

УДК 168:514.1

DOI: 10.26456/vtphilos/2024.1.014

## **ЭЙНШТЕЙНОВСКАЯ СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ КОНВЕНЦИОНАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ. ПРОБЛЕМЫ СТРУКТУРЫ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**С.Н. Коськов**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»,  
г. Орел

Рассматривается создание специальной теории относительности, как решение проблем классической физики. Основные положения эйнштейновской теории относительности представлены как логически взаимосвязанные постулаты. Показана их конвенциональная природа и конвенциональный характер специальной теории относительности, как любой трансцендентальной теории.

**Ключевые слова:** *идея теории относительности, идея Эйнштейновской специальной теории относительности, методологический анализ, мировоззренческий анализ, конвенция, конвенциональность теории.*

*«Сплотив воедино понятия пространства и времени, массы и энергии, тяготения и инерции, это теория наравне с другими теориями классической физики подчинилась той унифицирующей тенденции, которая, как мы отмечали ранее, воодушевляла физику XIX века»*  
Марио Льюцци

В 1905 г. Эйнштейн, создавая специальную теорию относительности, исповедовал пропозитивистский принцип наблюдаемости. В соответствии с ним физическое понятие, не имеющее своего физического референта, не обладает правами на существование. В отношении к понятию «эфир» — это означает: раз его нельзя обнаружить никакими физическими методами и экспериментами, то его попросту не существует. Следовательно, нужно отказаться от эфемерного понятия «эфир». Приговор жесткий и однозначный, обжалованию не подлежит. На тот момент это спасительное решение для нового становления неклассической физики, как и отказ от абсолютных понятий классической физики, так и отказ от всего абсолютного в области познания.

Методологическая проблематика связана с выбором теории и, в целом, с проблемой выбора в научном познании, с проблемой плюрализма в понимании научной истины. Осознание этих проблем, как нормативных, методологических проблем, началось в 1960–70-е гг. Как связан уровень

© Коськов С.Н., 2024

наблюдения и теоретический уровень познания – остается по сути дела открытым. Нет прямых линий, взаимосвязей, эксперимента и т. д.

В 1935 г. Эйнштейн пишет в письме К. Попперу «В целом мне действительно не нравится модная в настоящее время “позитивистская” тенденция цепляться за то, что является наблюдаемым» и далее «... я думаю (подобно Вам, между прочим), что теория не может быть получена из результатов наблюдений, но может быть только изобретена» [5, с. 283–284.]. Другими словами, Эйнштейн хотел сказать, – «я конструирую теорию». Именно, осознание научной деятельности, как процесса конструирования научного знания открывает неограниченные возможности научного творчества. Ограничения должны быть только нравственного характера.

Эйнштейн утверждает: «Понятие “истины” к такому образованию ещё совсем неприменимо; это понятие может, по моему мнению, быть введено только тогда, когда имеется налицо условное соглашение относительно элементов и правил игры» [4, с. 241]. Такая постановка вопроса очень близка к конвенционалистскому пониманию научной истины Карнапом и Айдукевичем. Путём определений основных понятий и аксиом выстраивается теория, а в качестве правил предлагается правило логического синтаксиса. Главное условие такого построения – не допустить противоречий внутри системы – когерентная концепция научной истины.

Почему становится закономерным такое понимание научной теории и истины? Ответ на этот вопрос заключается в понимании сложности многоуровневости научного знания: чувственный уровень, эмпирический уровень, теоретический уровень, метатеоретический уровень. Все эти уровни не только взаимосвязаны, но и относительно автономны [3].

Именно автономность теоретического уровня научного знания, делает возможным появления новых теорий. В частности, она обеспечила появление специальной теории относительности, утвердила права гражданства мысленного эксперимента в науке.

К началу XX в. в ньютоновской физике накопился ряд проблем философского, логического, эмпирического и теоретического характера, которые могли иметь целый спектр различных решений, в том числе локального характера. Но требовалась целостная теория, и такой теорией стала эйнштейновская теория относительности 1905 г., которую называют специальной теорией относительности (далее – СТО) или частной теорией относительности. Данная теория носит коллективный характер, создавалась целой группой ученых. Среди них – А. Пуанкаре, Г.А. Лоренц, М. Планк, Дж. Лармор, Ф.С. Фицджеральд, Г. Минковский, но авторство принадлежит Альберту Эйнштейну.

