы.

Что же дает повод считать, что в движущейся изолированной системе отсчета с течением времени и пространственными отрезками происходит нечто отличное от ситуации покоя? С одной стороны очевидно, что две ИСО полностью изолированные, а отношения между ними - чисто внешние. Но с другой стороны, формулы свидетельствуют: в движущейся ИСО временные интервалы «растягиваются», а пространственные длины «укорачиваются».

О том, что происходит в движущейся ИСО, позволяют судить математические преобразования. Правда, в случае преобразований Галилея происходит прямое соотнесение инерциальных систем. В случае же преобразований Лоренца такое соотнесение происходит с помощью материального посредника – процесса распространения света. Таким образом, в первом случае имеет место двучленное отношение, а во втором – трехчленное.

Между тем имеется универсальная закономерность, которую можно сформулировать так: отношение (результат сопоставления) двух материальных элементов (систем) не тождественно отношению трех и более элементов (систем). Именно этот факт порождает те, на первый взгляд, необычные пространственно-временные отношения между двумя ИСО, которые возникают в специальной теории относительности.

Для пояснения сказанного рассмотрим следующий пример. Глаз меньше Солнца, и на каком бы расстоянии ни находился наблюдатель, объективное двучленное отношение между глазом и Солнцем (отношение их размеров) остается именно таким. Но вот наблюдатель подносит к глазу ладонь и заслоняет Солнце. Тем самым в отношения включается третий элемент. Ясно, что двучленные отношения не тождественны трехчленным. Закономерности тех и других можно выразить и математически, не упуская из виду их конкретности и материальности; в противном случае неверное истолкование математических соотношений приведет к выводу, что ладонь по мере приближения к глазу становится больше Солнца. Уже этот элементарный пример показывает, что интерпретация математических соотношений может быть правильной или неправильной и какую из них мы выберем, совсем не очевидно.

Обратимся теперь к известной релятивистской формуле

$$\Delta t' = \Delta t_0 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2} \quad (2)$$

Какую реальную физическую нагрузку несут ее символы?  $\Delta t_0$  относится к условно – покоящейся ИСО;  $\Delta t'$  и  $v$  - к движущейся ИСО. А к какой из этих двух систем относится скорость света  $c$ ? Ни к какой! Процесс распространения электромагнитных колебаний – это самостоятельный элемент объективного трехчленного отношения. Свет есть

физическое явление, которому следует приписать совершенно самостоятельное существование. В преобразованиях Галилея соотносятся только два материальных элемента – две ИСО. В преобразованиях же Лоренца таких материальных элементов три: две ИСО и электромагнитное поле. Т.е. в первом случае отношение двухчленное, а во втором – трехчленное.

Данный факт хотя и проясняет ситуацию, но еще мало что объясняет. Что же происходит во внешне соотнесенных инерциальных системах, одна из которых условно покоится, а другая удаляется от нее равномерно и прямолинейно? Рассмотрим пример из популярной литературы. Вдоль железнодорожного полотна мчится поезд. По направлению движения пущен световой сигнал - его скорость одинакова как по отношению к поезду, так и по отношению к полотну. Но события, происходящие в различных системах отсчета - движущейся и условно покоящейся, не совпадают: они не одновременны. Подчеркнем, что формулы, получаемые из преобразований Лоренца, описывают определенные события (конкретный физический процесс) – поведение света в различных ИСО. Обычно не придают должного значения тому факту, что в преобразованиях Лоренца описывается световой сигнал, единый для двух ИСО. И условия, заданные этими преобразованиями, предполагают совместное, триединое рассмотрение движения света относительно как покоящейся, так и движущейся систем отсчета. В рамках преобразований Лоренца это - вопрос коренной, центральной, потому что события, описываемые в системах координат, соотносящихся со световым лучом, оказываются вторичными по отношению к главному событию – движению света, представляя собой, по существу, проекцию светового луча на ту или иную систему координат, в результате чего и появляется возможность проводить соответствующие измерения и вычисления.

Если рассмотреть конкретное трехэлементное соотношение, а именно движение светового луча параллельно с движением поезда, то окажется, что один и тот же световой луч пробегает разное расстояние в движущейся и неподвижной системах отсчета: в движущейся системе отсчета длина пробега будет короче или "сокращается". В трехэлементном соотношении

$$l' = l_0 (1 - v^2 / c^2)^{1/2} \quad (3)$$

сокращается не длина «вообще», а длина фиксации, то есть измеренная с помощью конкретного физического явления: поведения света в одной из соотнесенных друг с другом инерциальных систем. С самим светом, как и с обеими системами отсчета, ничего не произойдет: длина поезда и зафиксированного отрезка полотна дороги какой была, такой и останется. Но реальная проекция конкретного физического процесса на инерциальные системы будет разной.

Далее. Что же в таком случае означает увеличившийся временной интервал  $\Delta t'$  в (2) в движущейся системе. Единственное: в движущейся системе отсчета свету потребуется больше времени, чтобы покрыть расстояние, одинаковое с зафиксированным отрезком покоящейся системы координат. Один и тот же световой сигнал, данный в определенный момент времени из определенного источника затратит различное время для преодоления одного и того же расстояния в различных системах отсчета и в движущейся системе это время будет тем больше, чем выше скорость системы. В поезде, мчащемся сквозь туннель, такими одинаковыми пространственными отрезками (инвариантами) будут длина самого поезда и соответствующее расстояние в неподвижной системе туннеля. Для преодоления длины мчащегося поезда свету потребуется больше времени, чем для преодоления такого же расстояния, отмеренного на железнодорожном полотне. Для того, чтобы свет мог

достигнуть головы переднего вагона (ни вагоны, ни поезд в целом при этом длины своей не меняют, они просто перемещаются вперед), потребуется дополнительное время. Естественно, что в совокупности данный временной интервал будет превышать время, которое потребовалось для преодоления того же расстояния в неподвижной системе туннеля. При сравнении же результатов измерения окажется, что временной интервал в движущейся системе как бы "растягивается" ([1], с.90-123).

