

## Принцип постоянства скорости света и его роль в СТО

Юхимец А.К. [anatoly.yuhimec@gmail.com](mailto:anatoly.yuhimec@gmail.com)

*Принцип постоянства скорости света (ППСС) в построении специальной теории относительности (СТО) Эйнштейном является ключевым. Именно на этом принципе у него строится процесс якобы синхронизации хода разноместных часов в инерциально движущихся системах координат (СК), а следовательно, и сама физическая система регистрации и отсчёта времени по их координатному пространству. После того, как в таких СК, как считается, создана такая физическая система они и становятся инерциальными системами отсчёта (ИСО). По отношению к таким ИСО, независимо от скорости их движения, законы протекания различных явлений природы проявляются в одинаковой форме. Этот принцип постулируется в теории как принцип относительности (ПО). На указанных якобы двух принципах и была построена СТО Эйнштейном, что уже неверно [1]. Но, не осознав даже их подлинный смысл, он дал совершенно неверную трактовку своей теории. В данной работе мы детально рассмотрим первый из принципов и установим его сущность. Это позволит нам дать и правильную формулировку ПО [2].*

Как известно, ПО может быть раскрыт нами при изучении различных явлений природы в их проявлении по отношению к нашим же ИСО. В самой природе никаких уже готовых систем отсчёта (СО) не существует. Поэтому ПО, найденный нами, имеет чисто гносеологический (познавательный) характер. С его помощью мы узнаём то, как же «устроена» природа сама по себе. А основным пространственно-временным физическим инструментом наших теоретических исследований является ИСО.

При этом гносеологический ПО обязательно должен опираться на определённую онтологию самой природы. И такой опорой для него, прежде всего, является ППСС. Свет существует в природе сам по себе и имеет некоторую объективную скорость своего распространения в реальном мировом пространстве (далее просто реальном). Поэтому для построения фундаментальной физической теории, каковой мы и хотим видеть СТО, её опорный ППСС обязательно должен быть сформулирован как онтологический.

Но прежде, чем конкретно рассматривать ППСС, следует особо подчеркнуть, что при построении *своей трактовки* СТО Эйнштейн считал всеобщее реальное пространство *пустотой*. Поэтому оно не должно иметь никаких физических свойств, хотя в теории считается (?) *однородным и изотропным*. Именно это нужно признать у него самым *первым основополагающим постулатом* при создании теории. Причём он обязательно должен быть *онтологическим*, ибо всё без исключения существует никак не иначе как во всеобщем мировом пространстве, и существует *объективно реально*. И этот, не озвученный Эйнштейном *постулат*, мы обязаны учесть при рассмотрении его же ППСС. Но уже здесь следует заметить и то, что создав свою *общую теорию относительности* (ОТО), Эйнштейн вынужден был признать, что *реальное пространство пустотой* быть не может. Тем самым его *трактовка* СТО и была лишена своего основания.

В своих работах по СТО разных лет Эйнштейн даёт и несколько различающиеся формулировки ППСС. Но ни одна из них не имеет чёткого, однозначного и принципиально правильного характера. Вот его основные четыре варианта формулировки этого принципа.

1. В первой своей работе 1905 г. «К электродинамике движущихся тел» Эйнштейн даёт следующую формулировку:

«Каждый луч света движется в «покоящейся» системе координат с определённой скоростью  $V$ , независимо от того, испускается ли этот луч света покоящимся или движущимся телом» [3, т. 1, с.10].

2. Уже в работе 1907г. «О принципе относительности и его следствиях» Эйнштейн даёт такое объяснение ППСС:

«Предположим теперь, что часы могут быть сверены так, что скорость распространения каждого светового луча в вакууме, измеренная с помощью этих часов, везде равна универсальной постоянной  $C$  при условии, что система координат является неускоренной. Пусть на расстоянии  $r$  друг от друга расположены две покоящиеся относительно системы координат точки **A** и **B**, снабжённые часами, и пусть  $t_A$  –показания часов в **A**, когда в точку **A** прибывает распространяющийся через вакуум в направлении **AB** световой луч, а  $t_B$  –показание часов в точке **B** в момент прибытия светового луча в **B**; тогда, как бы ни двигались источник света,

испустивший луч, и другие тела, всегда должно выполняться равенство  $r/(t_B - t_A) = c$ .

