

Общая относительность и эталоны массы, длины и времени в гравитационных полях

А.К. Юхимец , Anatoly.Yuhimec@Gmail.com

Принято считать, что *специальная теория относительности* (СТО) справедлива лишь при рассмотрении *инерциальных систем отсчёта* (ИСО). Но в полном смысле *инерциальных систем отсчёта* (СО) практически нет. Такие системы можно рассматривать лишь абстрактно, но только с их помощью возможно разобраться в том, как устроен реальный мир и какие действуют в нём законы. Собственно лишь одно явление природы нарушает без нашего участия инерциальность движения тех реальных систем отсчёта, которыми мы можем с бóльшим или мёньшим успехом пользоваться на практике. От него невозможно ни уклониться, ни защититься. Это явление гравитации, с которым мы и хотим разобраться пока лишь в самых общих чертах. Тем не менее, наше рассмотрение имеет принципиальный характер, так как открывает новые пути для решения данной проблемы. И в этом нам поможет СТО с исправленной автором данной статьи трактовкой [1].

Согласно *общей теории относительности* (ОТО), все физические явления в природе следует рассматривать как протекающие в некотором реальном *физическом* пространстве (в эфире) [2]. Эфир является сплошной средой, так как присутствует всюду и обладает физическими свойствами. Его геометрический объём в целом мы назовём *абсолютным пространством* (АП). С этим АП мы вправе связать некоторую *мыслимую* абстрактную глобальную *абсолютную систему отсчёта* (АСО). Её физическое пространство (т.е. геометрический объём вместе с материальным «наполнением») *условно* будем считать однородным и изотропным. Оно как бы не подвержено влиянию гравитационного поля. Поэтому в АСО применимы общепринятые в физике эталоны длины и времени, а также геометрия Евклида. Все материальные тела в ней имеют свои собственные (абсолютные) скорости движения и такие же траектории. Это позволит нам «увидеть», те реальные изменения в физических явлениях, которые связаны именно с гравитацией.

Нам понадобятся также и системы отсчёта, как бы напрямую связанные с *реальным* физическим пространством, в котором присутствуют и гравитационные поля. Назовём их *реальными*

системами отсчёта (PCO). А так как мы будем рассматривать условно не изменяющееся (стационарное) гравитационное поле, то каждая такая PCO будет неподвижна в той или иной области.

А теперь рассмотрим такой вопрос. Допустим, имеется тело А строго сферической формы и с большой массой М, но относительно малых размеров, с которым мы и свяжем некоторую PCO с прямоугольными координатами. Причём, начало этой *системы координат* (СК) совпадает с центром тела А. PCO отличается от АСО тем, что в её физическом пространстве действует гравитационное поле, создаваемое телом А, а потому оно не является однородным и изотропным. Наличие массы тела А с его гравитационным полем делает пространство таковым. Поэтому общепринятые физические эталоны массы, длины и времени в нём не являются постоянными, а зависят от гравитационного потенциала, при котором они находятся.

Пусть далее с СК, принадлежащей PCO, совпадает и СК мыслимой АСО. То есть мы как бы вложили тело А с его гравитационным полем и PCO в АСО. Будем считать при этом, что гравитационное поле тела А действует лишь в своей PCO и не оказывает воздействия на нашу АСО, в силу чего она полностью сохраняет все свои свойства, вытекающие из СТО в новой её трактовке [1]. Она нужна нам для того, чтобы мысленно, чисто теоретически, как бы извне посмотреть на то, что происходит в PCO с её гравитационным полем и лучше представить себе и понять его свойства.

Зададим теперь себе такой вопрос: чем собственно проявляет себя гравитационное поле? На этот вопрос отвечает наш опыт, из которого мы знаем, что тело с малой массой, находясь на каком-либо расстоянии от тела с большой массой и предоставленное самому себе будет перемещаться по направлению к телу с большой массой со всё возрастающей скоростью. Если взять не одно тело, а несколько разных малых тел с разными массами и тоже предоставить их самим себе, то все они будут перемещаться по направлению к большому телу, причём, если создать вокруг их вакуум, то с равными и одинаково возрастающими скоростями.

Тело с большой массой тоже будет перемещаться в направлении малых тел, но со значительно меньшей скоростью. То есть тела, как это установил ещё Ньютон, как бы притягиваются друг к другу по определённому закону, что и проявляется в их движении навстречу друг к другу. Но в нашем случае мы будем считать тело А неподвижным в АСО в связи с тем, что его масса намного порядков

превышает массу тех малых (пробных) тел, которые мы будем рассматривать в гравитационном поле тела А. Другими словами, мы будем считать гравитационное поле тела А стационарным.

Наиболее простой и естественной характеристикой в каждой точке стационарного гравитационного поля тела с массой М будет та скорость, которую приобретает пробное тело с бесконечно малой в сравнении с М массой, перемещаясь под действием притяжения в данную точку из бесконечности, где оно до этого покоилось предоставленное самому себе. Это действительно будет некоторая однозначная характеристика гравитационного поля массы М, так как все бесконечно малые в сравнении с М тела в вакууме "падают" в поле гравитации одинаково.

