

# АСТРОНОМИЯ

*Челябинский физико-математический журнал. 2016. Т. 1, вып. 3. С. 108–121.*

УДК 524.8

## ИНЕРЦИЯ В ДВУЗНАКОВОЙ ГРАВИТАЦИИ

А. В. Клименко<sup>1,a</sup>, В. А. Клименко<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>ООО «ДАТЛАБ», Челябинск, Россия

<sup>2</sup>Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

<sup>a</sup>*alklimenko@gmail.com*; <sup>b</sup>*waklimenko@gmail.com*

Показано, что источником инерции является вакуум. Между инерцией и гравитацией существует тесная взаимосвязь. Инерция, как и гравитация, является двузнаковой. Она различает частицы и античастицы.

**Ключевые слова:** *инерция, гравитация, вакуум, ОТО, двузнаковая гравитация, мысленный эксперимент Эйнштейна, частица, античастица.*

### Введение

В ОТО, как и в ньютоновской механике, считается, что причиной сил инерции является неинерциальность используемых систем отсчёта. В этих теориях неинерциальным системам отсчёта не приписываются какие-либо физические свойства, которые можно трактовать как материальные источники сил инерции [1–4].

В основе ОТО лежит предположение об эквивалентности сил инерции и гравитации [5]. Это предположение кажется сомнительным, если учитывать следующее. Источником реальной гравитации является материя, и она не может быть ни рождена, ни исключена никаким выбором системы отсчёта. В то же время в ОТО силы инерции могут быть рождены за счёт перехода из инерциальной системы отсчёта в неинерциальную, а затем уничтожены обратным переходом в инерциальную систему отсчёта. Рассматривать инерцию и гравитацию как эквивалентные понятия нелогично, поскольку их источником не является одна и та же причина. Материя и неинерциальные системы отсчёта — это не одно и то же.

Существенно по-другому, чем в ОТО, природа сил инерции и их взаимосвязь с силами гравитации видится в рамках двузнаковой гравитации; см. [6–15]. В этой теории природу сил инерции и гравитации естественно связывать с взаимодействием частиц и античастиц с физическим вакуумом, обладающим не только геометрическими, но и физическими свойствами. В двузнаковой гравитации считается, что он является главной и универсальной компонентой космической среды. Физический вакуум однородно заполняет Вселенную; является электро- и гравитационно-нейтральным; выделяет привилегированную систему отсчёта. Частицы и античастицы являются его возбуждёнными состояниями. Частицы — состояния с положительной энергией, а античастицы — с отрицательной. В классическом приближении значения их параметров зависят от скорости их движения в вакууме; см. [15].

В любом месте Вселенной гравитационно-нейтральный вакуум выделяет привилегированную локально-инерциальную систему отсчёта. В этой системе свободные частицы/античастицы движутся равномерно и прямолинейно. Пространство-время

в локально-инерциальных системах отсчёта является псевдоевклидовым, трёхмерное пространство — плоским. В тех случаях, когда меняется скорость или направление движения частиц и античастиц в вакууме, самосогласованно меняется и его состояние. При этом возникает реакция вакуума на эти изменения. Она проявляется как действие с его стороны на частицы и античастицы сил инерции. Именно в этом и состоит, как мы предполагаем, природа этих сил.

В двузнаковой гравитации источником и инерции, и гравитации является один и тот же фундаментальный объект: вакуум-пространство-время. Он обладает одновременно не только геометрическими, но и материальными свойствами, и они неразрывно связаны. В этой теории не существует пространства-времени самого по себе, оторванного от материального носителя — вакуума. В двузнаковой гравитации и силы инерции, и силы гравитации являются материальными по своей природе. Их источником является физический вакуум. А priori нет оснований считать, что действие вакуума на частицы и античастицы при одинаковых условиях является одинаковым. В этой теории не только гравитация, но и инерция является двузнаковой.

Настоящая работа посвящена исследованию природы сил инерции. Анализ начнём с представлений Эйнштейна об этих силах в период создания им ОТО.