Действительно ли осуществляется в природе сделанное здесь предположение, которое мы назовём «принципом постоянства скорости света»? Это ни в коем случае не очевидно; однако, по крайней мере для системы координат в определённом состоянии движения, оно стало вероятным благодаря подтверждениям, которые получила на опыте теория Лоренца, основанная на предпосылке о существовании абсолютно покоящегося эфира» [3, т. 1, с. 68-69].

И ещё чуть дальше, говоря о «покоящейся» и о движущейся *системах координат*, он замечает: «В частности, скорость света в пустоте по отношению к обеим системам должна выражаться одним и тем же числом» [там же. , с.71].

3. В 1910г. в работе «Принцип относительности и его следствия в современной физике» находим:

*«Скорость S светового луча в пустоте постоянна, причём она не зависит от движения излучающего тела...это следствие мы возведём в принцип. Для краткости будем называть его в дальнейшем принципом постоянства скорости света»* [3, т. 1, с.146].

Опять же чуть дальше: «В теории Лоренца этот принцип справедлив только для одной системы в особом состоянии движения; в самом деле, необходимо, чтобы система находилась в покое относительно эфира. Если мы хотим сохранить принцип относительности, мы обязаны допустить справедливость принципа постоянства скорости света для любой системы, движущейся без ускорения» [там же]. И как следует из контекста, здесь под *системой* уже мыслится ИСО.

4. И, наконец, ещё одно довольно интересное определение ППСС. В работе 1911г. «Теория относительности» Эйнштейн пишет:

*«...мы извлечем из теории покоящегося эфира Лоренца следующие наиболее существенные для нас сведения. Что означает физически утверждение: существует покоящийся световой эфир? Важнейшее содержание этой гипотезы можно выразить следующим образом: существует система отсчёта (называемая в теории Лоренца «системой, покоящейся относительно эфира»), относительно которой каждый световой луч распространяется в пустоте с универсальной скоростью С. Это должно происходить независимо от того, находится тело, излучающее свет, в покое или в движении. Назовем это утверждение принципом постоянства скорости света». И тут же, несколько далее,*

Эйнштейн задаёт вопрос: «...нельзя ли принцип относительности, который выполняется, по-видимому, без исключения, привести в согласие с этим принципом постоянства скорости света?» [3, т. 1, с.179].

И в последующих своих работах Эйнштейн говорит или просто о постоянной скорости света *в пустоте*, или о ППСС по отношению к «покоящейся» или к любой СК (как во второй формулировке), или уже по отношению к *любой системе отсчёта* (как в третьей формулировке). Но нам достаточно приведенных формулировок. А для начала обратимся к первой из них.

На первый взгляд в первой формулировке ППСС всё вроде бы сказано просто и ясно. Но, если вдуматься серьёзно, то формулировка некорректна. Она совершенно не пригодна для построения теории, тем более, что рассматриваемый принцип обязательно должен быть *онтологическим*.

Свет сам по себе как явление природы существует и распространяется не в «покоящейся» или движущейся СК, а непосредственно *в самом реальном пространстве*, где существуют и движутся и сами СК. И в своей первой работе, перед тем как дать вышеприведенную формулировку 1, Эйнштейн напоминает нам, что «свет в пустоте всегда распространяется с определённой скоростью  $V$ , не зависящей от состояния движения излучающего тела» [3, т.1, с.7-8]. А раз скорость  $V$  не зависит от состояния движения излучающего тела, то это и есть его скорость распространения *от точки излучения*.

В следующей своей работе 1907 г. по СТО Эйнштейн снова подчёркивает, что «электромагнитные поля оказываются здесь не состояниями некоторой материи, а самостоятельно существующими объектами, имеющими одинаковую природу с весомой материей» [3, т. 1, с.66). Т.е. и свет как электромагнитное явление, прежде всего, существует и распространяется с определённой скоростью  $V$  самостоятельно в мировой пустоте. А формулировка 3 прямо так и говорит, что «*скорость  $S$  светового луча в пустоте постоянна*».

