Методические заметки по фундаментальным проблемам естествознания

КЛЮЧЕВОЙ МОМЕНТ ПЕРВОЙ СТАТЬИ ЭЙНШТЕЙНА О ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Ю.И.Наберухин

Первой статье Эйнштейна 1905 г., в которой была сформулирована (специальная) теория относительности, посвящена обширная литература. Эта статья детально анализируется в отдельной монографии [1], и многие авторы до сих пор отмечают ее кажущиеся недостатки и несовершенства [2]. Мы бы хотели здесь обратить внимание на один специфический момент в этой статье, который обычно не обсуждается, но который, по нашему мнению, имеет ключевое значение для всей эйнштейновской концепции. Чтобы осознать этот момент, нужно хотя бы вкратце (и не очень строго) напомнить проблему, которая возникла в электродинамике движущихся тел в начале XX в. и радикальное решение которой дано в этой статье Эйнштейна [3].

Предыстория

Электродинамика Максвелла была сформулирована в системе отсчета, связанной с неподвижным эфиром. Для объяснения отрицательных результатов многих экспериментов, поставленных для обнаружения движения Земли относительно этой «светоносной среды», было необходимо записать уравнения электродинамики в движущейся относительно эфира системе отсчета. Для этого нужно выразить значения координат, времени и других физических величин (сил, электрического и магнитного поля и т.д.) в движущейся системе от-

© Наберухин Ю.И., 2005

счета через их значения в неподвижной системе. Это оказалось сделать не так-то просто. Герц применил способ действий, принятый в классической механике: как бы мы сейчас сказали, он использовал принцип относительности Галилея, в котором временная координата в обеих системах отсчета тождественна ($t' = t$). Это не дало согласия с экспериментом. Правильный путь был найден Лоренцем в 1904 г. Он установил, что основные законы электродинамики – уравнения Максвелла – сохраняют свою математическую форму, если от координат $\{x, y, z, t\}$ в неподвижной системе перейти к координатам $\{x', y', z', t'\}$ движущейся системы посредством особого вида преобразований, которые мы сейчас и называем преобразованиями Лоренца. Таким образом, любое электромагнитное явление, описанное в нештрихованных координатах, будет выглядеть точно так же и в штрихованных координатах. Следовательно, никакими электромагнитными процессами нельзя отличить систему отсчета $\{x, y, z, t\}$ от системы отсчета $\{x', y', z', t'\}$, движущейся по отношению к первой.

Казалось бы, проблема электродинамики движущихся тел решена. Однако инвариантность уравнений относительно некоторого преобразования координат – это чисто математическая теорема. Для того чтобы она решала поставленную физическую проблему, необходимо доказать, что штрихованные координаты, которые мы приписываем движущейся системе отсчета, имеют тот же самый физический смысл, какой мы вкладываем в пространственные и временную переменные в «обычной» неподвижной системе отсчета. Что касается переменной x', то преобразования Лоренца показывают, что она сокращается вдоль направления движения, и притом в таком же отношении, как постулировалось ad hoc Лоренцем и Фицджеральдом для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона – Морли. Это можно было рассматривать как теоретическое обоснование «гипотезы сокращения» [4]. Ситуация с переменной t' сложнее. Важным результатом Лоренца было доказательство того, что инвариантности уравнений Максвелла нельзя добиться, если не преобразовывать временную координату (т.е. если полагать $t' = t$). Но как интерпретировать новую координату t', отличную от «обычного» времени t? Лоренц ни на минуту не сомневался, что «истинным» временем является только время, описываемое переменной t в системе отсчета, связанной с неподвижным эфиром, а не время t', которое он называл «местным временем» (Ortszeit). Он сам ясно говорил об этом: «Я всегда придерживался мысли, что только переменную t можно принимать за

истинное время и что мое местное время *t'* должно рассматриваться не более как вспомогательная математическая величина» [5]. И далее: «Я не рассматривал *t'* как действительное "время" и придерживался мысли, что в системе *x', y', z', t'* одновременность по-прежнему следует рассматривать как равенство значений *t* » [6]. Однако это разъяснение сделано Лоренцем в 1915 г. [7], уже после триумфа эйнштейновской теории относительности, в примечаниях ко второму изданию его книги «Теория электронов». Ни в статье 1904 г., ни даже в первом издании этой книги 1909 г. таких заявлений не было. И это понятно: Лоренц, как и все физики того времени, всецело разделял классическую концепцию абсолютного времени, и упоминать о том, что физическим смыслом обладает только «истинное» время *t*, было совершенно излишне.