## 1. Эйнштейн о природе сил инерции

Интересующая нас эйнштейновская точка зрения на природу сил инерции содержится в его основополагающей работе по ОТО [5]. Приведём выдержку из этой работы, поясняющую его представления о природе этих сил в период разработки им ОТО.

«Классической механике и в не меньшей степени специальной теории относительности присущ некоторый теоретико-познавательный недостаток, который, пожалуй, впервые был ясно отмечен Э. Махом. Мы поясним его на следующем примере. Пусть два жидких тела одинаковой величины и состава свободно парят в пространстве на таком большом расстоянии друг от друга (и от всех прочих масс), что должны приниматься во внимание только те гравитационные силы, с которыми действуют друг на друга части одного и того же тела. Пусть расстояние между этими телами остаётся неизменным. Пусть также не происходит перемещения одной относительно другой частей одного и того же тела. Но пусть каждая масса, рассматриваемая наблюдателем, покоящимся относительно другой массы, вращается вокруг линии, соединяющей массы, с постоянной угловой скоростью (это относительное движение обеих масс всегда можно установить). Теперь представим себе, что поверхности обоих тел ( $S_1$  и  $S_2$ ) измерены с помощью масштабов (покоящихся относительно этих тел); пусть в результате измерения оказалось, что поверхность  $S_1$  представляет собой сферу, а поверхность  $S_2$  — эллипсоид вращения.

Теперь возникает вопрос: по какой причине тела  $S_1$  и  $S_2$  ведут себя по-разному? Ответ на этот вопрос может быть только тогда признан удовлетворительным<sup>1</sup> с теоретико-познавательной точки зрения, когда обстоятельство, указанное в качестве причины, является наблюдаемым опытным фактом; ибо принцип причинности только тогда имеет смысл суждения о явлениях в мире опыта, когда в качестве причин и следствий в конечном итоге оказываются лишь наблюдаемые факты.

---

<sup>1</sup>Удовлетворительный с теоретико-познавательной точки зрения ответ может, конечно, ещё оказаться физически неверным в том случае, когда он не согласуется с другими опытными данными.

Механика Ньютона не даёт удовлетворительного ответа на этот вопрос. Она говорит следующее. Законы механики справедливы для пространства  $R_1$ , относительно которого тело  $S_1$  находится в покое, но несправедливы для пространства  $R_2$ , относительно которого находится в покое тело  $S_2$ . Однако галилеево пространство  $R_1$  (и движение по отношению к нему), которое при этом вводится, является фиктивной причиной, а не наблюдаемым фактом. Таким образом, ясно, что механика Ньютона в рассматриваемом случае удовлетворяет требованию причинности не по существу, но лишь кажущимся образом, возлагая ответственность за наблюдаемое различное поведение тел  $S_1$  и  $S_2$  на фиктивную причину — пространство  $R_1$ .

Удовлетворительным ответом на поставленный выше вопрос может быть только следующий: физическая система, состоящая из тел  $S_1$  и  $S_2$ , сама по себе не даёт возможности указать причину, с помощью которой можно было бы объяснить различное поведение тел  $S_1$  и  $S_2$ . Причина должна, следовательно, лежать вне этой системы. Отсюда следует вывод, что общие законы движения, которые, в частности, определяют форму тел  $S_1$  и  $S_2$ , должны быть таковы, чтобы механические свойства тел  $S_1$  и  $S_2$  в значительной степени обуславливались отдалёнными массами, которые мы не включили в рассматриваемую систему. Эти отдалённые массы (и их относительные движения по отношению к рассматриваемым телам) должны тогда рассматриваться как носители принципиально наблюдаемых причин различного поведения рассматриваемых тел  $S_1$  и  $S_2$ ; они становятся на место фиктивной причины  $R_1$ ».

