

Исправляем ортодоксальную трактовку принципа постоянства скорости света СТО

Юхимец А.К. Anatoly.Yuhimec@Gmail.com

Принцип постоянства скорости света (ППСС) обычно называют вторым из двух основных постулатов, на которых построена ортодоксальная (т.е. эйнштейновская) трактовка *специальной теории относительности* (СТО), которую назовём СТО_о (*ортодоксальная*). Первым обычно называют *принцип относительности* (ПО).

С другой стороны, ПО является принципом познавательным (*гносеологическим*), так как без нашего участия в природе сам по себе он проявиться не может. Он проявляется при рассмотрении нами физических явлений по отношению к нашим *инерциальным системам отсчёта* (ИСО). А они состоят из инерциальной *системы координат* (СК) и разноместных часов *условно* во всех её точках. И при их построении мы и используем ППСС для синхронизации показаний этих часов. Собственно после проведения такой процедуры СК вместе с её разноместными часами, якобы «идущими в фазе», и становится ИСО со своим «физическим временем». Только такое, в каждой ИСО своё, «физическое (особое) время» и пригодно для полноценного описания физических явлений, протекающих по отношению к *системе отсчёта* (СО) при скоростях, соизмеримых со скоростью света c .

Но распространение света в реальном мировом пространстве, в котором и протекают изучаемые нами физические явления, является уже чисто природным (*онтологическим*) явлением. Поэтому и ППСС в теории должен быть сформулирован как *принцип онтологический*, т.е. по своей сути как *закон природы*. Но ни в одной из своих работ Эйнштейн так и не дал ему непротиворечивой трактовки именно как *объективно реальному* природному явлению [1].

И только в работе 1919 г. «Что такое теория относительности?» Эйнштейн даёт формулировку ППСС, которую можно было бы назвать более-менее правильной, если бы она ещё и правильно была использована при построении самой теории. Поэтому обратимся к этой его формулировке: «Другим принципом, на котором основана специальная теория относительности, является принцип постоянства скорости света в пустоте. Согласно этому принципу, свет в пустоте всегда распространяется с определённой постоянной скоростью (не

зависящей от состояния движения наблюдателя и источника света)» [2, т.1, с. 678].

Так как к этому времени, уже после создания *общей теории относительности* (ОТО), *мировая пустота* была названа *вакуумом физическим*, т.е. материальной средой, то и свет нужно рассматривать уже в этой «пустоте». И здесь не лишне напомнить слова академика Блохинцева Д.И.: «... то, что мы считали пустотой, на самом деле является некоторой средой. Назовем ли мы её по старому «эфиром» или более современным словом, «вакуум», от этого суть дела не меняется» [3, с. 393].

То, что скорость распространения света не зависит от состояния движения его источника, то это говорит о том, что это уже и есть некоторый волновой процесс в *вакуумной среде* мирового пространства. А как самостоятельно существующий *природный процесс* он по скорости своего распространения, естественно, и не должен зависеть от наблюдателя. **Он должен распространяться с постоянной скоростью c от точки излучения в вакууме мирового пространства, т.е. по отношению к его среде, если её состояние однородно и изотропно. Это уже и будет полностью корректной формулировкой ПССС.**

Покажем наглядно физическую суть этого принципа на простом конкретном мысленном примере, рис. 1.

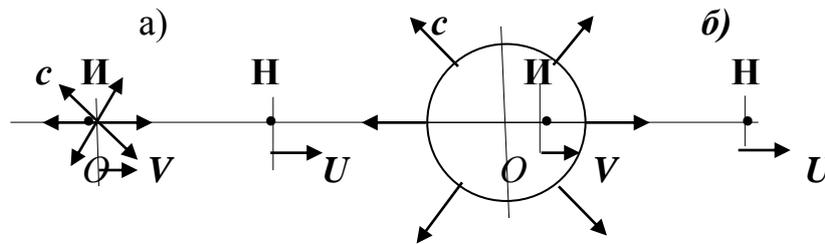


Рис. 1. Распространение света от источника **I** к наблюдателю **N** в «пустоте».