Позиция Пуанкаре, которого иные авторы объявляют истинным создателем теории относительности, менее ясная. Мы не будем здесь анализировать его многочисленные высказывания, представленные в сборнике «Принцип относительности». Нас интересует только одно: как он интерпретирует время *t'* . Пуанкаре принимал концепцию неподвижного эфира и заявлял, что его исследование 1905 г. только подправляет работу Лоренца 1904 г. Поэтому вряд ли можно сомневаться в том, что его представления о времени в существенных моментах не отличаются от лоренцевских. Однако ни в обширном мемуаре 1906 г., ни в краткой предварительной заметке 1905 г. [8]. Пуанкаре ничего не говорит о смысле переменной *t'*. Он только неоднократно повторяет, что инвариантность уравнений Максвелла относительно преобразований Лоренца означает, что штрихованная и нештрихованная системы отсчета представляют собой точное изображение одна другой и, значит, никакими опытами их невозможно различить.

В нашем кратком обсуждении мы хотели подчеркнуть, что в электродинамике движущихся тел нужно различать две проблемы. Во-первых, есть проблема инвариантности уравнений движения (уравнений Максвелла): существует ли система отсчета $\{x', y', z', t'\}$, в которой уравнения имеют такой же вид, как в исходной («неподвижной») системе $\{x, y, z, t\}$? Это задача чисто математическая. (При этом возникает тоже математический вопрос: нужно ли или нет преобразовывать переменную *t* ? Оказывается, что для уравнений Максвелла – нужно.) Во-вторых, есть проблема «истинного» времени: как связана новая переменная *t'* с «истинным» временем, которое показывают часы в новой системе отсчета? Это уже не математическая (т.е. не чисто логическая) задача; ее нужно

решать на основе некоторых содержательных (физических) соображений, которые с точки зрения математики (логики) являются необязательными, условными. Лоренц решил первую, математическую, задачу, но он не считал переменную t' истинным временем и назвал ее «местным временем». Физический принцип относительности требует положительного ответа на первый вопрос. Но, как показывает пример Лоренца, это не дает прямого ответа на вопрос о физическом смысле переменной t'.

Эйнштейн именно второй вопрос ставит во главу угла.

Постановка задачи в статье Эйнштейна

Кратко упомянув о ситуации в электродинамике движущихся тел, Эйнштейн отмечает, что развиваемая им теория «основывается, как и всякая другая электродинамика, на кинематике твердого тела, так как суждения всякой теории касаются соотношений между твердыми телами (координатными системами), часами и электромагнитными процессами. Недостаточное понимание этого обстоятельства является корнем тех трудностей, преодолевать которые приходится теперь электродинамике движущихся тел». И далее он говорит: «Желая описать *движение* какой-нибудь материальной точки, мы задаем значения ее координат как функции времени. При этом следует иметь в виду, что подобное математическое описание имеет физический смысл только тогда, когда предварительно выяснено, чтó подразумевается здесь под “временем”» [8].

Таким образом, Эйнштейн утверждает, что разрешение трудностей лежит не на пути технических усовершенствований в рамках существующей парадигмы максвелловской электродинамики (по которому шли Лоренц и Пуанкаре), а на пути анализа пространственно-временных отношений, возникающих при движении координатных систем. Он начинает с анализа понятия времени.

Время в физике измеряется по показаниям часов, находящихся в месте, где происходит событие. Чтобы можно было говорить о временнóм протекании удаленных от наблюдателя событий, нужно расставить часы в разных местах и синхронизовать их определенным образом. Эйнштейн предлагает *рецепт синхронизации* при помощи световых сигналов. Пусть нам нужно синхронизовать часы, находящиеся в точке B, с часами в точке A. Для этого из точки A в момент t_1 по часам A испускается световой сигнал, который отражается от зеркала в точке B в некоторый момент t_2 и возвращается в точку A в момент t_3. Часы будут

