В.Н. Матвеев, О.В. Матвеев

ИМИТАЦИЯ

***С**пециальной*
***Т**еории*
***О**тносительности*

средствами классической физики

В брошюре в развлекательной форме элементарными средствами классической физики сымитированы релятивистское время и релятивистские эффекты специальной теории относительности Эйнштейна – лоренцевское сокращение, замедление времени, релятивистские эффекты Доплера, эффект Скобельцына-Белла, релятивистское сложение скоростей. Получены преобразования Лоренца. Показаны пути имитации четырехмерного пространства-времени.

Вильнюс – Москва – 2011

ББК
УДК

Выражаем признательность д.ф.-м. н. профессору А.А. Рухадзе за предоставленную нам возможность выступить на семинаре ИОФ РАН и обсудить рассматриваемый в брошюре вопрос. Благодарим также доктора Энтони Флеминга за проявленный им интерес к нашей работе и содействие в подаче материалов на международную конференцию PIERS в Марракеше (Марокко).

В.Н. Матвеев, О.В. Матвеев
ИМИТАЦИЯ Специальной Теории Относительности
средствами классической физики
Вильнюс-Москва, «Изд-во» – 2011. _ _ _ с.
ISBN

Авторы брошюры – инженеры.

В.Н. Матвеев окончил Ленинградский Электротехнический Институт (ЛЭТИ) в 1965-ом году. Более 30 лет занимался научно-исследовательской деятельностью и разработкой принципов физической фотографии (электрофотографии). Руководил научно-исследовательскими работами (НИР). Участвовал в создании электрофотографических аппаратов (ксероксов) и систем. Был главным конструктором первого в СССР малоформатного электрофотографического аппарата цветного копирования. Автор ряда работ и более чем двух десятков изобретений в области электрофотографии.

О.В Матвеев закончил Вильнюсский Технический Университет по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов» в 1993-ем году. Один из создателей и главный акционер компании «Синерта ЛДЦ» по переработке и восстановлению картриджей для копировальных аппаратов и принтеров. До 2011 года являлся руководителем компании.

ISBN

ОТ АВТОРОВ

В советской научной литературе проблема синхронизации часов, если и упоминалась, то в общих словах. В популярных статьях, да и в специальной литературе этой центральной проблеме всей специальной теории относительности (СТО) Эйнштейна уделялось ничтожно мало внимания. По-видимому, из-за этого многие в России и сегодня, возможно «по инерции», либо не осознают важности вопроса синхронизации часов, либо вообще крайне плохо осведомлены о его сути. Более или менее подробное описание проблемы синхронизации один из нас буквально выудил из вороха литературы в 60-70-ых годах прошлого века. Это были отдельные статьи, популярная книжка Мардера [1] «Парадокс часов» и статья А.А. Тяпкина в УФН [2].

Проблемность синхронизации часов состоит в использовании в СТО для синхронизации часов условия равенства скорости света в противоположных направлениях, в то время как экспериментально проверить это равенство принципиально невозможно. Чтобы измерить скорости света из точки A в точку B, а затем из точки B в точку A, а затем сравнить эти скорости, необходимо иметь в точках A и B синхронно идущие часы. Однако синхронизировать часы в точках A и B эйнштейновским способом можно лишь, предположив еще до измерений этих скоростей, что эти скорости равны. Естественно, что после реализации такого предположения они становятся равными и по результатам измерения.

Нельзя скорость измерить и, синхронизировав пару часов в точке A, а затем перенеся одни из них в точку B, поскольку результат синхронизации и измерения скоростей света v_{AB} и v_{BA} соответственно из точки A в точку B и наоборот оказывается зависящим от скорости, с которой часы транспортируются из одной точки в другую. Если при синхронизации часов методом переноса транспортируемые часы в разных случаях переносить с разными скоростями, то результаты измерения скоростей v_{AB} и v_{BA} в разных случаях окажутся разными. Например, после переноса часов из A в B со скоростью близкой к скорости света измеренная впоследствии скорость v_{AB} окажется сколь угодно велика, а скорость v_{BA} сколь угодно близка к $c/2$. При такой синхронизации свет почти мгновенно приходит из точки A в точку B, но обратно движется в два раза медленнее, чем обычно. При очень медленном переносе скорости v_{AB} и v_{BA} будут равными друг другу.

Так какая же скорость переноса часов «правильная»? На этот вопрос нельзя ответить, и, в частности, по этой причине синхронизация часов в разных точках пространства осуществляется в СТО световыми сигналами, а не путем перемещения их из одной точки в другую. Равенство скоростей света в противоположных направлениях представляется сегодня многим очевидным «фактом», а вот для предпочтения априори медленной транспортировки часов быстрой транспортировке оснований нет.

Следует отметить, что на практике проблема скорости света в одном направлении не злободневна, так как реально измерения скорости света производятся с помощью одних-единственных часов и зеркала. При таком способе этими единственными часами измеряется промежуток времени между отсылкой светового импульса к зеркалу и приемом импульса, вернувшегося после отражения от зеркала в исходную точку.

Скорость рассчитывается по двойному расстоянию между часами и зеркалом и времени прохождения светом пути туда и обратно. Измеренная таким способом скорость, строго говоря, является средней скоростью на пути туда и обратно – ведь скорость туда может быть не равной скорости обратно. Равенство этой средней скорости постоянной *c* является экспериментальным фактом.

Проблемы синхронизации часов при измерении средней скорости не возникает. Как бы мы ни синхронизировали вторые часы, измеряемая без предположений средняя скорость света на пути туда и обратно была бы равна постоянной *c*. Это очевидно, поскольку результат эксперимента не зависит ни от показаний часов в точке *B*, ни от самого наличия их там.

Нередко говорят, что скорость света в одном направлении была измерена Рёмером. Как это ни странно, но скорость Рёмера – это тоже скорость, полученная в неявном предположении равенства скоростей света в противоположном направлении. Дело в том, что Рёмер и Кассини рассуждали о движении спутников Юпитера, заведомо предположив, что пространство наблюдателей изотропно. То, что Рёмер фактически измерил скорость света, неявно сделав предположение о равенстве скорости света туда и обратно, показал австралийский физик Карлов [3].

Предположение о равенстве скорости света из *A* в *B* скорости из *B* в *A* рассматривалось Пуанкаре, и именно это предположение стало главным постулатом работы Эйнштейна 1905 года [4], хотя и представлено оно не в виде постулата, а в виде «определения», предшествующего двум эйнштейновским принципам, которые часто называют постулатами. В более поздней работе [5] Эйнштейн называл данное «определение» допущением, причем отмечал, что оно относится не только к скорости света, но и к скорости вообще. В этой работе Эйнштейн писал: «Но если скорость, в частности скорость света, принципиально невозможно измерить без произвольных допущений, то мы имеем право делать произвольные допущения и о скорости света. Допустим теперь, что скорость распространения света в пустоте из точки *A* в точку *B* равна скорости прохождения света из *B* в *A*». Правда, в отличие от Пуанкаре, придерживавшегося конвенционалистской точки зрения, Эйнштейн, упоминая невозможность измерения скорости в одном направлении без произвольных допущений, был склонен рассматривать произвольное допущение неравенства скорости света в противоположных направления неестественным и «крайне маловероятным» [6].

Часто говорят, что равенство скоростей туда и обратно очевидно, поскольку пространство изотропно, а неравенство неочевидно. Это не так. То, что свету для движения из точки *A* в точку *B* требуется больше времени, чем для движения из *B* в *A*, также очевидно, если, например, точка *A* находится в корме, а точка *B* в носу движущегося относительно нас космического корабля, а мы не изнутри, а снаружи отслеживаем процесс движения света из *A* в *B* и обратно. Как равенство, так и неравенство времен распространения света из точки *A* в точку *B* данного корабля и обратно в принципе могут быть обнаружены из множества других систем отсчета, движущихся относительно данного корабля, даже если часы этих систем синхронизированы эйнштейновским способом. Так на каком основании синхронизация часов в корабле осуществляется без учета объективных результатов наблюдения за поведением света внутри корабля, полученных из разных систем отсчета вне корабля?

В 60-70 годах прошлого века в реферативных журналах частенько попадались ссылки на зарубежные работы, в которых рассматривались варианты специальной теории относительности, построенные на предположении неравенства скоростей света в противоположных направлениях. Эти варианты назывались ε-СТО и непротиворечивым способом описывали все то, что описывается СТО. Правда, большинство из них были более «тяжеловесны» и менее удобны, чем эйнштейновский вариант, поскольку в них нарушалось требование неизменности математической формы записи законов в разных системах отсчета. Большинство работ этих авторов не были направлены против эйнштейновского варианта, а показывали непротиворечивость нетрадиционного подхода. Авторы этих работ стремились, нарушив математическую красоту СТО, вскрыть ее физическое содержание и раскрыть загадку скорости света в одном направлении. Почему природа не позволяет нам измерить скорость света в одном направлении без произвольных допущений! Это случайность или нечто более глубокое? Ответа на этот вопрос разработчики альтернативных теорий на дали.

На эти вопросы попытался дать ответ один из авторов настоящей брошюры. К 2000 году им была написана книга «В третье тысячелетие без физической относительности?», выпущенная в этом же году издательством «ЧеРо» [7]. В книге на принципе равноправия допущений равенства и неравенства скорости света в противоположных направлениях, предложен путь решения проблемы синхронизации и связанной с ней проблемой зависимости присущих самому телу размеров физических величин тела от систем отсчета.

Решение проблемы релятивистских величин было осуществлено путем уточнения понятия «объект» и рассмотрения объекта как множества подобъектов (объектов более высокой степени конкретизации), каждый из которых обладает не относительными, а абсолютными размерами. Существование таких подобъектов обязано относительности одновременности.

Уточнения понятия «физический объект» оказывается достаточным, чтобы избавиться от относительности размеров физических величин без привлечения выделенной системы отсчета или мировой среды. По этой причине автор считал вопрос (по крайней мере, для себя) решенным, а обращение к мировой среде излишним. И тем более неожиданным оказалось решение, к которому мы пришли в процессе нашей совместной работы по развитию подхода, описанного в книге «В третье тысячелетие без физической относительности?». Мы обнаружили возможность моделирования релятивистских эффектов простейшими методами доэйнштейновской классической физики на примере движения объектов в материальной среде. При этом для моделирования нам не потребовалось рассмотрение движения со скоростями, соизмеримыми со скоростью света. В модели эффекты в явном виде проявляются при обычных «земных» скоростях, с которыми мы имеем дело в нашей повседневной жизни. Возможность моделирования эффектов СТО с привлечением среды и отсутствие таких моделей в других вариантах заставляет по новому взглянуть на старую и, казалось бы, раз и навсегда решенную проблему существования мировой среды.

В брошюре, которую вы держите в руках, описана теоретическая модель СТО, которую мы также называем имитацией СТО. Брошюра представляет собой часть книги, которую мы предполагаем написать и выпустить в свет в ближайшем будущем. В брошюре на примере плавающих с обычными скоростями в водной среде барж, челноков и лодок сымитирована эйнштейновская СТО. Для имитации нам не потребовалось ничего, кроме самых элементарных правил классической физики. Надеемся, что, прочтя брошюру, вы увидите, насколько прост фундамент теории, ныне называемой СТО. Не придете ли вы после этого к выводу об искусственном характере ажурной четырехмерной математической надстройки, украшающей этот до примитивности простой фундамент? Время покажет.

Мы не показываем в брошюре всех наших соображений, которые привели нас к построению рассматриваемой в книге имитации. Однако хотели бы заметить, что имитация построена не на выдумках ради выдумок, а на наших представлениях о том, как происходят взаимодействия в материальном мире, элементы которого не связаны друг с другом ничем, кроме взаимодействий через «пустоту».

Брошюра включает в себя главную часть и приложения. При первом чтении можно не обращаться к материалу приложений, чтобы в целостном виде воспринять суть имитации. В дальнейшем читатель сможет либо самостоятельно проверить утверждения, сделанные в главной части без подробных объяснений (сделать это несложно), либо обратиться к приложениям.

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ. СУТЬ ИМИТАЦИИ

В брошюре рассматривается поведение объектов, которые, будучи тихоходными, ведут себя, тем не менее, по законам, аналогичным законам специальной теории относительности.

Объектами нашего мысленного наблюдения служат отдельные баржи и группы барж, находящиеся на поверхности плоскодонного водоема глубиной h, заполненного стоячей водой. Баржи оснащены техническими средствами, осуществляющими метрологические операции. В распоряжении технических средств имеются скоростные лодки, снующие между баржами по поверхности воды и скоростные подводные челноки, курсирующие между баржами и дном. Скорость скоростных лодок и челноков равна V и является недоступной для других плавающих средств, т.е. скорость v барж, не относящихся к классу скоростных плавающих средств, отвечает неравенству $v < V$. Каждая из барж снабжена часами, функцию маятника которых выполняет скоростной челнок, совершающий непрерывное движение по отвесной (по отношению к данной барже) линии между баржей и дном. Каждый рейс челнока ко дну и обратно требует времени $\Delta t(1) = 2h/V_Z$, где V_Z – скорость погружения и всплытия подводного челнока, и сопровождается сменой показания часов на единую для всех барж эталонную единичную величину. Эта эталонная величина и для покоящихся, и для движущихся барж равна $2h/V$. Челночный часовой «механизм» управляет не только стрелками часов, но и всеми техническими средствами барж, обеспечивая пропорциональность темпа их работы темпу хода часов. Мы предположили, что масштаб времени t на покоящихся относительно воды баржах равен масштабу времени наших обычных «земных» часов, и скорость смены показаний на покоящихся баржах и на наших часах одинакова.

На первом этапе мы рассмотрели группу покоящихся барж. При этом мы предположили, что показания часов на разных баржах данной группы не синхронизированы, т.е. при одинаковых темпах хода часов на каждой барже группы их показания в один и тот же момент времени могут быть различными.

Полагая, что баржи в силу каких-то внешних причин (например, из-за ветра) могут изменять свое местоположение, мы возложили на технические средства функцию подержания расстояния между баржами данной группы путем взаимодействия между баржами с помощью скоростных лодок.

Процедура поддержания расстояния состоит в следующем.

От каждой из барж отправляется скоростная лодка к соседней барже, достигнув которую, лодка возвращается обратно. Технические средства баржи по своим часам измеряют время движения лодки к соседней барже и обратно и в случае необходимости приближают или удаляют соседнюю баржу для сохранения этого времени и неизменности «локационного» расстояния. Такой способ поддержания «локационного» расстояния между баржами не требует синхронизации показаний на разных баржах и позволяет следить за удаленностью соседних барж с каждой из барж независимо, не прибегая к измерению времени движения лодки от одной барже к другой с помощью синхронно идущих часов на этих баржах.

Затем мы рассмотрели группу барж, расположенных в точках пересечения воображаемой координатной сетки системы координат K'. Группа первоначально покоится на поверхности водоема, после чего переводится вместе с принадлежащей ей системой координат K' из состояния покоя в состояние движения со скоростью v в направлении оси X' (ось лежит на водной поверхности). При разгоне группы барж до скорости v скорость тиканий часов и быстродействие технических средств на баржах уменьшается. Это происходит из-за того, что при движении баржи со скоростью v скорость V_Z погружения и всплытия челнока, курсирующего в воде между баржой и дном по гипотенузам прямоугольных треугольников, оказывается равной $V\sqrt{1-(v/V)^2}$. Время на движущихся баржах, которое мы назвали сымитированным временем t', также течет медленнее нашего времени t в $1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ раз.

Поперечные размеры группы при этом сохраняются.