Источник света **I** движется в мировом пространстве с некоторой скоростью V . На линии его движения в том же направлении движется с некоторой скоростью U и наблюдатель **N**. Находясь в некоторой точке O (момент $1a$), источник производит импульсную световую вспышку, от которой сразу же сферически начинает распространяться световой фронт (сигнал) с *постоянной скоростью c* . Момент $1б$ показывает принципиальную схему распространения света в «пустоте» от точки вспышки O через некоторое время. Но так как свет

имеет *постоянную скорость распространения c от своей точки вспышки O* , то его скорость движения *по отношению к движущемуся источнику* будет $c-V$ по направлению их движения и $c+V$ в противоположном направлении. А *по отношению к движущемуся наблюдателю* эти же скорости света будут $c-U$ и $c+U$. Именно в этом и заключается физическая суть *онтологического ППСС* в «пустоте», т.е. постоянство скорости света c , «не зависящей от состояния движения наблюдателя и источника света».

Но посмотрев в любое учебное пособие, где излагается СТО₀, мы так и увидим, что *в её трактовке* скорость света как раз, вопреки выше сказанному её автором, именно *зависит от наблюдателя*. Для этого достаточно рассмотреть простой мысленный эксперимент со светом, наблюдая из двух относительно движущихся ИСО K и K' его распространение в «пустоте» по отношению к ним. И когда в учебниках, учебных пособиях и других книгах по СТО₀ приводят рассмотрение такого эксперимента, то всегда одну из систем *условно назначают* «покоящейся», а другую - движущейся уже по отношению к ней, рис. 2.

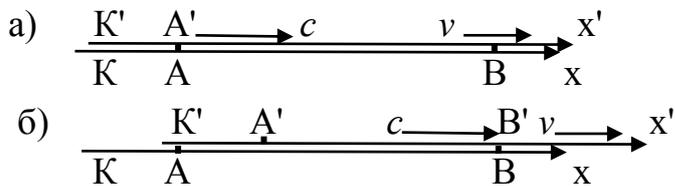


Рис. 2. Наблюдение из *условно* «покоящейся» K и относительно неё движущейся K' систем отсчёта за распространением светового сигнала в «пустоте»; системы *условно* имеют только оси x .

Рис. 2 здесь, от обычно приводимого другими авторами, отличается тем, что у них источник света всегда размещают в одной из рассматриваемых систем, например, в точке A или A' . Я же умышленно оставляю его движение где-то в «пустоте» за пределами рисунка. Мы рассматриваем световой сигнал, распространяющийся именно в «пустоте» от некоторой импульсной вспышки, в момент излучения совпавшей с точками A и A' . И, как и сказано у Эйнштейна, распространяющегося «с определённой постоянной скоростью». При этом в СТО₀ как «определённое» *постулируется* её уже *известное численное значение c* . А чтобы формулировка принципа была более корректной, обязательно добавим, **что это численное значение c и**

должно постулироваться постоянным во всех направлениях от точки излучения (вспышки) в «пустоте».

На рис. 2 показаны два *объективных* момента при наблюдении распространения импульсного светового сигнала относительно двух взаимно движущихся ИСО. Момент а) - начало распространения светового сигнала в «пустоте» от совпадающих точек А и А' и момент б) - прибытие светового сигнала в совпадающие точки В и В'.

Напомню, что о скорости чего-либо можно говорить только в том случае, если конкретно указано относительно чего она наблюдается и измеряется. Поэтому приведенную выше формулировку ППСС у Эйнштейна и можно назвать правильной лишь *условно*, так как в ней *о точке излучения света в пустоте* даже не упоминается.

А теперь о якобы «не зависимости скорости света от состояния движения наблюдателя» в трактовке СТО₀.

На рис. 2 момент а) является одновременным излучением света от точек А и А'. При этом *с точки зрения наблюдателей в системе К* свет от её точки А к точке В распространяется со скоростью c . Но от точки А' к точке В', т.е. по отношению к движущейся системе К' и её наблюдателям он уже распространяется со скоростью $c-v$. То есть здесь скорость его распространения по отношению к наблюдателям движущейся СК **прямо зависит от их скорости движения в системе К**. Кроме того, в системе К для её наблюдателей *своя точка излучения света А неподвижна* и свет по отношению к ней лишь *субъективно считается* (т.е. *постулируется*) распространяющимся с постоянной скоростью c во всех направлениях. Если же мы *субъективно назначим* «покоящейся» систему К', то теперь уже по отношению к ней, *с её точки зрения*, свет будет распространяться с постоянной скоростью c во всех направлениях *от её точки излучения А'*. А так как точка В системы К сама будет приближаться к точке А' со скоростью v , то свет, двигаясь к ней навстречу, будет иметь уже скорость $c+v$. То есть скорость его распространения по отношению к СК системы К и её наблюдателям будет уже не c , а **зависит от их скорости в системе К'**.