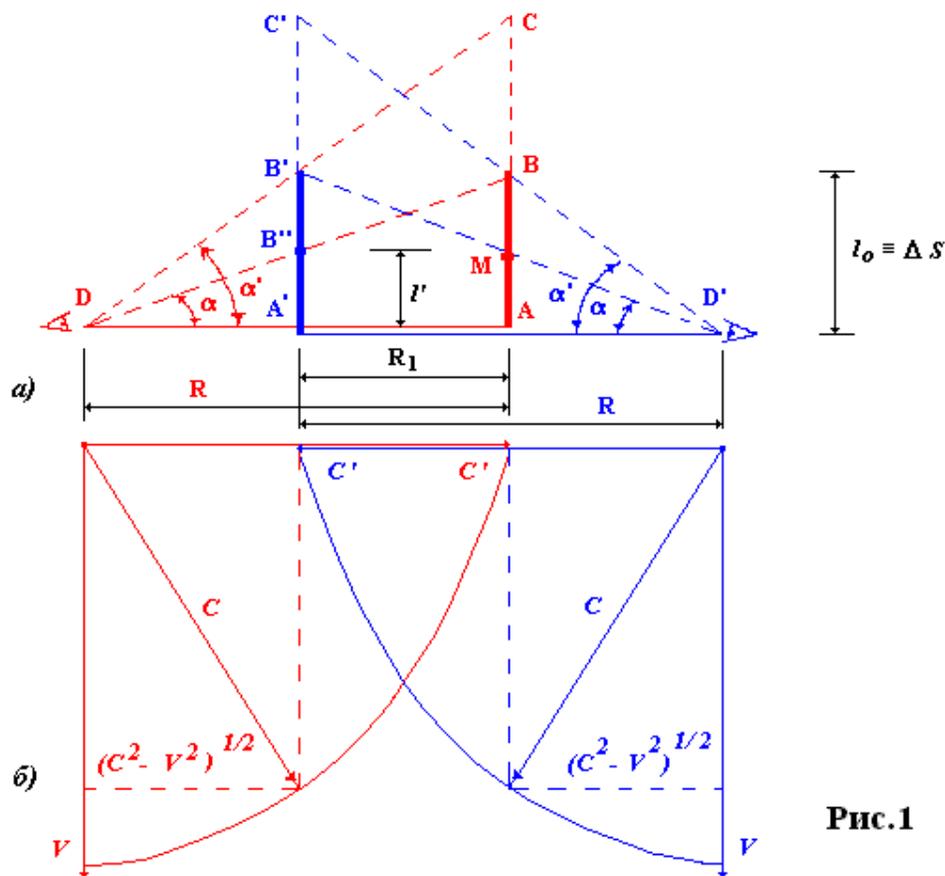
Но здесь есть одна тонкость. Может показаться, что если свет пущен по направлению движения, то его скорость по отношению к движущемуся поезду с точки зрения покоящегося наблюдателя равна  $c' = c - v$  или  $c' = c + v$ . Однако на самом деле мы должны принять ее равной величине поперечной скорости света  $c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$ . Скорость  $c'$  не зависит от направления движения. Именно поперечная скорость света  $c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$  определяет длительность всех временных процессов в движущейся ИСО, если смотреть из условно-неподвижной ИСО.

Распространено мнение, что эффекты сокращения длин и замедления временных процессов характерны только для скоростей, близких к скорости света. Однако это далеко не так. Приведем в качестве примера летящий высоко в небе самолет. Его видимые размеры кажутся уменьшенными, а скорость движения (временной процесс) – замедленной. Для пассажиров самолета те же явления на земной поверхности (например, движущиеся автомобили) выглядят аналогичным образом. То есть между наблюдателем на земной поверхности и наблюдателем в самолете существует равноправие, симметрия явлений. Но, в отличие от СТО, в этом примере параметром является не относительная скорость, а взаимное расстояние. Тем не менее структура формул для укороченных длин и растянутых временных интервалов аналогична формулам, получаемым в СТО. Еще пример: размеры и скорость движения удаленных звезд кажутся нулевыми. Аналогичные явления для удаленного наблюдателя происходят на горизонте событий черной дыры или, для условно-покоящегося наблюдателя, на световом барьере.

В следующем параграфе изложенные выше рассуждения, раскрывающие конкретный характер истины в рамках естественнонаучной теории, мы подтвердим и подробно раскроем с помощью простой и наглядной (**аналоговой**) модели СТО [2]. Построение такой наглядной модели представляется чрезвычайно важным, поскольку до сих пор не существует единого мнения на физическое и философское содержание специальной и общей теории относительности. Необходимо подчеркнуть, что приводимая ниже модель СТО не есть метод приближения или некая поверхностная аналогия. Это точный формализм, который в деталях дает те же результаты, что и стандартный формализм специальной теории относительности. Но так как уравнения, определяющие растяжение временных интервалов и сокращение длин имеют наглядный вид, данная модель СТО является мощным средством для интуитивного понимания соотношений специальной теории относительности.

## 2. Модель специальной теории относительности

Рассмотрим систему, состоящую из двух наблюдателей и двух стержней (рис.1а). Здесь  $AB$  и  $A'B'$  - стержни длиной  $l_0$ , которые можно назвать единичными масштабами.



**Рис.1**

Для лучшего понимания материала статьи желательно рис.1 распечатать на отдельный листок и, читая текст статьи, все время иметь его перед глазами.

В точках  $D$  и  $D'$  расположены наблюдатели.  $R$  – постоянное расстояние,  $R_1$  - переменное расстояние. Таким образом, каждый из наблюдателей жестко связан с соответствующим стержнем (системой отсчета). Из рис.1а легко получить следующие соотношения, справедливые относительно обоих наблюдателей

$$l' = l_0 (1 - R_1/R); \quad \text{tg } \alpha' = \text{tg } \alpha / (1 - R_1/R) \quad (4)$$

$$R \text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha' (R - R_1) = \text{inv} . \quad (5)$$

Соотношения (4) характеризуют кажущееся уменьшение длины одного стержня по отношению к другому стержню в зависимости от расстояния  $R_1$ . Соотношение (5) характеризует неизменность протяженностей обоих стержней при изменении расстояния  $R_1$ , то есть представляет собой инвариант преобразований. Отметим, что в (4) уменьшение длины  $l'$  не есть результат действия неких внутренних молекулярных сил в стержнях.

Систему «наблюдатель в  $D$  – стержень  $AB$ » назовем системой отсчета  $K_0$  (красный цвет); систему «наблюдатель в  $D'$  – стержень  $A'B'$ » назовем системой отсчета  $K'$  (синий цвет). В каждой из указанных систем отсчета наблюдатели могут производить отсчет угловых размеров стержней по отношению друг к другу. Для наблюдателя в  $D$  система отсчета  $K_0$  (стержень  $AB$ ) является собственной системой отсчета. Соответственно, для наблюдателя

в  $D'$  собственной системой отсчета будет система  $K'$  (стержень  $A'B'$ ).

Подчеркнем, что понятие физической системы отсчета не совпадает с понятием координатной системы. Соответствие между системой отсчета и координатной системой, вообще говоря, не однозначно, даже если понимать термин "система отсчета" в математическом смысле. Одной и той же системе отсчета могут соответствовать разные координатные системы [12].