## 2. Материальная природа сил инерции

Утверждается, что переходом в неинерциальные системы отсчёта можно искусственно создать гравитационные поля. Такие поля, вообще говоря, отличаются от тех полей, источником которых является материя. Первые из них могут быть уничтожены переходом в инерциальную систему отсчёта, тогда как для вторых такое уничтожение невозможно; см., например, [1]. Вследствие присутствия такого различия в поведении этих полей часто о гравитационных полях, связанных с неинерциальностью систем отсчёта, говорят как о фиктивных, а о порождаемых материей — как о реальных. В существовании различия в поведении этих типов гравитационных полей видим серьёзный теоретико-познавательный недостаток ОТО. Полагаем, что он связан с ошибочностью интерпретации природы сил инерции — понимаемых как искусственно порождаемых неинерциальностью системы отсчёта, а не связанных с взаимодействием тел с материей, как это имеет место для «реальных» гравитационных полей.

Как следует из приведённой в разделе 1 выдержки из работы Эйнштейна [5], он предполагал, что наличие сил инерции связано с влиянием на любое тело всех отдалённых масс Вселенной. Эту идею в литературе определяют как принцип Маха. После создания ОТО и её подробного анализа было показано, что принцип Маха в ОТО не содержится; см., например, [2]. Этот принцип не является удовлетворительным по следующей причине. Силы инерции, действующие внутри некоторой системы, могут быть изменены за счёт внутренних процессов. Например, вращающееся тело  $S_2$  можно заставить вращаться быстрее или медленнее. При этом в соответствии с происходящими изменениями параметров вращения будут меняться и силы инерции, действующие на отдельные элементы тела  $S_2$ . Очевидно, что эти изменения сил инерции, если оставаться на позиции о конечности максимальной скорости распространения взаимодействий, не могут быть связаны с «отдалёнными массами», как это утверждается в принципе Маха, поскольку в нём в неявной

форме содержится идея о «дальнодействующей» природе сил инерции, что противоречит полевому «близкодействующему» описанию гравитационных полей в ОТО.

Кроме того, переходя в инерциальную систему отсчёта, связанную с телом  $S_1$ , вы не можете утверждать, что исключили силы инерции, действующие на элементы тела  $S_2$ . При таком переходе тело  $S_2$  не станет сферически симметричным. И, чтобы объяснить этот факт, необходимо считать, что гравитационные поля в окрестности масс  $S_1$  и  $S_2$  реально являются различными и это различие не зависит от того, в какой системе отсчёта вы находитесь —  $S_1$  или  $S_2$ .

В чём видим неточность рассуждений Эйнштейна, описанных в приведённой выдержке из его работы [5]? Эйнштейн был прав, когда утверждал, что физическая система, состоящая из тел  $S_1$  и  $S_2$ , сама по себе не даёт возможности указать причину, с помощью которой можно было бы объяснить различие в их поведении. В то же время с ним трудно согласиться, когда он утверждал, следуя Маху, что причина, приводящая к различию поведения тел  $S_1$  и  $S_2$ , лежит вне этой системы и обусловлена отдалёнными массами, которые мы не включили в рассматриваемую систему.

В двузнаковой гравитации отличие в поведении тел  $S_1$  и  $S_2$  естественно связывать не с удалёнными телами, а с тем, во что погружены тела  $S_1$  и  $S_2$ . В самом деле эти тела находятся не в пустоте, а в вакууме, который сам является средой, обладающей определёнными физическими свойствами. Вакуум влияет на всё, что в него погружено. При этом такое взаимодействие определяется тем, в каком состоянии относительного движения по отношению к нему находятся погружённые в него тела  $S_1$  и  $S_2$ . В такой трактовке силы инерции — это не фикция, а то, что связано с реальным взаимодействием тел с вакуумной формой материи, которая, как мы полагаем, является гравитационно-нейтральной и однородно заполняет Вселенную [11; 15].

Гравитационно-нейтральный вакуум является по существу материализованным абсолютным пространством, но описываемым в рамках не ньютоновской, а релятивистской теории. Такой вакуум является выделенным материальным телом отсчёта — однородным, изотропным, равномерно расширяющимся во времени. Тела, движущиеся относительно вакуума неравномерно или не прямолинейно, испытывают с его стороны реакцию, которая и является тем, что определяется как силы инерции. Действие этих сил невозможно исключить переходом в инерциальные системы отсчёта. Они столь же реальны, как и «истинные» гравитационные силы.