Действительно, пусть с плывущей в составе группы R' и находящейся в начале координат системы K' баржи $r'_{o'}$ вдоль оси Y' в точку с координатой y' к соседней барже $r'_{y'}$ этой же группы посылается и возвращается обратно лодка. Если ось Y' расположена на поверхности воды перпендикулярно к оси X', то лодка движется по поверхности воды по гипотенузам прямоугольных треугольников со скоростью V. Это соответствует движению лодки вдоль оси Y' со скоростью V_Y, в наших масштабах времени и длины равной $V\sqrt{1-(v/V)^2}$. Так как время t' равно $t\sqrt{1-(v/V)^2}$, то сымитированное время $\Delta t'$ движения лодки от баржи $r'_{o'}$ к барже $r'_{y'}$ и обратно оказывается независящим от скорости движения группы R', и расстояние между баржами $r'_{o'}$ и $r'_{y'}$ технические средства воспринимают как не изменяющееся при изменении скорости группы.

Продольные же размеры (в направлении оси X') движущейся группы барж оказываются сократившимися по следующей причине.

На преодоление расстояния $l_{o'x'}$ между баржей $r'_{o'}$, находящейся в начале O' координат, и баржей $r'_{x'}$, находящейся на оси X' в точке с координатой x', лодке требуется время Δt_1, равное $l_{o'x'}/(V-v)$ для движения от баржи $r'_{o'}$ к барже $r'_{x'}$ и время Δt_2, равное $l_{o'x'}/(V+v)$, для обратного движения. Общее время $\Delta t_1 + \Delta t_2$ движения от баржи $r'_{o'}$ к барже $r'_{x'}$ и обратно составляет $2l_{o'x'}V/(V^2 - v^2)$. По замедленным часам баржи время $\Delta t'_1 + \Delta t'_2$ оказывается в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньше и составляет $2l_{o'x'}\big/V\sqrt{1-(v/V)^2}$.

Если бы технические средства не сохраняли расстояние между баржами, то это воспринималось бы приборами на барже $r'_{o'}$ как увеличение расстояния между баржами в направлении оси X' в $1/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз. Но приборы, отслеживая расстояние между баржами локационным методом, сохраняют локационное расстояние неизменным, что воспринимается нами, как сокращение расстояния $l_{o'x'}$ в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз. Физические величины, выраженные через сымитированные расстояния и времена мы назвали сымитированными величинами.

Затем мы перешли к рассмотрению синхронизации часов двух групп барж – группы R и группы R' – и связанных с ними систем координат K и K'. Группа R и система K покоятся на воде, а группа R' и система K' движутся по воде и относительно группы R со скоростью v.

Представьте себе, что в некоторый момент времени, когда начала координат и оси систем координат K и K' совпали, показания на всех баржах движущейся и покоящейся групп барж обнулились. С этого момента времени синхронная смена показаний на всех баржах движущейся группы барж происходит медленнее, чем синхронная смена показаний на баржах покоящейся группы.

Если технические средства на баржах покоящейся группы R проследят за часами движущейся мимо них баржи r' движущейся группы R', то они зафиксируют замедленность хода часов движущейся баржи r'. Если технические средства на баржах движущейся группы R' проследят за часами движущейся мимо них, но покоящейся относительно воды баржи r группы R, то они зафиксируют ускоренность хода часов баржи r. Никакой симметрии нет. Налицо асимметрия темпа хода часов на покоящихся и на движущихся баржах. Показания сымитированного времени движущейся группы связаны с показаниями времени покоящейся группы преобразованиями $t' = t\sqrt{1-(v/V)^2}$ и $t = t'\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$. Преобразования координат имеют вид $x' = (x - vt)\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ $x = (x' + v't')\sqrt{1-(v'/V')^2}$, $y' = y$, где штрихованные величины выражены в масштабах расстояния и времени движущейся группы барж.

Понятно, что, если теперь технические средства движущейся группы R' измерят скорость движения лодки от одной из барж своей группы к другой барже этой же группы, используя синхронно идущие часы на этих баржах, то они обнаружат, что скорость движения лодки по ходу движения группы барж, которое видим мы со стороны, и против хода движения разные.

Далее мы предположили, что технические средства на баржах групп R и R' не имеют контакта с водой и не имеют информации о своем движении или покое относительно воды. Не обнаруживая оснований для синхронизации, при которой скорость лодки туда и обратно принимается разной, технические средства пересинхронизируют часы на движущейся группе R' барж так, что скорость движения лодки туда становится равной скорости лодки обратно. В этом случае время t'' после пересинхронизации – мы назвали это время t'' дважды сымитированным временем – оказалось связанным с сымитированным временем t' соотношением $t'' = t' - x'v/V^2$, а координаты и показания часов оказываются связанными преобразованиями $x' = (x - vt)\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$; $y' = y$; $t'' = (t - xv/V^2)\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ и $x = (x' + v''t'')\big/\sqrt{1-(v''/V'')^2}$; $y = y'$; $t = (t'' + x'v''/V''^2)\big/\sqrt{1-(v''/V'')^2}$. Здесь величины с двумя штрихами выражены через дважды сымитированное время. Полученные преобразования с точностью до обозначений совпадают с прямыми и обратными преобразованиями Лоренца. В частности это приводит к тому, что, отслеживая ход часов покоящейся в воде баржи r, которая, будучи неподвижной относительно воды, движется мимо барж движущейся группы, технические средства на движущейся группе R' барж обнаруживают замедленность хода часов на барже r. Результаты измерений техническими средствами движущейся и покоящейся групп барж становятся симметричными. То же самое относится и к расстояниям.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках доэйнштейновской эфирной картины мира считалось естественным, что в лаборатории, которая движется в эфире со скоростью v, продольная скорость света $c_{продольн}$ в направлении ее движения – от точки a на «корме» к точке b на «носу» – равна $c–v$, а в направлении, противоположном движению (от точки b к точке a) $c+v$. Время Δt_{ab} распространения света от точки a к точке b должна быть равным $L/(c–v)$, где L – расстояние между точками a и b, а время Δt_{ba} распространения света в обратном направлении $L/(c+v)$. Предполагалось, что суммарное время Δt_{aba} распространения света из точки a к точке b и обратно в точку a определяется формулой

$$\Delta t_{aba} = \frac{2L}{c(1-v^2/c^2)}. \qquad (B.1)$$

Должна была отличаться от скорости c в эфире, согласно представлениям того времени, и скорость распространения света в лаборатории в направлениях, перпендикулярных продольной оси лаборатории, направленной вдоль линии движения. В этом случае поперечные скорости $c_{попер}$ распространения света от одной из боковых стенок к другой и в обратном направлении должны были быть равными друг другу, и связаны со скоростями c и v формулой $c_{попер} = c\sqrt{1-(v/c)^2}$. Соответственно время Δt_{ada} прохождения светом расстояния L из точки a к точке d и обратно в точку a в продольном направлении должно быть связано с расстоянием соотношением

$$\Delta t_{ada} = \frac{2L}{c\sqrt{1-(v/c)^2}}. \qquad (B.2)$$

Представлялось очевидным, что, как ясно из формул (В.1) и (В.2), отношение Δt_{aba} к Δt_{ada} при одинаковом удалении точек b и d от точки a должно быть равным $1/\sqrt{1-(v/c)^2}$. В то время существовала техническая возможность косвенного экспериментального определения этого отношения, и это было сделано Майкельсоном и Морли. Эксперимент косвенно показал равенство времен Δt_{aba} и Δt_{ada}.

Вначале этот результат показался физикам конца 19-го столетия странным и необъяснимым. Однако уже вскоре объяснение полученного результата было найдено Фицджеральдом и Лоренцем. Согласно объяснению Фицджеральда и Лоренца тело при движении сквозь эфир взаимодействует с последним и укорачивается в $1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ раз. Из-за такого укорочения время Δt_{aba} распространения света туда и обратно в продольном направлении оказывается в $1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ раз меньше ожидаемого, а, следовательно, в точности равным времени распространения света туда и обратно в поперечном направлении.

Из формулы (В.2), казалось бы, следует возможность обнаружения эфирного ветра путем измерения времени Δt_{ada}, а по нему и поперечной скорости $c_{попер}$, равной $2L/\Delta t_{ada}$, отвязавшись от влияния продольного сокращения на результат измерения. Майкельсон и Морли провести такого измерения не могли по техническим причинам, однако нам теперь ясно, что измеренное движущимися часами время Δt_{ada} не увеличилось бы в $1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ раз, как это показывает формула (В.2), вследствие неучтенного в ней замедления хода движущихся часов. Это замедление компенсирует ожидаемое увеличение времени Δt_{ada}. Скорости $c_{попер}$ в эфире и в движущейся лаборатории совпали бы. Этот эффект был косвенно подтвержден экспериментом, осуществленным Кеннеди и Торндайком с помощью разноплечного интерферометра.

В популярных и учебных книгах по теории относительности нередко утверждается, что Майкельсоном и Морли была экспериментально доказана несостоятельность эфирной концепции. Это неверное утверждение. Результат эксперимента Майкельсона-Морли показал невозможность обнаружения эфира с помощью такого эксперимента, но не отсутствие эфира. Не нужно забывать того, что результаты эксперимента Майкельсона и Морли не помешали сохранению представлений об эфире в течение еще добрых двух десятков лет после получения ими отрицательного результата измерений. Разделяли эти представления и сам Майкельсон, и Лоренц. Ведь Фицджеральд и Лоренц объяснили этот результат продольным укорочением движущихся в эфире объектов, т.е. объяснили его в рамках эфирной картины мира. А вот что на склоне лет в 1952 году писал Эйнштейн в статье «Относительность и проблема пространства»: «Что же касается эксперимента Майкельсона-Морли, то Г.А. Лоренц показал, что полученный результат, по крайней мере, не противоречит теории покоящегося эфира» [11].

В этой связи должно быть ясным и замечание сторонника и популяризатора теории относительности М. Лауэ, который писал: «...экспериментально было невозможно произвести выбор между этой теорией (теорией Лоренца) и эйнштейновской теорией относительности, и если, тем не менее, теория Лоренца отошла на задний план, - хотя она еще имеет сторонников среди физиков, - то это произошло, без сомнения, в силу оснований философского характера». [12].

Комментируя это высказывание немецкого физика М. Лауэ, советский физик А. Тимирязев писал: «Для физика этот аргумент не имеет принудительной силы: для него философия, не подтвержденная опытом, - пустой звук [13].

Как следует понимать замечание М.Лауэ, что экспериментально невозможно сделать выбор между теорией Лоренца и теорией Эйнштейна? Ведь покоящаяся в эфире и инерциально абсолютно движущаяся в эфире системы отсчета у Лоренца физически не равноправны. Разве согласуется данное обстоятельство с фактом равноправия инерциальных систем в СТО Эйнштейна?

Согласуется.

Равноправие инерциальных систем в СТО выражается в инвариантности математической записи законов природы в этих системах, но исторически эта форма равноправия перекочевала в СТО Эйнштейна из теории Лоренца. Ведь преобразования, обеспечивающие неизменную форму записи тех же уравнений Максвелла в разных физически неравноправных инерциальных системах отсчета, появляются у Лоренца как следствие требования такой неизменности. Если Эйнштейн увязывал неизменность формы записи законов природы в разных системах отсчета с физическим равноправием, то Лоренц показал, что это требование может быть выполнено даже в физически не равноправных абсолютно покоящейся и абсолютно движущейся системах. Т.е. Лоренц показал, что физически неравноправные инерциальные системы отсчета можно превратить в математически равноправные, предъявив к ним требование инвариантности.

Возможно ли это? То, что это возможно, показано на страницах данной брошюры. В брошюре рассмотрено две группы барж, одна из которых покоится на водной поверхности, другая движется относительно нее со скоростью v. На баржах происходят простейшие процессы, информация о ходе которых передается с баржи на баржу вспомогательными лодками, обладающими постоянной скоростью V относительно воды. По отношению к движущейся группе барж скорость вспомогательных лодок в сторону их движения равна $V - v$, а в сторону, противоположному их движению, $V + v$. Процессы, происходящие на баржах, позволяют полностью сымитировать эффекты СТО, включая лоренцевское сокращение, замедление времени, релятивистские доплеровские эффекты – как продольный, так и поперечный – релятивистский закон сложения скоростей. Аналогия модели-имитации со СТО достигается предположением о равенстве скоростей вспомогательных лодок относительно движущейся группы барж в разных направлениях. Возможность представления сымитированных эффектов с помощью сымитированной модели пространства-времени дает пищу для размышления об отношении формального пространства-времени к реальному миру. Можно как угодно интерпретировать содержащийся в брошюре материал, построенный на рассмотрении движения барж по воде, в части его отношения к эйнштейновской СТО, но факт остается фактом – в физически неравноправных и физически ассиметричных системах координат, связанных с покоящимися на водной поверхности и с движущимися по воде группами барж, возможна имитация полной симметрии наблюдаемых процессов и равноправия систем по отношению к формальному описанию этих процессов.

ИМИТАЦИЯ

***С**пециальной*
***Т**еории*
***О**тносительности*

Главная часть

1. Объекты и суть имитации

В главной части мы не будем вдаваться в подробности, которые без ущерба для понимания материала могут быть рассмотрены отдельно от изложения сути дела. Такие подробности даны нами в разделе «Приложения».

Давайте мысленно «со стороны» пронаблюдаем за поведением объектов, которые, будучи тихоходными, ведут себя, тем не менее, по законам, аналогичным законам специальной теории относительности. Объектами нашего мысленного наблюдения служат две группы – группа R и группа R' – барж, рассредоточенных по поверхности бескрайнего плоскодонного водоема. Группа R барж покоится на поверхности, баржи группы R' плывут по этой поверхности с одной и той же скоростью v и в одном и том же направлении. Рассматривая геометрические размеры участков групп барж, будем считать сами баржи точечными объектами, размеры которых пренебрежимо малы по сравнению с размерами участков групп барж.

Будем считать, что вода в водоеме стоячая. Глубина водоема всюду одинакова и равна h. На каждую из барж скоростным подводным челноком, обладающим скоростью V (относительно воды), доставляется со дна водоема песок. Скоростными мы будем называть плавсредства, которые по нашему предположению обладают одинаковой скоростью V, не достижимой остальными плавсредствами. К каждой барже приписан один скоростной грузовой челнок, и в каждый такой челнок помещается определенное количество песка, которое мы будем называть одним челноком песка. Каждый челнок непрерывно совершает челночные рейсы от баржи на дно и обратно по кратчайшему пути, двигаясь вдоль отвесной линии, проходящей через данную баржу ко дну. Времена забора песка со дна на челнок и его выгрузки с челнока на баржу пренебрежимо малы по сравнению со временем движения челнока от баржи ко дну и обратно. Тогда время Δt, необходимое для доставки на покоящуюся баржу песка, задается простой формулой

$$\Delta t(1) = 2h/V \qquad (1)$$

для одного челнока песка, и формулой

$$\Delta t(k) = 2kh/V \qquad (2)$$

для k челноков песка. Под временем, обозначенным буквой t, мы понимаем время, считываемое по нашим часам – часам сторонних наблюдателей. Единица и буква k в скобках при символе Δt в формулах (1) и (2) показывают, что речь идет о промежутке времени Δt, необходимом на доставку соответственно одного и k челноков песка.