Однако, если наблюдатели не могут покинуть точки  $D$  и  $D'$  (например, если  $R$  - большая величина), то априори они не смогут установить соотношения (4) и (5). Но пусть в точках  $A, B, A', B'$  имеются зеркала. Тогда с помощью световых сигналов каждый из наблюдателей обнаружит, что выполняется следующее соотношение

$$\left( (DA)^2 - (DA')^2 \right)^{1/2} = \left( (DB)^2 - (DB')^2 \right)^{1/2} = W \quad (6)$$

где  $W$  - постоянная величина с размерностью длины, характеризующая то обстоятельство, что стержни параллельны друг другу. Из (6) видно, что

$$R - R_l = (R^2 - W^2)^{1/2}$$

Таким образом, наблюдатели в конце концов придут к следующим соотношениям, полученным из опыта

$$l' = l_0 \left( 1 - W^2 / R^2 \right)^{1/2}; \quad tg \alpha' = tg \alpha / \left( 1 - W^2 / R^2 \right)^{1/2} \quad (4')$$

$$R tg \alpha = tg \alpha' (R^2 - W^2)^{1/2} = inv. \quad (5')$$

Пусть теперь наблюдатель в  $D$  рассматривает в собственной системе отсчета  $K_0$  реальный временной процесс – движение светового сигнала из точки  $A$  в точку  $B$  и далее в точку  $C$ . Так как  $R tg \alpha = c \Delta t_0$ , где  $c$  - скорость света;  $\Delta t_0$  - время движения сигнала из  $A$  в  $B$ , то

$$tg \alpha = (c / R) \Delta t_0 \quad (7)$$

Далее  $R tg \alpha' = c \Delta t'$ , где  $\Delta t'$  - время движения сигнала из точки  $A$  в точку  $C$  и

$$tg \alpha' = (c / R) \Delta t' \quad (8)$$

Подставляя (7) и (8) в (4') и (5') и учитывая, что величины  $c / R$  можно взаимно не сокращать, а почленно умножить на подкоренное выражение, наблюдатель в  $D$  получит соотношения

$$l' = l_0 \left( 1 - v^2 / c^2 \right)^{1/2}; \quad \Delta t' = \Delta t_0 / \left( 1 - v^2 / c^2 \right)^{1/2} \quad (4'')$$

$$c \Delta t_0 = c' \Delta t' = (c^2 - v^2)^{1/2} \Delta t' = (c^2 \Delta t'^2 - \Delta x'^2)^{1/2} = \Delta S \quad (5'')$$

где  $v = c W / R$  - величина с размерностью скорости. Отсюда  $v / c = W / R$  или  $v^2 / c^2 = W^2 / R^2$ .

Далее  $c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$  - так называемая "поперечная" скорость света по отношению к стержню  $A'B'$  с точки зрения наблюдателя в  $D$  (смотрите мою статью [о световых часах](#)).

$\Delta x' = v \Delta t'$  - величина с размерностью длины,

$\Delta S$  - инвариантная величина, характеризующая неизменную протяженность стержней и выраженная через пространственно-временные характеристики светового сигнала

Что конкретно означают соотношения (4") и (5")?  $l'$  представляет собой расстояние, которое пробегает световой сигнал за время  $\Delta t_0$  по отношению к системе  $K'$  и является проекцией светового луча на эту систему;  $\Delta t'$  - время, за которое световой сигнал достигает точку  $C$ . Однако для наблюдателя в  $D$  точки  $B'$  и  $C$  тождественны (совпадают). Поэтому наблюдатель в  $D$  придет к выводу, что то же самое расстояние  $l_0$  световой сигнал в системе  $K'$  пробежит за большее время  $\Delta t'$  (время как бы «растянулось»). Для наблюдателя в  $D$  скорость светового сигнала по отношению к стержню  $A'B'$  равна

$$c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$$

то есть меньше  $c$  и поэтому сигнал затрачивает большее время  $\Delta t'$  для достижения точки  $B'$ . Наблюдатель в  $D'$  получит те же соотношения (4") и (5"), так как он вполне может считать, что световой сигнал испущен не из  $A$  в  $B$ , а из точки  $A'$  в точку  $B'$ . Отметим, что численные значения скорости света в обеих системах отсчета будут равны только в случае, если сигнал излучается из точки, лежащей в центре между  $A$  и  $A'$  на прямой  $DD'$ . Но если наблюдатели изолированы друг от друга, то для них этот факт не имеет значения. Величина скорости света  $c$  для каждого из них будет предельной, а по отношению к другой системе отсчета "поперечная" скорость света всегда будет иметь вид

$$c' = (c^2 - v^2)^{1/2} \quad (9)$$

Видно, что в модели СТО выполняются два положения: 1.Предельный характер скорости света в каждой из систем отсчета; 2.Равноправие (симметрия) двух систем отсчета.

Об истинной причине предельного характера скорости света в теории относительности смотрите в статье [15].

В модели СТО соотношения (4") и (5") описывают не пространство и время «вообще», а только *конкретные* пространственно-временные характеристики светового сигнала по отношению к той или иной системе отсчета. Так как по своей логической структуре соотношения (4") и (5") аналогичны (и даже идентичны) соотношениям, получаемым в СТО, то этот факт представляется исключительно важным. Аналогичным образом обстоит дело и с преобразованиями Лоренца, где речь идет не об абстрактном времени «вообще», а времени, как характеристике движения светового сигнала по отношению к той или иной системе отсчета. Между тем общепризнанно, что в теории относительности описывается пространство и время «вообще», то есть все пространственно - временные процессы: физические, биологические, социальные и т.п. В противном случае из-за неравного протекания указанных процессов был бы несправедлив принцип относительности и можно было бы вычислить абсолютную скорость системы отсчета наблюдателя.

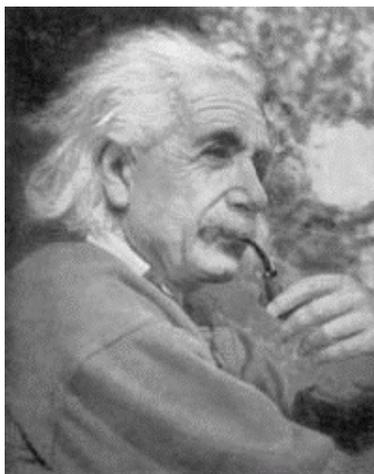
Заострим внимание на этом моменте. В учебниках (см., например, [11]) обычно объясняют это следующим образом: "... Полученный вывод о замедлении времени в движущейся системе координат не связан с тем обстоятельством, что для измерения времени мы пользовались специальным устройством со световым лучом (имеются в виду "световые часы" - А.К.). Если мы применим в обеих системах координат часы любой конструкции,

*то мы должны будем получить тот же результат с замедлением времени. В противном случае, если бы, применяя специально сконструированные часы, мы не получили бы эффекта замедления времени, то это означало бы, что мы можем определить абсолютное движение и иметь возможность выделить основную "неподвижную" систему координат.*" [11, стр. 103]. Логически это безупречное рассуждение, если считать принцип относительности исходным, далее не анализируемым постулатом. Но такой подход к понятию "время" овеществляет время, то есть приписывает времени самостоятельный субстрат. Время здесь может само по себе, безотносительно к конкретному временному процессу, к конкретному механизму, растягиваться! С философской точки зрения это совершенно неудовлетворительно, так как времени самого по себе, как самостоятельной сущности, в природе нет. Отсюда можно сделать вывод, что сам принцип относительности является не первичным, исходным постулатом, а следствием какого-то более фундаментального положения.