В двузнаковой гравитации «истинные» гравитационные поля и инерционные поля обусловлены искривлённостью (деформацией) вакуума — пространства-времени. Инерционные поля, действующие на тело, связаны с той частью деформации вакуума, которая вызвана изменением скорости движения в нём этого тела.

Согласно двузнаковой гравитации вакуум различает частицы и античастицы и его влияние на них не является одинаковым. Вследствие этого нет оснований считать, что влияние сил инерции на вещество и антивещество при одинаковых условиях, например в мысленных экспериментах Эйнштейна в лифте, будет одинаковым. Рассмотрим это утверждение подробнее.

### 3. Принцип эквивалентности гравитации и инерции

Одним из возражений против идеи о различии в гравитации частиц и античастиц является, как утверждают наши оппоненты, её противоречие принципу эквивалентности. Согласно этому принципу, невозможно различить силы инерции и силы гравитации, поскольку это одно и то же, но рассматриваемое с разных точек

зрения. Считается, что силы инерции, действующие на частицы и античастицы при одинаковых условиях, равны, поэтому, учитывая принцип эквивалентности, следует считать, что равны и силы гравитации, действующие на них.

Этот эвристический принцип использован Эйнштейном при создании общей теории относительности. Один из вариантов его формулировки: «Силы гравитационного взаимодействия пропорциональны гравитационным массам тел, а силы инерции пропорциональны их инертным массам. Инертная и гравитационная массы равны, поэтому невозможно отличить, какая сила действует на данное достаточно малое тело — гравитационная или сила инерции. Одно и то же качество тела проявляется либо как «инерция», либо как «тяготение». Равенство тяжёлой и инертной масс для макроскопических тел, состоящих из вещества и имеющих различные физические параметры, проверено с высокой степенью точности [16].

Для пояснения принципа эквивалентности Эйнштейн предложил два следующих мысленных эксперимента. В первом из них тела находятся в лифте, который бесконечно удалён от гравитирующих тел и движется поступательно с ускорением  $\vec{a}_0$ . Тогда на все тела, находящиеся в лифте, действует сила инерции  $\vec{F}_i = -m\vec{a}_0$ . Тела, связанные с лифтом, вследствие действия этих сил давят на опору или растягивают подвес. Во втором эксперименте лифт висит в однородном гравитационном поле. При этом все тела в нём обладают весом, давят на опоры или растягивают подвес. Эйнштейн полагает, что, находясь в лифте, невозможно отличить эти два случая. Он считал, что все механические явления в обоих случаях происходят одинаково. Это предположение Эйнштейн обобщил на все физические явления.

Несмотря на кажущуюся очевидность выводов, следующих из мысленных экспериментов Эйнштейна, полагаем, что в них содержится неявное предположение, правильность которого сомнительна. Оно касается поведения антивещества в этих экспериментах. Эйнштейн неявно предполагал, что истинное гравитационное поле не различает вещество и антивещество. Является ли это предположение правильным или, возможно, верным является обратное ему, а именно: гравитация различает частицы и античастицы? Рассмотрим подробно эти варианты в рамках мысленных экспериментов Эйнштейна.

Отметим, что в мысленных экспериментах Эйнштейн рассматривал случаи, когда тела жёстко связаны с лифтом (давят на опоры или растягивают подвес).

## 4. Мысленные эксперименты

### Эйнштейна в лифте

Рассмотрим мысленные эксперименты Эйнштейна, в которых *лифт всегда состоит из вещества*, а человек внутри него может состоять из вещества (человек, Ч) или из антивещества (античеловек, А).