Скорость V_Z отвесного движения (скорость погружения и всплытия) челнока, доставляющего песок на плывущую со скоростью v ($v < V$) баржу, оказывается меньше скорости V и задается, как ясно из рис. 1, формулой

$$V_Z = V\sqrt{1-(v/V)^2}\ . \qquad (3)$$

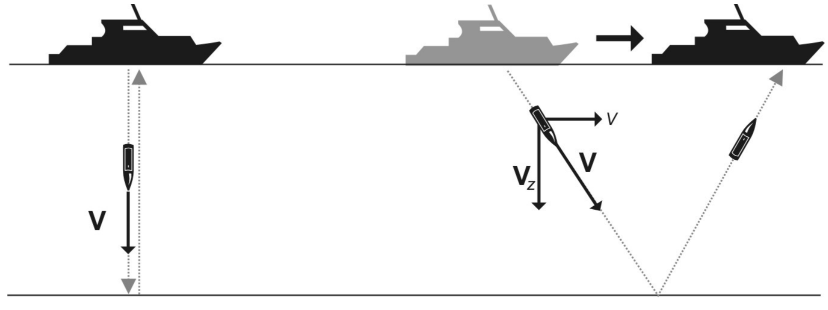

Рис.1. Баржа r (слева) покоится на поверхности воды. Челнок со скоростью V движется от баржи ко дну и обратно. Баржа r' (справа) плывет со скоростью v по поверхности водоема. Скорость движения челнока равна V, горизонтальная составляющая скорости челнока равна v, вертикальная составляющая V_Z равна $V\sqrt{1-(v/V)^2}$.

Поэтому для доставки одного челнока песка на плывущую со скоростью v баржу требуется время $\Delta t(1') = 2h/V_Z$ или с учетом (3)

$$\Delta t(1') = \frac{2h}{V\sqrt{1-(v/V)^2}}\,, \qquad (4)$$

Штрих у единицы обозначает, что речь идет о доставке песка на движущуюся (а не на покоящуюся) лодку.

Для доставки k' лодок песка на идущую со скоростью v баржу требуется время:

$$\Delta t(k') = \frac{2k'h}{V\sqrt{1-(v/V)^2}}\,. \qquad (5)$$

Буква k' в скобках в обозначении $\Delta t(k')$ показывает, что речь идет о промежутке Δt времени, необходимом на доставку k' челноков песка. Наличие штриха у буквы k, как и в случае со штрихованной единицей, свидетельствует о доставке песка на плывущую (а не на покоящуюся) лодку.

Если среди барж находятся баржа r', плывущая по водной поверхности со скоростью v, и баржа r, покоящаяся на воде, то скорость роста количества песка на баржах r' и r будет разной. Из (2) и (5) при $k' = k$ следует

$$\Delta t(k') = \Delta t(k)\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}\,, \qquad (6)$$

а при $\Delta t(k') = \Delta t(k)$

$$k' = k\sqrt{1-(v/V)^2}\,, \qquad (7)$$

т.е. времена доставки одинакового количества песка на некоторую плывущую со скоростью v баржу r' и на некоторую покоящуюся баржу r отличаются друг от друга в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз. Во столько же раз отличаются друг от друга и количества песка, доставленного на покоящуюся баржу r и на плывущую баржу r' при одинаковом времени его доставки.

Пусть баржи обладают приблизительно одинаковой предельной грузоподъемностью и, приняв на борт количество песка, близкое к критическому, тонут и прекращают свое существование, а на смену им появляются новые баржи, на которых в момент их появления («рождения») песка нет. Если критическое количество песка для движущихся барж в среднем равно K', то согласно (5) среднее время $\overline{\Delta t}(K') = \dfrac{2K'h}{V\sqrt{1-(v/V)^2}}$ «жизни» барж от момента их «рождения», состоящего в начале погрузки на них песка, до «смерти» оказывается зависящим от скоростей их движения. Если считать, что критическое количество песка для движущихся и для покоящихся барж одинаково, т.е. если $K' = K$, то баржи, движущиеся со скоростью v, в среднем живут в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ дольше, чем покоящиеся баржи.

Мы говорим о средней продолжительность жизни отдельной баржи, полагая, что продолжительность жизни конкретной баржи может несколько отличаться от средней продолжительности жизни из-за приблизительного характера критического количества песка или из-за непредвиденных обстоятельств (например, аварийных ситуаций). По этой причине мы полагаем, что даже среди барж, находящихся в одинаковом кинематическом состоянии (например, в состоянии покоя), на поверхности водоема находится множество «разновозрастных» барж с разным количеством песка на борту.

Зависимость средней продолжительности жизни барж от скорости движения, как и их некоторые другие свойства, оказывается удобным свойством, позволяющим сымитировать специальную теорию относительности элементарными средствами классической механики. Имитация дает преобразования Лоренца, релятивистское сложение скоростей, эффекты релятивистского замедления времени и сокращения продольных размеров движущихся объектов, относительность одновременности, релятивистский эффект Доплера, включая поперечный эффект. В общем, имитация дает все эффекты специальной теории относительности и легко представляется в форме модели четырехмерного пространственно-временного мира. Мало того, имитация дает возможность отчетливо увидеть причины релятивистских эффектов и парадоксов специальной теории относительности, таких, как, например, парадокс близнецов, и позволяет ответить не только на вопрос «Как?», но и на вопрос «Почему»?

На первый взгляд сымитировать не только специальную теорию относительности, но даже описываемое ею замедление времени, опираясь на замедление темпа погрузки песка на баржи при их движении, невозможно, хотя бы по той причине, что специальная теория относительности является релятивистской теорией. Замедление длительности процессов на одном из двух движущихся друг относительно друга одинаковых тел a и b происходит в ней относительно и симметрично. Относительность и симметрия проявляют себя в том, что, если по отношению к системе отсчета, связанной с телом a, замедляются процессы в теле b, то по отношению к системе отсчета, связанной с телом b, точно также замедляются процессы в теле a. В нашем же случае рост же количества песка на движущейся барже r' происходит медленнее, чем рост количества песка на покоящейся барже r, абсолютно и асимметрично. Абсолютность и асимметрия проявляют себя в том, что если количество песка на движущейся барже растет медленнее, чем количество песка на покоящейся барже, то этот факт не зависит от того, с какой из барж ведется наблюдение за этими процессами. Это, казалось бы, делает модель с баржами заведомо не приемлемой для имитации специальной теории относительности.

Но не будем спешить с выводами! Речь ведь идет о модели, а задача модели состоит не в ее полной идентичности моделируемому объекту, а в формальной адекватности явлений, описываемых ею при определенных условиях, явлениям, которые наблюдаются в моделируемом объекте.

2. Технические средства на баржах. Главная задача технических средств

Предположим, что мы как сторонние наблюдатели обладаем всеми существующими средствами наблюдения за баржами и средствами измерения физических величин. Предположим также, что на баржах нет наблюдателей – на них размещены технические средства измерения, обладающие ограниченными возможностями. В составе технических средств на баржах нет длинных линеек и стержней, связывающих отдельные баржи, и все связи и взаимодействия между баржами осуществляются с помощью скоростных лодок, курсирующих между баржами. На баржах нет наших обычных часов, единообразно измеряющих время на покоящихся и на движущихся баржах – все процессы на баржах протекают в сымитированном времени, о котором речь пойдет ниже.

На баржах отсутствуют контактирующие с водой приборы, которые позволяли бы регистрировать факт движения или покоя баржи относительно воды. На баржах также нет оптических приборов и радиоустройств, способных практически мгновенно передавать информацию с баржи на баржу. Передача информации на материальных носителях с баржи на баржу осуществляется только либо непосредственно (при нахождении барж в непосредственной близости друг к другу), либо скоростными (со скоростью V плавающими по водной поверхности) лодками, перевозящими материальные носители информации с одной баржи на другую. Только информация, содержащаяся на материальных носителях, считается документальной (документально достоверной) информацией.

Главная задача технических средств состоит в том, чтобы, располагая информацией о существовании среды, и о том, что темп погрузки песка на покоящиеся в среде баржи выше темпа погрузки песка на движущиеся баржи, определить путем обмена документально достоверной информации о количестве песка на разных баржах, на какие из барж песок поступает быстрее, и соответственно какие из них покоятся. Как это ни странно звучит, решить эту, казалось бы, простую задачу при указанных ограничениях оказывается невозможным.

3. Симметрия регистрации с покоящейся и с движущейся барж процессов поступления песка на баржи

Если баржи инерциальные и либо вообще не встречаются в одной точке, либо встречаются только единожды, то сравнить изменения количества песка на баржах можно лишь, используя быстроходные (плывущие со скоростью V) лодки, на которых документы о количестве песка доставляются с одной баржи на другую. Например, если баржа r' после встречи с покоящейся баржей r, когда осуществлена непосредственная передача информации о количестве песка на баржах с борта на борт, продолжает прямолинейное движение, а баржа r остается неподвижной (баржи r и r' инерциальные), то баржи r и r' не могут встретиться вторично. Поэтому вторично, спустя некоторое время после встречи, получить информацию о количестве песка на другой барже возможно только, если воспользоваться лодкой. При этом документ с указанием количества песка на другой барже поступает на данную баржу тогда, когда количество песка на той, другой барже уже не то, каким оно было в момент отправления от нее лодки. Только в случае, если скорость V намного больше скорости v, т.е. если $V>>v$, можно считать, что передача документов осуществляется мгновенно. В этом случае производится прямое сравнение изменений количеств песка, происшедших между моментом встречи барж и моментом передачи документа. Но при этом коэффициент $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ практически равен единице, и результаты сравнения оказываются симметричными в силу одинаковости скоростей прироста песка на покоящейся и на движущейся баржах. Если же скорости V и v соизмеримы, то коэффициент $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ достаточно велик, и велика разница темпов погрузки песка, но велико и влияние задержки передачи информации лодкой. Следствие этого влияния таково, что при передаче информации лодкой и при отсутствии на баржах обычных одинаково идущих на покоящихся и на плывущих плотах часов возможно, как показано в приложении 1, получение только симметричных результатов, которые не позволяют обнаружить разницу скоростей роста количества песка на покоящейся r и на инерциально движущейся r' баржах.

Напрашивается еще один способ сравнения скоростей поступления песка на плоты.

Если количество лодок для передачи информации неограничено, то технические средства на каждой из барж могут непрерывно посылать информацию о поступлении на свою баржу очередной заранее договоренной – сигнальной – порции песка, каждый раз отправляя на другую баржу лодку с сообщением о таком поступлении. Это позволяет сравнивать частоту поступления сигнальных порций песка на любую из барж с частотой прибытия к ней лодок от другой баржи.

Частота $f_{r\leftarrow r'}$ прибытия к барже *r* лодок, отправленных от баржи *r′*, и частота $f_{r'\leftarrow r}$ прибытия к барже *r′* лодок, отправленных от баржи *r*, зависят, согласно формуле классического эффекта Доплера, от скорости *v* баржи *r′* относительно воды и от того, какая из барж играет роль передатчика и какая роль приемника информации. При удалении баржи *r′* от баржи *r* частоты $f_{r\leftarrow r'}$ и $f_{r'\leftarrow r}$ задаются формулами

$$f_{r\leftarrow r'} = f_{r'}\big/(1+v/V)\,,$$
$$f_{r'\leftarrow r} = f_r(1-v/V)\,,$$

где f_r и $f_{r'}$ – соответственно частоты поступления на баржи *r* и *r′* сигнальных количеств песка и численно равные им частоты отправления лодок соответственно от барж *r* и *r′*.

Согласно этим формулам, при стремлении скорости *v* баржи *r′* к скорости *V* частота $f_{r\leftarrow r'}$ прибытия лодок к покоящейся барже *r* стремится к $f_{r'}/2$, а частота $f_{r'\leftarrow r}$ прибытия лодок к движущейся барже *r′*, при конечной частоте f_r стремится к нулю.

Если баржа *r′* приближается к барже *r*, то частоты $f_{r\leftarrow r'}$ и $f_{r'\leftarrow r}$ задаются формулами:

$$f_{r\leftarrow r'} = f_{r'}\big/(1-v/V)\,,$$
$$f_{r'\leftarrow r} = f_r(1+v/V)\,.$$

При стремлении скорости *v* баржи *r′* к скорости *V* и при отличном от нуля значении $f_{r'}$ частота $f_{r\leftarrow r'}$ прибытия лодок к покоящейся барже *r* стремится к бесконечности, а частота $f_{r'\leftarrow r}$ лодок, прибывающих к барже *r′*, стремится к $2f_r$.

Если бы частоты f_r и $f_{r'}$ были равны друг другу, то при $v \neq 0$ частоты $f_{r\leftarrow r'}$ и $f_{r'\leftarrow r}$ были бы разными. Разными были бы и отношения $f_{r\leftarrow r'}\big/f_r$ и $f_{r'\leftarrow r}\big/f_{r'}$ частот прибытия лодок на баржи к частотам поступления на них сигнальных количеств песка. Однако в нашем случае частоты f_r и $f_{r'}$ связаны друг с другом соотношением $f_{r'} = f_r\sqrt{1-(v/V)^2}$. По этой причине, используя предыдущие формулы, можно записать равенства

$$f_{r\leftarrow r'} = f_r\,\sqrt{1-v/V}\Big/\sqrt{1+v/V}\,,$$
$$f_{r'\leftarrow r} = f_{r'}\,\sqrt{1-v/V}\Big/\sqrt{1+v/V}$$

для случая удаления баржи *r′* от баржи *r* и равенства

$$f_{r\leftarrow r'} = f_r\,\sqrt{1+v/V}\Big/\sqrt{1-v/V}\,,$$
$$f_{r'\leftarrow r} = f_{r'}\,\sqrt{1+v/V}\Big/\sqrt{1-v/V}$$

для случая их сближения.

Отношения $f_{r\leftarrow r'}\big/f_r$ и $f_{r'\leftarrow r}\big/f_{r'}$ частот прибытия к каждой из барж лодок к частотам поступления на нее сигнальных количеств песка для покоящейся на воде баржи и для плывущей баржи одинаковы и равны $\sqrt{1-v/V}\Big/\sqrt{1+v/V}$ при удалении баржи r' от баржи r и $\sqrt{1+v/V}\Big/\sqrt{1-v/V}$ при приближении баржи r' к барже r.

Более подробно об этом написано в приложении 2.

Если нарушить условие инерциальности хотя бы одной из барж, то можно обеспечить однажды встретившимся баржам r и r' спустя некоторое время повторную встречу. Например, если спустя некоторое время после встречи барж, изменив направление движения баржи r', вернуть ее с такой же скоростью к месту первой встречи (баржа r' в момент ее поворота становится неинерциальной), то можно обеспечить повторную встречу барж и вторично осуществить непосредственное сравнение количеств песка на баржах. Полученные данные позволят определить прирост песка на баржах за время между двумя встречами барж. При этом выяснится, что за это время увеличение количества песка на барже r' в Г раз меньше, чем увеличение количества песка на барже r. Нам как сторонним наблюдателям нетрудно рассчитать коэффициент Г. Он равен $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$.

Однако такой эксперимент не дает возможности на основании полученных результатов и информации о замедленности процессов погрузки песка на движущиеся баржи решить главную задачу и сделать вывод, что в среде покоилась баржа r. Дело в том, что, если бы после встречи барж r и r' баржа r' продолжала движение, а баржа r некоторое, пусть сколь угодно длительное время оставалась в покое, а затем, выйдя из состава покоящихся барж, набрала необходимую скорость и догнала баржу r', то при встрече барж r и r' меньшим оказался бы прирост песка на барже r. При этом уменьшение оказалось бы таковым, что могло бы быть истолковано как доказательство покоя в среде баржи r' и движения туда и обратно баржи r. По результатам экспериментов с неинерциальными баржами можно установить лишь тот факт, что замедление роста количества песка на одной из двух барж в период времени между двумя встречами может быть увязано с ее неинерциальностью, причем формально это замедление оказывается качественно и количественно аналогичным замедлению старения одного из двух близнецов в известном парадоксе. Подробнее об этом написано в приложении 3.