Из нашей изменённой трактовки СТО [1] мы знаем, что если какое-либо тело движется в пространстве, то, следовательно, оно имеет внешний импульс. Если скорость его движения растёт, то это значит, что или растёт его внешний импульс при постоянном внутреннем, или растёт отношение внешнего импульса к внутреннему локализованному импульсу тела.

Откуда появляется внешний импульс у тела в гравитационном поле? Если проанализировать возможные варианты, то непротиворечивым и в то же время самым простым и естественным будет следующий. Внешний импульс у покоящегося тела, предоставленного самому себе в гравитационном поле, появляется за счёт постепенного частичного перехода во внешний импульс внутреннего локализованного импульса. Таким образом, внутренний импульс тела, а следовательно, и связанная с ним масса покоя у тела, "падающего" в гравитационном поле, непрерывно уменьшаются. Внешний же импульс при этом растёт, и растёт скорость тела. Общая же масса тела *сохраняется*.

Если обозначить массу падающего малого пробного тела на бесконечности от тела А через m_0 , то его масса покоя m_{0R} на расстоянии R (в АСО) определится из соотношения $m_0 = \frac{m_{0R}}{\sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2}}$,

где: v_R - скорость падения пробного тела на расстоянии R от центра тела А;

c_R - скорость света на этом же расстоянии.

Скорости v_R и c_R определены относительно АСО, но *их отношение* будет одним и тем же, как в АСО, так и в РСО. Скорость света в гравитационном поле, с точки зрения АСО, больше не является

постоянной. Однако собственное измерение скорости света, проводимое локально в любой точке стационарного гравитационного поля с помощью РСО, будет давать её универсальное значение, так как она неподвижна (инерциальна) и поэтому *принцип относительности* (ПО) в ней должен соблюдаться.

Здесь мы должны временно прервать рассмотрение того, что начали, и на основании ещё большего, чем это принято в СТО, расширения "полномочий" ПО получить некоторые дополнительные сведения о стационарных гравитационных полях. После чего мы снова вернёмся к нашим СО.

Почему неподвижную локальную (или местную) РСО можно считать инерциальной? И какие при этом накладываются ограничения? В чём их суть? Ведь ясно, что такие ограничения обязательно должны быть, так как простое расширение границ системы отсчёта *уже* делает её не инерциальной.

Вопрос о том, какие системы отсчёта можно считать инерциальными, имеет принципиальное значение и неоднократно обсуждался многими видными учёными. В классической механике со времён Ньютона *инерциальную систему отсчёта* (ИСО) жёстко связывали с телом, движущимся в абсолютном пространстве по инерции и без вращения. Движение тела по инерции означало его движение без какого-либо взаимодействия с окружающими телами. Но так как тяготение тел носит всемирный характер, то практически ни с одним реальным телом нельзя связать в полном смысле инерциальную систему отсчёта. Поэтому уже тогда ИСО считалась некоторой абстракцией, некоторой идеализацией реального положения вещей.

А. Эйнштейн в своей ОТО, рассматривая гравитацию не как силовое взаимодействие тел, а как проявление геометрических свойств пространства-времени, считал возможным существование ИСО. Такими, по его мнению, являются системы, движущиеся предоставленные самим себе в искривленном пространстве-времени по геодезическим линиям, напрямую не взаимодействуя с другими телами и системами.

На основании новой трактовки СТО [1] мы можем сказать совершенно определённо, что в природе не может быть в полном смысле инерциальных систем отсчёта. Ни при каком движении никакая реальная СО не может избежать силовых взаимодействий с окружающим её миром. И в этих взаимодействиях в любой реальной

СО объективно реально изменяются, причём непрерывно, её эталоны длины, времени и массы, чего не должно быть в подлинной ИСО.

То есть подлинная ИСО в пределах всех своих измерений должна иметь *объективно реально* одни и те же эталоны измерения физических величин и эти эталоны не должны изменяться во времени. Таких СО *принципиально* не существует. Но, с другой стороны, почти любая локальная СО с некоторыми ограничениями практически и теоретически может быть использована как инерциальная. Важно, чтобы в пределах СО, принимаемой за инерциальную, эталоны измерения с необходимой для нас точностью были бы одними и теми же, как в разных точках СО, так и в пределах того времени, в течение которого мы проводим свои измерения. Чем меньше размеры СО и чем меньше время наблюдения и измерения, тем ближе данная СО к инерциальной.

При чисто теоретическом рассмотрении многих вопросов мы вправе абстрагироваться от реального положения вещей и считать локально проводимые измерения такими, как если бы они действительно выполнялись в подлинно инерциальных СО. Поэтому, например любая, движущаяся в пространстве одинаково ускоренно во всех своих частях СО, в любой момент времени может быть приравнена при кратковременном её использовании к ИСО специальной теории относительности, движущейся в пространстве с той же скоростью, что и ускоренная СО в рассматриваемый момент.