Существуют два пути для возможной интерпретации СТО. Первый - признать, что СТО описывает только пространственно-временные характеристики световых сигналов, не имеющих никакого отношения к пространственно-временным характеристикам других явлений (физических, химических, биологических, социальных), то есть утверждается, что СТО не описывает пространство и время "вообще", а только одно конкретное физическое явление - движение светового сигнала по отношению к той или иной системе отсчета [1]. Такой прямолинейный подход приводит к выводу, что СТО не является универсальной теорией пространства - времени и эта теория не может служить основой современной физики.

Мы придерживаемся иного подхода, который заключается в том, что действительно в СТО, как и в первом случае, пространство-время определяется движением только световых (или ему подобных) сигналов, но здесь явление движения безмассового сигнала лежит в основе физического, биологического, социального и прочих времен. Это один из ключевых моментов развиваемой здесь интерпретации теории относительности. *Принцип относительности непосредственно связан с указанным обстоятельством и является его следствием.* В этом случае можно говорить о пространстве и времени "вообще", основываясь на одном конкретном материальном процессе.

Второй путь представляется более предпочтительным, так как соединяет между собой не подлежащие сомнению философские принципы материальности и конкретности истины с разработанной Эйнштейном и подтвержденной всем последующим опытом теорией относительности.



Эйнштейн по данному вопросу высказался лишь однажды. Он писал: "*Теорию относительности часто критиковали за то, что она неоправданно приписывает центральную теоретическую роль явлению распространения света, **основывая понятие времени на его законах** (выделено мной –А.К.). Положение дел, однако, примерно таково. Чтобы придать понятию времени физический смысл, нужны какие-то процессы, которые дали бы возможность установить связь между различными точками пространства. Вопрос о том, какого рода процессы выбираются при таком определении времени, несуществен. Для теории выгодно, конечно, выбирать только те процессы, относительно которых мы знаем что-то определенное. Распространение света в пустоте благодаря исследованиям Максвелла и Лоренца подходит для этой цели в гораздо большей степени, чем любой другой процесс, который мог бы стать объектом рассмотрения"* ([3],с.24).

Можно задать себе вопрос, откуда тогда вообще в релятивистских уравнениях появляется константа "с"? Непредвзятое расследование этого обстоятельства показывает, что появление этой константы связано с рассмотрением движения сигнала со скоростью света. Любой другой сигнальный процесс, с меньшей скоростью, привел бы к отсутствию константы "с" в релятивистских уравнениях. Наличие в релятивистских формулах этой константы говорит не столько о том, что эта скорость является предельной скоростью распространения взаимодействий, но в первую очередь о том, что за этим символом в уравнениях СТО всегда скрывается реальный физический процесс - движение безмассового сигнала со скоростью света. По крайней мере, световые часы и модель СТО на это указывают. Так как до сих пор и ниже модель СТО правильно отображает релятивистскую реальность, мы должны доверять и этому выводу, следующему из модели. Таким образом, основой пространственно-временных отношений в СТО является именно движение со скоростью света и центральная теоретическая роль явления распространения света совсем не случайна.

(Кстати, такой эвристический подход необходимо распространить на все соотношения, где присутствует константа "с" - скорость света. В частности, из уравнения для энергии покоя  $E_0 = m c^2$  следует, что материальное тело (любая элементарная частица) с массой "m" в основе своей состоит из безмассовых квантов энергии, движущихся со скоростью света (см. [15]). Подобный подход справедлив и в отношении всех других фундаментальных констант.)

Световой (в общем случае любой безмассовый) сигнал строит пространственно-временные отношения между телами или структурными элементами тел, создает метрику. Ясно, что такое пространство-время может быть только относительным.

С этой точки зрения замедление распада нестабильных элементарных частиц связано с их структурным строением и увеличением времени обмена сигналами распада между структурными элементами частицы, так как скорость таких сигналов между этими элементами, с точки зрения покоящегося наблюдателя, равна  $c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$  и зависит от скорости  $v$  (см.[10]). В системе же отсчета движущейся частицы эта скорость равна скорости света «с» (в единицах времени и длины этой системы отсчета). Именно поэтому можно говорить, что каждая система отсчета обладает своим собственным временем.

На рис.1 можно явно показать величину скорости  $v$ . Так как  $c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$  или

$$c^2 = c'^2 + v^2 \quad (9')$$

что является уравнением окружности, то мы получаем рис.1б. Из рис.1б видно, что при  $v \ll c$  мы имеем

$$l' / l_0 = 1 ; \quad \Delta t' / \Delta t_0 = 1$$

что является переходом от преобразований Лоренца к преобразованиям Галилея. При  $v > c$  наша модель теряет смысл.

В модели можно определить и так называемое «пространство событий». Очевидно, что им является полуплоскость над прямой  $DD'$ , где каждая точка может быть охарактеризована временем и местом. Рассмотрим, как в модели интерпретируется проблема одновременности двух событий. Пусть из точки  $M$  (рис.1а), лежащей посередине между  $A$  и  $B$ , в системе  $K_0$  в точки  $A$  и  $B$  испущены световые сигналы. В собственной системе отсчета  $K_0$  наблюдатель в  $D$  обнаружит, что эти сигналы придут в точки  $A$  и  $B$  одновременно. Однако в точки  $A'$  и  $B'$  эти сигналы придут не одновременно. То же обнаружит и наблюдатель в  $D'$ . Таким образом, понятие одновременности становится относительным в зависимости от того, по отношению к какой системе отсчета рассматривается этот процесс.

Относительность одновременности обусловлена конечностью скорости света. Если совершить формальный переход к пределу  $v \ll c$  или  $c = \infty$ , то одновременность становится абсолютной. В первом случае ( $v \ll c$ ) стержни  $AB$  и  $A'B'$  практически совмещаются. Во втором случае ( $c = \infty$ ) катет  $AD$  растягивается до бесконечности, что делает луч зрения наблюдателя  $DB$  параллельным лучу зрения  $DB'$  и, соответственно, прямая  $DM$  пересекает стержень  $A'B'$ , как и стержень  $AB$ , практически посередине. В этих двух случаях, с точки зрения наблюдателя в  $D$ , сигналы придут одновременно и в точки  $A$  и  $B$  и в точки  $A'$  и  $B'$ .

Далее, согласно СТО, "чтобы измерить длину движущегося стержня относительно неподвижной системы отсчета, необходимо определить координаты конца и начала стержня в этой системе отсчета, но обязательно одновременно. Это требование одновременности ведет к тому, что длина стержня при измерении его в системе отсчета, относительно которой он движется, оказывается меньше, чем при измерении его в системе отсчета, где он покоится. То есть

$$l' = l_0 (1 - v^2 / c^2)^{1/2} \dots" \quad [5, с. 45].$$

Каким образом эта ситуация отображается в модели СТО? Если из точки  $M$  (рис.1), расположенной посередине стержня  $AB$ , в точки  $A$  и  $B$  послать световые сигналы, то наблюдатель в  $D$  обнаружит, что по его часам эти сигналы придут в точки  $A$  и  $B$  одновременно. По отношению же к стержню  $A'B'$  световые сигналы придут одновременно в точки  $A'$  и  $B''$ . Но расстояние  $A'B''$  и есть длина  $l'$ . Таким образом, по отношению к стержню  $A'B'$  модель СТО адекватно отображает «сокращение» первоначальной длины, имеющее место и в реальной ситуации. Причем, как и в СТО, в модели СТО (рис.1а) указанное «сокращение» также связано с понятием одновременности.