И даже в статье 1914г. «О принципе относительности» Эйнштейн снова подчёркивает, что «свет, согласно этой теории, рассматривается уже не как движение неизвестного носителя, а как физическое явление, которому следует приписывать совершенно самостоятельное физическое существование» [3, т. 1, с.397]. Следовательно, с одной стороны, он имеет и свою постоянную скорость *самостоятельного*

*сферического* распространения  $V$  или  $S$  от точки *своего зарождения*, прежде всего, в пространстве как таковом безотносительно к какой-либо СК. С другой стороны, этот же свет в своём *самостоятельном* существовании будет распространяться и *относительно* нашей СК.

Поэтому уже в первой формулировке всё же необходимо было бы уточнить, о какой скорости света  $V$  идёт речь? Является ли  $V$  (её численное значение) скоростью распространения света *самого по себе в пространстве* (в пустоте, как считал Эйнштейн) или это скорость его распространения *по отношению к «покоящейся» СК*? Но раз уж сказано, что «луч света движется в «покоящейся» системе координат с определённой скоростью  $V$ », то очевидно  $V$  всё же есть численное значение скорости *по отношению к «покоящейся» СК*.

В любом случае формулировка не имеет достаточной чёткости. Да ещё и не ясно, что означает «покоящаяся» СК. Сказать, что это *условно* покоящаяся СК, всё равно, что ничего не сказать, так как тогда надо разъяснить, а в чём же её условность. А раз свет распространяется сферически *от точки* своего зарождения и в реальном пространстве и в «покоящейся» СК, то отсюда *уже следует*, что эта СК и должна *реально покоиться* в реальном пространстве.

Из второй формулировки мы видим, что свет распространяется сам по себе и имеет скорость  $C$  *при измерении* по отношению к любой ИСО, т.е. при измерении в любой инерциальной СК с уже «синхронизированными» разноместными часами. Тогда это нельзя признать формулировкой ППСС, а следует рассматривать как *результат проявления* ПО по отношению к уже готовой ИСО, которую как раз и создали на основе ППСС.

Из третьей формулировки видно, что скорость распространения света Эйнштейн вроде бы считал постоянной, прежде всего в пространстве как таковом, и назвал это ППСС. Но тут же подчеркнул, что если у Лоренца он справедлив лишь по отношению к неподвижному эфиру, то в его теории он справедлив по отношению к любой ИСО (т.е. *при измерении* по отношению к ней –А.Ю.). И вновь нет не только чёткости самой формулировки ППСС как *принципа онтологического*, но и нет чёткого деления ППСС и ПО.

Четвёртая формулировка интересна тем, что здесь Эйнштейн прямо и совершенно чётко связывает ППСС с тем, что «существует система отсчёта (называемая в теории Лоренца «системой, покоящейся

относительно эфира»), относительно которой каждый световой луч распространяется в пустоте с универсальной скоростью  $C$ ». Но тут же ставит вопрос, нельзя ли согласовать это с ПО. Ответ, как мы знаем таков, что для этого нужно «синхронизировать ход» разноместных часов во всех инерциальных СК с помощью световых сигналов. Однако опять же не ясно, а что будет конкретным *основанием* для проведения такой процедуры.

Во-первых, фраза «существует система отсчёта,...относительно которой каждый световой луч распространяется в пустоте с универсальной скоростью  $C$ » требует дополнительных разъяснений. Если это относится *только* к теории Лоренца и такая СО может покоиться только в эфире, то это и есть теоретически мыслимая Лоренцем *абсолютная система отсчёта* (АСО) в эфире. А так как покоящийся эфир и мыслимая АСО в нём Эйнштейном категорически отрицаются, то и ссылаться на них некорректно, и тем более называть это ППСС. Но если существование такой СО мыслится *в пустоте* как таковой, то и нужно было сказать об этом чётко. Может быть это и есть СО на базе «покоящейся» СК (т.е. условно покоящейся в пустоте)? Тогда такую СО следует признать АСО в пустоте и дать её корректное определение. Но в работе на это даже нет намёка. И «покоящаяся» СК у Эйнштейна так и осталась неизвестно чем.

Во-вторых, если бы мы действительно, пусть даже *молчаливо* предполагали возможность существования АСО в пустоте, то тогда действительно ППСС можно было бы придать онтологический характер *по отношению к её СК* и на этом основании мысленно синхронизировать показания разноместных часов в ней. Тогда во всех других *движущихся СК* «синхронизацию хода» разноместных часов можно провести, на основании постулируемого ПО. Но такая «синхронизация» уже будет *условной*, что и будет показано дальше. Опять же в работе ничего конкретно об этом не сказано, а лишь поставлен вопрос «...нельзя ли принцип относительности, который выполняется, по-видимому, без исключения, привести в согласие с этим принципом постоянства скорости света?».