#### 4.1. Человек в лифте

**Эксперимент № 1.** Лифт неподвижно висит на тросе в поле тяжести. На полу лифта стоит человек. Со стороны гравитационного поля на человека действует сила тяжести  $\vec{F}_g$ , которая уравнивается силой реакции опоры  $\vec{F}_o$  со стороны лифта на человека; см. рис. 1.

**Эксперимент № 2.** Лифт ускоренно движется, поле тяжести отсутствует. На полу лифта стоит человек. Со стороны лифта на человека действует сила реакции опоры  $\vec{F}_o$ , которая уравнивается силой инерции  $\vec{F}_i$ ; см. рис. 2.

Принцип эквивалентности гласит, что с точки зрения находящегося внутри лифта человека оба эти случая являются эквивалентными.

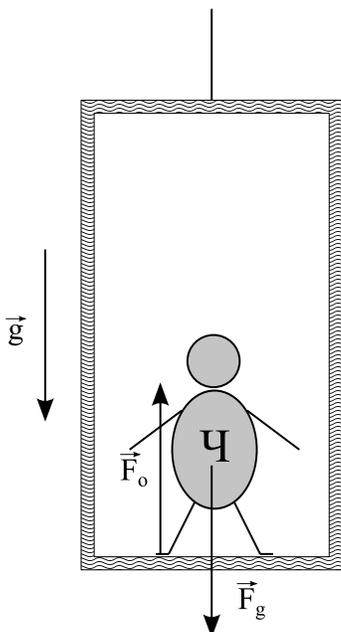


Рис. 1. Человек в неподвижном лифте в поле тяжести

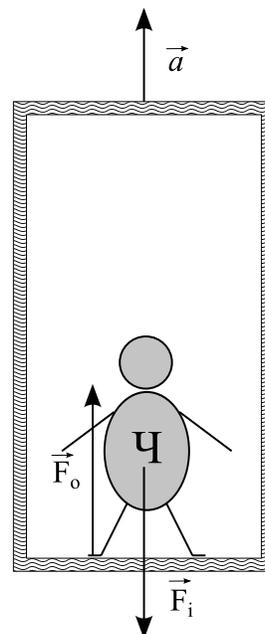


Рис. 2. Человек в ускоряющемся лифте в отсутствие поля тяжести

Для того чтобы провести подобный мысленный эксперимент с античеловеком в лифте, сначала качественно рассмотрим, как возникают силы реакции опоры, и их возможную необычность в случае, если одно из контактирующих тел состоит из антивещества, а второе из вещества.

#### 4.2. Силы реакции опоры

Качественно происхождение силы реакции опоры может быть пояснено следующим образом. При соприкосновении двух твёрдых тел более лёгкие и подвижные электроны в атомах отталкиваются друг от друга, а тяжёлые ядра можно считать остающимися на своих местах. При этом электрически нейтральные атомы становятся диполями, обращёнными друг к другу зарядами одного знака. Вследствие этого между двумя телами, состоящими из вещества, при их сжатии возникает сила отталкивания; см. рис. 3. Чем большую силу прикладывают, чтобы прижать два тела друг к другу, тем больший дипольный момент получают атомы поверхностных слоёв и тем больше сила отталкивания между телами.

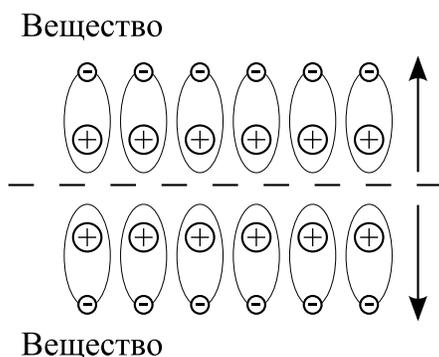


Рис. 3. Качественное пояснение происхождения сил реакции опоры при контакте вещество-вещество

