Государственная академия сферы быта и услуг

# Уфимский технологический институт сервиса

Кафедра физики

Контрольная работа по предмету:
*«Концепция современного естествознания»*на тему: ***«Парадокс близнецов»***

## Содержание

 Введение.

1. Постулаты специальной теории относительности Энштейна.
2. Преобразования Лоренца в подвижной и неподвижных системах.
3. Следствия из преобразований теории относительности: изменение длины и времени.
4. Границы применимости законов классической механики.
5. Список используемой литературы.

Заключение.

**Введение**

«Концепции современного естествознания» — новый предмет в сис­теме высшего образования. Насколько нужно знать современную на­уку человеку, который, скорее всего, никогда сам не будет работать в ней?» В наши дни ни один человек не может считаться образован­ным, если он не проявляет интереса к естественным наукам. Обыч­ное возражение, согласно которому интерес к изучению электриче­ства или стратиграфии мало что дает для познания человеческих дел, только выдает полное непонимание человеческих дел.

Наука — это не только совокупность знаний. «... Науке можно учить как увлекательнейшей части человеческой истории — как бы­стро развивающемуся росту смелых гипотез, контролируемых экс­периментом икритикой.

Итак, для чего же нужно изучать современное естествозна­ние?

Во-первых, для того, чтобы стать культурным человеком, надо знать, что такое теория относительности, генетика, синергетика, социобиология, экология, этология и другие науки.

Во-вторых, это важно и потому, что многое в нашей жизни строится в соответствии с научной методологией. Хотя человечеству далеко до научной орга­низации труда, тем не менее, научные принципы функционируют во многих видах деятельности, и, чтобы их успешно применять, надо их знать.

 В-третьих, потому, что знания, необходимые любому специа­листу, так или иначе связаны и в какой-то степени основаны на науч­ных данных. Этих причин достаточно для обоснования важности но­вого курса.

***1.Специальная теория относительности Энштейна.***

Название “теория относительности” возникло из наименования основного принципа (постулата), положенного Пуанкаре и Эйнштейном в основу из всех теоретических построений новой теории пространства и времени.

Специальная теория относительности**,** созданная в 1905 г. А.Эйнштейном**,** стала результатом обобщения и синте­за классической механики Галилея— Ньютона и электродина­мики Максвелла—Лоренца. "Она описывает законы всех физи­ческих процессов при скоростях движения, близких к скорости света, но без учета поля тяготения. При уменьшении скоростей движения она сводится к классической механике, которая, та­ким образом, оказывается ее частным случаем".

 Специальная теория относительности называется иначе релятивистской теорией . В основу ее положены два принципа, которые являются постулатами. Эти постулаты надежно подтверждены экспериментально.

1. Принцип относительности. Все инерциальные системы отсчета равноправны, во всех инерциальных системах не только механические, но и все другие явления природы протекают одинаково.
2. Принцип постоянства скорости света. Во всех инерциальных системах скорость света в вакууме одинакова и равна с.

Из двух основных постулатов теории относительности вытекает, что два события, одновременные в одной системе отсчета, не одновременны в другой системе. Понятие одновременности имеет относительный смысл, и в разных инерциальных системах отсчета время протекает по-разному.

Содержанием теории относительности является физическая теория пространства и времени, учитывающая существующую между ними взаимосвязь геометрического характера.

 Название же “принцип относительности” или “постулат относительности”, возникло как отрицание представления об абсолютной неподвижной системе отсчета, связанной с неподвижным эфиром, вводившимся для объяснения оптических и электродинамических явлений.

Эйнштейн пишет: “.. неудавшиеся попытки обнаружить движение Земли относительно “светоносной среды” ведут к предположению, что не только в механике, но и в электродинамике никакие свойства явлений не соответствуют понятию абсолютного покоя, и даже более того,- к предположению, что для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, имеют место те же самые электродинамические и оптические законы, как это уже доказано для величин первого порядка. Мы намерены это положение (содержание которого в дальнейшем будет называться “принципом относительности”) превратить в предпосылку... “[[1]](#footnote-1) А вот что пишет Пуанкаре: “Эта невозможность показать опытным путем абсолютное движение Земли представляет закон природы; мы приходим к тому, чтобы принять этот закон, который мы назовем постулатом относительности, и примем его без оговорок.”