4. Имитация времени на отдельных баржах. Обычные и сымитированные времена

Пусть на всех баржах размещены счетчики поступивших на баржи количеств песка и одинаковые часы с одинаковыми циферблатами. Часы приводятся в действие от счетчиков количества песка так, что на каждой из барж часы «тикают» с частотой, пропорциональной частоте движения челнока. Стрелки часов на плывущих со скоростью v баржах движутся в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз медленнее, чем стрелки часов на покоящихся баржах. Будем считать, что скорость движения стрелок часов на покоящихся баржах равна скорости движения стрелок наших часов – часов сторонних наблюдателей, – т. е. время t, включая его числовые значения, у нас и на покоящихся баржах течет одинаково. Показание часов на некоторой отдельной покоящейся барже r будем обозначать, символом t_r. При этом допустим, что показания t_r, t_a, t_b, t_c часов на разных покоящихся баржах r, a, b, c в один и тот же момент времени могут отличаться друг от друга до тех пор, пока эти показания не синхронизированы. Такое отличие показаний при одинаковом темпе их смены мы не рассматриваем как отличие течения времени, подобно тому, как не считаем, что наше земное время t в Лондоне и в Москве течет по разному, хотя времена (показания часов) t_L в Лондоне и t_M в Москве в каждый момент времени отличаются друг от друга. Под одинаковостью течения времени мы понимаем не совпадение показаний t_L и

t_M часов, которого нет, а равенство промежутков времени Δt_L и Δt_M в этих городах между двумя конкретными мировыми событиями.

Время, задаваемое показаниями часов на движущихся со скоростью v баржах, в отличие от нашего времени t, будем называть сымитированным временем плывущих барж, и будем обозначать его буквой t' (со штрихом). О сымитированном времени t' на плывущих баржах будем говорить, что оно по результатам нашего наблюдения течет медленнее времени t покоящихся барж. Показание t' часов на некоторой отдельной движущейся барже r' будем обозначать символом $t'_{r'}$ (со штрихами), полагая, что, как и в случае покоящихся барж, показания часов на других плывущих баржах до момента их синхронизации могут отличаться друг от друга и от показания $t'_{r'}$.

Предположим, что сигналы от счетчиков количества песка в виде синхроимпульсов поступают не только на часы, но и на все без исключения технические средства, размещенные на баржах, задавая тем самым темп их действий и обеспечивая работу технических средств в масштабе сымитированного времени. Тогда темп действий (быстродействие) технических средств на движущихся баржах оказывается меньше темпа действий технических средств на покоящихся баржах в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз.

Пусть на покоящихся и на движущихся баржах в качестве единиц измерения времени соответственно используются промежутки $\Delta t(\Delta n_{time})$ и $\Delta t'(\Delta n'_{time})$ времени, в течение которых показания счетчиков количества песка увеличиваются соответственно на Δn_{time} и $\Delta n'_{time}$, такие, что, будучи едиными и стандартными, $\Delta n_{time} = \Delta n'_{time}$. В этом случае для любой пары движущихся друг относительно друга барж промежуток Δt времени и промежуток $\Delta t'$ сымитированного времени между двумя одними и теми же зарегистрированными нами событиями оказываются связанными соотношениями

$$\Delta t' = \Delta t\sqrt{1-(v/V)^2} \quad \text{и} \quad \Delta t = \Delta t'\big/\sqrt{1-(v/V)^2}\,. \qquad (8)$$

Если единица $\Delta t(\Delta n_{time})$ измерения времени на покоящихся баржах по каким-то причинам имеет то же наименование, что и единица $\Delta t'(\Delta n'_{time})$ сымитированного времени на движущихся баржах, например, если обе единицы называются минутой, то можно говорить, что по нашим наблюдениям минута сымитированного времени на движущихся баржах длится в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз дольше минуты времени на покоящихся баржах.

Если срок службы отдельных устройств, входящих в состав технических средств, определяется количеством выполненных ими действий, то срок службы (время «жизни») устройств на движущихся баржах по результатам наших наблюдений окажется в те же $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз больше, чем на покоящихся баржах. Т.е. «жизнь» размещенных на плывущих баржах средств наблюдения протекает медленнее, чем «жизнь» аналогичных средств на покоящихся баржах. Заметим, что сами технические средства, которые могут включать в себя и роботов, на покоящихся и на движущихся баржах в силу синхронности своих собственных действий с действиями вспомогательных устройств и с движением челнока «воспринимают» изменение количество песка в течение их жизни и все процессы, синхронно происходящие с работой счетчиков песка на своих баржах, совершенно одинаково. Никакими приборами, входящими в состав технических средств на каждой из движущихся баржах, невозможно выявить замедленность темпа действий на движущейся барже. В силу синхронности действий этих приборов с действиями других приборов и устройств все процессы и действия на движущихся баржах в сымитированном времени протекают точно так же, как и аналогичные процессы на покоящихся баржах в обычном времени.

Нетрудно понять, что если, как это было отмечено в предыдущем разделе, путем прямого сравнения невозможно обнаружить разницу скоростей поступления песка на баржи, то в силу пропорциональности показаний счетчиков показаниям часов на баржах невозможно, передавая информацию о показаниях часов скоростными лодками, обнаружить и разницу течения обычного времени на покоящихся баржах и сымитированного времени на плывущих баржах. Нельзя обнаружить разницу течения времени и, имитируя эффект Доплера в водной среде, в которой находятся баржи. Например, если с баржи *r* с частотой f_r отправляются лодки на баржу *r′*, а с баржи *r′* с частотой $f'_{r'}$ (в сымитированном времени), численно равной частоте f_r, лодки отправляются на баржу *r*, то, как нетрудно показать, при удалении баржи *r′* от баржи *r* част***о***ты $f'_{r'\leftarrow r}$ и $f_{r\leftarrow r'}$ прибытия лодок соответственно на баржи *r′* и *r* одинаковы и задаются симметричными формулами $f'_{r'\leftarrow r} = f_r \sqrt{1-v/V}\Big/\sqrt{1+v/V}$ и $f_{r\leftarrow r'} = f'_{r'} \sqrt{1-v/V}\Big/\sqrt{1+v/V}$, которые, будучи аналогичными формулам релятивистского доплеровского эффекта, не позволяют обнаружить разницу хода часов на баржах *r* и *r′*.

При сближении барж част***о***ты $f'_{r'\leftarrow r}$ и $f_{r\leftarrow r'}$ прибытия лодок соответственно на баржи *r′* и *r* одинаковы и задаются симметричными формулами $f'_{r'\leftarrow r} = f_r \sqrt{1+v/V}\Big/\sqrt{1-v/V}$ и $f_{r\leftarrow r'} = f'_{r'} \sqrt{1+v/V}\Big/\sqrt{1-v/V}$.

Если баржа *r′* движется по линии, от которой баржа *r* находится на некотором удалении, то возможно наблюдение «лодочного релятивистского» поперечного эффекта Доплера, при котором справедливы равенства $f'_{r'\leftarrow r}\big/f_r = f_{r\leftarrow r'}\big/f'_{r'} = \sqrt{1-(v/V)^2}$. См. приложение 4.

5. Имитация лоренцевского сокращения расстояния между движущимися элементами

Свяжем с покоящейся *R* и движущейся *R′* группами барж соответственно декартовые системы Σ и Σ' координат с взаимно параллельными осями *X* и *X′*, *Y* и *Y′*, *Z* и *Z′*. Оси *Z* и *Z′* систем направим перпендикулярно поверхности воды, оси *X* и *X′* – в сторону движения группы *R′*, а оси *Y* и *Y′* проведем перпендикулярно к осям *X*, *X′* и *Z*, *Z′*, как это принято делать в прямоугольных декартовых системах координат. Предположим, что технические средства каждой из барж способны самостоятельно, без участия технических средств других барж и без синхронизации часов на разных баржах, измерять расстояния от данной баржи до отдельных точек связанной с ней системы координат. Расстояние согласно нашему предположению измеряется дистанционно без использования длинных линеек и рулеток следующим образом.

Пусть в системе координат Σ техническими средствами баржи *r*, находящейся в начале координат *O*, расстояние от начала координат *O* до некоторой точки *a* в произвольном месте системы Σ определяется способом, который мы будем называть псевдолокационным. Суть псевдолокационного способа такова. От баржи *r* в точке *O* отправляется скоростная лодка, которая, по кратчайшему пути доплыв до точки *a*, тут же возвращается обратно в точку *O*. По показаниям часов на барже *r* в моменты отплытия и возвращения лодки определяется время Δt_{OaO} плавания лодки туда и обратно, а затем по формуле $\frac{1}{2}\tilde{V}\Delta t_{OaO}$, где $\tilde{V}$ - средняя скорость лодки на пути от точки *O* к точке *a* и обратно, рассчитывается расстояние между точками *O* и *a*. Так как в системе Σ не скорость определяется по расстоянию и времени, а расстояние определяется по скорости и времени, то эталонное и унифицированное для всех барж системы Σ значение скорости может либо быть произвольно задано техническими средствами барж системы Σ, либо взято извне (например, у нас). Понятно, что в системе Σ средняя скорость $\tilde{V}$ на пути туда и обратно равна скорости *V*. Расстояние между точкой *O* и точкой *a*, измеренное таким образом техническими средствами баржи *r*, обозначим символом $l(½\Delta t_{OaO})$. То же расстояние, но измеренное или рассчитанное нами любым доступным образом, будем обозначать символом l_{Oa} . Расстояние $l(½\Delta t_{OaO})$ и расстояние l_{Oa} – это одно и то же расстояние, и величины $l(½\Delta t_{OaO})$ и l_{Oa} отличаются друг от друга лишь способом и местом их определения.

Если баржи в силу каких-то внешних причин (например, из-за ветра) изменяют свое местоположение, то технические средства могут осуществлять подержание расстояния между баржами данной группы, используя скоростные лодки. Для этого от каждой из барж регулярно отправляются к соседним баржам и возвращается обратно скоростные лодки. Технические средства баржи по своим часам измеряют времена движения лодок к соседним баржам и обратно и в случае необходимости приближают или удалят соседние баржи для сохранения этих времен и неизменности псевдолокационных расстояний.

Предположим, что в системе координат Σ' техническими средствами некоторой баржи r', находящейся в начале координат O', расстояние от начала координат O' до точки a' системы Σ' определяется точно так же, как это делается в системе Σ. Пусть измеренным таким образом расстоянием $l'(½\Delta t'_{O'a'O'})$ в данном случае по определению считается величина, равная произведению $\frac{1}{2}\tilde{V}'\Delta t'_{O'a'O'}$. Здесь $\tilde{V}'$ - сымитированная, т.е. выраженная через сымитированное время t' средняя скорость лодки на пути от точки O' к точке a' и обратно, по определению численно равная скорости $\tilde{V}$, а, следовательно, и скорости V, а $\Delta t'_{O'a'O'}$ - сымитированное время движения лодки по пути от точки O' к точке a' и обратно. В отличие от обычной средней скорости $\tilde{V}$ мы обозначили сымитированную среднюю скорость символом $\tilde{V}'$ (со штрихом!) Определенное таким образом техническими средствами баржи r' псевдолокационное расстояние $l'(½\Delta t'_{O'a'O'})$ будем называть сымитированным расстоянием $l'(½\Delta t'_{O'a'O'})$. Сымитированное расстояние обладает двумя полезными для нас особенностями. Во-первых, оно по определению обеспечивает равенство сымитированной средней (на пути туда и обратно) скорости $\tilde{V}'$ и скорости V. А во-вторых, оно, по результатам наших наблюдений, равно обычному расстоянию в поперечном по отношении к движению системы Σ' направлении, но в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз больше обычного расстояния в направлении движения системы Σ'. Т.е. измеряемые нами обычные расстояния между элементами движущейся системы Σ' оказываются в направлении движения в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньше сымитированных в этой системе расстояний между данными элементами.

Действительно, если между точкой (началом координат) O' и лежащей на оси Y' точкой с координатой y' – назовем эту точку точкой y' – по оси Y' движется скоростная лодка, то фиксируемая нами со стороны составляющая V_Y (скорость перемещения лодки вдоль отрезка прямой, соединяющего точки O' и y') скорости V лодки, задается формулой

$$V_Y = V\sqrt{1-(v/V)^2}\ . \tag{9}$$

Обычное фиксируемое нами расстояние $l_{O'y'}$ между точками O' и y' движущейся системы Σ' по нашим расчетам может быть представлено формулой $l_{O'y'} = ½V_Y\Delta t_{O'y'O'}$, где $\Delta t_{O'y'O'}$ - обычное (измеряемое нами по нашим часам) время движения лодки из точки O' в точку y' и обратно, или с учетом (9)

$$l_{O'y'} = \tfrac{1}{2}V\sqrt{1-(v/V)^2}\,\Delta t_{O'y'O'}, \tag{10}$$

а сымитированное расстояние $l'(½\Delta t'_{O'y'O'})$ между точками O' и y' по данным технических средств баржи r' выражается формулой

$$l'(\tfrac{1}{2}\Delta t'_{O'y'O'}) = \tfrac{1}{2}\tilde{V}'\Delta t'_{O'y'O'}\,. \tag{11}$$

где $\Delta t'_{O'y'O'}$ сымитированное на барже в точке O' время движения лодки из точки O' в точку y' и обратно.

Так как по аналогии с левым равенством соотношений (8)

$$\Delta t'_{O'y'O'} = \Delta t_{O'y'O'} \sqrt{1-(v/V)^2}\ ,$$

а $\tilde{V}'$ по определению равно V, то из (10) и (11) следует

$$l_{O'y'} = l'(\tfrac{1}{2}\Delta t'_{O'y'O'})\,, \qquad (12)$$

что свидетельствует о равенстве числовых значений обычного расстояния $l_{O'y'}$ и сымитированного расстояния $l'(½\Delta t'_{O'y'O'})$, а в обобщенном плане означает равенство числовых значений поперечных размеров.

Теперь рассмотрим движение скоростной лодки между точкой (началом координат) O' и лежащей на оси X' точкой с координатой x' – назовем ее точкой x'. Скорости движения лодки относительно этих точек в противоположные стороны по нашим данным равны $V - v$ и $V + v$. При обычном расстоянии между точками O' и x', равном $l_{O'x'}$, время $\Delta t_{O'x'O'}$ движения лодки от точки O' к точке x' и обратно равно $l_{O'x'}/(V - v) + l_{O'x'}/(V + v)$, т. е.

$$\Delta t_{O'x'O'} = \frac{2l_{O'x'}}{V(1-v^2/V^2)}\,. \qquad (13)$$

Обычная средняя скорость $\tilde{V}_{X'}$ движения лодки вдоль оси X' относительно точек O' и x' на пути туда и обратно по нашим расчетам равна $2l_{O'x'}/\Delta t_{O'x'O'}$, или с учетом предыдущего равенства

$$\tilde{V}_{X'} = V(1-v^2/V^2)\,. \qquad (14)$$

Обычное расстояние $l_{O'x'}$ между точками O' и x' движущейся системы Σ' по нашим расчетам может быть выражено формулой

$$l_{O'x'} = \tfrac{1}{2}\tilde{V}_{X'}\Delta t_{O'x'O'}\,, \qquad (15)$$

а сымитированное расстояние $l'(½\Delta t'_{O'x'O'})$ между ними по расчетам технических средств на барже r' выражается равенством

$$l'(\tfrac{1}{2}\Delta t'_{O'x'O'}) = \tfrac{1}{2}\tilde{V}'_{X'}\,\Delta t'_{O'x'O'}\,. \qquad (16)$$

Так как по аналогии с правым равенством соотношений (8)
$\Delta t_{O'x'O'} = \Delta t'_{O'x'O'} \Big/ \sqrt{1-(v/V)^2}$, то с учетом (14), из (15) и (16) следует

$$l_{O'x'} = \sqrt{1-(v/V)^2}\, l'(\tfrac{1}{2}\Delta t'_{O'x'O'}) \ \text{ или } \ l'(\tfrac{1}{2}\Delta t'_{O'x'O'}) = l_{O'x'} \Big/ \sqrt{1-(v/V)^2} \qquad (17)$$

Согласно (17) измеренное нами числовое значение расстояния $l_{O'x'}$ между точками O' и x' оказывается в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньше числового значения расстояния $l'(½\Delta t'_{O'x'O'})$, измеренного в системе координат Σ'. В обобщенном плане это свидетельствует о сокращении участков движущейся группы R' в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз.