Другими словами, при теоретическом рассмотрении многих вопросов мы можем считать, что всегда рядом с ускоренно движущейся СО находится сопутствующая ей уже готовая к измерениям ИСО, скорость которой совпадает со скоростью ускоренной системы. Она как бы наложена на ускоренную СО своей СК вместе с системой отсчёта физического времени. Тогда все кратковременные процессы с какими-либо телами в ускоренной СО будут протекать практически одинаково, как по отношению к СО, движущейся ускоренно, так и по отношению к сопутствующей ей наложенной ИСО (НИСО). Таким образом, во многом формальный математический аппарат СТО и её ПО можно с одинаковым успехом применять и в СО, движущихся ускоренно.

Теперь на основании тех аналогий, которые проявляются при рассмотрении ускоренного движения, а также движения в гравитационном поле, мы выскажем некоторые соображения по поводу расширения применения принципа относительности не только

на рассмотрение ускоренных СО, но и на рассмотрение СО, в которых действуют гравитационные поля. Мы примем (т.е. *постулируем*), что совершенно одинаково проявляются и описываются взаимодействия тел в следующих двух случаях.

1. Неподвижное в некоторой точке неподвижного в целом пространства тело В неупруго взаимодействует с ускоренной СО, например, с каким-либо неподвижным в ней (жёстко связанным с системой) телом А, рис. 1. Взаимодействие тела В в момент столкновения с системой проявляется и описывается так, как если бы ускоренная СО была не ускоренной, а просто инерциальной и движущейся в абсолютно неподвижном пространстве с той же скоростью v , которую она имеет в момент взаимодействия. Но так как система всё же движется ускоренно, а взаимодействие неупругое, то силовое взаимодействие между системой и телом В будет продолжаться и дальше.

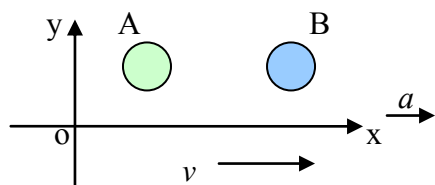


Рис. 1. Тело А жёстко связано с ускоренной СО $хоу$ (ускорение a). Тело В покоится в АСО, которая здесь не показана. В момент столкновения с телом В система имеет скорость v . Так как взаимодействие тел неупругое, то далее тело В будет двигаться, продолжая взаимодействовать с телом А, т.е. с ускоренной СО.

2. Некоторое тело В, свободно падающее радиально из бесконечности в стационарном гравитационном поле другого абсолютно неподвижного тела несоизмеримо большей массы, достигает некоторой скорости v на определённом расстоянии от данной массы и неупруго взаимодействует с локальной неподвижной в гравитационном поле СО, рис. 2. Взаимодействие проявляется и описывается так, как если бы падающее тело было неподвижным, а СО была бы ускоренной и двигалась в неподвижном в целом пространстве с той же скоростью и ускорением в направлении тела (рис. 1), которых достигло свободно падающее тело в момент взаимодействия.

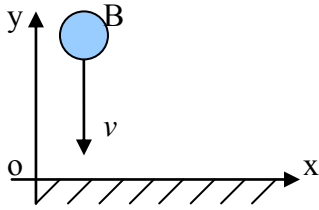


Рис. 2. Локальная неподвижная в гравитационном поле СО хоу. Падающее в гравитационном поле тело В имеет в момент неупругого взаимодействия с СО скорость v .

Однако, чтобы действительно "срабатывал" указанный здесь нами расширенный принцип относительности проявления и описания явлений природы, необходимо уточнить одну деталь.

Как мы теперь знаем из новой трактовки СТО [1], в абсолютно движущейся СО объективно реально изменяется ход эталонных часов (ход часов замедляется), сокращается эталон длины и возрастает эталон массы. Точно так же должны измениться эталоны длины и времени и в СО, в которой действует гравитационное поле. Но что касается эталона массы, то здесь дело обстоит иначе.

Для реально движущейся СО неподвижное в пространстве тело с массой m_0 "представляется" телом с увеличенной массой в соответствии со скоростью абсолютного движения самой СО. Такое *относительное* увеличение массы тела подтверждается объективными измерениями в самой СО. Но оно подтверждается лишь благодаря тому, что показания "синхронизированных" в СО часов фактически имеют определённый сдвиг по направлению абсолютного движения системы [3]. Другими словами, это всего лишь «релятивистский эффект» относительного увеличения массы. В нашей же *неподвижной* локальной системе, находящейся в стационарном гравитационном поле абсолютно неподвижного тела большой массы, никакого сдвига в показаниях часов реально быть не должно (система объективно реально неподвижна). Поэтому здесь объективно реально сам *эталон массы покоя* должен быть меньшим в соответствующем отношении. Тогда свободно «падающее» тело будет иметь реально бóльшую массу по отношению к такому эталону. И указанный нами расширенный принцип относительности будет полностью соблюдаться.