Заметим, что длину стержня можно определить так, что измеряются положения концов стержня  $A'B'$ , одновременные в системе  $K'$ . Т.е. здесь световые сигналы необходимо отправить из середины стержня  $A'B'$  в точки  $A'$  и  $B'$ . В таком случае из преобразований Лоренца будет следовать не "сокращение", а "увеличение" длины стержня. В модели СТО на рис.1 это отобразится в том, что по отношению к стержню  $AB$  с точки зрения наблюдателя в  $D$  световые сигналы придут одновременно в точки  $A$  и  $C$ , и первоначальная длина стержня  $A'B'$  будет казаться "увеличенной" и равной  $AC$ . В этом случае вместо предыдущего соотношения мы бы имели следующее уравнение

$$l' = l_0 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2}$$

Однако релятивистская физика предписывает при измерении длины делать одновременный отсчет в той системе, в которой производится измерение, и тем самым исключает неоднозначность результатов. Рассмотренный пример относительности длины ясно указывает, что длина объекта не является неким абсолютным свойством, связанным с самим существованием объекта, но, напротив, сопоставляемое длине числовое значение зависит от условий проведения измерения.

*"Что означает уменьшение длины линейки? ...Прежде всего ясно, что никакого сжатия линейки произойти не может. Это следует из основного принципа, положенного в основу СТО, - принципа равноправия всех ИСО. Во всех ИСО физическое состояние линейки одно и то же. Поэтому не может быть и речи о возникновении каких-либо напряжений, ведущих к деформации линейки. "Укорочение" линейки происходит исключительно в силу различных способов измерения длины в двух системах отсчета. С другой стороны, обнаруживаемая относительность длины линейки не является иллюзией наблюдателя. Этот результат получается при любом разумном способе измерения длины движущегося тела. Более того, рассматривая физические явления в данной системе отсчета, нужно за длину тела принимать длину  $l'$ , а отнюдь не длину  $l_0$ ." [5, с. 72]*

В связи с эффектом взаимного "сокращения" длин стержней процитируем Дэвида Бома: *"...наблюдатель А видит линейки у наблюдателя В, сократившиеся в длине, в то время как наблюдатель В видит линейки у наблюдателя А также сократившимися в длине". Это происходит потому, "...что, измеряя длину какого-либо предмета, наблюдатели А и В имеют в виду разные системы событий. Оценивая по разному одновременность, А считает, что В допускает сдвиг линейки в процессе измерения и то, что он меряет, не совпадает с действительной длиной. В точности то же самое скажет и В об А. Хотелось бы сравнить эту ситуацию с тем, что происходит, когда два человека А и В удаляются друг от друга, продолжая видеть один другого... Каждый из них видит нечто свое. Нет никакого парадокса в том, что изображение человека А на сетчатке у В становится все меньше соответственно тому, как уменьшается изображение В на сетчатке у А. Точно так же нет парадокса и в том, что наблюдатель А отмечает сокращение линейки наблюдателя В и вместе с тем В отмечает такое же сокращение линейки у А. Каждый из них просто имеет в виду нечто свое, когда говорит о длине одного и того же предмета." [7, с. 85-86].*

И для полноты приведем цитату из книги Луи де Бройля "Революция в физике": *"...имеется существенная разница между сокращением по Фицджеральду – Лоренцу и сокращением по Эйнштейну. Действительно, первые рассматривали его как действительное сокращение тел, находящихся в абсолютном движении по отношению к неподвижному эфиру, тогда как второй – лишь как кажущееся движущемуся*

*наблюдателю сокращение, связанное только с процессами измерений, которыми пользуются различные наблюдатели для измерения расстояний и промежутков времени, и преобразованием Лоренца, математически выражающим связь между результатами измерений, сделанных двумя различными, наблюдателями, находящимися в относительном движении. Кажущееся сокращение размеров сопровождается кажущимся замедлением хода часов. Наблюдатели, находящиеся, например, в системе координат А, изучая ход часов, движущихся вместе с системой В, обнаружат, что они отстают от их собственных часов, покоящихся в системе А. Иначе говоря, можно утверждать, что движущиеся часы идут медленнее неподвижных. Как показал Эйнштейн, это тоже одно из следствий преобразования Лоренца. Итак, кажущееся сокращение длин и замедление хода часов однозначно следует из новых определений пространства и времени, с которыми и связано преобразование Лоренца. И обратно, постулируя сокращение размеров и замедление хода часов, можно получить формулы преобразования Лоренца." [8]*

Мы видим, что автор прямо подчеркивает *кажущийся* характер релятивистских эффектов, что и подтверждается в нашей модели.

С другой стороны, относительность длины не является иллюзией наблюдателя. Более того, рассматривая физические явления в данной системе отсчета, нужно за длину тела принимать длину  $l'$ , а отнюдь не длину  $l_0$ , и физическое воздействие движущееся тело будет оказывать на покоящегося наблюдателя как имеющее длину  $l'$ . В рамках нашего модельного представления, когда параметром является не скорость, а расстояние, это можно отобразить следующим образом. Пусть мы наблюдаем за Солнцем (звездой). Физическое тепловое воздействие на наблюдателя недалеко от солнечного диска и при удалении от него будет различным, хотя мы понимаем, что с самим Солнцем реально ничего не происходит, оно просто удаляется от наблюдателя и потому физически воздействует на него как действительно уменьшившееся в размере.

Далее. В СТО физическая скорость света определяется из выражения  $\Delta S=0$ . Как эта ситуация отображается в модели? В этом случае для наблюдателя в  $D$  длина стержня  $AB$  равна нулю, т.е. собственной системы отсчета больше не существует. Остается только световой сигнал. Движение светового сигнала соотносить не с чем. Модель СТО показывает, что световой сигнал системой отсчета являться не может. Для светового сигнала не существует собственной системы отсчета. Если часами считать сам свет, то эти часы не идут, они стоят. Почему это происходит?

В свое время Ньютон задался целью искусственно выделить некоторую основную всеобщую «систему референции», к которой можно было бы отнести все наблюдаемые величины. В соответствии с этим замыслом Ньютон и построил систему абсолютного пространства - времени. Современная физика отказалась от ньютоновской «системы референции» и избрала новую – скорость света. Именно к ней теперь относятся все наблюдаемые величины. Но, как можно видеть из модели СТО, световой сигнал не может в качестве системы отсчета, системы референции избирать самого себя. Отсчет временного процесса (движение луча света) может происходить только по отношению к стержню  $AB$  или к стержню  $A'B'$ , но не по отношению к самому себе.