Строго говоря, формулы (12) и (17) следовало бы записывать в форме

$$\{l'(\tfrac{1}{2}\Delta t'_{O'y'O'})\} = \{l_{O'y'}\},$$
$$\{l'(\tfrac{1}{2}\Delta t'_{O'x'O'})\} = \{l_{O'x'}\big/\sqrt{1-(v/V)^2}\},$$

где в фигурных скобках указаны числовые значения физических величин. Ведь до тех пор, пока не доказано равенство единиц физических величин в разных системах отсчета, вопрос содержания измеренных физических величин остается открытым.

Если $l'(½\Delta t'_{O'x'O'})$ равно $l'(½\Delta t'_{O'y'O'})$, а $l'(½\Delta t'_{O'y'O'})$ равно l_{Oy}, и ось X' скользит по оси X, то в момент времени, когда начала координат O' и O' совмещаются и совмещаются точки y и y', точки x и x' при $x = y$ в силу укороченности отрезка $O'x'$, следующей из соотношения (17), по результатам наших наблюдений оказываются в разных местах (точка x' находится ближе к началу координат, чем точка x).

Заметим, что технические средства групп R и R' не могут осуществить прямое сравнение своего километра и движущегося километра путем их совмещения в некоторый момент времени до тех пор, пока не произведена синхронизация часов и тем самым не обеспечена возможность фиксация положений движущихся элементов в разных точках водной поверхности в данный момент времени.

6. Синхронизация часов групп *R* и *R'*

Представим себе, что показания часов группы R синхронизированы таким образом, что в любой момент t нашего времени они по результатам нашего наблюдения одинаковы. Синхронизировать часы технические средства группы R могут двумя путями. Во первых, они могут перенести в какой-то момент нашего времени показания наших часов на все часы своих барж. А, во-вторых, они могут сделать это, получив от нас информацию, что их группа покоится на воде, и скорость лодок во всех направлениях одинакова. Например, для синхронизации часов на баржах, одна из которых находится в начале координат O системы Σ, а другая на оси X этой системы в точке с координатой x, нужно предварительно послать из точки O к точке x лодку, и по достижении точки x вернуть ее обратно. Сняв в точке O показания времени в момент отправления лодки и в момент возвращения ее обратно, можно определить время Δt_{OxO} движения лодки между началом координат O и точкой x туда и обратно. Затем необходимо из начала координат O к точке x снова отправить лодку с документом о показании часов в момент отправления лодки. Получив документ и информацию о том, что время плавания лодки к соседней барже и обратно равно Δt_{OxO}, технические средства на барже, к которой прибыла лодка, исходя из равенства скорости лодки туда и обратно, устанавливают показание часов, на $½\Delta t_{OxO}$ превышающее показание, указанное в полученном ими документе. После этого они в свою очередь отправляют лодку к барже, на которой показание часов еще не синхронизировано. Продолжая такие действия, технические средства на баржах покоящейся группы R могут синхронизировать все часы группы R на оси X. Таким же образом можно синхронизировать часы, находящиеся во всех точках системы Σ.

Обозначим время группы R, задаваемое одинаковыми для всех барж группы R показаниями, символом t_R.

После синхронизации часов мы как сторонние наблюдатели в любой момент времени увидим одинаковые показания t_R часов на всех баржах покоящейся на воде группы R. В целях удобства обозначений будем считать, что показания t на наших часах и показания t_R времени на часах группы R всегда одинаковы, т.е. $t = t_R$.

При наличии на баржах покоящейся группы R синхронизированных часов может быть зарегистрировано замедление хода часов на каждой из плывущих барж. Для этого достаточно сравнить изменяющееся показание $t_{r'}$ часов на плывущей барже r' с показаниями t_R часов барж покоящейся группы R, находящихся в разных точках поверхности водоема. Засекая в некоторый момент времени положение начала и конца разных рядов плывущей группы, можно также сравнивать длины этих рядов друг с другом и с длинами рядов группы R. После синхронизации часов техническими средствами группы R можно измерять скорость движения барж группы R' и скорость движения вспомогательных лодок в любом направлении. Осуществлять же подобные операции техническими средствами группы R' не возможно до тех пор, пока не синхронизированы часы этой группы.

Пусть часы группы R' также синхронизированы таким образом, что по результатам нашего наблюдения обеспечивается одинаковость показаний часов на разных баржах группы R' в любой момент нашего времени. Синхронизированное таким образом время группы R' обозначим символом $t'_{R'}$. К тому же предположим, что в результате обнуления или в силу случайных совпадений в момент времени, когда начала координат O и O' систем Σ и Σ' находились в одной точке, часы всех барж обеих групп имели нулевое показание. Тогда из (8) следует, что в любой последующий момент времени показания часов групп R и R' в любой точке водоема связаны друг с другом соотношениями

$$t'_{R'} = t_R\sqrt{1-(v/V)^2} \quad \text{и} \quad t_R = t'_{R'}\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}\,. \qquad (18)$$

Показания t_R и $t'_{R'}$, не зависят от координат и обеспечивают абсолютность одновременности в обеих группах барж и в обеих системах координат – Σ и Σ'. Под абсолютностью одновременности мы понимаем тот факт, что, если в системе координат Σ в момент времени t_R одновременно в разных местах произошли два события, то они произошли одновременно в момент времени $t'_{R'}$ и в системе Σ'. После синхронизации часов в группах R и R' в каждой из этих групп становятся возможными фиксация положения концов рядов барж в некоторый момент времени и измерение расстояний и длин не только псевдолокационным, но и обычным способом – путем их сравнения друг с другом или с собственными единицами длины.

Пусть в покоящихся и в движущихся группах R и R' в качестве единиц измерения расстояния используются соответственно длины (расстояния между баржами) $l(½\Delta t_{\alpha\beta\alpha})$ и $l'(½\Delta t'_{\alpha'\beta'\alpha'})$ эталонов $\alpha\beta$ и $\alpha'\beta'$, сооруженных из пары барж α и β в системе координат Σ и пары барж α' и β' в системе Σ'.

Предположим, что для прохождения каждого из этих расстояний туда и обратно скоростной лодкой требуются промежутки $\Delta t_{\alpha\beta\alpha}$ и $\Delta t'_{\alpha'\beta'\alpha'}$ времен, такие, что числовые значения этих промежутков стандартизированы и равны друг другу. Если единица $l(½\Delta t_{\alpha\beta\alpha})$ расстояния покоящегося эталона имеет то же наименование, что и единица $l'(½\Delta t'_{\alpha'\beta'\alpha'})$ сымитированного расстояния движущегося эталона, например, если обе единицы называются километром, то как ясно из (12) и (17), сымитированный и обычный поперечные километры равны друг другу, а сымитированный движущийся продольный километр по нашим данным в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз короче покоящегося обычного километра.

Учитывая, что измеряемое нами расстояние $l_{O'x'}$ между точками O' и x' равно $x–vt_R$, где x - координата точки x' в системе Σ, и считая $l'(½\Delta t'_{O'x'O'}) = x'$, из правого равенства соотношений (17) получаем прямое преобразование координат

$$x' = (x - vt_R)\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}\ . \qquad (19)$$

Возвращаясь к синхронизации часов группы R', заметим, что технически такую синхронизацию часов технические средства группы R' могут осуществить либо путем прямого переноса в некоторый момент времени показаний часов группы R на часы барж своей группы, либо путем использования скоростной лодки. В последнем случае технические средства барж группы R' необходимо снабдить информацией о том, что движется именно группа R', причем движется так, что сымитированная скорость v' движения воды относительно системы координат Σ' направлена в сторону противоположную направлению оси X'. Если нам известно правило пересчета наблюдаемой нами со стороны скорости v в сымитированную скорость v' и правило пересчета скорости V в сымитированную скорость V', то мы можем передать техническим средствам, работающим в масштабе сымитированного времени информацию о сымитированных скоростях v' и V'. Последнюю можно выразить в единицах сымитированного расстояния и сымитированного времени. Зная выражаемое формулой (19) правило пересчета координаты x в координату x' и считая отношение $-x'/t'_{R'}$ скоростью точки O (начала координат системы Σ) в системе Σ', приравняв x нулю, из (18) и (19), мы получаем

$$v' = v\big/(1 - v^2/V^2)\ . \qquad (20)$$

Подставляя в (19) сначала $x = -Vt_R$, а затем $x = Vt_R$, находим абсолютное значение $-x'/t'_{R'}$ скорости лодок в системе Σ' по течению в первом случае и абсолютное значение x'/t'_R скорости лодок против течения во втором случае. Обозначая $-x'/t'_{R'}$ для движения по течению через V_1 и $x'/t'_{R'}$ для движения против течения через V_2 и беря $t'_{R'}$ из левой части (18), получаем:

$$V'_1 = (V + v)\big/(1 - v^2/V^2)\ ; \qquad (21)$$
$$V'_2 = (V - v)\big/(1 - v^2/V^2)\ . \qquad (22)$$

Вводя обозначение

$$V' = V\big/(1 - v^2/V^2)$$

и деля скорость v', представленную формулой (20), на V', получаем

$$v'/V' = v/V. \qquad (23)$$

С учетом (20) и (23) равенства (21) и (22) можно представить в виде

$$V'_1 = V' + v' \qquad (24)$$
$$V'_2 = V' - v'. \qquad (25)$$

Скорости V'_1 и V'_2 представляют собой сымитированные скорости лодки в системе Σ' по течению воды и против течения. Из (24), (25) понятен физический смысл величины V'. Последняя представляет собой скорость лодки относительно поверхности воды, выраженную в сымитированных единицах расстояния (длины) и времени группы R'.

Получив информацию о скоростях v' и V', технические средства группы R' могут по формулам (24), (25) рассчитать скорости V'_1 и V'_2 лодок по течению и против течения.

Затем отправив лодку с баржи r' в точке O' в точку x', они могут перенести показание часов с баржи r' на баржу в точке x', и, добавив к этому показанию величину $V'_2\Delta t'_{O'x'O'}$.

Используя (23) и принимая во внимание независимость времени от координаты, позволяющую группировать символы по простым алгебраическим правилам, формулу (20) можно записать в виде

$$v = v'(1 - v'^2 / V'^2). \qquad (26)$$

Подставляя v и $t_R = t'_{R'} \Big/ \sqrt{1-(v/V)^2}$ в (19), проводя прямые алгебраические преобразования (они допустимы в силу независимости времени от координат) и учитывая (23), получаем преобразование

$$x = (x' + v't'_{R'})\sqrt{1-(v'/V')^2}\ , \qquad (27)$$

где в подкоренном выражении фигурируют V' и v'.

Используя (19) и левую часть (18), прямые преобразования координат и времени можно записать в виде

$$x' = (x - vt_R)\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}\ ,\ y' = y,\quad t'_{R'} = t_R\sqrt{1-(v/V)^2}\ , \qquad (28)$$

Используя правую часть (18) и (27) , можно записать обратные преобразования

$$x = (x' + v't'_{R'})\sqrt{1-(v'/V')^2}\ ,\ \ y' = y \quad t_R = t'_{R'}\Big/\sqrt{1-(v'/V')^2}\ . \qquad (29)$$

Преобразования (28) и (29) координат x и x' и времен t_R и $t'_{R'}$ ассиметричны. Если технические средства групп R и R', воспринимают свой собственный продольный километр и свою собственную секунду как образцовые, то километр и секунду другой группы они воспринимают как ошибочные. При этом технические средства группы R оценивают километр группы R' как слишком короткий, а секунду группы R' как чрезмерно протяженную. В то же время технические средства группы R' оценивают километр группы R, как слишком длинный, а секунду, как укороченную. Вообще, технические средства покоящейся группы оценивают геометрические размеры движущихся объектов, составленных из движущихся барж, а также течение времени на отдельных движущихся баржах так, как их оценивают наблюдатели или приборы в любой системе координат специальной теории относительности. Оценка же размеров объектов, составленных из покоящихся барж, и течения времени на них осуществляется техническими средствами группы R' прямо противоположным образом, нежели это делается приборами системы координат специальной теории относительности.

7. Имитация симметрии релятивистских эффектов

Чтобы получить симметрию преобразований координат и времен, принятую в специальной теории относительности, необходимо сымитировать синхронизацию часов группы R' (системы Σ') таким образом, чтобы скорости движения лодки из начала координат O' в точку x' и обратно в начало координат O' были одинаковыми. За время $\Delta t_{O'x'}$, в течение которого лодка, двигаясь со скоростью $V - v$, доплывает из начала координат O' в точку x', показание t наших часов увеличивается на $\Delta t = l_{O'x'}/(V-v)$, а показание $t'_{R'}$ часов группы R', идущих в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз медленнее наших часов, на $\Delta t' = l_{O'x'}\sqrt{1+v/V}\Big/(V\sqrt{1-v/V})$.

Если лодку отправить из начала координат O' системы Σ' в точку x', а затем вернуть из точки x' обратно в начало координат O', то за время такого вояжа лодки показания наших часов увеличатся согласно (13) на $\dfrac{2l_{O'x'}}{V(1-v^2/V^2)}$. На баржах группы R' показания за это время увеличатся на величину, в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньшую и равную $2l_{O'x'}\Big/(V\sqrt{1-(v/V)^2})$. Равенство скоростей лодки в противоположных направлениях в системе Σ' может быть достигнута в том случае, если разница показания часов группы R' в точке x' в момент прибытия туда лодки и показания часов в начале системы координат в момент отправления лодки из нее составит не $l_{O'x'}\sqrt{1+v/V}\Big/(V\sqrt{1-v/V})$, а половину величины $2l_{O'x'}\Big/(V\sqrt{1-(v/V)^2})$, т.е. $l_{O'x'}\Big/(V\sqrt{1-(v/V)^2})$. Т.е. для достижения равенства скоростей лодки в противоположных направлениях показание $t''_{R'}$ часов в точке с координатой x' должно быть меньше показания $t'_{R'}$ на разницу величин $l_{O'x'}\sqrt{1+v/V}\Big/(V\sqrt{1-v/V})$ и $l_{O'x'}\Big/(V\sqrt{1-(v/V)^2})$. С учетом того, что $l_{O'x'} = x'\sqrt{1-(v/V)^2}$, эта разница равна $l_{O'x'}v\Big/(V^2\sqrt{1-(v/V)^2})$, т.е.

$$t'_{R'} - t''_{R'} = \frac{l_{O'x'}v}{V^2\sqrt{1-(v/V)^2}},$$

откуда

$$t''_{R'} = t'_{R'} - \frac{l_{O'x'}v}{V^2\sqrt{1-(v/V)^2}} \qquad (30)$$

и

$$t'_{R'} = t''_{R'} + \frac{l_{O'x'}v}{V^2\sqrt{1-(v/V)^2}} \qquad (31)$$

Используя (30), (19), левую часть (18), и принимая во внимание, что $l_{O'x'} = x - vt_R$, получаем $t''_{R'} = (t_R - xv/V^2)\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$, что совместно с (19) дает преобразования

$$x' = (x - vt_R)\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}\;;\; y' = y\;;\; t''_{R'} = (t_R - xv/V^2)\Big/\sqrt{1-(v/V)^2} \qquad (32)$$

Преобразования (32) коренным образом отличаются от преобразований (28).