Но вернёмся снова к первой формулировке ППСС. И если  $V$  есть скорость света в пространстве как таковом, а у Эйнштейна это *пустота* и никакой мыслимой АСО, с его точки зрения, в ней быть не может, то сразу же возникает вопрос, а как же она измерена там без

СО пусть даже чисто теоретически? Ведь  $V$  или  $C$  – это не просто буквенное обозначение скорости. Это конкретное число, которое мы используем при «синхронизации хода» часов. И в пустоте как таковой без СО мы эту скорость измерить никак не можем (!). А без измерения мы не можем иметь и её *численного* значения. Но мы можем *постулировать* численное значение скорости света как измеряемое в *мыслимой АСО* на основании своих её измерений в замкнутом цикле движения в своих реальных СО. Это и было бы *реальным постулированием онтологического ППСС*.

Опять же, с одной стороны, не зная численного значения скорости света, мы не можем построить никакую ИСО. С другой стороны, даже постулируя её численное значение в пустоте как таковой, мы не можем использовать её для синхронизации хода разноместных часов в движущихся СК при построении наших ИСО, не приняв определённого чёткого постулата о самом процессе «синхронизации» разноместных часов с помощью световых сигналов в них, о чём уже упоминалось выше. Вот в этом вопросе Эйнштейн расходится с Лоренцем принципиально.

Как поступил Лоренц? Во-первых, он придаёт ППСС онтологический характер (т.е. фактически *постулирует* онтологический ППСС). Он считает (т.е. постулирует), что реальное физическое пространство *материально* и в целом неподвижно (неподвижный в целом эфир). Свет как *самостоятельное* физическое явление существует и распространяется с постоянной скоростью в эфире. И если эфир *однороден и изотропен*, то свет как волновой процесс распространяется в нём с постоянной скоростью во всех направлениях *от точки* своего зарождения, т.е. сферически, и не зависит от движения источника. Всё это видно даже из приведенных выше слов самого Эйнштейна. Подход Лоренца однозначен и ППСС придаётся чётко *онтологический* характер.

Если мы, учитывая онтологический ППСС, чисто мысленно (чисто теоретически) проведём в некоторой покоящейся в эфире СК сигнальную процедуру *сверки показаний* её разноместных часов, то получим *абсолютную систему отсчёта* (АСО). Все часы в ней действительно по своим *показаниям* будут идти синхронно, т.е. в фазе. Она *необходима* нам для логически правильного построения теории. Далее Лоренц, как и Эйнштейн, тоже заботится о согласовании между собой хода (а вернее, *показаний*) разноместных

эталонных часов и в движущихся СК, не называя это их «синхронизацией». Как он делает это? Если опустить детали, которые сегодня хорошо известны, и выделить саму суть, то она такова. Если мы *постулируем* расширение ПО на все явления, то это даёт нам основание и в движущихся инерциально СК использовать свет *точно так же*, как и в реально покоящейся в эфире СК.

Но на каком же основании он поступает так? Таким основанием Лоренц чётко называет опыты А. Майкельсона по измерению абсолютной скорости движения Земли. Практически отрицательный результат этих опытов Лоренц объясняет проявлением расширенного ПО. При этом он совершенно чётко осознаёт, что разноместные часы после сигнальной процедуры *сверки их показаний* в движущихся СК не будут идти синхронно и поэтому называет систему регистрации времени в них «*местным временем*» [4].

Таким образом, Лоренц, с одной стороны, уже *закладывает* ПО в сигнальную процедуру по отношению к движущимся СК (т.е. фактически *постулирует гносеологический* ПО), а, с другой стороны, как истинный физик озабочен и *физическим* его обоснованием. Он утверждает, что этот принцип действительно проявит себя, если размеры всех твёрдых тел *сокращаются* в направлении движения, а циклические процессы, включая и ход часов, при движении *замедляются*. Движение тел в эфире он называет *абсолютным*. Оно *влияет* на тела и протекание всех циклических процессов. Математически это выражается так:

$l' = l\sqrt{1 - v^2/c^2}$ , где  $l$  – длина покоящегося стержня;  $l'$  – длина движущегося стержня;  $v$  – *абсолютная* скорость движения стержня в эфире вдоль своей длины;  $c$  – скорость света в эфире;

$\Delta t' = \Delta t\sqrt{1 - v^2/c^2}$ , где  $\Delta t$  – длительность какого-либо циклического процесса в покоящейся СК, измеренная покоящимися часами;  $\Delta t'$  – длительность этого же процесса в движущейся СК, измеренная движущимися вместе с СК часами, т.е. покоящимися в ней.