Из модели СТО следует, что инвариантную величину  $\Delta S$  на самом деле необходимо трактовать как истинную неизменяемую протяженность движущегося тела (в 3-мерном пространстве) – потому она и инвариантна. Описывается же она через пространственно-

временные характеристики светового сигнала. Только благодаря движению светового сигнала пространство и время объединяются в единое 4-мерное пространственно-временное многообразие. Действительно, 4-мерный характер геометрии в СТО можно понять таким образом. Чтобы увидеть 3-мерный мир, надо все точки этого мира увидеть одновременно. Но никакая информация не передается мгновенно. Поэтому далекие точки мы неизбежно видим в их более ранний момент, т.е. такими, какими они были давно. Смотря на небо, мы видим далекие галактики более молодыми, чем близкие. Картина мира, которая разворачивается перед нашими глазами, - это не мир в какой-то избранный момент времени, а мир, в котором возраст всех объектов, лежащих на расстоянии  $R$  от наблюдателя, моложе наблюдателя на  $R/c$ .

Много лет понадобилось физикам, чтобы понять, что в СТО нет релятивистской массы, нет массы покоя, а есть просто масса без всяких прилагательных. Такая масса не меняется при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой инерциальной системе [4]. Сколько же времени понадобится, чтобы понять, что и инвариантный интервал  $S$  есть ни что иное, как неизменяемая протяженность тела (в направлении движения), которая не меняется при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой инерциальной системе (потому она и инвариантна) и которая выражается через пространственно-временные характеристики светового сигнала? Здесь уместно привести следующую цитату: *"Линейка существует объективно, т.е. вне нашего сознания и вне нас. Но есть ли у нас длина до того, как осуществлены измерения? Длина, как некоторое число, возникает в результате измерения и выбора единиц длины. Конечно, у линейки есть протяженность (если хотите, длина) как качество и до измерения (выделено мной - АК), но до измерения нет численного значения длины. Таким образом, у объективно существующего тела численное значение длины возникает после измерения, а результат измерения, как мы установили, зависит от того, приборами какой системы отсчета мы пользуемся... Хотя до сих пор все время говорилось об относительности длины тел (линеек), следует помнить, что речь идет на самом деле об относительности расстояний между двумя неподвижными точками в одной системе отсчета при измерении их приборами из другой системы отсчета"* [5, стр.73-74].

Эти утверждения являются верными, но только с учетом того, что протяженность (длина) стержня, **как качество**, в действительности не изменяется, что и отображается в СТО наличием инвариантного интервала  $S$ . Даже простое сравнение структуры соотношений для полной энергии свободного тела

$$E^2 = m^2 c^4 + P_x^2 c^2 + P_y^2 c^2 + P_z^2 c^2$$

и инвариантного интервала

$$(ct')^2 = S^2 + x^2 + y^2 + z^2$$

прямо указывает на это. И там и здесь на одном и том же месте стоит инвариант, который не зависит от координатных преобразований. Ничего таинственного в инвариантном интервале  $S$  нет. Это просто неизменяемая протяженность движущегося тела, выраженная через пространственные  $r$  и временные  $ct'$  характеристики безмассового сигнала и ничего более. Такой же подход справедлив и к любому другому инварианту в специальной теории относительности.

Приведем цитату, подтверждающую эту точку зрения: *"Пространственно-временные отношения и свойства тел не зависят от системы отсчета, но лишь различно*

*проявляются в разных системах. Вообще физические величины, зависящие от системы отсчета и в этом смысле относительные, являются своего рода проекциями более общих величин, которые от системы отсчета уже не зависят. В соответствии с этим Минковский дал четырехмерную формулировку законов релятивистской механики и электродинамики...*

*Тем не менее взгляд Минковского на теорию относительности не был воспринят физиками во всей его глубине. Точка зрения относительности, берущая всякое явление в отношении к той или иной системе отсчета, была более привычной, во-первых, потому что такова реальная позиция экспериментатора, наблюдателя, а во-вторых, потому, что и теоретик рассматривает явления, пользуясь той или иной системой координат. Но был еще и третий момент - позитивистская философия, принципиально придающая значение реальности только тому, что дано в непосредственном наблюдении; все же остальное, что содержится в теориях физики, трактуется ею не как изображение действительности, а как построение, лишь увязывающее данные наблюдений. С этой точки зрения четырехмерный мир Минковского есть не более чем схема, не отражающая никакой реальности сверх той, которая уже выражена в исходном изложении теории относительности.*

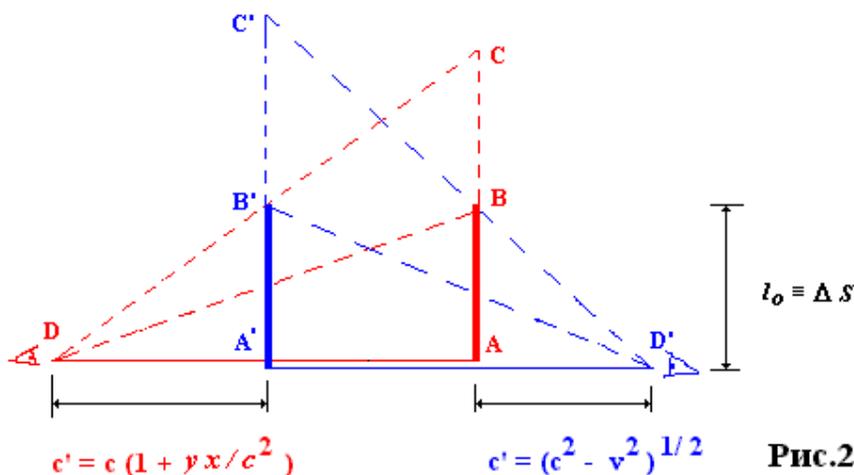
*Таким образом, определились два разных подхода к теории относительности. Первый - подход Минковского, в основе которого лежит представление о пространстве-времени как реальной абсолютной форме существования материального мира. Вторым - чисто релятивистский подход; главное в нем - та или иная система отсчета. Понятно, что первый подход носит материалистический характер и отвечает естественной логике предмета: его форма определяет ее относительные проявления. Вторым же подходом...оказывается позитивистским, отрицающим, что относительное есть лишь грань проявления абсолютного." [13, с. 121-122]*

Здесь под "более общими величинами" как раз и подразумеваются качественно неизменяемые протяженность движущегося стержня, его масса и другие инвариантные характеристики. А 4-х мерный характер описания этих инвариантных характеристик обусловлен их отображением через посредство движущихся безмассовых сигналов. Неуничтожимое движение этих сигналов и порождает четвертую, временную координату псевдоевклидова пространства-времени. "...подход Минковского, в основе которого лежит представление о пространстве-времени как реальной абсолютной форме существования материального мира" как раз и является следствием того, что пространственно-временные отношения между материальными телами этого мира осуществляются с помощью безмассовых сигналов.