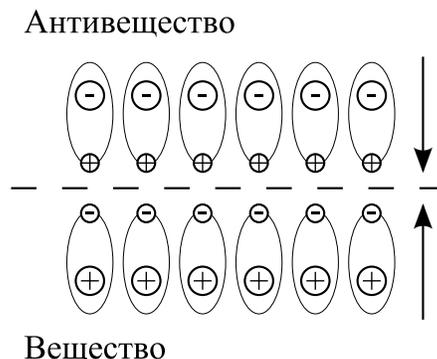


Рис. 4. Качественное пояснение происхождения сил реакции опоры при контакте вещество-антивещество

Если рассматривать аналогичную ситуацию, но при контакте двух твёрдых тел, одно из которых состоит из вещества, а второе из антивещества (см. рис. 4), то сле-

дует учитывать, что в веществе «подвижными» являются электроны, а в антивеществе — позитроны. Вследствие этого атомы/антиатомы при сближении вещества и антивещества становятся диполями с обращёнными друг к другу электрическими зарядами противоположных знаков<sup>2</sup>. Поэтому при соприкосновении этих тел их реакция будет не препятствовать их сжатию, а наоборот, стремиться увеличивать его.

Качественные соображения, приведённые выше, показывают, что то, что в мысленных экспериментах Эйнштейна рассматривается как реакция опоры и считается очевидным понятием, в случаях соприкосновения вещества и антивещества таковым, может, вовсе не являться.

### 4.3. Античеловек в лифте

**Эксперимент № 3.** Лифт, состоящий из вещества, неподвижно висит на тросе в поле тяжести. На полу лифта стоит античеловек (А). Со стороны гравитационного поля на античеловека действует сила тяжести  $\vec{F}_g$ , а также сила реакции опоры  $\vec{F}_o$  со стороны лифта; см. рис. 5. Но в отличие от эксперимента № 1 реакция опоры будет направлена в противоположную сторону. Означает ли это, что и сила тяжести, действующая на античеловека, должна быть направленной в обратном направлении? Совсем не обязательно. Возможно, как и в эксперименте № 1, она действует «вниз». До тех пор пока соответствующий реальный эксперимент не будет проведён, считать в каком направлении («вверх» или «вниз») действует гравитационное поле на антивещество, можно лишь гипотетически. В ОТО считается, что на антивещество и вещество гравитационное поле действует одинаково. Но это лишь гипотеза. Альтернативный вариант теории гравитации, различающей частицы и античастицы, рассмотрен в работах [6–15]. Согласно этому варианту, сила тяжести, действующая на античеловека в эксперименте № 3, направлена вверх. Для нахождения правильного ответа на вопрос о том, куда реально направлена сила тяжести, действующая на антивещество в гравитационном поле, необходим не мысленный, а реальный эксперимент.

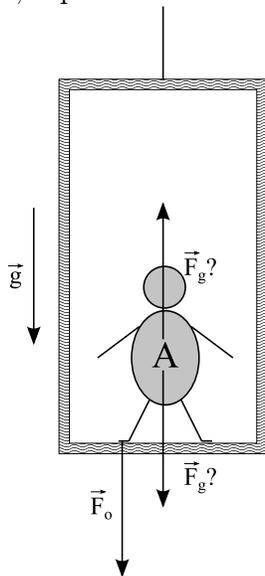


Рис. 5. Античеловек в неподвижном лифте в поле тяжести

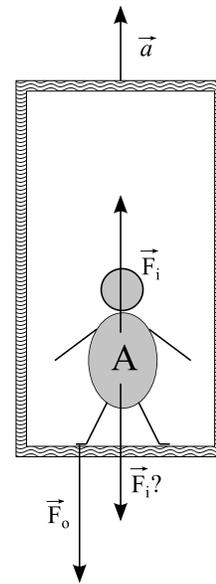


Рис. 6. Античеловек в ускоряющемся лифте в отсутствие поля тяжести

<sup>2</sup>Реакции аннигиляции между веществом и антивеществом не рассматриваем. Предполагаем, что они не имеют отношения к гравитации и принципу эквивалентности. Это предположение в духе мысленных экспериментов Эйнштейна!