синхронизованы, если в момент прибытия сигнала в точку *B* в расположенных там часах установить время [10]

$$t_2 = (t_1 + t_3)/2. \qquad (1)$$

«Таким образом, пользуясь некоторыми (мысленными) физическими экспериментами, мы установили, что́ нужно понимать под синхронно идущими, находящимися в различных местах покоящимися часами, и благодаря этому, очевидно, достигли определения понятий: “одновременность” и “время”. “Время” события – это одновременное с событием показание покоящихся часов, которые находятся в месте события и которые идут синхронно с некоторыми определенными покоящимися часами, причем с одними и теми же часами при всех определениях времени» [11]. Эти скромно названные Эйнштейном «некоторые мысленные эксперименты» описывают новую методологию физического теоретизирования, которую мы сегодня называем *операционализмом*. Рецепт (1) дает операциональное определение синхронизма.

Обычно считается, что рецепт синхронизации (1) является центральным моментом статьи Эйнштейна, который определяет все дальнейшие рассуждения. Так, Л.И.Мандельштам в своих лекциях о теории относительности на многих страницах подробно разъясняет, что «гвоздем всей теории относительности» является «неопровержимое» положение, что понятия синхронности и одновременности не заданы априорно: они суть предмет *определения* [12]. На наш взгляд, это верно только относительно понятия одновременности, анализом которого мы здесь не занимаемся. Понятие синхронности часов не требует никакого нового определения по сравнению с классической механикой, в которой, конечно, подразумевались синхронизованные часы, хотя явно это не подчеркивалось. Проблема не в том, чтобы синхронизовать часы, – это тривиально и не составляет специфической особенности теории относительности [13]. Проблема не в синхронизации часов, а в том, чтобы понимание физического смысла времени, достигаемое при помощи операциональной процедуры синхронизации, использовать при обсуждении спорных пространственно-временных ситуаций. И Эйнштейн тут же приступает к реализации этой программы: он демонстрирует способы применения критерия синхронизма при решении комплекса проблем, возникающих в электродинамике движущихся тел.

Ключевой момент

С помощью критерия синхронности часов Эйнштейн выводит преобразования Лоренца в параграфе, озаглавленном «Теория преобразований координат и времени от покоящейся системы к системе, равномерно и прямолинейно движущейся относительно первой». Способ вывода преобразований здесь весьма необычен, он никогда не использовался в дальнейшем ни самим Эйнштейном, ни другими авторами при изложении теории относительности. Эта необычность связана с главной целью, которую ставит перед собой Эйнштейн, – с доказательством того, что время t', получающееся в результате преобразований Лоренца для движущейся системы отсчета S', есть истинное физическое время, которое будут показывать помещенные туда часы.

Итак, нам нужно определить время в движущейся системе S' как функцию координат $\{x, y, z, t\}$ неподвижной системы. «Для этой цели *мы должны выразить с помощью некоторых соотношений, что t' по своему смыслу есть не что иное, как совокупность показаний покоящихся в системе S' часов, которые в соответствии с изложенным в § 1 правилом* (т.е. с соотношением (1). – *Ю.Н.*) *идут синхронно*» [14]. Выделенное место и есть, по нашему мнению, ключевая фраза статьи. В ней формулируется задача работы и указывается способ решения этой задачи.

Конкретно решение проводится следующим образом. Чтобы установить «истинное» время в движущейся системе S', произведем синхронизацию часов, находящихся в некоторой точке этой системы, с часами, находящимися в начале ее координат. Для этого, как требует рецепт (1), выпускаем из начала координат системы S' в момент времени t_1 световой сигнал в направлении избранной точки, которую он достигнет в некоторый момент t_2; затем он отражается и движется назад к началу координат системы S', в которое приходит в момент t_3. Все эти моменты мы отсчитываем по часам системы S (которые подразумеваются синхронизованными). В системе S мы все умеем делать, – это школьные задачи кинематики, не требующие откровений теории относительности. Нет ничего более простого, чем выразить значения моментов t_2 и t_3 через скорость движения системы S' относительно системы S и скорость света [15]. Теперь нам нужно описать то же самое движение светового сигнала в терминах

системы S'. Но в системе S' мы априорно не знаем, как работать, ибо там пока не определено время.