Здесь может возникнуть вопрос: а почему во втором случае мы должны рассматривать взаимодействие падающего тела так, будто бы оно неподвижно, а сама СО движется (как на рис. 1)? Нельзя ли

рассматривать взаимодействие действительно движущегося тела как бы с некоторой объективно реально неподвижной системой, со свойствами любой АСО. Ответ здесь простой. В последнем случае СО в гравитационном поле ничем бы не отличалась от любой другой АСО, в которой нет гравитационного поля. Гравитационное поле никак бы себя не проявляло, что не отвечает действительности. Поэтому-то мы и поступаем так, чтобы выявить действительные свойства СО в гравитационном поле. Но мы уже будем подходить к его рассмотрению с правильными мерками, которых до этого у нас не было.

Действительно, зная истинные значения наших эталонов для физических измерений, мы сможем рассматривать нашу локальную СО в гравитационном поле как некоторую инерциальную объективно реально неподвижную СО. Но она будет объективно реально отличаться от принятых нами ранее мыслимых теоретически АСО и своими эталонами измерения, и тем, что имеет только локальный характер. Тем не менее, наблюдение и описание явлений в такой системе будет носить характер наблюдения и описания абсолютной физической реальности.

Таким образом, гравитация изменяет метрические характеристики тел, причём не только пространственные и временные, но и в отношении их массы. Изменение пространственных и временных метрических характеристик тел может быть оценено по отношению к тем значениям, которые имеют тела в тех местах, где влияние гравитации практически отсутствует. Это и сделано А. Эйнштейном в его ОТО и трактуется как следствие искривления пространства-времени. Но такое "искривление" обязательно должно быть отнесено к «плоскому» абсолютно неподвижному пространству и абсолютному времени.

В качестве принципиальной опоры при построении ОТО Эйнштейн принял принцип эквивалентности равноускоренной СО и однородного стационарного гравитационного поля и те общие выводы, которые были при этом получены, он счёл возможным распространить на любые гравитационные поля. Это было *принципиально ошибочное решение* и от первоначально сформулированного принципа эквивалентности практически в теорию, в её окончательном виде, вошло по сути лишь то, что следует из изложенного *нами* выше расширенного принципа относительности.

Другими словами, в теорию оказался фактически заложенным не принцип эквивалентности как таковой (как его мыслил вначале сам Эйнштейн), и который *принципиально не выполняется*, а принцип эквивалентности проявления и описания явлений природы, как по отношению к ускоренной СО, так и по отношению к СО в гравитационном поле с указанными нами выше поправками, в том числе и в отношении эталона массы.

Вполне вероятно, что данный принцип можно распространить и на нестационарные гравитационные поля, но у нас пока нет никаких дополнительных ни опытных, ни надежных теоретических соображений о том, каким должен быть гравитационный потенциал в разных точках нестационарного гравитационного поля, как его определять. Например, даже в самом простом случае равномерного движения в пространстве некоторой однородной сферической массы мы не можем сказать каким должно быть создаваемое ею гравитационное поле, какую форму будут иметь в пространстве его эквипотенциальные поверхности. На основании соображений симметрии можно лишь сказать, что оно будет обладать осевой симметрией относительно направления абсолютного движения в пространстве.

Неизвестно также как ведут себя гравитационные поля при их наложении друг на друга. Возможно, что принцип суперпозиции выполняется лишь приближённо в случае слабых гравитационных полей, а для сильных полей не выполняется вовсе. Словом, здесь уже никак не обойтись без детального рассмотрения самых фундаментальных свойств, присущих самой материи. А их мы знаем далеко не все. Возможно, многие из них удастся понять через физику микромира. Но не исключено, что их просто придется угадывать, строя самые разнообразные теоретические модели и проверяя их внутреннюю непротиворечивость, а также сверяя всё с результатами наблюдений. И здесь серьёзную помощь могут оказать общепhilosophические соображения. Без них продвигаться дальше просто невозможно. Теперь каждый новый шаг, направленный внутрь познания тайн материи требует самого серьёзного философского осмысления.

А.Эйнштейн, хотя и понимал, что объективно реально существующий мир обязательно должен быть единым в своей основе, и даже много сил и времени потратил на создание единой теории поля, но, в то же время, начисто игнорировал во всем своём научном

творчестве саму основу этого единства - материю и присущие ей по природе свойства. Собственно, он начал свою основную научную деятельность именно с того, что устранил из поля зрения в своей работе мировой эфир, а следовательно, и саму материю (её субстрат) как единственно возможную первооснову того единства мира, которое он потом искал всю свою жизнь. Как известно, *материей* он всегда называл *вещество*.