Время $t''_{R'}$ будем называть дважды сымитированным временем, а величины, выраженные через это время, – дважды сымитированными величинами. Из преобразований (32) можно найти отношение $x'/t''_{R'}$ при условии $x = 0$. Это отношение представляет собой дважды сымитированную скорость v'' начала координат системы Σ в системе Σ' и равно скорости v, т.е.

$$v'' = v.$$

Из условия равенства средних скоростей лодки на пути туда и обратно и из условия равенства скорости лодки туда скорости лодки обратно следует равенство скорости лодки V дважды сымитированной скорости V'' лодки в любом направлении.

Используя полученные равенства $v'' = v$ и $V'' = V$, из преобразований (28) и (31) легко найти обратные преобразования, которые имеют вид

$$x = (x' + v''t''_{R'})\Big/\sqrt{1-(v''/V'')^2}\,;\ y = y';\ t_R = (t''_{R'} + x'v''/V''^2)\Big/\sqrt{1-(v''/V'')^2}\ . \qquad (33)$$

Полученные преобразования (32) и (33) для нашего двухмерного случая с точностью до обозначения неотличимы от преобразований Лоренца. Преобразования симметричны. Технические средства групп R и R', воспринимающие свой собственный продольный километр и свою собственную секунду как образцовые, воспринимают геометрические размеры объектов другой группы, включая и размеры эталона километра, как сокращенные, а время как замедленное.

8. Сложение скоростей

Результат сложения сымитированных скоростей очевиден, поскольку он следует из преобразований (32) и (33), не отличимых от преобразований Лоренца. Если, например, в системе координат Σ группы R в направлении оси X движется некоторое плавсредство со скоростью u, и зависимость его координаты x от времени описывается уравнением $x = ut_R$, то, подставляя ut_R на место x в первом из преобразований (32), получаем $x' = (u-v)t_R\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$. Подставляя $x = ut_R$ в последнее из преобразований (32), получаем $t''_{R'} = (1-uv/V^2)t_R)\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$. Деля x' рассматриваемого нами плавсредства на $t''_{R'}$, получаем дважды сымитированную скорость u'', которая может быть выражена формулой

$$u'' = \frac{u-v}{1-uv/V^2}\,.$$

Если плавсредство движется по закону $x = -ut_R$, т.е. в направлении, противоположном направлению оси X, то формула сложения скоростей имеет вид

$$u'' = \frac{u+v}{1+uv/V^2}\,.$$

Из последней формулы видно, что дважды сымитированная скорость плавсредства не может превышать скорости V, и при стремлении скоростей u и v к V стремится не к $2V$, а к V.

9. Имитация простейших эффектов неинерциальных тел

Предложенная нами модель-имитация позволяет рассматривать и простейшие эффекты на неинерциальных баржах и в неинерциальных группах барж.

Пусть каждая отдельная группа барж имитирует твердое физическое тело. Поддержание локационного расстояния между баржами каждой из групп имитирует неизменность расстояний между составными частями твердого тела, фиксируемую в собственной системе координат.

Рассмотрим две покоящиеся группы барж, которые, находясь друг от друга на большом расстоянии, одновременно по нашим часам и по синхронизированным часам групп покоящихся барж стартуют и ускоряются по одинаковым программам вдоль линии, на которой они находятся. В этом случае спустя некоторое время продольные расстояния между баржами внутри каждой из двух движущихся друг за другом групп согласно нашим наблюдениям начнут сокращаться. При этом приборы барж будут поддерживать неизменность локационных расстояний внутри каждой из групп. А вот расстояние между группами барж, по результатам наших наблюдений, сохранится неизменным, во-первых, вследствие одинаковости программ ускорения, а во-вторых, поскольку отслеживание и сохранение расстояний между баржами осуществляется только внутри каждой из групп. Т.е., с нашей точки зрения сторонних наблюдателей, каждая группа сократится в направлении движения, а расстояние между группами останется прежним. Если после прекращения разгона приборы групп с помощью лодок, совершающих рейсы туда и обратно, или с помощью эталонов длины измерят расстояние между группами, то они обнаружат, что группы разошлись, и расстояние между ними увеличилось. Этот эффект в настоящее время называется парадоксом Белла, хотя он был описан раньше Белла, в частности, Д.В. Скобельцыным [14].

Фиксируемое приборами увеличение расстояния между группами обусловлено сокращением групп и принадлежащих им эталонов длины в направлении движения и носит чисто метрологический относительный характер.

Если спустя некоторое время группы барж станут выполнять обратное действие и одновременно начнут замедляться, то результат такого замедления будет зависеть от синхронизации часов групп.

Если после прекращения разгона и перед началом замедления приборы в группах не пересинхронизируют часы и начнут замедление одновременно по нашему времени t и по такому же времени t_R (и одновременно по единожды сымитированному времени $t'_{R'}$), то обратный процесс будет протекать таким образом, что группы и принадлежащие им эталоны длины после завершения торможения и остановки вновь окажутся расширенными, и группы вернутся к первоначальному состоянию. Из-за расширения эталонов длины приборы зафиксируют уменьшение расстояния до первоначальной (стартовой) величины. Произойдет это при неизменном фактическом расстоянии между группами.

Если же приборы пары групп пересинхронизируют часы «по-эйнштейновски», и группы начнут торможение одновременно по дважды сымитированному времени $t''_{R'}$, то по нашим часам они начнут торможение в разное время (задняя группа пары начнет замедляться раньше передней). При этом, несмотря на расширение групп и эталонов, приборы после остановки групп барж в воде зафиксируют очередное увеличение расстояния между группами, поскольку, как легко показать, увеличение расстояния между группами из-за фактической разницы времен начала их торможения превысит расширение групп и эталонов длины в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз.

Более детально парадокс Белла будет рассмотрен в нашей книге.

10. Сымитированное «пространство-время»

Получив преобразования (32) и (33), мы по сути дела сымитировали и псевдоевклидово пространство-время, поскольку эти преобразования обеспечивают инвариантность пространственно-временного интервала в системах Σ, Σ' и в любых других системах, связанных с группами барж, движущимися с иными скоростями. Ясно, что это «пространство-время» никакого отношения к загадочным многомерным мирам не имеет и представляет собой элементарную математическую конструкцию, относящуюся скорее к формализации ошибок измерения, обусловленных отказом от учета наличия водной среды, чем к особенностям поведения барж на водной поверхности. Но это отдельная тема разговора. На этой теме мы более подробно остановимся в книге, над которой в настоящее время работаем.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Прямое сравнение скоростей погрузки песка на баржи. Давайте предположим, что технические средства на покоящейся барже r и на плывущей барже r' экспериментально сравнивают темпы роста количества песка на этих баржах.

Проследим за действиями технических средств, используя все доступные нам методы.

Рассмотрим два варианта экспериментальных сравнений темпов роста количества песка на баржах.

В первом варианте представим себе, что в некоторый начальный момент времени баржа r' проплывает мимо покоящейся баржи r, и технические средства обмениваются документальными данными, в которых содержится информация о количестве песка на барже r и на барже r' в момент их встречи. Предположим, что и на барже r, и на барже r' в этот момент времени только начинается работа по доставке песка, и количество песка на этих плавучих средствах равно нулю. Этот момент времени мы можем с одинаковым успехом обозначить символами $t(0)$ или $t(0')$, подчеркивая наличием нуля и нуля со штрихом в скобках, что начальный момент времени – это момент времени, в который количество песка на барже r и на барже r' равно нулю.

Пусть, спустя некоторое время после встречи в момент времени $t(n_1)$, когда на барже r появилось n_1 порций песка, технические средства, находящиеся на покоящейся барже r, посылают вслед уплывающей барже r' скоростную лодку за информацией о количестве песка на барже r'. В этот момент $t(n_1)$ времени на барже r' находится n'_1 порций песка, поэтому момент времени $t(n_1)$ мы можем также обозначить $t(n'_1)$. Т.е. момент времени $t(n_1)$ и момент времени $t(n'_1)$ – это один и тот же момент времени, в который на баржах r и на r' находятся соответственно n_1 и n_1 порций песка. Нам понятно, что $n'_1 = n_1\sqrt{1-(v/V)^2}$, но ни технические средства на барже r, ни технические средства на барже r' документально сравнить эти количества не могут. За время движения лодки от баржи r к барже r' количество песка на последней увеличивается на $\Delta n'_1$ и становится равным $n'_2 = n'_1 + \Delta n'_1$. По нашим данным в момент прибытия лодки к барже r' на барже r находится $n_2 = n'_2\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ порций песка. Когда лодка в момент времени $t(n_2)$ или, что то же самое, в момент $t(n'_2)$ догоняет баржу r', технические средства на барже r' отправляют лодку обратно на баржу r с документом, в котором содержится информация о количестве n'_2 песка на барже r' в этот момент времени. За время возвращения лодки к барже r количество песка на последней увеличивается еще на Δn_2. Лодка прибывает к барже r в момент времени $t(n_3)$, когда количество песка на ней равно $n_3 = n_2 + \Delta n_2$.

Документальный факт 1. *Технические средства баржи r, будучи не способными документально сравнить количества n_2 и n'_2 в один и тот же момент времени, фиксируют только тот факт, что в момент получения ими документа, извещающего о том, что на барже r' (в момент прибытия к ней и сиюминутного отправления от нее лодки) находилось n'_2 порций песка, на барже r находится n_3 порций песка.*

Теперь рассмотрим второй вариант, в котором будем полагать, что спустя некоторое время после встречи барж r' и r и обмена данными о начале погрузки на обе баржи песка с баржи r' на баржу r за информацией о количестве песка на барже r была отправлена скоростная лодка. Лодка была отправлена в момент времени $t(m'_1) = t(m_1)$, когда на движущейся барже r' находилось m'_1 порций песка, а на покоящейся барже r находилось m_1 порций песка. Пусть, приняв лодку, технические средства баржи r тут же передают на баржу r' документ о количестве m_2 песка на барже r в момент $t(m_2)$ прибытия к ней и сиюминутного отправления от нее лодки обратно к барже r'. Нам как сторонним наблюдателям ясно, что в момент $t(m_2) = t(m'_2)$, когда лодка подплывает к барже r, количество m_2 песка на ней в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз больше, чем количество m'_2 песка на барже r', т.е. $m_2 = m'_2\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$, но технические средства на баржах из-за задержки информации зафиксировать этого не могут. Документ, извещающий, что на барже r находится m_2 порций песка, технические средства баржи r' получают, когда на последней находится m'_3 порций песка.

Документальный факт 2. *Технические средства баржи r', будучи не способными документально сравнить количества m'_2 и m_2 в один и тот же момент времени, фиксируют только тот факт, что в момент получения им документа, извещающего о том, что на барже r (в момент прибытия к ней и сиюминутного отправлении от нее лодки) находилось m_2 порций песка, на барже r' находится m'_3 порций песка.*

Нетрудно показать, что, если количество n_1 песка на барже r и количество песка m'_1 на барже r' в первом и во втором варианте было одинаковым, т.е. если $m'_1 = n_1$, то окажутся справедливыми равенства $m_2 = n'_2$ и $m'_3 = n_3$, т.е. при одинаковых начальных условиях, выражающихся равенством $n_1 = m'_1$, подтвержденные документами результаты наблюдений техническими средствами баржи r и на барже r' окажутся одинаковыми (симметричными). Сравнив впоследствии документально подтвержденные результаты, технические средства не смогут определить, на каком из плавсредств – на барже r или на барже r' – количество песка растет быстрее и какое из них покоится. Проведем небольшие расчеты, показывающие симметрию документально подтвержденных результатов.

Оценим расчетным путем количества n'_2 и n_3, документально зарегистрированные техническими средствами баржи r в первом варианте.

Так как согласно формуле (2) главной части брошюры время $\Delta t(n_1)$ погрузки n_1 порций песка на баржу r равно $2n_1h/V$, то, двигаясь со скоростью v, баржа r' за время $\Delta t(n_1)$ отплывает от баржи r на расстояние L_1, равное

$$L_1 = 2n_1hv/V. \qquad (\text{П}1.1)$$

Начав при этом расстоянии между баржами двигаться к барже r' и плывя со скоростью $V - v$ по отношению к барже r', лодка нагоняет ее за время $\Delta t(\Delta n_1) = L_1/(V - v)$, в течение которого количество песка на барже r увеличивается еще на Δn_1 порций. Учитывая (П1.1), это время можно записать в виде

$$\Delta t(\Delta n_1) = \frac{2n_1hv}{V(V-v)}. \qquad (\text{П}1.2)$$

Так как на погрузку одной порции песка на баржу r согласно (1) требуется время $\Delta t(1) = 2h/V$, то в течение промежутка времени $\Delta t(\Delta n_1)$ количество песка на барже r увеличивается на $\Delta n_1 = \Delta t(\Delta n_1)/\Delta t(1)$ или на $\Delta n_1 = \dfrac{n_1v}{V-v}$. Таким образом, по истечении промежутка времени $\Delta t(\Delta n_1)$, в момент времени $t(n'_2)$ количество песка n_2 на барже r становится равным $n_1 + \dfrac{n_1v}{V-v} = \dfrac{n_1V}{V-v}$. Количество n'_2 песка на барже r' в момент времени $t(n'_2)$ или, что то же самое, в момент $t(n_2)$, в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньше и равно

$\dfrac{n_1 V\sqrt{1-(v/V)^2}}{V-v}$ или, после маленького преобразования, $\dfrac{n_1\sqrt{V+v}}{\sqrt{V-v}}$. Именно это количество $n'_2 = \dfrac{n_1\sqrt{V+v}}{\sqrt{V-v}}$ песка технические средства баржи r' укажут в документе, который пошлют на баржу r.

За время возвращения лодки от места передачи документа с баржи r' на лодку к барже r количество песка на барже r увеличится еще на Δn_2. Так как время вовращения $\Delta t(\Delta n_2)$ численно равно промежутку времени $\Delta t(\Delta n_1)$ (время движения лодки от баржи r к барже r' и тут же обратно в стоячей воде одинаково), то, как и Δn_2, $\Delta n_2 = \dfrac{n_1 v}{V-v}$. Поэтому количество песка на барже r к моменту возвращения лодки будет составлять $\dfrac{n_1 V}{V-v}$ + $\dfrac{n_1 v}{V-v} = \dfrac{n_1(V+v)}{V-v}$.

Документальный факт 1 (расчетное уточнение). *В момент получения техническими средствами на барже r документа, извещающего о том, что на барже r' (в момент прибытия к ней и сиюминутного отправления от нее лодки) находилось* $n'_2 = \dfrac{n_1\sqrt{V+v}}{\sqrt{V-v}}$ *порций песка, на барже r находится* $n_3 = \dfrac{n_1(V+v)}{V-v}$ *порций песка.*

Теперь посмотрим со стороны, чему равны количества m_2 и m'_3, документально зарегистрированные техническими средствами баржи r'.