Поступим следующим образом. Пусть преобразование времени описывается некоторой искомой функцией $t' = f(t, x)$. Тогда по часам системы S' моменту отражения сигнала соответствует время $t_2' = f(t_2, x_2)$, а моменту его возврата в начало координат S' – время $t_3' = f(t_3, x_3)$. Чтобы величины t_1', t_2', t_3' имели смысл времени в системе отсчета S', они должны удовлетворять правилу синхронизма (1), которое теперь принимает вид

$$t_2' = (t_1' + t_3')/2.$$

Подставляя сюда выражения штрихованных времен через функцию $f(t, x)$, получим условие, которому должна удовлетворять эта функция, и в конечном счете найдем конкретный вид этой функции.

Такова идея вывода преобразований Лоренца у Эйнштейна. Реализация этой идеи в аналитическом виде оказывается довольно сложной [16], и, может быть, поэтому она не излагается в современных трактатах по теории относительности. Такой усложненный вывод оправдывается тем, что он выполняет основную функцию – функцию выяснения смысла времени t' в движущейся системе отсчета. Особенность описанной процедуры Эйнштейна заключается в том, что она не исходит из инвариантности уравнений Максвелла относительно искомого преобразования координат. В ней за основу берутся установленные заранее свойства физического времени, выражающиеся в рецепте синхронизации часов, и эти рецепты применяются к системе S'. Тем самым однозначно устанавливается смысл переменной t' в движущейся системе отсчета: теперь нельзя сомневаться, что t' и есть «истинное» время в этой системе. Такая процедура принципиально отличается от способа действий Лоренца и Пуанкаре, которые исходили из инвариантности уравнений электродинамики относительно некоторого преобразования координат. Каков физический смысл штрихованных координат и каким способом следует выяснять этот смысл, они не указывали. Лоренц, как мы упоминали, априорно полагал, что t' имеет лишь вспомогательный, чисто математический смысл. Пуанкаре, видимо, вообще не придавал значения этому вопросу из-за своей конвенциальной установки.

Физический смысл преобразований Лоренца

После вывода преобразований Лоренца у Эйнштейна идет параграф «Физический смысл полученных уравнений для движущихся твердых тел и движущихся часов» (параграфа с таким названием нет ни у Лоренца, ни у Пуанкаре). В нем Эйнштейн показывает, как нужно оперировать с преобразованиями Лоренца, если их рассматривать не формально-математически, а как инструмент для ответа на физические вопросы. Самым главным здесь является вопрос, который не задавал никто до Эйнштейна: как быстро идут движущиеся часы при рассмотрении из покоящейся системы? Ответ следует из преобразования Лоренца для времени, если в него подставить $x = xt$, что дает знаменитую формулу «сокращения времени»: $t' = t(1 - x^2/c^2)^{1/2}$. «Отсюда вытекает своеобразное следствие… Часы, передвигавшиеся из *A* в *B*, отстают по сравнению с часами, находящимися в *B* с самого начала… Сразу видно, что этот результат получается и тогда, когда часы движутся из *A* в *B* по любой ломаной линии, а также тогда, когда точки *A* и *B* совпадают» [16]. Это приводит, между прочим, к парадоксу близнецов, который Эйнштейн формулирует как теорему.

Замедление течения времени в движущихся часах, если их рассматривать из неподвижной системы отсчета, является радикальным нововведением Эйнштейна. Этот вывод, каким бы парадоксальным он ни казался, с неизбежностью следует из логики Эйнштейна. При этом замедление времени никак нельзя считать «кажущимся», ибо оно касается «истинного» времени – времени, измеренного синхронизованными по принятому рецепту часами. Таким образом, время течет по-разному в разных инерциальных системах отсчета. Это означает падение догмы ньютоновской физики об абсолютном времени.

Операциональная методология позволяет Эйнштейну посмотреть по-новому и на измерение длины. Эйнштейн обращает внимание на, казалось бы, тривиальное обстоятельство, что длина стержня есть разность координат его концов, измеренных *одновременно*. Но «не следует придавать *абсолютного* значения понятию одновременности. Два события, одновременные при наблюдении из одной координатной системы, уже не воспринимаются как одновременные при рассмотрении из системы, движущейся относительно данной системы» [17]. Поэтому и длина стержня будет иметь разное значение в системах отсчета *S* и *S'*. Относительность значений пространственных отрезков и временных интервалов – это и есть новый взгляд на пространство и время.