Но вернёмся снова к рассмотрению тех систем отсчёта и тех вопросов, которые мы временно оставили выше. Мы остановились на том, что масса покоя свободно "падающего" в гравитационном поле тела изменяется в соответствии с выражением $m_{0R} = m_0 \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2}$. (1)

Это как раз отвечает тому, что следует из нашего расширения принципа относительности на гравитационные поля. Для наблюдателей в локальной РСО масса покоя тела по-прежнему остается m_0 (то есть, они считают её численно таковой), хотя она объективно реально уменьшилась в соответствии с (1). Точно так же в РСО реально, с точки зрения АСО, уменьшится и эталон длины в направлении радиуса R (параллельно R). То есть $l_{\parallel R} = l_{\text{соб}} \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2}$, (2) где $l_{\parallel R}$ - численное значение на радиусе R в АСО измеряемой длины эталона РСО, а $l_{\text{соб}}$ - собственное численное значение эталона в РСО (например, 1 метр).

Перпендикулярно радиусу эталон длины останется прежним.

Реально замедлится (станет численно больше в АСО) и эталон времени РСО, т.е. $\Delta t_R = \Delta t_{\text{соб}} / \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2}$, (3)

где Δt_R - численное значение на радиусе R в АСО измеряемого эталона времени РСО, а $\Delta t_{\text{соб}}$ - численное значение собственного эталона в РСО (например, 1 сек).

Кинетическая энергия тела, достигшего в гравитационном поле скорости v_R , будет $E_{\text{кин}} = m_0 c_R^2 - m_{0R} c_R^2$. Или с учётом (1) $E_{\text{кин}} = m_0 c_R^2 (1 - \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2})$. Следовательно, гравитационный потенциал на расстоянии R от M будет $\varphi_R = c_R^2 (1 - \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2})$. (4)

Если тело с m_0 остановлено на расстоянии R от M, оно теряет кинетическую энергию и связанную с ней массу. Это теперь будет его *энергия связи* в потенциальном гравитационном поле.

Из опытных данных и теории Ньютона известно, что гравитационный потенциал $\varphi_H = kM / R$, (5)

где k - гравитационная постоянная в теории Ньютона, а M и R - значения массы тела и радиуса с точки зрения наблюдателей в АСО. Но так как для наблюдателей в локальной РСО (или можно сказать просто "с точки зрения этой системы") значение массы тела A и значение радиуса изменились в одинаковом отношении, то численное отношение массы тела A к радиусу для них останется таким же.

$$\text{Выражение (4) можно преобразовать к виду } 1 - \frac{\varphi_R}{c_R} = \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2}. \quad (6)$$

И так как правая часть этой формулы не зависит от системы отсчёта, то и левая её часть также не должна зависеть от системы. Тогда мы можем записать, что $\varphi_R / c_R^2 = \varphi_{mR}$, (7)

где φ_{mR} относительный массовый потенциал, который не зависит от системы отсчёта и показывает на какую долю должна уменьшиться масса покоя тела (его масса вне гравитационного поля) на радиусе R при попадании в поле действия гравитации от массы M .

С точки зрения АСО $\varphi_R = (c_R^2 / c^2) \varphi_H$. Подставляя сюда φ_H из (5), получим $\varphi_R = (k/c^2) c_R^2 (M/R)$, а локальное значение гравитационного потенциала с точки зрения РСО будет в точности соответствовать формуле Ньютона, так как в ней c_R численно равно c . Теперь, если подставить φ_R в (7), относительный массовый потенциал на радиусе R от M можно выразить как $\varphi_{mR} = \chi M / R$, (8)

где $\chi = k / c^2$.

Если тело с массой покоя m_0 при его свободном "падении" из бесконечности остановлено на расстоянии R_1 от M , то оно потеряет часть массы покоя и будет теперь связанным с массой M . "Сброшенная" телом масса и есть теперь так называемый "дефект массы" системы из данных двух тел, связанных гравитацией. Если малое тело снова предоставить самому себе, то оно снова будет "падать" к M и приобретет новую скорость и кинетическую энергию. Его масса покоя (с точки зрения АСО) на некотором новом радиусе R_2 должна быть точно такой же, как если бы тело "упало" на этот радиус из бесконечности, то есть из (1) с учётом (6), (7) и (8)

$$m_{0R2} = m_0 (1 - \chi M / R_2) = m_0 (1 - \varphi_{m2}), \quad (9)$$

где φ_{m2} - относительный массовый потенциал на радиусе R_2 .

Если ввести для пробного тела понятие безразмерной относительной скорости, равной отношению скорости тела к скорости света, то значение такой скорости будет одним и тем же, как в АСО, так и в РСО. Тогда выражение (6) с учётом (7) можно записать как

$$1 - \varphi_{mR} = \sqrt{1 - u_R^2}, \quad (10)$$

где u_R - значение безразмерной относительной скорости пробного тела на радиусе R при его свободном "падении" в гравитационном поле тела с массой M . Откуда $u_R = \sqrt{2\varphi_{mR}(1 - \varphi_{mR}/2)}$ и, если квадратом относительного массового потенциала можно пренебречь, то

$$u_R = \sqrt{2\varphi_{mR}}. \quad (11)$$

Обозначим скорость пробного тела при его свободном "падении" от радиуса R_1 , где оно покоилось, к радиусу R_2 через u_{12} . Тогда на радиусе R_2 с учетом (9) и (10), а также в соответствии с СТО будет