I. Специальная теория относительности — это естественнонаучная теория, а не художественное произведение или натурфилософские рассуждения. Она имеет дело исключительно с числом и измерением. Всё, что выходит за число и измерение, может относиться к метафизическим, фи-

лософским рассуждениям и т. д., но не является естественнонаучным знанием.

Чтобы она действительно стала новой теорией, необходимо было отказаться от старых понятий, но не от пространства и времени, движения и т. д., а от абсолютного характера физических понятий.

II. Специальная теория относительности — это кинематическая теория, то есть она описывает лишь количественный характер движения без указания на его причины.

III. Первым шагом было объявление скорости света постоянной и независимой от характера движения источника света. Т. е. скорость света постоянна, приблизительно 300 000 км/сек., но само по себе такое заявление носило постулативный характер, который в свою очередь потребовал ряд других постулатов.

IV. Специальная теория относительности — это мир инерциальных систем, т. е. систем отсчёта, которые движутся прямолинейно и равномерно относительно друг друга, либо покоятся. СТО описывает лишь количественное движение инерциальных систем.

V. Принцип относительности Эйнштейна. Если у Галилея принцип относительности касался лишь механического движения, то принцип относительности Эйнштейна объединяет механику и электродинамику:

A) все механические и электродинамические процессы протекают одинаковым образом;

B) все механические и электродинамические процессы описываются одними и тем же уравнениями;

C) уравнения, описывающие все механические и электродинамические процессы, имеют (ковариантный) инвариантный характер;

D) все механические и электродинамические процессы имеют одинаковую форму;

E) наблюдатель, находящийся внутри инерциальной системы, её собственными средствами не может определить находится ли она в движении, или же она покоится.

VI. Радикальным решением стало новое понятие одновременности, которое тоже потеряло свой абсолютный характер и получило свой относительный статус.

До эпохи Эйнштейна всем априорно казалось на уровне теории и научной практики, что понятие одновременности событий носит абсолютный характер, и если мы синхронизируем тысячи пар наилучших часов и разместим их в различных городах, механизмах, ракетах, самолетах, звездах и т. д., то все они будут показывать одно и то же время. К примеру, в 15:00 одновременно все эти часы прозвенят в одно и то же мгновение по всей Вселенной. Как синхронизировать часы на Земле и Луне? Если стрелять из каких-нибудь пушек или ракет, то это будет очень неудобно, неточно. С помощью посылки сигнала это, конечно, проще и точнее. Из пункта А (часы на Земле) посылается сигнал в точку В (часы на Луне) и

затем посылается обратно, и если в точке А и В будет показано одно и то же время, то эта пара событий окажется одновременной. Но если это даже практически возможно, то что нам это даёт теоретически, как и другой возможный единичный, практический пример?

Возьмем другой пример, на гигантской платформе стоит гигантский вагон. Посредине вагона стоит стульчик, на котором сидит наблюдатель. Над его головой висит обыкновенная лампочка, а по внутренним стенкам вагона расположены фотоэлементы и звонки. И когда наблюдатель включает лампочку, то боковые элементы вспыхивают одновременно и одновременно начинают звучать звонки. Это ни у кого не вызывает сомнений, т. к. это и должно быть. Но есть другой наблюдатель, который стоит на противоположной космической гигантской платформе и у него будут такие же лампочки, стульчик и фотоэлементы на столбах платформы. И если второй наблюдатель не движется по отношению к первому, то для него, как для первого наблюдателя, звонки и фотоэлементы также сработают одновременно.