Преобразования Лоренца, отражающие свойства пространства-времени, были выведены Эйнштейном, исходя из 2 постулатов: принципа относительности и принципа постоянства скорости света.

 1. Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к которой из двух координатных систем, находящихся относительно друг друга в равномерном поступательном движении, эти изменения состояния относятся.

 2. Каждый луч света движется в “покоящейся” системе координат с определенной скоростью , независимо от того, испускается ли этот луч света покоящимся или движущимся телом.

 Значение этих постулатов для дальнейшего развития теории пространства-времени состояло в том, что их принятие прежде всего означало отказ от старых представлений о пространстве и времени, как о многообразиях, не связанных органически друг с другом.

 Принцип относительности сам по себе не представлял чего-либо абсолютно нового, т.к. он содержался и в Ньютоновской физике, построенной на базе классической механики. Принцип постоянства скорости света также не был чем-то абсолютно неприемлемым с точки зрения ньютоновских представлений о пространстве и времени.

 Однако эти два принципа, взятые вместе привели к противоречию с конкретными представлениями о пространстве и времени, связанные с механикой Ньютона. Это противоречие можно проиллюстрировать следующим парадоксом.

 Пусть в системе отсчета в начальный момент в точке, совпадающей с началом координат произошла вспышка света. В последующий момент времени фронт световой волны, в силу закона постоянства скорости света, распространился до сферы радиуса с центром в начале координат системы . Однако в соответствии с постулатами Эйнштейна, это же явление мы можем рассмотреть и точки зрения системы отсчета , движущейся равномерно и прямолинейно вдоль оси , так, что ее начало координат и направления всех осей совпадали в момент времени с началом координат и направлениями осей первоначальной системы . В этой движущейся системе, соответственно постулатам Эйнштейна, за время свет также распространится до сферы радиуса

, однако, в отличие о предыдущей сферы должен лежать в начале координат системы , а не . Несовпадение этих сфер, т.е. одного и того же физического явления, представляется чем-то совершенно парадоксальным и неприемлемым с точки зрения существующих представлений. Кажется, что для разрешения парадокса надо отказаться от принципа относительности, либо от принципа постоянства скорости света. Теория относительности предлагает, однако, совершенно иное разрешение парадокса, состоящее в том, что события, одновременные в одной системе отсчета , неодновременные в другой, движущейся системе , и наоборот. Тогда одновременные события, состоящие в достижении световым фронтом сферы, определяемой уравнением , не являются одновременными с точки зрения системы , где одновременны другие события, состоящие в достижении тем же световым фронтом точек сферы, определяемой уравнением

 Таким образом, одновременность пространственно разобщенных событий перестает быть чем-то абсолютным, как это принято считать в повседневном макроскопическом опыте, а становится зависящей от выбора системы отсчета и расстояния между точками, в которых происходит события. Эта относительностьодновременности пространственно разобщенных событий свидетельствует о том, что пространство и время тесно связаны друг с другом, т.к. при переходе о одной системе отсчета к другой, физически эквивалентной, промежутки времени между событиями становятся зависящими от расстояний (нулевой промежуток становится конечным и наоборот).

 Итак, постулаты Эйнштейна помогли нам прийти к новому фундаментальному положению в физической теории пространства и времени, положению о тесной взаимосвязипространства и времени и об их нераздельности, в этом и состоит главное значение постулатов Эйнштейна.

 Основное содержание теории относительности играет постулат о постоянстве скорости света. Основным аргументов в пользу этого является та роль, которую отводил Эйнштейн световым сигналам, с помощью которых устанавливается одновременность пространственно разобщенных событий. Световой сигнал, распространяющийся всегда только со скоростью света, приравнивается, таким образом, к некоторому инструменту, устанавливающему связь между временными отношениями в различных системах отсчета, без которого якобы понятия одновременности разобщенных событий и времени теряют смысл.

Теория относительности, созданная Эйнштейном в 1905 г., стала закон­ченной теорией движения макроскопических тел. Её применение в теории эле­ментарных частиц наталкивается на ряд серьезных трудностей, которые, быть может, свидетельствуют о необходимости нового понимания принципа относи­тельности. Развитие атомной и особенно ядерной физики - блестящий триумф теории Эйнштейна - указывает вместе с тем на возможное дальнейшее развитие и обобщение этой теории.