В своих лекциях по СТО академик Л.И. Мандельштам ещё в 1933 г уже в качестве глобальной *реально покоящейся* ИСО (а по сути АСО) называл систему неподвижных звёзд на небосводе. Вот его слова: «Разумеется, движение, понимаемое как изменение положения тел, может быть только относительным, абсолютное движение, т. е.

также то, что свет от вспышки в совпавших точках А и А' при $t_A = t_{A'} = 0$ дальше распространяется к точке В с координатой $x_B = L$, где и будет зафиксирован в момент б) при показаниях часов $t_B = L/c$.

Но, находясь в глобальной АСО, системы К и К' могут иметь уже разное абсолютное движение по отношению к ней, сохраняя при этом указанное на рисунке своё относительное движение со скоростью v , если её измерять в них. Разным может быть и движение источника света. Тогда и рассмотрим возможные варианты их абсолютного движения в однородной и изотропной «пустоте» мирового пространства.

Если говорить о движении источника света, то уже в плоскости нашего рисунка он может двигаться в любом направлении через точку совпадения точек А и А'. И после его импульсной вспышки, в этих совпавших между собой точках, далее от его движения ничего в нашем эксперименте действительно не зависит. От точки вспышки свет будет распространяться далее сам по себе сферически, т.е. с постоянной скоростью во всех направлениях, ни от чего более независимо. Это и есть ППСС от точки излучения в «пустоте», т.е. в самой природе. И далее ни от какого наблюдателя эта его постоянная скорость в природе тоже не зависит. **Это и есть онтологический ППСС как закон природы.**

А теперь посмотрим, а какими же могут быть собственные (т.е. абсолютные) движения и их скорости систем К и К', чтобы при этом сохранялось указанное на рисунке их относительное движение. Например, одна из систем (её СК) может быть объективно реально покоящейся. Тогда другая СК' будет уже объективно реально движущейся с собственной скоростью v . Но тогда объективно реально покоящаяся система отсчёта на основе СК уже реально будет иметь и своё внутреннее метрическое абсолютное пространство и абсолютное время. А объективно реально движущаяся ИСО будет иметь своё реально пустое (чисто метрическое, но уже не изотропное) пространство СК', которое вместе со всеми своими разноместными часами и образует собственное чисто метрическое пространство-время (П-В) системы, зависящее от её собственной скорости v [6].

Или обе СК могут двигаться в АСО вправо с разными скоростями V_1 и V'_1 , но такими, что их относительная скорость, измеренная из их систем отсчёта, будет при этом v . Или обе СК могут двигаться в АСО влево с разными скоростями V_2 и V'_2 , но такими, что их относительная

скорость, измеренная из их систем отсчёта, будет при этом v . Или одна СК может двигаться вправо с некоторой скоростью V_3 , а другая СК' – влево со скоростью V'_3 , но при этом их относительная скорость, измеренная из их систем отсчёта, будет v .

Во всех рассмотренных случаях в СТО₀ это будет отвечать нашему рис. 2 и рассмотрению эксперимента в нём. Но чтобы устранить в его трактовке (а значит, и в самой теории) *зависимость скорости света* от наблюдателя, и нужно полностью перевести трактовку эксперимента на *объективно реальную основу*. И для этого, прежде всего, и нужно принять приведенную выше **онтологическую формулировку ПСС как закона природы. А относительное движение ИСО и его скорость рассматривать из АСО через абсолютные скорости движения систем.**

Во всех случаях объективно реального (собственного) движения СК все созданные на их основе ИСО будут каждая иметь своё собственное чисто метрическое П-В системы, зависящее от её собственной скорости V . И относительно каждой из них световой фронт будет распространяться со скоростью, зависящей от её собственной скорости V (от $c-V$ до $c+V$), как это и показано в эксперименте на рис. 2.

Так о какой всё же постоянной скорости света идёт речь в СТО₀? И такой постоянной скоростью света в СТО₀ мыслится (т.е. постулируется) скорость света относительно любого тела (его СК), движущегося в пространстве инерциально.

И это специально подчёркнуто в одной из работ ещё советского академика, много писавшего о СТО, А.Д. Александрова: «Главным выводом из исследования электромагнитных процессов, вступившим в противоречие с прежней теорией и служащий, соответственно, главным основанием теории относительности, является закон постоянства скорости света, который утверждает, что *свет (вообще электромагнитные процессы) распространяются в «пустоте» всегда с одной и той же скоростью по отношению к любому телу, которое движется по инерции*» [7, с. 226].