Теперь предположим другую ситуацию. Первый наблюдатель движется с достаточно большой скоростью (размеры платформ космически-гигантские), тогда для первого наблюдателя картина не изменится, включается лампочка, и вспышка света достигает одновременно боковых фотоэлементов и звонков, и если эта идеально ровная платформа, то он даже не заметит движение своего вагона [1]. А как эту ситуацию воспримет другой наблюдатель, стоящий на противоположной стороне платформы? Предположим, что по отношению к нему вагон движется справа налево. Тогда для него быстрее загорится и зазвонит правая сторона вагона. А на левой стороне, которая удаляется от источника света, вспышка фотоэлемента и звонок произойдут позже. Какой же радикальный вывод напрашивается дальше? Та пара событий, которая была одновременной для первого наблюдателя, окажется неодновременной для наблюдателя, стоявшего на платформе. Можно продолжить этот пример. Теперь за вторым наблюдателем наблюдает первый наблюдатель, находящийся в вагоне. Вагон первого наблюдателя не движется, поэтому, когда вспыхивает лампочка на платформе, где стоит второй наблюдатель, на боковых столбах сигнальные элементы сработают одновременно, но когда первый наблюдатель уже из движущегося вагона будет следить за вторым наблюдателем, то сигнальные элементы на столбах платформы сработают не одновременно. Левая сигнальная система сработает раньше, чем правая, и в этом случае световые сигналы будут распространяться с различной скоростью, хотя скорость света постоянна.

События одновременные в одной инерциальной системе могут быть неодновременными в другой инерциальной системе [2]. Понятие одновременности тоже оказывается относительным понятием. Более того, все примеры, связанные с определением одновременности событий, носят конвенциональный характер.

VII. Глубокий анализ оснований физических критериев показывает, что действительно, раз такое фундаментальное понятие одновременности уже не срабатывает в новой физике, то и это означает, что все преобразования Галилея не годятся для теории относительности. Анализ понятий и принципов новой физики требует таких преобразований, при которых законы оставались бы инвариантами, независимо от их количественных изменений. Такие преобразования были созданы Х.А. Лоренцем и Фицджеральдом, для всех инерциальных систем, а для групп преобразования были разработаны Анри Пуанкаре.

**A) Преобразование времени**

Если в классической механике и электродинамике время ( $t$ ) во всех инерциальных системах одно и то же, поэтому все события происходят одновременно. Понятие одновременности носит абсолютный характер, как и все понятия в классической физике. В СТО при переходе одной системы к другой время исчисляется по формуле  $t' = \frac{t_0 - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

*Временные параметры*

Длительность, как временная характеристика изменятся при переходе от одной инерциальной системы к другой. В соответствие с формулой временные промежутки как бы растягиваются, время замедляется.

$$\Delta t' = \Delta t_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Мы именуем временем измерение движущейся системы отсчета по отношению к покоящейся системе. Скажем, время в движущемся корабле по отношению ко времени, измеряющемуся часами, покоящимися на Земле, то формула будет  $\theta' = \theta_0 * \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Ко отношению всем этим преобразованиям законы электродинамики являются инвариантными, поэтому изменения темпа протекания времени и самого времени будут симметричны, так же как изменения длин по отношению к выделенной инерциальной системе отчета. Преобразования Галилея механики Ньютона носят строго ограниченный характер, т. е. выполняется в строгой механике Ньютона, в электродинамике они уже не работают, не выполняются. Поэтому Эйнштейн был вынужден ввести преобразования Лоренца, чтобы привести их в соответствие с требованиями инвариантности всех законов физики во всех инерциальных системах.

**B) Преобразование координат**

$$x' = \frac{x_0 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Так как мы имеем дело с инерциальными системами, то  $y' = y_0$ ,  $z' = z_0$ , ...

**C) Преобразование длин в движущихся системах**

Система  $k'$  движется со скоростью  $v$  по отношению к  $k$ . Если мы имеем конкретный пример, скажем, стол и измеряем его длину в направлении движения скорости системы отчета, то в покоящийся системе отчета эта длина  $l_0$ , а в движущейся по отношению к этой системе отчета  $k'$  по отношению к столу  $l' = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ . Давайте проверим, длина — это разность координат  $x_2 - x_1$ , что дает  $l$ . Пускай нам известно  $x_1$  и  $x_2$ , тогда  $l_0 = x_2 - x_1$ .