Теория относительности ждет дальнейшего развития и обобщения и в другом направлении, помимо картины движений, взаимодействий и трансмута­ций элементарных частиц в областях порядка 10-13 *см,* Она все в большей сте­пени становится теорией, описывающей строение космических областей, по сравнению с которыми исчезающи малы расстояния между звездами и даже расстояния между галактиками.

***2. Преобразования Лоренца в подвижной и неподвижных системах.***

В соответствии с двумя постулатами специальной теории относительности между координатами и временем в двух инерциальных системах К и К' существуют отношения, которые называются преобразованиями Лоренца*.*

Для вывода преобразований Лоренца будем опираться лишь на “естественные” допущения о свойствах пространства и времени, содержавшиеся еще в классической физике, опиравшейся на общие представления, связанные с классической механикой:

 1. Изотропность пространства, т.е. все пространственные направления равноправны.

 2. Однородность пространства и времени, т.е. независимость свойств пространства и времени от выбора начальных точек отсчета (начала координат и начала отсчета времени).

 3. Принцип относительности, т.е. полная равноправность всех инерциальных систем отсчета.

 Различные системы отсчета по-разному изображают одно и то же пространство и время как всеобщие формы существования материи. Каждое из этих изображений обладает одинаковыми свойствами. Следовательно, формулы преобразования, выражающие связь между координатами и временем в одной - “неподвижной” системе с координатами и временем в другой - “движущейся” системе , не могут быть произвольными.

Наша задача в точной формулировке сводится к следующему. Каковы значения х', у', z',t' некоторого события относительно системы *К',* если заданы значения *х,* у, z, t того же события относительно системы *К?* Со­отношения должны быть выбраны так, чтобы для одного и того же све­тового луча (причем для любого) относительно *К и К'* выполнялся закон распространения света в пустоте. Эта задача пространственного расположения систем координат решается следующи­ми уравнениями:

z'=z


Эта система уравнений носит название «преобразования Лоренца». Но если бы вместо закона распространения света мы молчаливо исхо­дили из представлений старой механики об абсолютном характере вре­мени и протяженности, то вместо этих уравнений преобразования мы получили бы уравнения

x'= x - vt,

y' = y,

z' = z,

t' = t.

Последнюю систему уравнений часто называют «преобразованием Галилея». Преобразо­вание Галилея выводится из преобразования Лоренца, если в последнем скорость света с положить равной бесконечно большому значению.

 В классической механике пространство и время рассматриваются как понятия независимые друг от друга. Из преобразований Лоренца вытекает тесная связь между пространственными и временными координатами: не только пространственные координаты зависят от времени, но и время зависит от пространственных координат, а также от скорости движения системы отсчета.

 Преобразования Лоренца и релятивистский закон сложения скоростей соответствуют принципу инерции. Действительно, если тело движется равномерно и прямолинейно относительно одной инерциальной системы отсчета , то оно будет двигаться прямолинейно и равномерно относительно любой другой инерциальной системы.

 Таким образом, преобразования Лоренца выражают общие свойства пространства и времени для любых физических процессов. Эти преобразования, как это выяснилось в процессе доказательства, составляют непрерывную группу, называемую группой Лоренца. В этом факте, в наиболее общем виде отображаются свойства пространства и времени, раскрытые теорией относительности.

***3.Следствия из преобразований теории относительности: изменение длины и времени.***

Пространство и время как всеобщие и необходимые формы бытия материи являются фундаментальными категориями в со­временной физике и других науках. Физические, химические и дру­гие величины непосредственно или опосредованно связаны с измере­нием длин и длительностей, т.е. пространственно-временных ха­рактеристик объектов. Поэтому расширение и углубление знаний о мире связано с соответствующими учениями о пространстве и времени.

При переходе к космическим масштабам геометрия простран­ства перестает быть евклидовой и изменяется от одной области к другой в зависимости от плотности масс в этих областях и их движе­ния. В масштабах метагалактики геометрия пространства изменяет­ся со временем вследствие расширения метагалактики. При скоро­стях, приближающихся к скорости света, при сильном поле прост­ранство приходит в сингулярное состояние, т. е. сжимается в точку.

Теория относительности показала единство пространства и времени, выражающееся в совместном изменении их характеристик в зависимости от концентрации масс и их движения. Время и прост­ранство перестали рассматриваться независимо друг от друга и воз­никло представление о пространственно-временном четырехмер­ном континууме.