соблюдаться следующее условие: $\frac{m_0 \sqrt{1 - u_2^2}}{\sqrt{1 - u_{12}^2}} = m_0 \sqrt{1 - u_1^2}$. Откуда

$$u_{12} = \sqrt{\frac{u_2^2 - u_1^2}{1 - u_1^2}}, \text{ или с тем же приближением, что и в (11),}$$

$$u_{12} = \sqrt{\frac{2(\varphi_{m2} - \varphi_{m1})}{1 - 2\varphi_{m1}}}.$$

Если гравитационный потенциал на радиусе R_1 принять равным нулю, то, следовательно, будет равен нулю и относительный массовый потенциал. Тогда последняя формула автоматически переходит в формулу (11). При малых значениях φ_{m1} $u_{12} = \sqrt{2(\varphi_{m2} - \varphi_{m1})}$. То есть мы получаем те же формулы, что и в теории Ньютона.

Итак, в гравитационном поле эталон длины в направлении градиента поля реально с точки зрения АСО сокращается в соответствии с формулой (2) как $l_{\parallel} = l_{\text{соб}} \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2}$. Перпендикулярно градиенту он остаётся прежним. Реально замедляется и ход эталона времени в соответствии с (3), т.е. $\Delta t = \Delta t_{\text{соб}} / \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2}$. Масса «покоя» тела объективно реально уменьшается в соответствии с (1), т.е. $m_{0R} = m_{0\text{соб}} \sqrt{1 - v_R^2 / c_R^2}$.

Вводя безразмерную скорость, а также в соответствии с (10) можно записать, что $l_{\parallel} = l_{\text{соб}}(1 - \varphi_m)$, $\Delta t = \Delta t_{\text{соб}} / (1 - \varphi_m)$ и $m_{0R} = m_{0\text{соб}}(1 - \varphi_m)$. И здесь все собственные эталоны в РСО численно соответствуют общепринятым эталонам, взятым при гравитационном потенциале равном нулю. То есть в самой РСО они численно не зависят от гравитационного потенциала, так как *приняты* за эталоны; они также численно соответствуют неизменным эталонам АСО.

С учётом того, что $\varphi_m = \frac{kM}{c^2 R} = \frac{\Phi}{c^2}$, а также с учётом (11) выражения для реальной оценки с точки зрения абстрактной теоретической АСО физических эталонов длины, времени и массы в гравитационном поле можно переписать и в ином виде. Такую возможность мы и используем в последующих работах в основном для сравнения своих результатов с теми, что получены другими авторами.

Так как в локальной РСО (с её изменёнными эталонами (2) и (3) с учётом (10)) скорость света во всех направлениях равна c , то с точки зрения АСО, она должна быть соответственно:

в радиальном направлении к массе M (скорость параллельна R) $c_{\parallel R} = c(1 - \varphi_{mR})^2$,

а в нормальном к радиусу направлении $c_{\perp R} = c(1 - \varphi_{mR})$.

Тогда собственные измерения в локальной РСО действительно дадут: в первом случае

$$c_{\parallel R} = \Delta l_{cob} / \Delta t_{cob} = \Delta l_{\parallel R} / (1 - \varphi_{mR}) \Delta t_R (1 - \varphi_{mR}) = c_{\parallel R} / (1 - \varphi_{mR})^2 = c;$$

во втором случае $c_{\perp R} = \Delta l_{cob} / \Delta t_{cob} = \Delta l / \Delta t_R (1 - \varphi_{mR}) = c_{\perp R} / (1 - \varphi_{mR}) = c$;

где Δl_{cob} - расстояние, пройденное светом и измеренное в локальной РСО; Δt_{cob} - время движения света, измеренное в РСО; $\Delta l_{\parallel R}$ и Δl - эти же расстояния, измеренные в АСО; Δt_R - время, измеренное в АСО.

Таким образом, скорость света в гравитационном поле зависит от направления (с точки зрения АСО) и изменяется так, как показано на рис.3.

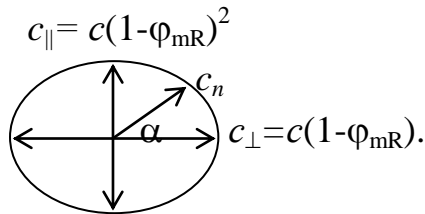


Рис. 3. Изменение скорости света на радиусе R от M с точки зрения АСО.