Лоренц. Пуанкаре. Эйнштейн

У Лоренца нет и следов операциональной методологии, он не увязывает найденные преобразования с пространственно-временными измерениями. Напротив, у Пуанкаре она явно выражена: он, видимо, впервые вводит в философско-физические рассуждения термин «*наблюдатель*», он предложил процедуру синхронизации часов светом, он говорит о процедурах измерений посредством света. Так, у него сказано: «Как же мы производим наши измерения? Прежде мы ответили бы: перенося тела, рассматриваемые как твердые и неизменные, одно на место другого; но в современной теории, принимая во внимание сокращение Лоренца, это уже неверно [19]. Согласно этой теории, двумя равными, по определению, будут такие два отрезка, которые свет проходит в одно и то же время» [20]. Но о каком времени здесь идет речь? Уже из этого маленького отрывка видно, что Пуанкаре даже не мыслил о возможности «разных времен» в разных системах отсчета.

Любопытно, что в тексте его мемуара 1906 г. содержатся следующие из преобразований Лоренца формулы, которые можно трактовать как указание на сокращение длин и времени. Комментируя их, А.А.Логунов хочет представить дело так, что Пуанкаре как будто бы уже владел идеями теории относительности [20]. Однако сами по себе эти формулы ничего не говорят о возможности такой трактовки, а Пуанкаре, выписывая их, вовсе не упоминает о сокращении временных длительностей. Все это означает, что статус времени остается у него ньютоновским, т.е. Пуанкаре, конечно, не владел основной идеей эйнштейновской теории относительности.

Эйнштейн сам отчетливо формулировал ключевой момент своей концепции. Уже в первом обзоре, посвященном теории относительности, в «Jahrbuch der Radioaktivität» в 1907 г. он, отмечая искусственность гипотезы Лоренца – Фицджеральда, говорит: «Однако неожиданно оказалось, что необходимо лишь достаточно точно сформулировать понятие времени, чтобы обойти только что изложенную трудность. Следовало лишь понять, что введенную Лоренцем вспомогательную величину, названную им “местным временем”, на самом деле следует определить как “время”» [22].

Весьма любопытно, что в этом обзоре (написанном всего лишь спустя два года после первой статьи) Эйнштейн ничего не говорит о своей процедуре синхронизации часов и вместо нее полагает, что

часы могут быть сверены так, что скорость распространения каждого светового луча в вакууме, измеренная с помощью этих часов, везде равна универсальной постоянной *c* [23]. В соответствии с этим здесь и при выводе преобразований Лоренца рецепт синхронизации не используется, а выводятся они из условия инвариантности волнового фронта распространения света (как это обычно и делается в современных изложениях специальной теории относительности). Иными словами, переменная *t'*, фигурирующая там, уже считается «истинным» временем в системе *S'*. Это означает, что за прошедшие два года новый статус времени (и статус всей теории) окончательно выяснен и не требует специальных и ухищренных доказательств.

Поставив в первой работе во главе угла вопрос о статусе времени, Эйнштейн не только разрешил проблему электродинамики движущихся тел, – он, по существу, создал физическую теорию пространства и времени. Он это осознавал с самого начала. В письме к своему другу К.Габихту, написанном 6 марта 1905 г., еще до отправления первой статьи в печать, Эйнштейн отмечает, что эта работа «представляет собой электродинамику движущихся тел, основанную на *модификации* теории пространства и времени» [24]. Аналогичную оценку своей первой статьи Эйнштейн давал и в конце жизни, в письме к К.Зелигу от 19 февраля 1955 г.: «Новой в ней была мысль о том, что значение преобразований Лоренца выходит за рамки уравнений Максвелла и касается сущности пространства и времени вообще» [25].