Теперь покажем, а *что принципиально* изменил в своём подходе к построению теории Эйнштейн. Так и не дав никакой чёткой формулировки ППСС, он строит свою теорию, придавая, в конечном счёте, этому принципу как бы *онтологический характер по отношению к любой инерциально движущейся СК*. Это видно из анализа самой сути того, что он понимал под «синхронизацией хода» разноместных часов. Эйнштейн утверждал, что после проведения этой

процедуры *в любой* инерциально движущейся СК все часы в ней «идут в фазе» [3, т. 1, с.149].. Другими словами, в любой момент имеют одни и те же показания. Но это было бы возможно лишь при том условии, если бы ППСС действительно имел онтологический характер по отношению *к любой* инерциально движущейся СК. Популяризаторы теории Эйнштейна, включая и именитых учёных, особо и подчёркивают именно такую его форму. Оказывается, свет обладает чудодейственным свойством. Он распространяется с постоянной скоростью по отношению *к любому телу*, с какой бы скоростью не выше скорости света оно ни двигалось. Это стало считаться и по сей день считается в ортодоксальной физике принципиально важным *открытием* Эйнштейна. Но давайте посмотрим, а как же трактуется теория дальше.

Когда мы находимся в неизвестно что означающей у Эйнштейна «покоящейся» СК, то действительно *считаем*, что свет по отношению к ней распространяется во всех направлениях с постоянной скоростью *c* от точки излучения, т.е. сферически. И это даёт нам основание *считать*, что после проведения синхронизации все её разноместные часы действительно в любой момент имеют одинаковые показания («идут в фазе»). Но когда мы наблюдаем из этой «покоящейся» СК за распространением света по отношению *к любой движущейся* СК, то «видим» всё так, как и утверждала классическая физика до Эйнштейна. Свет по отношению к движущейся СК распространяется в разных направлениях с разной скоростью, как и у Лоренца. Никакого *онтологического* ППСС по отношению *к любой* СК не наблюдается вопреки тому, что провозглашено, а поэтому и *нет* никакой реальной синхронизации часов.

Однако в отношении понятия, что есть «время» в СК, все они снова, как это ни странно, уравниваются в правах. «Совокупность показаний всех сверенных указанным образом часов, которые можно представить себе покоящимися относительно системы координат и расположенными в заданных точках пространства, мы назовём временем, принадлежащим используемой системе координат, или, коротко, временем этой системы» [3, т.1, с.69]. Но главное здесь то, что это и есть то *физически измеримое* время в данной инерциальной СК, с помощью которого, и только так, мы и можем изучать различные физические явления уже в ИСО, т.е. «время этой системы»,

необходимое для "математического описания"! Точно так же и Лоренц относился к своему «местному времени».

Отметим в данной работе ещё следующее. Проанализировав вкратце подход Лоренца к построению теории, в упоминавшейся уже выше работе 1910 г. «Принцип относительности и его следствия в современной физике», Эйнштейн делает заключение: «теория, допускающая существование эфира, ... имеет один пробел: она не признаёт принцип относительности, что находится в противоречии с экспериментальными данными» [3, т.1, с.145]. Других аргументов против теории Лоренца *просто нет*. Но и приведенный, как мы показали, неверен!

«Итак, теория Лоренца, основанная на гипотезе эфира, не удовлетворяет принципу относительности». И несколько далее: «Таким образом, возникает вопрос: нельзя ли согласовать основные положения теории Лоренца с принципом относительности? Первым шагом к этому является отказ от гипотезы эфира...нельзя создать удовлетворительную теорию, не отказавшись от существования некоей среды, заполняющей пространство» (Там же, с.145-146).