Правда, и здесь следовало бы добавить, что такое **постоянство скорости света мыслится всё же чисто субъективно, т.е. только для наблюдателя, покоящегося на этом инерционно движущемся теле**, что и было показано выше. Именно это и позволяет *якобы реально*, т.е. опять же только субъективно (только для него),

синхронизировать по показаниям все разноместные часы в СК на этом теле, создав тем самым для себя свою «покоящуюся» ИСО.

В трактовке СТО₀ всё это объявлено проявлением якобы особых свойств пространства и времени, а также процесса распространения света в природе. И проявляются они при рассмотрении взаимных движений наших ИСО как **относительная физическая реальность в форме известных чисто кинематических «релятивистских эффектов».** Но когда эксперименты показывают какие-либо *реальные физические эффекты (изменения)*, сторонники СТО₀, вопреки всякому здравому смыслу, тут же объявляют их прямым подтверждением этой трактовки теории. Более того, сегодня и сам «здравый смысл» в теоретической физике объявлен не более, чем проявлением человеческих эмоций, и из мышления в ней изъят.

Например, известные эксперименты с транспортировкой часов на самолётах вокруг земного шара и их *реальное отставание* в своём ходе от часов, покоящихся на земле, прямо вступают в противоречие с трактовкой СТО₀, но при этом трактуются как подтверждающие её [8]. Некорректно трактуется и эксперимент Саньяка со светом, что и показано в работе [9], а также все известные якобы разъяснения «парадокса с часами», больше известного как «парадокс близнецов».

Итак, находясь в глобальной АСО, наши системы К и К' могут иметь разное *абсолютное движение* по отношению к ней, **сохраняя при этом указанное на рисунке 2 своё относительное движение.** И здесь интересно то, что показанные там *два связанных между собой момента а) и б)*, будучи **объективными**, действительно всегда дадут нам одни и те же значения координат точек и показаний часов в них.

В отношении *момента а)* это понятно сразу, так как координаты точек А и А' и показания часов в них мы **задаём нулевыми** сами, а для совпадающих точек В и В' в *момент б)* это уже нужно показать расчётом. Хотя и тут координату точки В $x_B = L$ в К мы тоже задаём сами. Если система К при этом ещё и принимается условно «покоящейся» или реально покоящейся в АСО, то в её точке В показания часов сразу же **считаются** такими, как и в точке А, так как все часы в такой системе **считаются** «идущими в фазе» [2, с. 149].

Показания часов в *момент б)* в точке А, а следовательно, и в точке В рассчитываем через *длительность* движения светового сигнала от А к В с постоянной скоростью c как $t_B = t_A = L/c$. А так как *момент а)* для обеих систем отсчёта *согласован* в совпадающих точках А и А' как

начальный, то при дальнейшем движении систем их координатные показания связаны между собой *преобразованиями Лоренца* (ПЛ). И

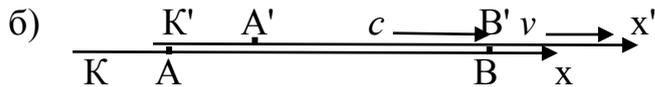
$$\text{тогда для точки } B' \text{ системы } K' \quad x'_{B'} = \frac{x_B - vt_B}{G} = \frac{L - vL/c}{G} = \frac{L}{G}(1 - v/c) \quad (1)$$

$$\text{и } t'_{B'} = \frac{t_B - vx_B/c^2}{G} = \frac{L/c - vL/c^2}{G} = \frac{L(1 - v/c)}{c \cdot G}, \quad (2)$$

где $G = \sqrt{1 - v^2/c^2}$.

Кстати, эти формулы ПЛ имеют простой физический смысл. Для момента 2б) на рис.2 через $\Delta t = t_A = t_B = L/c$ в системе К расстояние $A'B' = AB - AA'$. А так как $AA' = vL/c$, то $A'B' = L - vL/c = L(1 - v/c)$. Тогда в K' собственная координата точки B' и будет $x'_{B'} = L(1 - v/c)/G$. И при собственной скорости света в K' равной c , показания часов в этой точке и будут $t'_{B'} = x'_{B'}/c$.

$$x'_{B'} = L(1 - v/c)/G, \quad t'_{B'} = L(1 - v/c)/c \cdot G$$



$$x_A = 0 \quad \Delta t = t_A = t_B = L/c, \quad x_B = L$$

Рис. 4. *Объективные* координаты совпавших в эксперименте со светом точек В и В' и *объективные* показания часов в них.