Дальнейшее изложение проведем на несколько ином языке.

Введем представление о некотором «условном» человеке, пред­положив, что можно говорить о его возрасте как о некотором возрастающем во времени параметре, однозначно определяющем состояние его организма. В соответствии с этим будем, следова­тельно, предполагать, что и длительность его жизни имеет вполне определенное значение, т. е. что, «рождаясь» в определенный мо­мент времени (записанный в его паспорте), этот условный человек и «умирает» также по истечении всегда вполне определенного времени, т. е. что время жизни дано не как некоторая средняя величина, характеризующая лишь статистически множество лю­дей, живущих в определенных условиях, но что это время жизни имеет вполне определенное, одно и то же в каждом отдельном индивидуальном случае значение.

 В популярном изложении основ своей теории относительности Эйнштейн, а следуя ему, и другие авторы часто прибегали к срав­нению движущейся системы отсчета с поездом, пассажиры кото­рого производят различные измерения, пользуясь часами и эталонами длины (масштабами), тождественными с такими же измерительными приборами, которые имеются в распоряжении наблю­дателей, находящихся на станциях, неподвижных относительно железнодорожного полотна, по которому движется поезд.

Если оторваться от обстановки наблюдений в земных условиях и учесть возможности современной космической связи, то, говоря о соотношениях Лоренца, может быть, и целесообразно, кон­кретизируя обстановку различных примеров, представлять себе какие-то объекты, населенные людьми, несущиеся в космическом пространстве так, что движение их характеризуется космиче­скими масштабами.

Словом, перенесем «поезд» Эйнштейна, движущийся со суб­световой скоростью, с его пассажирами в космическое пространство.

В приводимых далее сравнениях будем представлять себе две «мира», вполне тождественные по совокупности образующих их тел и пространственно-временных соотношений (внутри каждого из них). Один из этих миров несется в космическом пространст­ве с постоянной скоростью р порядка скорости света относительно другого. Между обитателями этих «миров» поддерживается связь так, что любые события в одном из этих миров могут быть зареги­стрированы в другом с указанием соответствующих координат пространства и времени. Обозначим эти «миры» — эти системы отсчета—римскими цифрами I и II*.*

Будем говорить о двух партнерах *А* и *В.* Положим, что они родились одновременно в системе I, в которой они ровесники, поэтому в паспортах каждогоиз них**,** выданных «с точки зрения» этой системы, даты их рождения и обозначены соответственно, т. е. эти даты совпадают. Предположим, однако, что А и В на­ходятся на значительном расстоянии друг от друга.

Допустим, что в какой-то определенный (один и тот же в сис­теме I для обоих ровесников) момент времени оба они — А и В*,* получив соответствующие мгновенные ускорения, перебрасыва­ются из системы I в систему II так, что при этом они останавли­ваются относительно системы II. После этого они оказываются покоящимися в этой последней системе II (и несутся вместе с ней со субсветовой скоростью относительно первоначальной системы — системы I).

Положим затем, что один из них, например А*,* станет очень медленно перемещаться (в системе II*)* в направлении к другому. Потребуем, чтобы скорость *и* перемещения А была настолько ма­ла, что условие было бы выполнено.

Положим, что А *—* тот из партнеров, который был перебро­шен на расстоянии *х'* (в системе II*)* в точке, расположенной от­носительно *В* в направлении, противоположном направлению движения (системы II относительно системы I).

Тогда, после того как *А,* двигаясь в соответствии с условием очень медленно в направлении к *В,* достигнет .В, обнаружит­ся, что он моложе В и именно настолько моложе, что разность их возрастов окажется равной2 *х'6а/с,* что следует из уравнения Лоренца.

Если речь идет о «паспортах», в которых записаны даты рож­дения обоих (т. е. А и *В)* так, как они были зарегистрированы по данным системы II*,* то никакого согласования и не потребуется, так как разность возрастов А и В*,* встретившихся в определенном месте в\_ системе II*,* будет соответствовать тем датам рождения, которые указаны в их паспортах. Согласно этим паспортам (сис­темы II*)* они родились в разно*е* время (А позже на *х'* ро/с сек., чем *В)* и, следовательно, они и не являются ровесниками 3.