Теперь уточним скорость света c_n в каком-либо произвольном направлении, как показано на рис. 3 (с точки зрения абстрактной АСО). Эта скорость определится из условия, что $c_{n cob} = c$. Тогда можно записать, что:

$$c_{n.cob} = \frac{\Delta l_{cob}}{\Delta t_{cob}} = \frac{\sqrt{\Delta l_{\perp cob}^2 + \Delta l_{\parallel cob}^2}}{\Delta t(1 - \varphi_{mR})}, \text{ или}$$

$$c_{n.cob} = \frac{\sqrt{\Delta l^2_{\perp} + \Delta l^2_{\parallel} / (1 - \varphi_{mR})^2}}{\Delta t (1 - \varphi_{mR})} = \frac{\sqrt{\Delta l^2 \cos^2 \alpha + \Delta l^2 \sin^2 \alpha / (1 - \varphi_{mR})^2}}{\Delta t (1 - \varphi_{mR})}.$$

И так как $\Delta l / \Delta t = c_n$ (с точки зрения АСО), то далее можно записать, что:

$$c_{n.cob} = c = c_n \frac{\sqrt{1 - 2\varphi_{mR} \cos^2 \alpha + \varphi_{mR}^2 \cos^2 \alpha}}{(1 - \varphi_{mR})^2} = c_n \frac{\sqrt{1 - 2\varphi_{mR} \cos^2 \alpha (1 - \varphi_{mR} / 2)}}{(1 - \varphi_{mR})^2}.$$

$$\text{Откуда: } c_n = c \frac{(1 - \varphi_{mR})^2}{\sqrt{1 - 2\varphi_{mR} \cos^2 \alpha (1 - \varphi_{mR} / 2)}} \cong c \frac{1 - 2\varphi_{mR}}{\sqrt{1 - 2\varphi_{mR} \cos^2 \alpha}}. \quad (12)$$

Относительный массовый потенциал с учётом (8) можем записать как $\varphi_m = \frac{kM}{c^2 R} = \frac{\Phi}{c^2}$. И если $|\Phi| \ll c^2$, то (12) можно записать как

$$c_n \cong c \left(1 - \frac{2|\Phi|}{c^2} \right) \left(1 + \frac{|\Phi|}{c^2} \cos^2 \alpha \right) \cong c \left(1 - \frac{2|\Phi|}{c^2} + \frac{|\Phi|}{c^2} \cos^2 \alpha \right) = c \left(1 - \frac{|\Phi|}{c^2} (2 - \cos^2 \alpha) \right)$$

И тогда окончательно получим $c_n = c \left(1 - \frac{|\Phi|}{c^2} (1 + \sin^2 \alpha) \right)$, т.е. в точности то же выражение и с тем же приближением, что и у Эйнштейна [4, т. 1, с. 503].

Так как в гравитационном поле изменяются эталоны длины, времени и массы, а также скорость света, то сразу же возникает закономерный вопрос, а что же происходит с излучением, направленным из бесконечности к массе M ? Как изменяются его физические характеристики? Рассмотрим и этот вопрос.

Обозначим длину волны электромагнитного излучения на бесконечном от M расстоянии как λ_0 , а его частоту как ν_0 . Тогда $\lambda_0 \nu_0 = c$. Направим это излучение прямо на массу M и измерим его длину и частоту на некотором расстоянии R от неё. Так как с точки зрения АСО скорость света при этом уменьшается и становится равной $c_{\parallel} = c(1 - \varphi_{mR})^2$, то в этом же отношении изменится и длина волны излучения, так как частота излучения в АСО при «падении» не изменяется. Но так как в гравитационном поле в $1/(1 - \varphi_{mR})$ раз сократился и эталон длины, то измеренная в РСО длина волны будет

$$\lambda = \lambda_0 (1 - \varphi_{mR})^2 \frac{1}{1 - \varphi_{mR}} = \lambda_0 (1 - \varphi_{mR}).$$

В связи с замедлением хода эталонных часов, частота излучения в РСО составит $\nu = \frac{\nu_0}{1 - \varphi_{mR}}$. И собственная скорость излучения будет

$$\lambda \nu = \lambda_0 (1 - \varphi_{mR}) \frac{\nu_0}{1 - \varphi_{mR}} = \lambda_0 \nu_0 = c.$$

А так как в РСО частота излучения возросла, то точно так же возрастает и масса воспринимаемых фотонов. Это полностью согласуется с уменьшением собственного эталона массы в РСО в том же отношении.

Сегодня хорошо известны эксперименты по измерению изменения частоты гамма-лучей при их «падении» в поле тяготения Земли. Они хорошо согласуются с тем, что мы получили только что выше. Но эти эксперименты считаются подтверждающими равенство инертной и гравитационной массы фотонов. Однако, как следует из изложенного выше, это лишь экспериментально подтверждает именно снижение скорости света в гравитационных полях и замедление хода эталонных часов.