**Эксперимент № 4.** Лифт ускоренно движется «вверх». Со стороны лифта на античеловека, стоящего на полу, действует сила реакции опоры в направлении, противоположном движению лифта. Чтобы античеловек вместе с лифтом двигался «вверх», необходимо, чтобы на него кроме реакции опоры действовала ещё и другая сила  $\vec{F}_i$  (сила инерции); см. рис. 6. Чтобы эта сила уравновешивала силу реакции опоры, она должна действовать в направлении, в котором лифт ускоряется.

Если сравнить мысленные эксперименты № 3 и № 4 (см. рис. 5 и 6), то видно, что вывод об эквивалентности тяжёлой и инертной масс для вещества и антивещества может быть справедлив и в случае, если силы, действующие на вещество и антивещество в гравитационном поле, направлены противоположно, и при этом противоположно направлены ещё и силы инерции.

**Замечания.** В связи с мысленными экспериментами Эйнштейна, касающимися движения частиц и античастиц в гравитационных полях и неинерциальных системах отсчёта, выскажем следующее замечания:

1. Лифт находится не в пустоте, а погружён в вакуумную материю.
2. Силы инерции — это не фикция, а то, что связано с взаимодействием реальных частиц/античастиц с вакуумом.
3. Не очевидно, что силы, действующие на частицы и античастицы со стороны вакуума, при одинаковых условиях совпадают.

Полагаем, что с учётом этих замечаний следует искать ответ на вопрос: будет или нет различаться поведение микроскопических частиц и античастиц, а также макроскопических тел и антител при одинаковых условиях в гравитационных полях? Для нас ответ на этот вопрос не является очевидным. Выскажем некоторые соображения по этому поводу.

## 5. Реальные и фиктивные силы инерции

Рассматривая мысленные эксперименты Эйнштейна в лифте, необходимо учитывать существенно разное поведение тел, связанных с лифтом и не связанных с ним. Проведём анализ этих экспериментов в ньютоновском приближении. Предполагаем, что вакуум является гравитационно-нейтральным и выделяет привилегированную инерциальную систему отсчёта  $K_0$ ; см. [15]. Считаем, что лифт является твёрдым телом. С лифтом связана неинерциальная система  $K'$ , движущаяся относительно  $K_0$  поступательно с постоянным ускорением  $\vec{g}$ . Оси  $OX$  и  $OX'$  систем  $K_0$  и  $K'$  параллельны. Ускорение направлено вдоль оси  $OX$ .

Закон преобразования координат и времени при переходе от  $K'$  к  $K_0$  в ньютоновском приближении имеет вид

$$x = x' + V_0 t + gt^2/2, \quad t = t', \quad (1)$$

где  $V_0$  — скорость движения системы  $K'$  относительно  $K_0$  в момент времени  $t = 0$ .

Учитывая (1), уравнение движения тела массы  $m$  относительно  $K'$  в ньютоновском приближении запишем в виде

$$m \frac{d^2 x'}{dt'^2} = F' = m \frac{d^2 x}{dt^2} - mg = F - mg. \quad (2)$$

Рассмотрим в рамках этого уравнения движение тела в системе  $K'$  в двух предельных случаях.

### 5.1. Случай I

Тело «вморожено» в неинерциальную систему  $K'$ . В этом случае его координата  $x' = \text{const}$ , а

$$F' = F - mg = 0. \quad (3)$$

В рассматриваемом случае на тело в системе  $K'$  действуют две противоположно направленные силы. Сила  $F$  создаёт равноускоренное движение тела относительно системы  $K_0$ . Она обусловлена действием на тело лифта. Сила инерции  $-mg$  связана с действием вакуума на ускоряемое относительно него тело. Эту силу в системе  $K'$  можно трактовать как обусловленную влиянием гравитационного поля. В системе  $K'$  имеет место равновесие этих сил. Тело в этой системе покоится. Имеет место его деформация. Она тем больше, чем больше скорость движения тела в вакууме. Влияние на тело сил  $F$  и  $-mg$  может быть экспериментально измерено. Если тело растягивается, то это означает, что скорость его движения в вакууме уменьшается, и, наоборот, сокращение длины тела означает увеличение скорости его движения в вакууме.