Вместе с тем наблюдатель, неподвижный в системе I*,* следив­ший за перемещениями А и В в системе II и их старением, в сво­их суждениях будет основываться на том, что записи в паспор­тах А и В*,* определяющие даты их рождения, правильны. Он бу­дет исходить из того, что в момент «переброски» из системы I в систему IIА иВ были и остались ровесниками.

 При указанных условиях возраст и является мерой времени — собственного времени—данного объекта, и терминологически мож­но говорить одинаково или о возрасте определенного индивиду­ума, или о показании идеальных часов, остающихся всегда не­подвижными относительно него.

На вопрос об одновременности или неоднвременности двух событий нельзя ответить, не указав систему отсчета, относительно которой данная задача решается. Понятие одновременности имеет относительный смысл, и события, одновременные в одной системе отсчета, окажутся неодновременными в другой системе.

Итак, в теории относительности промежутки времени между событиями и длины отрезков являются относительными понятиями, имеющими различные значения в разных инерциальных системах отсчета.

1. ***Границы применимости законов классической механики.***

Ньютоновская механика и, в частности, преобразования Галилея основывались на допущении, что во всех системах отсчета время протекает одинаково. Естественно, возникает вопрос: как могла теория в течении нескольких веков успешно применяться на практике и давать правильные результаты? Более того, и в настоящее время мы с успехом ведем расчеты движения небесных тел, космический кораблей, автомобилей, судов и т.п. на базе законов ньютоновской механики, пользуемся преобразованиями Галилея – и всегда имеем отличные результаты. Здесь нет никакого противоречия. Все дело в том, что перечисленные тела движутся со скоростями значительно меньшими скорости света в вакууме. А в этом случае релятивистские формулы с достаточной для практических целей точностью переходят в ньютоновские.

Действительно, пусть тело движется со скоростью v= 10 км/сек относительно Земли. Это- скорость космической ракеты. Обычно в инженерной практике имеют дело с телами, которые движутся значительно медленнее. Свяжем с этим телом новую систему отсчета. Точные соотношения между координатами и временем в обеих системах отсчета выражаются с помощью преобразований Лоренца. Однако нетрудно убедиться, что, пользуясь преобразованиями Галилея, мы получим практически одинаковые результаты. Действительно, в нашем случае соотношение

Следовательно, для того чтобы величину отличить от единицы, нужен измерительный прибор, позволяющий измерять с точностью до девяти значащих цифр. На практике мы пользуемся значительно менее точными приборами.

Таким образом, при анализе явлений, происходящих со скоростями значительно меньшими, чем скорость света в вакууме, можно с успехом пользоваться преобразованиями Галилея, т.е. формулами ньютоновской механики. Применение в этих случаях преобразований Лоренца даст практически тот же результат, хотя вкладки будут значительно более сложными. Мы получили принципиальной важности результат: теория относительности включает в себя ньютоновскую механику как предельный случай механики явлений, скорость которых значительно меньше скорости света в вакууме. На этом примере виден путь развития науки. Всякая научная теория описывает некоторый круг явлений с определенной степенью точности, зависящей от уровня развития науки, а также измерительной техники. При дальнейшем развитии науки мы охватываем все более обширный круг явлений. Одновременно возрастает и точность наших измерений.

На определенном этапе может оказаться, что старая теория уже не сможет объяснить вновь открытые явления. Выводы старой теории вступят в противоречия с новыми фактами. Тогда создается новая теория, часто на основе совершенно новых принципов. Однако новая теория не отбрасывает старую, как заблуждение. Так было и с теорией относительности. Ее появление вызвало бурную дискуссию. Многие ученые, не сумев отказаться от привычных представлений, не поняли ее сущности. Однако дальнейшее развитие науки полностью подтвердило истинность как ее исходных положений, так и всех ее выводов.

При достаточно медленных движениях вполне допустимо пользоваться формулами ньютоновской механики, при анализе же быстрых движений правильные результаты дает только теория относительности. Попробую более точно ввести критерий того, какие движения следует считать медленными, а какие – быстрыми.