Итог

В первой статье Эйнштейна помимо всего прочего (принцип относительности, постулат постоянства скорости света, представление об относительности одновременности и т.д.) содержится ответ на вопрос, который был центральным при обсуждении проблем электродинамики движущихся тел, но отошел на задний план и стал тривиальным после создания теории относительности. Этот вопрос таков: какой физический смысл имеет переменная *t'*, в которую переходит «истинное» время *t* в результате преобразования Лоренца, оставляющего инвариантными уравнения электродинамики? Ответ на него дается путем определения понятия физического времени как показаний синхронизованных в данной системе отсчета часов. Для синхронизации часов предлагается операциональная процедура и с ее помощью показы-

вается, что переменная *t'* удовлетворяет в движущейся системе отсчета тем же условиям синхронизма, что и время *t* в «неподвижной» системе. Тем самым недвусмысленно устанавливается, что время *t'* есть истинное физическое время в движущейся системе отсчета, т.е. именно это время будут показывать расположенные в ней и синхронизованные по принятому правилу часы.

Итак, ключевым моментом первой статьи Эйнштейна является постановка вопроса о статусе понятия «время» в физической теории. Поставленная проблема решается в ней не априорно и не умозрительно, а на основе операциональной процедуры синхронизации часов. Эта процедура существенно используется при выводе преобразований Лоренца, в результате чего и получается указанный выше ответ о смысле времени *t'*. Только после выяснения этого смысла можно утверждать, что преобразования Лоренца, обеспечивающие инвариантность уравнений Максвелла, являются адекватным выражением принципа относительности. Именно такая постановка вопроса дала окончательное решение проблемы электродинамики движущихся тел и привела к построению физической теории пространства и времени.

Примечания

1. См.: *Miller A.I.* Albert Einstein's special theory of relativity: Emergence (1905) and early interpretation (1905–1911). – Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1981.

2. Для примера укажем на § 8 в исследовании Дж. Кесуани (см.: *Кесуани Дж.* Возникновение теории относительности // Принцип относительности. – М.: Атомиздат, 1973. – С. 244–270) и недавнюю статью У.Кеннеди (см.: *Kennedy W.L.* On Einstein's 1905 electrodynamics paper // Studies in History and Philosophy of Modern Physics. – 2005. – V. 36. – P. 61–65).

3. Детальное обсуждение проблемы можно найти в «Лекциях по физическим основам теории относительности» Л.И.Мандельштама (см.: *Мандельштам Л.И.* Полное собрание трудов. – М., 1950. – Т. V; *Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – М.: Наука, 1972). См. также: *Головко Н.В., Симанов А.Л., Сторожук А.Ю.* Специальная теория относительности: основные предпосылки и идеи // Философия науки. – 2003. – № 2 (17). – С. 118–145. Источники собраны в указанном в предыдущем примечании сборнике «Принцип относительности».

4. На самом деле такое обоснование иллюзорно, ибо, как показал Эйнштейн, измерение длины есть *одновременное* в данной системе отсчета фиксирование координат начала и конца стержня. Это означает, что без решения проблемы одновременности оно не может быть сделано. Иными словами, проблема измерения длины не может быть решена отдельно от проблемы измерения времени.

5. *Лоренц Г.А.* Теория электронов. – М.: Гостехтеоретиздат, 1953. – С. 438.

6. Там же. – С. 451.

7. Аналогичные заявления делались Лоренцем в 1912 и 1914 гг. См.: *Принцип* относительности. – С. 193, 262, 263.

8. См.: *Пуанкаре А.* О динамике электрона // Принцип относительности. – С. 90–93, 118–161.

9. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. – М.: Наука, 1965. – Т. 1. – С. 8.

10. Рецепт (1), очевидно, подразумевает, что скорость света в обоих направлениях одинакова. Обсуждение якобы имеющегося в этом допущении произвола породило огромное количество работ. См., например: *Рейхенбах Г.* Философия пространства и времени. – М., 1985; *Грюнбаум А.* Философские проблемы пространства и времени. – М., 1969. Мы рассматривали некоторые аспекты этой проблемы ранее – см.: *Наберухин Ю.И.* Еще раз о синхронизации часов в специальной теории относительности // Философия науки. – 2002. – № 2 (13). – С. 68–85.

11. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 10.

12. См., например: *Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – С. 174. Эти страницы лекций Мандельштама ценны очень ярким и эмоциональным рассказом о том, чтó именно в подходе Эйнштейна казалось новым и необычным физику, на глазах которого происходили революционные преобразования, вызванные теорией относительности.

13. Большое внимание к рецепту синхронизации (1) в отмеченных в примечании [10] монографиях проистекает как раз из-за преувеличения его значения в теории относительности.

14. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 14.