И здесь следует привести слова известного французского физика Бриллюэна Л.: "Выводы Эйнштейна справедливы, однако *преобразования Лоренца представляют собой математическое средство и ненаблюдаемы*; они очень полезны, но явно не имеют *физического смысла*. Аналогично элемент длины dS Минковского следует рассматривать как очень интересное выражение, но столь же лишённое *физического смысла*. В обоих случаях правило синхронизации необходимо и не доказано, хотя и не может быть опровергнуто" [10, с. 101].

Но как мы убедились только что выше, ПЛ являются прямым следствием реальных физических изменений при абсолютных движениях ИСО. А принятое в СТО правило синхронизации показаний часов во всех создаваемых ИСО необходимо для того, чтобы в каждой из них получить своё метрическое П-В. Только тогда в теории и будет выполняться принцип относительности (ПО).

Далее в качестве примера рассмотрим ещё случай, когда система K' движется в АСО вправо с некоторой *собственной* скоростью V , а

система К – влево с такой же *собственной* скоростью V , но при этом их относительная скорость, измеренная из их систем отсчёта, будет v .

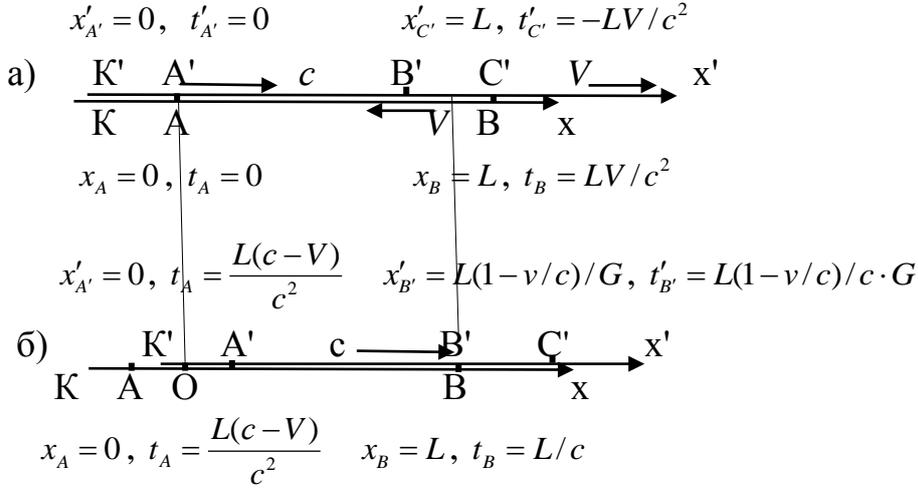


Рис. 4. Наблюдение из АСО за равноправными системами К и К', движущимися в противоположных направлениях с собственными скоростями V : *момент а)* – излучение светового сигнала к точке В от совпавших точек А и А'; *момент б)* – прибытие светового сигнала в совпавшие точки В и В'.

В начальный *момент а)* против точки В системы К будет находиться точка С' системы К' с координатой $x'_{C'} = L$, а точка В' находится где-то слева от неё и нам пока не известна. Но тоже *объективный момент* совпадения точек В и С' мы можем определить из АСО, используя ПЛ. Но сначала уточним, что в АСО координаты этих совпавших точек можно найти из уравнения $x_B = \frac{X_B - VT}{G'}$ для

нулевого момента $T=0$ в АСО. Откуда $X_B = X_{C'} = x_B G' = LG'$, (3)

$$\text{где } G' = \sqrt{1 - V^2/c^2}. \quad (4)$$

Тогда показания часов в точке С' в нулевой *момент а)* будут

$$t'_{C'} = \frac{T_{C'} - LG'V/c^2}{G'} = -LV/c^2, \quad (5)$$

а в точке В, движущейся в противоположном направлении, будут уже

$$t_B = LV/c^2. \quad (6)$$

Длительность движения света от А к В в АСО составила

$$\Delta T = X_B/(c+V) = LG'/(c+V). \quad (7)$$

А так как $\Delta T = \Delta t/G'$, где Δt – собственная длительность движения в системах К и К', то $\Delta t = t_A = t'_{A'} = \Delta T G' = LG'^2/(c+V)$, или с учётом (4)

$$\Delta t = t_A = t'_{A'} = L(1 - V^2/c^2)/(c+V) = \frac{L(c-V)}{c^2}. \quad (8)$$

Теперь мы можем найти и показания часов в точке В в момент \bar{b} через Δt и начальные показания (момент a) в этой точке, т.е.