Но это данные мы измерили линейкой, которая покоится в системе  $k'$ . Поскольку пространственные и временные координаты изменяются при переходе от одной системы отчета к другой, далее инерциальная система должна иметь свои масштабы пространства и времени, условно говоря, свои линейки и свои часы. Мы должны иметь в виду, что можем измерить длину линейкой, которая покоится в системе отчета, и в которой покоится и предмет, которой мы измеряем, так и линейкой, которая движется с определенной скоростью по отношению к предмету, которая измеряется этой же линейкой. Это значение нужно для стола, измеренного линейкой, которая покоится в системе  $k'$ . Соответственно система  $k$ , движущаяся по отношению к системе  $k'$ , со скоростью  $v$  в обратном направлении, дает другое значение.  $x_2 - x_1 = (x_2' - x_1')$ :  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Все предметы, рассматриваемые в теории относительности, которые движутся по отношению к неподвижному наблюдателю, будут сокращаться по направлению своего движения. Это соотношение было выведено Лоренцем, но в отличие от Лоренца эта ситуация будет полностью симметрична.

Если, к примеру, взять два космических корабля, которые движутся относительно друг друга инерциально, то первый пилот будет видеть второй корабль как сократившийся, и, соответственно, второй пилот будет видеть первый корабль сократившимся. Следовательно, при переходе от одной инерциальной системы к другой значение пространственных параметров изменяется. Если в покоящейся системе величина  $l_0$ , то в движущейся мы получим  $l' = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ .

Если в классической физике действовало простое сложение скоростей, то сейчас  $w = u + v$ .

Напомним простой пример: человек движется по палубе парохода, и если направления скоростей человека и парохода совпадают, то они складываются. Если нет, то происходит вычитание скоростей. В СТО принцип постоянства скорости света не позволяет делать такие вычисления, т. к. скорость света является предельной скоростью —  $w = \frac{u + v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$ .

VIII. Изменение законов Ньютона достаточно проиллюстрировать на втором законе механики. Чтобы привести их в соответствие с основами, постулатами специальной теорией относительности, второй закон должен

выглядеть следующим образом  $F = \frac{m_0 a}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ . Так же и другие законы механики Ньютона должны быть переписаны. На практике разница между старой и новой трактовкой законов внешне не принципиальна, это за счет того, что на уровне практики механики Ньютона мы имеем дело с малыми скоростями, поэтому подкоренное выражение близко к единице. Несмотря на эту внешнюю простоту ситуации, данное положение вызвало целую бурю методологических дискуссий.

IX. На основе этих новых соотношений Эйнштейн вывел новую, гениальную формулу  $E = mc^2$ , которое не могло быть получено в классической физике, где  $m = \frac{m_0(\text{покоя})}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ .

X. Принцип близкодействия. Взаимодействие между физическими телами происходит с бесконечной скоростью в классической физике Ньютона. В неклассической физике Эйнштейна эта скорость не должна превышать скорость света. В случае электродинамики Фарадея, Максвелла взаимодействие передается от одной точки электромагнитного поля к другой. Скорость этого электромагнитного взаимодействия равна скорости света, к этому принципу Максвелл пришел самостоятельно. Эти идеи оставил Фарадей в своём завещании. Максвелл не знал об этом завещании, но «логика научного исследования» и мифологичная «логика научного открытия» привели его к открытию этой гениальной идеи.

XI. Евклидовость реального пространства. Специальная теория относительности в той мере, в которой она обращается к геометрии, к законам пространственных соотношений, исчисляет длины, диаметры по длине окружности, соотношение между углами и треугольниками и т. д. Во всех этих вычислениях пользуются геометрией Евклида.

XII. Важнейшим шагом на пути к развитию к СТО было осознание псевдо Евклидовости реального пространства. Это соотношение было дано Генрихом Минковским, который предложил новую трактовку пространства и времени. Без этого пространственно-временного интервала Минковского (1907–1908) не был бы возможен переход к общей теории относительности.

В классической физике различные инерциальные системы  $k$  и  $k'$  имеют ряд инвариантных величин, инвариантных соотношений при переходе из одной системы отсчета к другой. В частности, такой инвариантной величиной является длина, как характеристика физического тела. Как мы уже отметили, классической физике внутренне присуща Евклидова геометрия. Конкретность вычислений того или иного объекта, его движения по законам Евклидовой геометрии производится в любой системе координат. Длина АВ будет всегда постоянной величиной.