Эйнштейна давно уже нет в живых и никаких вопросов ему уже задать нельзя. Но давайте спросим всех сегодняшних последователей Эйнштейна по трактовке СТО. На каком основании Эйнштейном был сделан столь неправомерный вывод, что «нельзя создать удовлетворительную теорию, не отказавшись от существования некоей среды, заполняющей пространство», если такая теория уже фактически была создана Лоренцем? И в ней всё благополучно без мистики и противоречий согласовывалось с ПО. Правда, Лоренц так и не понял в чём его (ПО) подлинная суть, так же как и А. Пуанкаре.

Указанный вывод Эйнштейна не имеет под собой никаких оснований. Лоренц, к сожалению, не смог дать чёткого анализа трактовки СТО Эйнштейном и убедительно сопоставить свой и эйнштейновский подходы к теории, и тем самым раскрыть её суть. Будучи фактически создателем непротиворечивой фундаментальной теории, он не стал бороться за её авторство. Эйнштейн же своей *трактовкой* СТО ещё и по сей день задержал развитие теории единой мировой материальной субстанции - эфира.

Так что же всё-таки скрывается за «покоящейся» СК у Эйнштейна? И ответ здесь может быть только один. Чтобы исключить всякую

*субъективность* такой СК, нужно признать, что это и есть у него *теоретически мыслимая* СК объективно реально связанная с самим процессом распространения света в пустоте. А система отсчёта на её основе - это фактически АСО в пустоте. Только в её СК точка зарождения светового импульса *реально* остаётся на своём месте, а световой фронт распространяется от неё сферически. И тогда ППСС становится *онтологическим*. Построение СТО от подхода Лоренца фактически и принципиально отличается лишь тем, что материальная субстанция реального физического пространства – эфир заменён *абстрактным* понятием пустоты.

Когда мы находимся в инерциально движущейся СК и хотим *согласовать* в ней между собой показания её разноместных часов, то мы действительно *условно* принимаем её за *реально* покоящуюся. Мы *условно* как бы ставим её на место АСО и делаем в ней всё так, как если бы находились в реальной АСО. Т.е., мы *условно* считаем свою движущуюся в эфире СК покоящейся *по отношению к процессу распространения света самого по себе*. Поступать так нам позволяет именно правильно понимаемый ПО, который гласит, что *по отношению к любой правильно построенной движущейся в реальном мировом пространстве ИСО все физические явления проявляются точно так же (в той же форме), как и по отношению к АСО*.

Ещё раз подчеркну, что в любой движущейся в эфире инерциально со скоростью не более скорости света СК мы *согласуем* показания её разноместных часов между собой не на основании ППСС самого по себе, а именно на основании *его проявления* через ПО. После этого она и становится ИСО, которую по её регистрационно-наблюдательным возможностям можно *приравнять* к теоретически мыслимой АСО в реальном физическом пространстве.

Но ни в какой ИСО мы не можем реально *видеть* всё физическое явление сразу. Мы как бы *создаём* картину его протекания по тем регистрациям определённых *точечных событий* (ТС), связанных с явлением, которые выполняем в разных точках ИСО в разные *условные моменты* времени. Именно *через наш анализ* этих ТС и проявляется ПО, а вместе с ним и сами законы природы.

Таким образом, можно считать, что и у Эйнштейна нелегально под видом «покоящейся» присутствовала АСО. Именно её эталоны длины, времени и массы использовались для сравнения с аналогичными

движущимися эталонами, которые при *собственном* движении *изменяются реально*. А относительную скорость движущихся ИСО и их эталонов (по отношению к «покоящейся» ИСО) при этом следует условно рассматривать как их *собственную* (и в этом смысле *абсолютную*) скорость движения в эфире.

И последнее. Как мы теперь знаем, пустое пространство не отвечает действительности. И эфир возвращён в физику, но уже как *вакуум физический*. Поэтому с необходимостью следует признать, что всё же принципиально правильную трактовку СТО фактически подготовил Лоренц. Он не сумел довести её до логического завершения и донести до сознания научной общественности, но это не умаляет его роли в создании этой *фундаментальной* теории.

#### Ссылки:

1. К анализу философских и физических оснований трактовки специальной теории относительности Эйнштейном  
<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11533.html>
2. Суть принципа относительности в СТО  
<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11136.html>
3. А. Эйнштейн. Собрание научных трудов (СНТ) в 4-х т.: М.; Наука, 1965.
4. Сверка показаний разноместных часов в СТО  
<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10493.html>