Допустим, что аппаратура позволяет производить измерения величин с точностью до n значащих цифр. Тогда, если относительная ошибка меньше , то мы ее обнаружить не сможем. Подсчитаем, при какой же скорости движения тела не могут быть обнаружены изменения его массы. Относительная ошибка при измерении массы

Эта ошибка должна быть меньше , следовательно

 или

Возведем неравенство в квадрат. Тогда

 или

Учитывая, что , имеем

Пусть, например, измерения производятся с точностью до шести значащих цифр (n=6). Тогда . Таким образом, при скоростях движения, не превосходящих четыреста километров в секунду, масса покоя отличается от релятивистской массы менее чем на , т.е. менее чем на одну десятую долю процента. В реальных условиях движения больших тел их скорость значительно меньше указанного предела – даже космические ракеты имеют скорость 10 км/сек, т.е. в 40 раз меньше. Да и измерения в технике редко когда производятся с такой точностью. Ясно, что в этих условиях применение законов ньютоновской механики для расчета движения тел даст идеальные по своей точности результаты. Однако в мире атомных частиц не редко встречаются скорости, близкие к скорости света в вакууме. В этом случае только применение законов теории относительности даст правильные результаты.

Изложенные соображения позволяют нам ввести следующую классификацию движений.

 Ньютоновская область. Скорость движения тел столь мала, что измирительная аппаратура не позволяет обнаружить релятивистские эффекты замедления времени, сокращения длин, возрастания массы и т.п. Здесь вполне допустимо применение законов ньютоновской механики.

 Релятивистская область. Скорость движения велика, и релятивистские эффекты становятся вполне измеримыми. Естественно, что здесь правильные результаты дает только теория относительности.

 Ультрарелятивистская область. Скорость тела становится почти равной скорости света в вакууме. Точнее, разность между скоростью тела и скоростью света меньше чувствительности измерительного прибора. Конечно, и в этом случае только применение законов теории относительности даст верные результаты.

### Заключение

Научное познание движется от незнания к более полному знанию предмета. В данном случае — к раскрытию всеобщих связей явлений природы, их взаимопереходов, принципов раз­вития и т. п. Этот процесс имеет свое начало, но пока сущест­вует человечество, он не будет иметь завершения. В общем процессе познания каждая из наук дает представление о какой-то одной стороне явлений природы, но только на основе дос­тижений всех наук складывается объективный взгляд на окру­жающую человека действительность.

Так, физика выявляет взаимосвязи между телами во всех трех мирах: микро-, макро- и мегамире. Познание человеком законов взаимодействий микромира дало возможность исполь­зовать заключенные в нем огромные силы на благо человека. Однако пренебрежительное отношение к этим законам влечет за собой негативные последствия.

Углубляют и расширяют представления о мироустройстве и современные достижения химической науки. Особенно ценные сведения об органи­зации макромира дает эволюционная химия как высший уро­вень развития химических знаний. Ее научные результаты по­зволяют подтвердить мысль о том, что жизнь во всех ее прояв­лениях и многообразии зародилась и сформировалась в земных условиях благодаря уникальному стечению обстоятельств в эво­люции Вселенной.

Современная биология делает вывод о том, что в результате химической эволюции появляются белки и кислоты в виде РНК и ДНК, которые лежат в основе наследственности и предшествуют образованию клетки — основы всего живого.

Научные открытия эволюционной химии и биологии дают основания утверждать единство живой и неживой природы. Появление живой материи из неживой обусловливает полную зависимость первой от второй.

Появились экологические проблемы. Но самая большая опасность насту­пит тогда, когда экологические процессы примут необратимый характер.

Только наука способна помочь людям разрешить гло­бальные проблемы. В настоящее время необ­ходимо показать человечеству его истинное положение, кото­рое, к огромному сожалению, находится на грани катастрофи­ческого.

***5. Список используемой литературы***

1. В.Н.Лавриенко. Концепция современного естествознания- Москва: 1997г.
2. А.А.Горелов. Концепция современного естествознания- "Центр":1997г.
3. Принцип относительности"; Лоренц, Пуанкаре, Эйнштейн, Минковский; ОНТИ., 1935 г.
4. Полное собрание трудов; Л. И. Мандельштам.
5. Я. П. Терлецкий. "Парадоксы теории относительности"; Москва., 1965 г.
6. Уилер Д.А. Предвидения Энштейна. 1970г.
7. Скобельцын Д.В. Парадокс близнецов в теории относительности.1966г.
8. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики; Москва, 1969.
1. “Принцип относительности” Лоренц, Пуанкаре, Эйнштейн и Минковский; ОНТИ ; 1935 г., стр. 134 [↑](#footnote-ref-1)