Так как согласно формуле (5) главной части время $\Delta t(m'_1)$ погрузки m'_1 порций песка на баржу r' задается равенством

$$\Delta t(m'_1) = \frac{2m'_1 h}{V\sqrt{1-(v/V)^2}}, \qquad (\Pi 1.3)$$

то баржа r', плывя со скоростью v, за это время $\Delta t(m'_1)$ отплывет от баржи r на расстояние L_1, равное $\Delta t(m'_1)v$ или с учетом (П1.3)

$$L_1 = \frac{2m'_1 hv}{V\sqrt{1-(v/V)^2}}. \qquad (\Pi 1.4)$$

Начав двигаться от баржи r' к барже r в момент времени, когда расстояние L_1 от баржи r' до баржи r было равным $\dfrac{2m'_1 hv}{V\sqrt{1-(v/V)^2}}$, лодка, плывя со скоростью V по отношению к барже r, проходит это расстояние и доплывает до баржи r за время $\Delta t(\Delta m'_1) = L_1/V$ или с учетом (П1.4) за время

$$\Delta t(\Delta m'_1) = \frac{2m'_1 hv}{V^2\sqrt{1-(v/V)^2}}. \qquad (\Pi 1.5)$$

Так как согласно (4) время $\Delta t(1')$ погрузки одной порции песка на баржу r' равно $\dfrac{2h}{V\sqrt{1-(v/V)^2}}$, то в течение времени $\Delta t(\Delta m'_1) = \dfrac{2m'_1 hv}{V^2\sqrt{1-(v/V)^2}}$ количество песка на барже

r' увеличивается на $\Delta m'_1 = \Delta t(\Delta m'_1)/\Delta t(1')$ или на $\Delta m'_1 = \dfrac{m'_1 v}{V}$. При этом количество песка на барже r увеличивается на $\Delta m_1 = \dfrac{m'_1 v}{V\sqrt{1-(v/V)^2}}$.

За время $\Delta t(\Delta m'_1) = \dfrac{2m'_1 hv}{V^2\sqrt{1-(v/V)^2}}$ баржа r' проходит расстояние

$$L_2 = \frac{2m'_1 hv^2}{V^2\sqrt{1-(v/V)^2}}. \qquad (\text{П}1.6)$$

Лодка, отправленная техническими средствами баржи r', подплывет к барже r спустя время $\Delta t(m'_1) + \Delta t(\Delta m'_1)$ после момента встречи баржи r' с баржей r, причем с учетом (П1.3) и (П1.5)

$$\Delta t(m'_1) + \Delta t(\Delta m'_1) = \frac{2m'_1 h\sqrt{V+v}}{V\sqrt{V-v}}. \qquad (\text{П}1.7)$$

В этот момент времени на барже r будет находиться $m_2 = [\Delta t(m'_1) + \Delta t(\Delta m'_1)]/\Delta t(1)$ порций песка, или с учетом (П1.7) и формулы (1) главной части

$$m_2 = \frac{m'_1\sqrt{V+v}}{\sqrt{V-v}}.$$

Это количество песка технические средства баржи r внесут в документ, который передадут лодкой на баржу r'.

Используя формулы (П1.4) и (П1.6) можно найти расстояние $L_1 + L_2$ между баржей r и баржей r' в этот момент времени. Оно задается формулой

$$L_1 + L_2 = \frac{2m'_1 hv\sqrt{V+v}}{V\sqrt{V-v}}.$$

Это расстояние лодка, двигаясь относительно баржи r' со скоростью $V - v$, покрывает за время

$$\Delta t(\Delta m'_2) = \frac{2m'_1 hv\sqrt{V+v}}{V(V-v)\sqrt{V-v}}, \qquad (\text{П}1.8)$$

в течение которого количество песка на барже r' увеличивается на $\Delta m'_2$ и становится равным m'_3.

С момента встречи баржи r' с баржей r до момента возвращения отправленной к барже r лодки к барже r' проходит время $\Delta t(m'_3)$, равное сумме времен $\Delta t(m'_1)$, $\Delta t(\Delta m'_1)$ и $\Delta t(\Delta m'_2)$. Используя (П1.7) и (П1.8), легко получить

$$\Delta t(m'_1) + \Delta t(\Delta m'_1) + \Delta t(m'_2) = \frac{2m'_1 h(V+v)}{V\sqrt{1-(v/V)^2}\,(V-v)}.$$

За это время количество $m'_3 = \Delta t(m'_3)/\Delta t(1')$ песка на барже r' становится равным $\frac{m_1'(V+v)}{V-v}$.

Документальный факт 2 (расчетное уточнение). *В момент получения техническими средствами на барже r' документа, извещающего о том, что на барже r (в момент прибытия к ней и сиюминутного отправления от нее лодки) находилось* $m_2 = \frac{m'_1\sqrt{V+v}}{\sqrt{V-v}}$ *порций песка, на барже r' находится* $m'_3 = \frac{m'_1(V+v)}{V-v}$ *порций песка.*

При одинаковых в первом и во втором вариантах начальных условиях, выражающихся равенством численных значений n_1 и m'_1 ($n_1 = m'_1$), документально подтвержденные результаты подсчетов техническими средствами на барже r и на барже r' с точностью до обозначений одинаковые (симметричные) и не позволяют обнаружить разницу скоростей роста количеств песка на барже r и на барже r'.

Приложение 2

Эффект Доплера при прямом сравнении скоростей погрузки песка на баржи. Пусть из двух инерциальных барж r и r' одна, r, покоится, а другая, r', удаляется от нее со скоростью v. Предположим, что по взаимной договоренности во время встречи технические средства на каждой из барж документально информируют технические средства на другой барже о каждом очередном увеличении количества песка на их барже на определенную величину, которую мы будем называть сигнальным количеством. Документы с информацией об очередном увеличении количества песка на данную сигнальную величину они отправляют на другую баржу скоростными лодками. Каждую такую лодку можно рассматривать как некий «сигнал», несущий сообщение. Так что между баржами навстречу друг другу идут две вереницы лодок-сигналов, несущих сообщения.

Понятно, что, если сигнальное количество песка на обеих баржах одинаково, а скорость погрузки песка на покоящуюся баржу в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз выше скорости погрузки песка на плывущую баржу, то и частота сигналов (посылок лодок), отправляемых с покоящейся баржи, в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз выше частоты сигналов (посылок лодок), отправляемых с плывущей баржи.

Глядя со стороны и оценивая времена по нашим часам, мы обнаруживаем, что период времени, в течение которого количество песка на покоящейся барже r увеличивается на сигнальное количество Δk, равен $\Delta t(\Delta k)$, а частота приростов количества песка на Δk порций и соответственно частота f_r отправления с баржи r к барже r' лодок с информацией равна $1/\Delta t(\Delta k)$. Расстояние между лодками, уплывающими от баржи r со скоростью V, равно $V\Delta t(\Delta k)$ или V/f_r. С нашей точки зрения как точки зрения сторонних наблюдателей скорость движения лодок, идущих к удаляющейся барже r', будучи равной V по отношению к воде, равна $V - v$ по отношению к уплывающей барже r'. Деля скорость $V - v$ на расстояние между лодками, равное V/f_r, получаем частоту $f_{r'\leftarrow r}$ поступления информации (частоту прибытия лодок) с баржи r на удаляющуюся баржу r', равную $f_r(V-v)/V$, т.е.

$$f_{r'\leftarrow r} = f_r(V-v)/V\ .$$

Для движущейся баржи r' время $\Delta t(\Delta k')$, необходимое для поступления на ее борт $\Delta k'$ порций с учетом равенства $\Delta k = \Delta k'$ равно $\Delta t(\Delta k)\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$, а частота $f_{r'}$

поступления сигнальных количеств, поскольку $f_{r'}$ = $1/\Delta t(\Delta k')$, равна $f_r\sqrt{1-(v/V)^2}$. Отношение $f_{r'\leftarrow r}/f_{r'}$ равно $\sqrt{1-v/V}/\sqrt{1+v/V}$, т.е.

$$f_{r'\leftarrow r}/f_{r'}=\frac{\sqrt{1-v/V}}{\sqrt{1+v/V}}$$

В случае сближения барж *r* и *r′* отношение $f_{r'\leftarrow r}/f_{r'}$, как нетрудно показать, равно $\sqrt{1+v/V}/\sqrt{1-v/V}$.

Частота приростов количества песка на $\Delta k'$ порций на движущейся барже *r′* и соответственно частота $f_{r'}$ посылок лодок с нее на баржу *r* равна $1/\Delta t(\Delta k')$. С нашей точки зрения скорость движения лодок по отношению к барже *r′* равна $V + v$. Поэтому расстояние между лодками, уходящими от баржи *r′* со скоростью $V + v$, равно $(V + v)\Delta t(\Delta k')$ или $(V + v)/f_{r'}$. Деля скорость *V*, с которой лодки движутся к покоящейся барже *r*, на расстояние между лодками, равное $(V + v)/f_{r'}$, получаем частоту $f_{r\leftarrow r'}$ поступления информации (прибытия лодок) с баржи *r′* на покоящуюся баржу *r*. Эта частота $f_{r\leftarrow r'}$ равна $f_{r'}V/(V+v)$ или

$$f_{r\leftarrow r'}=\frac{f_{r'}}{1+v/V}.$$

В силу того, что на покоящейся барже *r* время $\Delta t(\Delta k)$, необходимое на поступление Δk порций, равно $\Delta t(\Delta k')\sqrt{1-(v/V)^2}$, частота f_r таких поступлений равна $f_{r'}/\sqrt{1-(v/V)^2}$. Отношение $f_{r\leftarrow r'}/f_r$ опять-таки получается равным $\sqrt{1-v/V}/\sqrt{1+v/V}$ в случае удаления баржи *r′* от баржи *r* и $\sqrt{1+v/V}/\sqrt{1-v/V}$ в случае сближения барж *r* и *r′*. Таким образом

$$\frac{f_{r'\leftarrow r}}{f_{r'}}=\frac{f_{r\leftarrow r'}}{f_r},$$

т.е. при равенстве сигнальных количеств Δk и $\Delta k'$ ($\Delta k = \Delta k'$), о поступлении которых на борт технические средства барж информируют друг друга с помощью скоростных лодок, отношение частоты прибытия лодок с другой баржи к данной барже к частоте поступления сигнальных количеств песка на данную баржу одинаково на обеих баржах. Эти отношения задаются выражениями, с точностью до обозначений сходными с отношением частоты поступления сигналов к собственной частоте на телах движущихся друг относительно друга в специальной теории относительности.

Нетрудно заметить, что отношение упомянутых частот сигналов (посылок лодок) зависит только от относительной скорости барж, а не от абсолютных скоростей движения барж относительно воды.

В рассматриваемой нами модели существует и поперечный эффект отношения частот посылки и приема лодок. Отношение частот принятых сигналов и частот поступления сигнальных количеств песка на борт при этом задается формулой $f_{r'\leftarrow r}/f_{r'}=f_{r\leftarrow r'}/f_r=\sqrt{1-(v/V)^2}$.

Приложение 3.

Аналог парадокса близнецов при прямом сравнении скоростей погрузки песка на баржи. Рассмотрим два случая движения барж-«близнецов», одна из которых неинерциальна. В случае если баржи-«близнецы» изначально покоились в одной точке, затем одна из них, набрав скорость v, стала удаляться, а удалившись на некоторое расстояние, развернулась и вернулась с той же скоростью v в исходную точку, результат очевиден. Так как на плывущую со скоростью v баржу поступление песка происходит в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз медленнее, чем на покоящуюся баржу, то за время расставания барж, в течение которого на покоящейся барже количество песка возросло на k лодок, на плававшей со скоростью v барже количество песка возросло на меньшее количество k', равное $k\sqrt{1-(v/V)^2}$ лодок. Изменявшая скорость баржа окажется при встрече «моложе» баржи, которая оставалась на месте, и технические средства на барже смогут установить это документально.

Если баржи-«близнецы» изначально плыли бок-о бок со скоростью v, а затем одна из барж остановилась в воде, и, простояв некоторое время, набрала нужную скорость и догнала уплывшую баржу, то результат менее очевиден, но и в этом случае «моложе» при встрече окажется баржа, которая изменяла скорость.

Рассмотрим два упомянутых случая более подробно.

Пусть в момент «рождения» барж-близнецов g и h, заключающегося в начале погрузки на них песка, они покоятся в воде рядом друг с другом, причем сразу же после своего «рождения» баржа h продолжает оставаться в состоянии покоя относительно воды, а неинерциальная баржа g начинает уплывать от инерциальной баржи h со скоростью v. В этот момент времени на баржах песка нет, что может быть зафиксировано техническими средствами на баржах документально с взаимной передачей документов друг другу. После того, как баржа g отплыла от покоящейся баржи h на некоторое расстояние, она разворачивается и плывет обратно с той же скоростью v. Пусть в момент разворота количество песка на барже g равно $½k'_g$, а в момент возвращения баржи на исходное место k'_g. За время, прошедшее с момента «рождения» барж до момента возвращения баржи g к барже h, прирост количества песка на барже g оказывается в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньше прироста количества песка на барже h. Поэтому и количество k'_g песка на барже g в момент ее возвращения будет в $1\Big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньше чем количество k_h песка на барже h, т.е

$$k'_g = k_h\sqrt{1-(v/V)^2} \qquad \text{(П3.1)}$$

Этот факт технические средства на баржах g и h могут обнаружить по задокументированным данным. Не используя понятия скорости, они обнаружат, что $k'_g = k_h/\Gamma$, где Г для технических средств коэффициент, больший единицы.

Если неинерциальная баржа g после ее возвращения станет на стоянку рядом с баржей h, то она «проживет» (в терминологии, данной нами выше) дольше баржи h и затонет позже баржи-близнеца h, так как благодаря своему путешествию оказывается более «молодой».

А теперь рассмотрим второй случай.

Представим себе, что в момент t_0 «рождения» барж g и h когда песка на баржах еще не было, они движутся в воде бок-обок со скоростью v в одном направлении. Пусть сразу же после своего «рождения» баржа g останавливается, а баржа h продолжает движение, уплывая от баржи g.

Пусть, простояв некоторое время Δt_1, в момент времени t_1, когда количество песка на ней стало ½ k'_g, баржа g пришла в движение и, отправившись со скоростью u, большей, чем скорость v, вслед уплывшей от нее барже h, стала догонять ее. Вследствие приобретенного на период Δt_1 времени баржей g покоя скорость поступления песка на нее оказывается в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз больше, чем скорость поступления песка на продолжающую плыть баржу h. По этой причине в момент времени t_1 на продолжающей плыть барже h находится количество k'_h песка, равное $\frac{1}{2}k'_g\sqrt{1-(v/V)^2}$, т.е.

$$k'_h(\Delta t_1)=\tfrac{1}{2}k'_g\sqrt{1-(v/V)^2}\,. \qquad (\text{П}3.2)$$

Предположим, что скорость u такова, что когда баржа g догнала баржу h, количество песка на барже g стало равным k'_g, а количество песка на барже h равным k'_h.[1]

Как вы думаете, на какой из барж в этот момент времени песка будет больше?

Вы можете подумать, что, так как в период стоянки баржи g песок на нее поступал быстрее, чем на продолжившую плыть инерциальную баржу h, то после того как баржа g догонит баржу h, количество k'_h песка на последней должно быть меньше, чем количество k'_g песка на барже g.

Нет! В любом случае песка больше на барже h. Причем, количество k'_h песка на барже h при ее встрече с баржей g в первом и во втором случае одинаково, т.е. если величина k'_g в первом и во втором случаях одинакова, то оказывается справедливым равенство $k'_h = k_h$, и во втором случае справедливо равенство

$$k'_g=k'_h\sqrt{1-(v/V)^2}\,. \qquad (\text{П}3.3)$$

Технические средства на баржах зафиксируют полученное равенство в форме $k'_g = k'_h/\Gamma$, где Г численно такой же коэффициент, как и в первом случае.

Покажем это.