Для пояснения сказанного можно представить себе следующую ситуацию. Пусть вы покоитесь в собственной системе отсчета вместе со стержнем метровой длины. Вокруг вас движутся наблюдатели с разными скоростями. То, что каждый из них видит ваш метровой стержень "сокращенным", да к тому же для каждого наблюдателя этот стержень должен "сократиться" по-своему, еще не говорит о том, что ваш стержень и в самом деле "сократился". Для вас это очевидно! Как же этот факт (то, что со стержнем в действительности ничего не происходит и его протяженность остается прежней) отображается в формулах СТО? Отображается этот факт наличием инвариантного интервала  $S$ . (Аналогичные рассуждения справедливы и по отношению к массе тела  $m$ ). Но здесь сразу же возникает вопрос: инвариантный интервал  $S$  описывается четырьмя координатами: одной временной и тремя пространственными, а протяженность нашего метрового стержня только тремя пространственными координатами? Что-то здесь не так.

Разгадка заключается в том, что на самом деле неизменяемая протяженность нашего метрового стержня описывается с помощью четырех пространственно-временных характеристик светового сигнала - одной временной  $c t'$  и тремя пространственными  $x, y, z$  (при измерении протяженности стержня световым сигналом). Неуничтожимое движение светового сигнала и порождает временную координату  $c t'$ . Пространственные координаты  $x=v_x t'$ ;  $y=v_y t'$ ;  $z=v_z t'$  порождаются относительным движением систем отсчета, где  $\mathbf{v}$  - скорость относительного движения. Если бы системы отсчета покоились относительно друг друга, то длина нашего стержня выражалась через временную координату светового сигнала  $c t_0$ , где  $t_0$  - время движения света от одного конца стержня к другому его концу. Пространственные же характеристики  $\mathbf{v} t'$  у светового сигнала появляются в результате относительного движения систем отсчета. С точки зрения условно-неподвижного наблюдателя длина  $S$  движущегося стержня (отражающая его качественно неизменяемую протяженность) выражается теперь через величину  $c' t'$ , а не  $c t_0$ , где  $c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$  - "поперечная" скорость света по отношению к инвариантной протяженности стержня, равной  $S$ . Поэтому  $S = c' t'$ . Итак, мы видим, что в СТО описываются только пространственно-временные характеристики безмассовых сигналов по отношению к тем или иным неизменяемым стержням (системам отсчета). Те же рассуждения мы обязаны распространить и на понятие инвариантного интервала  $S$  в общей теории относительности. А это уже совсем другой уровень ее понимания!

В модели СТО можно отобразить ситуацию, когда одна из систем отсчета движется равномерно - ускоренно (рис.2)



В этом случае величина  $c'$  (на рис.2 слева) будет иметь вид

$$c' = c (1 + \gamma x / c^2)$$

где  $\gamma$  - равномерное ускорение,  $x$  - текущая координата. Величина же скорости света  $c'$  (на рис.2 справа) по-прежнему имеет вид  $c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$ . Как видно из рис.2, симметрия двух систем отсчета (их равноправие) уже теряется. Из рис.2 также видно, что переход системы отсчета  $K_0$  из состояния равномерного и прямолинейного движения в состояние ускорения изменяет внутренние отношения в ускоренной системе отсчета  $K_0$  из-за изменения величины скорости света  $c'$  (изменилась форма треугольника  $ABD$ ), в то время

как в СТО (рис.1) скорость света  $c'$  изменялась из-за перемены внешних отношений между двумя системами отсчета  $K_0$  и  $K'$  (формы треугольников  $ABD$  и  $A'B'D'$  не изменились, а изменилось только их положение относительно друг друга). Изменением внутренних отношений в ускоренной системе отсчета и решается так называемый парадокс близнецов. Под внутренними отношениями мы подразумеваем здесь обмен (взаимодействие) безмассовыми сигналами между структурными элементами ускоренной системы отсчета. Изменение скорости  $c'$  под влиянием ускорения естественным образом меняет скорость остальных (вторичных) временных процессов в ускоренной системе отсчета. В общем же случае в неравномерно - ускоренных системах отсчета или в гравитационных полях величина "поперечной" скорости света  $c'$  обобщается и принимает вид

$$c' = (g_{ik} v^i v^k)^{1/2}$$

или, развернуто  $c' = (g_{00} c^2 + 2 g_{0\alpha} c v^\alpha + g_{\alpha\beta} v^\alpha v^\beta)^{1/2}$

где  $\alpha, \beta = 1,2,3$ ;  $i, k = 0,1,2,3$ ;  $g_{ik}$  - метрические коэффициенты или гравитационные потенциалы, а  $v^i = dx^i / dt'$ .

Отсюда величина инвариантного интервала равна

$$dS = (g_{ik} v^i v^k)^{1/2} dt' = c' dt' \tag{10}$$

что является первой ступенью для построения общей теории относительности (если подставить  $c'$  в качестве лагранжиана в вариационное уравнение Эйлера-Лагранжа, мы получим известное в общей теории относительности уравнение геодезической [17]). Однако в (10) величина  $c'$  является "поперечной" скоростью света в ускоренной системе отсчета  $K_0$  (с точки зрения условно- неподвижного наблюдателя). Она и определяет собой скорость во времени всех процессов в  $K_0$ .

В равномерно-ускоренной системе отсчета имеем

$$c' = c (g_{00})^{1/2} \quad \text{или} \quad c' = c (1 + \gamma x / c^2)$$

в соответствии с рис.2.

Таким образом, наша модель вполне адекватно отображает пространственно-временные отношения в СТО и, изучая ее, мы можем глубже понять сущность этой теории.

### 3. Заключение

Подведем итоги:

1. Псевдоевклидовое пространство-время является следствием пространственно-временных отношений между структурными элементами физической материи и связывающих их полей. Утверждение о том, что электродинамика Максвелла-Лоренца выявляет псевдоевклидов характер пространства-времени, неверно по сути. Поля, распространяющиеся со скоростью света, не выявляют псевдоевклидовую геометрию, якобы существующую до этого, а организуют, формируют ее. Метрика пространства-

времени не дана заранее, а создается безмассовыми полями посредством установления пространственно-временных отношений между массивными материальными объектами.

2. Пространственно-временные процессы в СТО совершенно конкретны и обусловлены материальными носителями - безмассовыми полями (в частности, фотонами). Все остальные пространственно-временные физические процессы, в новой интерпретации, являются производными от этого первичного релятивистского процесса. Физическое пространство-время "вообще" в своей основе определяется движением безмассовых сигналов со скоростью  $c'$  (с точки зрения условно-неподвижного наблюдателя) и только. То есть *движение безмассовых сигналов и физическое пространство-время - это понятия тождественные*. Таким образом, субстанциональной основой физического пространства-времени, а значит и пространства-времени "вообще", являются безмассовые кванты энергии.