$$t_B = \frac{L(c-V)}{c^2} + \frac{LV}{c^2} = \frac{Lc - LV + LV}{c^2} = \frac{L}{c}. \quad (9)$$

И далее через ПЛ можем рассчитать в K' в этот же момент \bar{b} и координату точки В' и показания часов в ней, как это и сделано в (1) и (2). Но можем найти их значения и расчётом с использованием АСО. Для этого сначала снова выполним некоторые расчёты в АСО для момента \bar{b} (рис.4): $AO = V\Delta T$, или с учётом (7) $AO = V\Delta T = \frac{LVG'}{c+V}$;

из (3) $AB = LG'$; тогда $A'B'_{a\bar{b}c} = AB - 2AO = LG' - \frac{2LVG'}{c+V} = LG'(1 - \frac{2V}{c+V})$.

Откуда координата В' в K' $x'_{B'} = A'B'_{a\bar{b}c} / G' = L(1 - \frac{2V}{c+V}) = L \cdot \frac{c-V}{c+V}$. (10)

Относительная скорость систем K и K' v рассчитывается по известной формуле как $v = \frac{V+V}{1+V^2/c^2} = \frac{2V}{1+V^2/c^2} = \frac{2Vc^2}{c^2+V^2}$. (11)

Выражение (1) можно преобразовать следующим образом:

$$x'_{B'} = \frac{L}{G}(1-v/c) = \frac{L(1-v/c)}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \frac{L(c-v)c}{c\sqrt{(c-v)(c+v)}} = L\sqrt{\frac{c-v}{c+v}}. \quad (12)$$

А используя выражение (11) найдём, что

$$c-v = c - \frac{2Vc^2}{c^2+V^2} = c \cdot \frac{c^2 - 2cV + V^2}{c^2+V^2} = c \cdot \frac{(c-V)^2}{c^2+V^2} \text{ и аналогично } c+v = c \cdot \frac{(c+V)^2}{c^2+V^2}$$

. Тогда их отношение будет $\frac{c-v}{c+v} = \frac{(c-V)^2(c^2+V^2)}{(c^2+V^2)(c+V)^2} = \frac{(c-V)^2}{(c+V)^2}$. Подставим

его в (12) и получим: $x'_{B'} = \frac{L}{G}(1-v/c) = L \cdot \frac{c-V}{c+V}$, т.е. выражение (10),

полученное выше формальным путём через ПЛ.

Итак, при относительной скорости систем K и K' , равной по их собственным измерениям v , их абсолютное движение (на самом деле) может быть самым разным. **И тут возникает вопрос: так в чём же тогда заключается сам физический смысл СТО, какое отношение она имеет к познанию объективной реальности?**

Ответ на этот вопрос даёт *принципиально правильно* понимаемый ПО [11]: по отношению к любой реально движущейся ИСО, скорость которой меньше скорости света, физические явления через анализ регистраций *объективных точечных событий* проявляются в той же форме, которую мы могли бы наблюдать в

теоретически мыслимой АСО, т.е. в той форме, в соответствии с которой они и протекают в реальном физическом пространстве.

Заключение.

Таким образом, чтобы построить *принципиально правильную* трактовку СТО, необходимо, прежде всего, исправить трактовку основных принципов её построения – *онтологического* ППСС и *гносеологического* ПО. И тогда самым наглядным образом прояснится и сам её **физический смысл как теории абсолютных движений и их относительных проявлений** для нас в нашем определённом образом организованном познавательном процессе.

Ссылки:

1. Принцип постоянства скорости света и его роль в СТО.
<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10466.html>
2. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в 4-х т.: М.; Наука, 1965-1967.
3. Блохинцев Д.И. Философские вопросы современной физики. Изд. АН СССР, М., 1952 г.
4. Мандельштам Л.И. Лекции по физическим основам теории относительности. ПСТ, т. 5. Изд-во АН СССР, 1950.
5. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. Учеб. пособие для физ. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк. 1986. – 320 с.: ил. Рецензент – каф. физ. МФТИ.
6. Пространство-время в специальной теории относительности.
<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10857.html>
7. Александров А.Д. Вопросы философии, № 5, 1953.
8. Эксперименты Д. Хафеле и Р. Китинга с атомными часами. Интернет, Википедия.
9. Некорректное и корректное объяснение эффекта Саньяка.
<http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/170124133740.pdf>
10. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. М.: Мир, 1972, с.101.
11. Суть принципа относительности в СТО.
<http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/170625134642.pdf>