Так как по условию за период времени Δt_2 возвращения баржи g к барже h песка на движущуюся со скоростью u баржу g поступает столько же песка, сколько его поступило за время Δt_1 ее покоя, то

$$\Delta t_2=\Delta t_1\Big/\sqrt{1-(u/V)^2}\,. \qquad (\text{П}3.4)$$

Поскольку в течение времени Δt_1 пребывания баржи g в покое баржа h двигалась со скоростью v, то расстояние l между баржами g и h в момент времени t_1 равно $v\Delta t_1$, а $\Delta t_1 = l/v$. При расстоянии l между баржами g и h в момент времени t_1 время Δt_2 можно представить через скорость $u - v$ движения баржи g относительно баржи h выражением $l/(u - v)$. Подставляя в равенство (П3.4) $\Delta t_1 = l/v$ и $\Delta t_2 = l/(u - v)$, получаем $u-v=v\sqrt{1-(u/V)^2}$, откуда следует

$$u=\frac{2v}{1+(v/V)^2}\,. \qquad (\text{П}3.5)$$

Подставляя (П3.5) в (П3.4), получаем

[1] Такую скорость обеспечить принципиально возможно хотя бы по той причине, что при скорости u, лишь незначительно превышающей скорость v, величина k'_g может быть сколь угодно большой, а при скорости u приближающейся по своему значению к скорости V, она может остаться равной ½k'_g. В силу монотонности зависимости прироста песка от скорости баржи возможно и любое промежуточное значение.

$$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{1+(v/V)^2}{1-(v/V)^2} .$$

Если за время Δt_1 на инерциальную плывущую баржу h поступило $k'_h(\Delta t_1)$ песка, численно равное $\frac{1}{2}k'_g\sqrt{1-(v/V)^2}$, то за время Δt_2 его поступило в $\frac{1+(v/V)^2}{1-(v/V)^2}$ раз больше, т.е.

$$k'_{h,}(\Delta t_2) = \tfrac{1}{2}k'_g\,\frac{1+(v/V)^2}{\sqrt{1-(v/V)^2}} . \qquad (\text{П}3.6)$$

Всего за время $\Delta t_1 + \Delta t_2$ на баржу h поступило $k'_h = k'_h(\Delta t_1) + k'_h(\Delta t_2)$ песка, откуда с учетом (П3.2) и (П3.6) следует

$$k'_g = k'_h\sqrt{1-(v/V)^2} , \qquad (\text{П}3.7)$$

т.е. количество песка на барже g в момент ее возвращения к барже h оказывается в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньшим, чем на барже h.

Таким образом, формулы (П3.1) и (П3.7) показывают симметрию случаев, к которым они относятся. Отметим, что при проведении экспериментов с парой дважды встречающихся барж, одна из которых неинерциальна, меньшим прирост песка всегда будет на неинерциальной барже, которая в какой-то момент изменяет свою скорость или направление движения.

Приложение 4

Имитация эффекта Доплера с использованием сымитированного времени. Пусть из двух инерциальных барж r и r' одна, r, покоится, а другая, r', удаляется от нее со скоростью v. Предположим, что с каждой из барж к другой барже посылаются скоростные лодки с информацией. Выраженные через время t на барже r и через сымитированное время t' на барже r' частоты f_r и $f'_{r'}$ посылок скоростных лодок численно равны друг другу. Каждую такую лодку можно рассматривать как некий «сигнал», несущий сообщение.

Понятно, что, если сымитированные, т.е. соответственно выраженные во временах t и t' частоты f_r и $f'_{r'}$ одинаковы, то регистрируемая нами частота f_r сигналов (посылок лодок), отправляемых с покоящейся баржи в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз выше обычной регистрируемой нами (и выраженной через наше обычное время) частоты $f_{r'}$ сигналов (посылок лодок), отправляемых с плывущей баржи.

Расстояние между лодками, уплывающими от баржи r со скоростью V, равно V/f_r. С нашей точки зрения как точки зрения сторонних наблюдателей скорость движения лодок, идущих к уплывающей барже r', будучи равной V по отношению к покоящейся барже и к воде, равна $V - v$ по отношению к плывущей со скоростью v барже r'. Деля скорость $V - v$ на расстояние между лодками, равное V/f_r, получаем частоту $f_{r'\leftarrow r}$ поступления информации (прибытия лодок) с баржи r на удаляющуюся баржу r', равную $f_r(V-v)/V$, т.е.

$$f_{r'\leftarrow r} = f_r (V - v)/V\,. \qquad (\Pi4.1)$$

С учетом того, что обычная частота $f_{r'\leftarrow r}$ в $1\big/\sqrt{1-(v/V)^2}$ раз меньше выраженной через сымитированное время *t′* сымитированной частоты $f'_{r-r'}$, т.е. с учетом того, что $f_{r'\leftarrow r} = f'_{r'\leftarrow r}\sqrt{1-(v/V)^2}$, из формулы (П4.1) получаем

$$f'_{r'\leftarrow r} = f_r \frac{\sqrt{1-v/V}}{\sqrt{1+v/V}}\,. \qquad (\Pi4.2)$$

В случае сближения баржи *r′* друг от баржи *r* справедливо, как нетрудно показать, равенство

$$f'_{r'\leftarrow r} = f_r \frac{\sqrt{1+v/V}}{\sqrt{1-v/V}}\,. \qquad (\Pi4.3)$$

А что происходит с лодками, несущими информацию с движущейся баржи *r′* на покоящуюся баржу *r*?

С нашей точки зрения скорость движения лодок по отношению к барже *r′* равна $V + v$. Поэтому расстояние между лодками, уходящими от баржи *r′* со скоростью $V + v$, равно $(V + v)/f_{r'}$. Деля скорость *V*, с которой лодки движутся к покоящейся барже *r*, на расстояние между лодками, равное $(V + v)/f_{r'}$, получаем частоту $f_{r\leftarrow r'}$ поступления информации (прибытия лодок) с баржи *r′* на покоящуюся баржу *r*:

$$f_{r\leftarrow r'} = \frac{f_{r'}}{1+v/V}\,. \qquad (\Pi4.4)$$

Регистрируемая нами частота $f_{r'}$ сигналов (посылок лодок) равна $f'_{r'}\sqrt{1-(v/V)^2}$, где $f'_{r'}$ – сымитированная частота сигналов (посылок лодок) с баржи *r′*. Учитывая, что частота $f_{r\leftarrow r'}$ равна сымитированной частоте, имеющей такое же обозначение $f_{r\leftarrow r'}$, и подставляя $f_{r'} = f'_{r'}\sqrt{1-(v/V)^2}$ в (4), получаем

$$f_{r\leftarrow r'} = f'_{r'} \frac{\sqrt{1-v/V}}{\sqrt{1+v/V}}\,. \qquad (\Pi4.5)$$

В случае сближения баржи *r′* и *r* справедливо, как нетрудно показать, равенство

$$f_{r\leftarrow r'} = f'_{r'} \frac{\sqrt{1+v/V}}{\sqrt{1-v/V}}\,. \qquad (\Pi4.6)$$

Формулы (П4.2) и (П4.5), а также (П4.3) и (П4.6) сходны с формулами специальной теории относительности показывают симметрию регистрируемых в сымитированных временах техническими средствами на баржах *r* и *r′* частот поступающей на них информации.

Мы предоставляем читателю возможность самому без подсказки со стороны убедиться в том, что при прохождении баржи в стороне от баржи наблюдается поперечный доплеровский эффект, выражающийся соотношениями $f_{r\leftarrow r'} = f'_{r'}\sqrt{1-(v/V)^2}$ и $f'_{r'\leftarrow r} = f_r\sqrt{1-(v/V)^2}$

Баржи r и r' выбраны нами произвольно. Вывод о невозможности наблюдения несимметричных процессов распространяется на все пары барж, находящиеся на поверхности водоема. Симметрия доступных регистрации процессов на покоящейся и плывущей баржах показывает, что, используя только документально достоверную информацию и не обращаясь к контакту с водой, роботы независимо друг от друга не могут решить задачу, состоящую в том, чтобы определить, кто из них находится на плывущей, а кто на покоящейся барже.

Заключение

Специальная теория относительности тесно связана с философскими предпосылками, и целый ряд проблем, возникающий в процессе интерпретации ее физического содержания, носит философский характер. Оттесняя философов от решения философских проблем современной физики, интерпретационных проблем не решить. Свидетельством этому может служить полный разнобой в оценке содержания понятий, используемых в специальной теории относительности, причем разнобой этот создан не столько философами, сколько самими физиками. Наверное, нечто подобное предвидел Герман Вейль, когда писал: «Несмотря на обескураживающую чехарду философских систем, мы не можем отказаться от ее решения, если не хотим, чтобы знание превратилось в бессмысленный хаос» [15].

Какова суть кинематических явлений? Является ли лоренцевское сокращение реальным или кажущимся явлением? Четырехмерное пространство-время – это объективная реальность или математический формализм? На эти и другие вопросы физиками даются столь же категоричные, сколь и взаимоисключающие друг друга ответы.

В учебнике В.Г. Угарова [16] для вузов прямо сказано, что никакого реального лоренцевского сокращения нет. У значительной части студентов после таких замечаний на всю жизнь остается уверенность в том, что теория относительности далека от реальности. Достаточно «побродить» по физическим форумам в Интернете, чтобы убедиться в том что ситуация с интерпретацией положений специальной теории относительности нездоровая. Добрая половина всех перепалок на физических форумах связана со специальной теорией относительности.

Яркой демонстрацией путаницы в теории относительности стала кампания по изменению понятия массы.

Понятие релятивистской, т.е. зависящей от скорости, массы самым широким образом использовалось с момента создания специальной теории относительности Эйнштейна, а во многих статьях и книгах используется и в наши дни. О зависимости массы от скорости писали Эйнштейн, Борн, Паули, Мёллер, Гамов, Фейнман и другие крупнейшие физики двадцатого столетия. В учебных пособиях и в литературе постоянно приводился факт экспериментального подтверждения зависимости массы элементарных частиц от скорости в ускорителях элементарных частиц. Вместе с тем с 1989-го года после опубликования академиком Л.Б. Окунем его статьи в физическом журнале УФН [8] в Советском Союзе, а потом в России началась кампания по замене положения о зависимости массы от скорости положением о ее независимости от последней. Эта кампания завершилась «отменой» физического положения о зависимости массы от скорости и корректировкой всемирно известной формулы «Е равно эм цэ квадрат» путем, казалось бы малозначащей замены в ней буквы Е на E_0 (с ноликом внизу). Одним из результатов кампании стало то, что с 2006-го года в России в Государственной программе по физике изъято устаревшее понятие массы зависящей от скорости и выработаны «Рекомендации по изложению СТО с учетом требований Стандарта».

Однако, отказавшись от понятия релятивистской массы, проводники школьной реформы сохранили термин, который сосуществовал наряду с термином «релятивистская масса» и который без этого понятия вообще не имеет смысла. Речь идет о понятии массы покоя. Инициаторы реформы настаивали на изъятии из обращения понятий релятивисткой массы и массы покоя и на замене их понятием инвариантной массы. Масса покоя в понимании инициаторов реформы не менее бессмысленная величина, чем релятивистская масса, но, то ли не поняв сути корректировок инициаторов реформы, то ли не приняв их полностью, проводники школьной реформы с одной стороны изъяли понятие релятивисткой массы, а с другой извратили понятие инвариантной массы, отождествив последнюю с массой покоя. Уже в ближайшее время придется либо возвращаться к релятивистской массе, либо же понять и принять Л.Б. Окуня и отказаться от массы покоя. Но выдержат ли школьники такого издевательства над «незыблемыми» положениями одной из самых точных наук - физики?

В статье [8] Л.Б. Окуня описывается следующий случай, происшедший с американским физиком К. Адлером.

- Папа, а масса действительно зависит от скорости, - спросил К. Адлера его сын.

- Нет! Впрочем, да, На самом деле нет, но не говори об этом своему учителю, - ответил К. Адлер.

На следующий день, - пишет Адлер – его сын прекратил заниматься физикой.

Ситуация с преподаванием основ специальной теории относительности в школах такова, что при существующих метаниях методистов вскоре не только ученики прекратят заниматься физикой, но и учителя откажутся ее преподавать.

Вместе с тем специальная теория относительности очень проста и не содержит в себе никаких проблем, кроме проблем ее интерпретации. Она может быть изложена простейшим языком и на простейших примерах из нашей обыденной жизни. Ничего заумного и зовущего в недоступный человеческому воображению четырехмерный мир в ней нет.

Представленная в настоящей брошюре имитация очень наглядно показывает простоту специальной теории относительности и ее «приземленность». Нетрудно заметить, что из имитации, дающей преобразования Лоренца, вытекает возможность использования в этой модели «четырехмерного формализма», не отличающегося от формализма Минковского. Т.е примитивнейшая модель, в развлекательной форме построенная чуть ли не на песке (на песчаных «часах»), приводит к возможности описания «принципа действия» этой детской модели-игрушки в четырехмерном пространстве-времени.

Более детальное рассмотрение четырехмерного пространства времени привело нас к выводу, что пространство-время представляет собой пространство ошибок и должно относиться к теории ошибок, а не к теории фантасмагорического мира. Но это отдельный вопрос, который мы предполагаем рассмотреть в нашей книге.

Литература

1. Л. Мардер. Парадокс часов. Изд. «Мир», М., 1974.
2. А.А. Тяпкин. Успехи физических наук. 1972, 106, с. 617-659.
3. L. Karlov. Australian journal of physics. 23, 1970, p. 243-253.
4. Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. Изд. «Наука», М., 1966 г., том 1, стр. 9.
5. Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. Изд. «Наука», М., 1966 г., том 1, стр. 181.
6. Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. Изд. «Наука», М., 1966 г., том 1, стр. 539.
7. Матвеев В.Н. В третье тысячелетие без физической относительности. М.: ЧеРо, 2000.

8. Окунь Л.Б.// УФН. 1989, №158. вып. 3. С. 511 - 530.
9. Окунь Л.Б.// УФН. 2000, №170. С. 1366 - 1371.
10. Окунь Л.Б.// УФН. 2008, том 178 . №5. С. 541 - 555.
11. Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. Изд. «Наука», М., 1966 г., том 2, стр. 752.
12. М. Лауэ. Принцип относительности. Новые идеи в математике, сборн. N 5. Спб. Издательство "Образование", 1914, стр. 34 стр. 154).
13. А. Тимирязев. Принцип относительности. Доклад, прочитанный на собрании Научной Ассоциации Коммунистического Университета имени Я.М.Свердлова 22 мая 1921 г. Стр. 153. http://www.ruthenia.ru/sovlit/j/57.html .
14. Д.В. Скобельцын. Парадокс близнецов в теории относительности. Изд. «Наука». М., 1966 г., стр. 77.
15. Герман Вейль. Пространство, время, материя. Изд. УРСС. М., 2004 г., стр. 20.
16. В.А. Угаров. Специальная теория относительности. Изд. «Наука». М., 1969 г., стр. 67.

Основы специальной теории относительности чрезвычайно просты. Для знакомства с кинематикой специальной теории относительности и связанными с относительным движением замедлением времени и сокращением продольных размеров движущихся тел достаточно знания теоремы Пифагора и умения производить простейшие алгебраические действия. Однако простота основ теории относительности удивительным образом контрастирует с трудностью восприятия, а порой и с полным неприятием следствий специальной теории относительности скептиками, опирающимися на обыденный здравый смысл. Существование такого контрастирования авторы некоторых популярных книг по теории относительности объясняют тем, что здравый смысл скептиков взращен на «застывших представлениях нашей обыденной жизни». Понятие здравого смысла, по мнению многих физиков, приобрело другое значение, а чуть ли не критерием истинности в физике стало наличие в идеях сумасшествия, а не их соответствие требованиям здравого смысла.

В настоящей книге в развлекательной форме на простейших примерах движения барж, челноков и лодок в водной среде сымитирована специальная теория относительности. Сымитирована она без отказа от привычного обыденного здравого смысла, потесненного в прошлом веке торжеством «сумасшедших идей».