Если фотон на бесконечном от M расстоянии имеет массу m_ϕ , то он сохранит эту массу и на любом другом расстоянии от неё, если прямо не вступит ни в какое взаимодействие. И если для бесконечности мы можем записать для фотона равенство $m_\phi c^2 = hv_0$, то с точки зрения АСО на расстоянии R от M оно будет нарушаться. Это самоочевидно, так как реально изменяется скорость света, и она зависит от направления. Что же касается РСО, то в ней данное уравнение на расстоянии R от M примет вид $\frac{m_\phi c^2}{1 - \varphi_{mR}} = \frac{hv_0}{1 - \varphi_{mR}}$, или

$m_{\phi R} c^2 = hv$, где $m_{\phi R}$ - масса и ν - частота фотона в РСО, так как соответственно сохраняется численное значение скорости света, но изменятся эталоны массы и времени. И мы видим, что в РСО сохраняется и равенство в данном уравнении, и сохраняется энергия, если считать, что увеличение энергии фотона произошло за счёт потенциальной энергии гравитационного поля. Это опять же хорошо согласуется с тем, что, если в теле или в частице, имеющих массу «покоя», потенциальная энергия заключена непосредственно в них самих, а поле лишь высвобождает её, то и в фотоне его «потенциальная» энергия, которую он якобы получил дополнительно, «падая» в гравитационном поле, изначально заключена в нём самом. Действительно, из АСО мы «видим», что при его «падении» в гравитационном поле к нему ничего не добавилось. Импульс и энергия фотона в абсолютном смысле даже уменьшились. Но в реальной РСО фотон воспринимается с большей частотой и с большей энергией.

Из последнего рассмотренного случая следует чрезвычайно важный вывод о том, что, если не принимать во внимание сам эфир с его свойствами, то законы сохранения энергии, импульса и момента импульса в абстрактных теоретических АСО *не выполняются*. Они действуют и *справедливы лишь в реальных системах отсчёта* с их гравитационными и электромагнитными полями. И нет никакой отрицательной энергии. Вся энергия положительна.

С другой стороны, из АСО мы «видим», что в природе строго выполняется закон сохранения массы и эквивалентной этой массе частоты. Совершенно очевидно также, что и в АСО мы можем наделять эфир *реальной* потенциальной энергией, причём не отрицательной, а положительной. Эта энергия запасается в самом эфире, возможно в виде определённых напряжений в нём вокруг массы тел, что изменяет его состояние и, в свою очередь, приводит к изменению скорости света в нём. Это потенциальное поле со своими специфическими потенциалами и преобразует внутренний импульс у тел с массой «покоя» в их внешний импульс, а также взаимодействует с фотонами и нейтрино. В последнем случае при приближении к гравитационной массе M оно затормаживает их движение, отнимая часть импульса и энергии, а при удалении от массивных тел – разгоняет, увеличивая скорость света, а следовательно, возвращает им отнятый ранее импульс и энергию. Другими словами, оно энергетически взаимодействует лишь непосредственно с фотонами и нейтрино. И законы сохранения будут выполняться и в АСО.

Выводы:

Итак, приняв определённую эквивалентность в протекании физических явлений в ускоренных системах отсчёта и в гравитационных полях, мы установили следующее:

1. В гравитационном поле в зависимости от абсолютного значения его потенциала общепринятые эталоны длины реально должны сокращаться, ход эталонных часов должен реально замедляться и должна уменьшаться реальная масса эталона массы.

Относительный гравитационный потенциал массы M с расстоянием R изменяется как $\varphi_{mR} = \frac{kM}{c^2 R}$. Эталон массы в гравитационном поле на радиусе R от массы M по абсолютному значению уменьшается как $m_{0R} = m_0(1 - \varphi_{mR})$. Эталон длины по абсолютному значению в направлении R будет $l_{\parallel R} = l_{\text{коб}}(1 - \varphi_{mR})$, а

перпендикулярно R остаётся без изменений. Эталон времени на радиусе R по абсолютному значению будет $\Delta t_R = \Delta t_{\text{соб}} / (1 - \varphi_{mR})$.

2. Само гравитационное поле не может быть источником гравитации, а его действие на тела, имеющие массу «покоя», заключается в непрерывном преобразовании внутреннего локализованного и внешне уравновешенного (иначе, самоорганизованного) импульса этих тел в их внешний импульс, придающий телам их внешнее движение. То есть то, что мы считаем потенциальной энергией тел с массой «покоя» в гравитационном поле, заключено в самой их массе «покоя», в её внутреннем, внешне уравновешенном движении. В то же время, гравитационное поле можно наделить специфической потенциальной энергией эфира, взаимодействующей непосредственно с фотонами и нейтрино.

3. Масса «покоя» элементарных частиц не является величиной постоянной, а также изменяется в гравитационном поле.

4. Скорость света в гравитационных полях зависит от их потенциала и направления относительно градиента этого потенциала.

5. Частота излучения в РСО при его «падении» в гравитационном поле возрастает как $\nu = \nu_0 / (1 - \varphi_{mR})$, но уравнение $m_{\varphi R} c^2 = h\nu$ сохраняет свой вид, так как увеличенной воспринимается и масса фотона.

6. Физические законы сохранения полностью справедливы в реальных системах отсчёта с их гравитационными полями (в РСО).

Ссылки:

1. Физическая сущность СТО (общедоступное изложение без противоречий и парадоксов).

<http://sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9641.html>

2. Суть физического «пространства» и «движения» материи в нём.

<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/14340.html>

3. Сигнальная процедура сверки показаний разноместных часов ИСО в СТО. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/14844.html>

4. А. Эйнштейн Собрание научных трудов в 4-х т.: М. Наука, 1965-1967.