15. Легко видеть, что $t_2 = t_1 + x_0 / (c - x)$ и $t_3 = t_2 + x_0 / (c + x) = t_1 + x_0 / (c - x) + x_0 / (c + x)$. Здесь x_0 – координата зеркала в момент t_1 испускания света из начала координат, общего для систем S и S'; зеркало движется со скоростью x вместе с системой S'. Поразительно, что Дж. Кесуани (см.: *Принцип* относительности. – *С.* 268) и вслед за ним А.Тяпкин (Там же. – С. 316), комментируя эти формулы, полагают, что Эйнштейн принимает скорость распространения света равной $c \pm x$. На самом деле это не скорость света, а скорость *сближения* светового сигнала с зеркалом, которое приближается или удаляется от него со скоростью x – все относительно системы отсчета S. Эти ляпы (иного слова не подберешь) показывают, что стиль рассуждений Эйнштейна запутывает иных авторов настолько, что они даже теряют способность пользоваться школьными истинами.

16. Конкретные выкладки, воспроизводящие в несколько модернизированном виде вывод Эйнштейна, приведены в упомянутой в примечании [10] нашей статье. Там к тому же рассматривается и «обобщенный» – по сравнению с (1) – рецепт синхронизации.

17. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 19.

18. Там же. – *С.* 13.

19. Пуанкаре еще раньше Эйнштейна описал процедуру синхронизации часов световым сигналом (см.: *Пуанкаре А.* Настоящее и будущее математической физики // Принцип относительности. – С. 34), хотя он и не формулировал критерий синхронизма (1). Заслуга Эйнштейна, как мы уже подчеркивали, не в том, что он определил рецепт синхронизации (1), – это тривиально. Заслуга его в том, что он показал, как нужно использовать этот рецепт для выяснения свойств пространства и времени. В статье П.Галисона и Д.Бернета «Эйнштейн, Пуанкаре и современность: беседа» (Философия науки. – 2004. – № 3 (22). – С. 135–156) позиция Пуанкаре по вопросу синхронизации часов сильно вульгаризирована. Там дело представляется так, как будто «одновременность есть конвенция», «не что иное, как координация часов путем взаимного обмена электромагнитными сигналами, учитывающая время прохождения сигнала» (с. 143). На самом деле Пуанкаре отчетливо понимал,

что для синхронизации движущихся часов тривиальный учет запаздывания светового сигнала еще не ведет к цели. Он писал: «К несчастью, этого недостаточно, и требуются дополнительные гипотезы. Необходимо допустить, что движущиеся тела испытывают одинаковое сжатие в направлении движения» (*Пуанкаре А.* Настоящее и будущее математической физики. – *С.* 34). Однако Пуанкаре не создал концепцию, в которой эта дополнительная гипотеза не была бы гипотезой ad hoc.

20. *Пуанкаре А.* О динамике электрона. – С. 121.

21. См.: *Логунов А.А.* К работам Анри Пуанкаре «О динамике электрона». – М., 1984. – С. 48, 64.

22. *Эйнштейн А.*. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 66.

23. Там же. – С.68.

24. Цит. по: *Принцип* относительности. – С. 253.

25. Цит. по: *Зелиг К.* Альберт Эйнштейн. – М.: Атомиздат, 1966. – С. 67.

Новосибирский государственный
университет, г. Новосибирск

Naberukhin, Yu.I. **Key feature of the first Einstein's article on the relativity theory**

The first Einstein's article, among other things (two basic postulates, relativity of simultaneity, etc.), contains an answer to the question which was central for electrodynamics of moving bodies, but came to be trivial after creating relativity theory. The question is: what physical meaning has a variable *t'* into which a "true" time *t* passes as a result of Lorentz transformation, relative to which electrodynamics equations are invariant? The answer to this question is given by determination of physical time as readings of clocks synchronized in the given reference system. With the help of a proposed operational procedure for synchronizing the clocks, the demonstration is achieved that the variable *t'* satisfies the same conditions of synchronism as the time *t* in the rest system. This is an unequivocal proof that the time *t'* is true physical time in the moving reference frame, i.e., the clocks, which are placed in this frame and synchronized according to the accepted rule, will show precisely this time. Thus, the key point of the first Einstein's article is the statement of the problem of the status of time in physical theory.