3. Величина  $c' = (c^2 - v^2)^{1/2}$  или  $c' = (g_{ik} v^i v^k)^{1/2}$ , как следует из модели СТО, является "поперечной" скоростью света в движущейся равномерно и прямолинейно или, соответственно, ускоренно системах отсчета с точки зрения условно-неподвижного наблюдателя по отношению к истинной протяженности движущегося стержня, равной  $\Delta S$ . Отсюда  $\Delta S = c' \Delta t'$ . Скорость  $c'$  и определяет скорость во времени всех процессов в этих системах отсчета.

4. Инвариантный интервал  $S$  в СТО есть не что иное, как неизменяемая протяженность движущегося стержня, которая выражается через пространственно-временные характеристики безмассового сигнала.

5. *Принцип относительности*, по-видимому, является следствием того обстоятельства, что в основе пространственно-временных процессов лежат движения безмассовых частиц. В современной же трактовке этот принцип рассматривается не как следствие, а как предпосылка в виде отдельного постулата в специальной теории относительности, что затрудняет ясное понимание его истоков.

Конечно, в СТО речь идет о предельной скорости взаимодействий в природе, но эта предельная скорость конкретно реализуется через безмассовые сигналы (и, в частности, через световые сигналы). Нет абстрактной предельной скорости  $c$ . Вместо фотонов я мог бы рассматривать, например, глюоны.

Дает ли правильное понимание соотношений специальной теории относительности что-то полезное для физики? Без сомнения. Но осознание этого, к сожалению, очень долгий процесс. Новое понимание инвариантного интервала  $S$  как протяженности, выраженной через пространственно-временные характеристики безмассовых сигналов, распространяется и на понятие инвариантного интервала  $S$  в общей теории относительности. В ОТО вид интервала (геометрия пространства-времени) полностью определяется распределением и движением тяготеющих масс. Отсюда, в частности, следует, что гравитационное поле непосредственно воздействует только на безмассовые кванты энергии и через них, опосредованно, на всю весомую материю. Это проявляется в том, что в выражение для "поперечной" скорости света

$$c' = (g_{ik} v^i v^k)^{1/2}$$

входят гравитационные потенциалы  $g_{ik}$ .

Таким образом, согласно изложенной выше интерпретации, в СТО нет ничего, кроме описания пространственно-временных характеристик безмассовых полей в различных ИСО. Этот полученный нами совершенно новый вывод, примененный к общей теории относительности, не затрагивая математической структуры ОТО, кардинальным образом изменяет ее интерпретацию, позволяя переосмыслить традиционный геометрический подход в теории гравитации. Но это уже тема другой статьи (см. [15]).

Для многих физиков важна только та реальность, которая дана в непосредственном наблюдении, то есть важно то, что измеримо. Все же остальное, что содержится в теориях физики, трактуется не как изображение действительности, а как построение, лишь увязывающее данные наблюдений (пример: 4-мерие, инвариантный интервал  $S$  и т.п.). Это и есть позитивистская философия. С этой точки зрения четырехмерный мир Минковского есть не более чем схема, не отражающая никакой реальности сверх той, которая уже выражена в исходном изложении теории относительности. Позитивисты отрицают, что относительное есть лишь грань, проявление абсолютного.

Для позитивистов реально только то, что измеряемо, наблюдаемо. С этой точки зрения измеряемая скорость света " $c$ " - действительно инвариант в любой ИСО, она равна  $c = x/t = x'/t' = x''/t'' = \dots$  и т.д. Но "поперечная" скорость света по отношению к действительной протяженности стержня, а не измеряемой - не инвариант и равна  $c' = S/t' = (c^2 - v^2)^{1/2}$ , хотя тем не менее она остается предельной, меньшей либо равной " $c$ ". Именно эта скорость и определяет скорость всех временных процессов в той или иной ИСО.

Итак, что мы имеем:

1. В интерпретации Лоренца инвариантность скорости света в любой ИСО "объяснялась" посредством деформации движущихся стержней в направлении движения.
2. Интерпретация Эйнштейном преобразований Лоренца оказалась глубже интерпретации Лоренца и своим подходом объединила мир явлений (механику, электродинамику, ядерные и др. явления) и как бы объяснила их. Но дальше физических явлений интерпретация Эйнштейна не пошла. Это позитивистский подход. В СТО есть свои проблемы. Например, с точки зрения СТО, пространство-время независимо от конкретного пространственно-временного процесса и ведет себя так ("растягивается", "сжимается"), *как будто оно обладает самостоятельным субстратом* (в общей теории относительности оно еще и "искривляется"). СТО (как и ОТО) этот феномен объяснить не в состоянии и принимает его как данность.
3. Изложенная выше интерпретация теории относительности является следующим этапом, более глубоким, чем интерпретация Эйнштейна. Она раскрывает не только мир физических явлений, но и ту сущность, которая за этими явлениями стоит. Она отвергает позитивистский подход и является материалистической. Здесь *все пространственно-временные процессы (пространственно-временная структура мира) в конечном счете определены только одним материальным процессом - процессом распространения фундаментального сигнала с "кажущейся", "поперечной" скоростью света, равной  $c' = S/t'$*  (с точки зрения условно-покоящегося наблюдателя). Косвенное проявление этого основополагающего факта обнаруживается, например, в "кажущемся" замедлении всех временных процессов во взаимно движущихся инерциальных системах отсчета и явно в неинерциальных системах отсчета.

## Литература

1. Демин В.Н. *Основной принцип материализма*, Москва, Политиздат, 1983
2. Климец А.П. *Физика и философия. Поиск истины*, "Форт", 1997
3. Эйнштейн А. *Собрание научных трудов*, т.2, Москва, Наука, 1966
4. Окунь Л.Б. УФН **170** 1366 (2000)
5. Угаров В.А. *Специальная теория относительности*, Москва, Наука, 1977
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Теория поля*, Москва, Наука, 1967
7. Бом Д. *Специальная теория относительности*, Москва, Мир, 1967
8. Бройль Л. *Революция в физике*, 1934
9. Климец А.П. *О скорости света*, 2000, или <http://aklimets.narod.ru/skorostsveta.htm>
10. Климец А.П. *О световых часах*, 2000, или <http://aklimets.narod.ru/2postulat.htm>
11. Спасский Б.И. *Физика для философов*, Москва, Издательство Московского университета, 1989
12. Фок В.А. *Физические принципы теории тяготения*, ж-л "Вопросы философии", 1966, № 8
13. Александров А.Д. "О философском содержании теории относительности" в сборнике "Эйнштейн и философские проблемы физики XX века", Москва, Наука, 1979
14. Трофименко А.П. *Теория относительности и астрофизическая реальность*, Минск, Наука и техника, 1992
15. Климец А.П. *Модель инертной и тяжелой массы в общей теории относительности*, 2000, или <http://aklimets.narod.ru/Modelmassy.htm>
16. Малинин А.Н. *Теория относительности в задачах и упражнениях*, Книга для учителя, Москва, "Просвещение", 1983
17. Мэтьюз Дж., Уокер Р. *Математические методы физики*, Москва, Атомиздат, 1972; Корн Г., Корн Т. *Справочник по математике для научных работников и инженеров*, Москва, Наука, 1968