Но в специальной теории относительности положение дел другое, длины меняются в зависимости от скоростей также, как и временные параметры при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

Поэтому принципиально важно указать характеристики тела – длину и время. Поэтому система координат преобразуется, по оси  $y$  в системе откладывается время, а по горизонтальной оси пространственные характеристики  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Поскольку в классической физике время было абсолютно, временные координаты не менялись, а менялись лишь пространственные координаты, поэтому время не входило в исчисление изменений характеристик тела. В СТО характеризуются все события в инерциальных системах целостным способом и с пространственной и временной точек зрения. Поэтому возникает ситуация: «остается ли что-то инвариантным при таком случае при переходе от одной инерциальной системы к другой» [3]. Оказалось, что в рамках специальной теории относительности при переходе от одной инерциальной системы к другой изменяется как пространственные, так и временные характеристики, а определенное соотношение между ними оказывается величиной инвариантной. Это – некоторый интервал в четырехмерном многообразии пространства и времени ( $xuzt$ ), состоящий из трех пространственных характеристик и одной временной. Этот интервал является величиной постоянной, независимо от перехода и выбора инерциальных систем. А вычисляется он по формуле, аналогичной той, по которой в Евклидовой геометрии вычисляется пространственный интервал –  $\Delta f^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + \Delta \theta^2$ , где  $\theta = ct$ . Таким образом, объединенное пространство и время сохраняют инвариантность соотношений при переходе от одной инерциальной системе к другой. Сам Минковский в связи с этим замечал, что в этих исследованиях мы подходим к такому пункту понимания отношений пространства и времени, когда горы похожи на определенные тени, и только их соотношения между собой приобретают длительный истинный онтологический смысл. Это более глубокая реальность, чем та, с которой мы имеем дело в повседневной практике. На примере практики мы имеем трехмерное пространство, одномерное время и в СТО это соотношение является абсолютной величиной во всех инерциальных системах отчета. В шутку некоторые физики стали называть теорию относительности «теорией абсолютности». На место прежних абсолютов: пространства, времени, абсолютной системы отсчета и т. д. пришли новые абсолюты: скорость света, пространственно-временной интервал и т. д. Дальнейшее развитие теории относительности Эйнштейна крайне затруднено или совсем невысказимо без этих обобщений Минковского. Можно сказать, что пространственно-временные интервалы Минковского – это другая запись фактически тех же результатов, полученных Эйнштейном, исходя из необходимости создания уравнения, которые были бы инвариантными по отношению к преобразованию Лоренца, в которых скорость света должна была сохранять своё постоянное значение.



### Список литературы

1. Лебедев С.А., Коськов С.Н. Конвенциональность и консенсуальность научного знания как эпистемологическая норма // Журнал философских исследований. 2020. Т. 6. № 3. С. 12–21.
2. Лебедев С.А., Коськов С.Н. Логико-исторический анализ конвенционализма // Журнал философских исследований. 2020. Т. 6. № 3. С. 22-27.
3. Лебедев С.А., Коськов С.Н. Плюрализм уровней научного знания // Гуманитарный вестник. 2021. № 3 (89). С. 1–13.
4. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. М.: Нмука, 1965. 327 с.
5. Эйнштейновский сборник 1975–1976. М.: Наука, 1978. 352 с.

## EINSTEIN'S SPECIAL THEORY OF RELATIVITY AND ITS CONVENTIONAL CONSTRUCTION. PROBLEMS, STRUCTURE AND MAIN PROVISIONS

**S.N. Koskov**

Turgenev Orel State University, Orel

This article discusses the creation of a special theory of relativity as a solution to the problems of classical physics. The main provisions of Einstein's theory of relativity are presented as logically interrelated postulates. Their conventional nature and the conventional character of the special theory of relativity, like any transcendental theory, are shown.

**Keywords:** *the idea of the theory of relativity, the idea of Einstein's special theory of relativity, methodological analysis, worldview analysis, convention, conventionality of the theory.*

*Об авторе:*

КОСЬКОВ Сергей Николаевич – доктор философских наук, профессор кафедры философии ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орел. E-mail: koskov6819@gmail.com

*Author information:*

KOSKOV Sergey Nikolaevich – PhD (Philosophy), Professor, Professor of the Department of Philosophy, Turgenev Orel State University, Orel. E-mail: koskov6819@gmail.com

Дата поступления рукописи в редакцию: 15.01.2024.  
Дата принятия рукописи в печать: 10.02.2024.