### 5.2. Случай II

Тело движется относительно инерциальной системы  $K_0$  равномерно и прямолинейно. В этом случае  $x \sim t$ ,  $F = 0$ , изменения скорости движения тела относительно вакуума не происходит, и его физические параметры остаются постоянными. Движение тела в системе  $K'$  описывается уравнениями

$$\frac{d^2x'}{dt'^2} = -g, \quad x' = x - V_0t - gt^2/2. \quad (4)$$

Тело относительно системы  $K'$  движется с ускорением  $-g$ . Это движение можно трактовать как обусловленное влиянием однородного гравитационного поля. Оно связано не с изменением состояния рассматриваемого тела в вакууме, а с изменением состояния тела отсчёта  $K'$  (лифта). Имеет место ускоренное движение лифта в вакууме. При этом меняются его физические параметры. Одновременно с этим меняется и состояние вакуума. Реакция вакуума на изменение состояния лифта проявляется в связанной с ним системе отсчёта  $K'$  как влияние гравитационного поля. Это поле меняет состояние движения в вакууме частиц, связанных с лифтом. В то же время оно не меняет состояния движения в вакууме тех частиц, которые являются свободными и не связаны с лифтом. Изменение скорости свободных частиц относительно лифта не связано с действием на них реальных сил. Оно связано с изменением скорости движения лифта в вакууме. Изменение скорости движения свободных частиц относительно системы  $K'$  является чисто кинематическим и не обусловлено влиянием каких-либо сил.

Между случаями I и II имеется принципиальное различие. В случае I тело не является свободным. На него реально действуют два тела: лифт и вакуум. В случае II тело является свободным. На него не действуют ни лифт, ни вакуум.

В первом случае силы инерции, действующие на тело, являются реальными, а во втором — фиктивными. Это различие существенно, и его необходимо учитывать при решении проблемы природы сил инерции и гравитации.

## 6. «Одинаковые условия»

В мысленных экспериментах Эйнштейна существенным элементом является лифт — некоторое абстрактное понятие, используемое как тело отсчёта. Считается,

что это тело является абсолютно твёрдым. Учитывается его влияние на рассматриваемые тела. При этом детали этого влияния (реакции опоры) не описываются, предполагается, что они в рассматриваемых экспериментах не важны.

Правомерность использования такого понятия, как «лифт», в анализе природы сил инерции и гравитации вызывает сомнения, поскольку без особых на то оснований считается, что частицы и античастицы могут при одинаковых условиях покоиться относительно него. При этом предполагается, что влияние лифта на частицы и античастицы является одинаковым и их реакция на него также одинакова.

В разделе 4 было качественно показано, что то, что рассматривается как реакция опоры и считается очевидным понятием, в случае соприкосновения вещества и антивещества таковым вовсе не является.

В эйнштейновских мысленных экспериментах, см. разделы 1 и 4, считается само собой разумеющимся, что при одинаковых условиях силы инерции, действующие на тела и антитела, сообщают им одинаковые ускорения. Нам не кажется, что это очевидно, по двум причинам:

1. Соответствующие исследования не проверялись для макроскопических тел, состоящих из антивещества, в силу отсутствия таковых в окружающем нас мире.
2. Есть основание считать, что в экспериментах с элементарными частицами уже давно доказано, что при одинаковых условиях реальные силы инерции, действующие на частицы и их античастицы, равны по величине, но направлены противоположно.

Поясним разумность последнего утверждения на следующем примере. Пусть частицы и античастицы, имеющие электрический заряд, находятся в электромагнитном поле. В этом случае в любой локально-инерциальной системе отсчёта при одинаковых условиях силы, действующие на частицу и её античастицу, вследствие различия их электрических зарядов равны по величине, но направлены противоположно. При этом очевидно, что и реальные силы инерции, действующие на частицу и античастицу в неинерциальных системах отсчёта, в которых они покоятся, в любой точке электромагнитного поля направлены противоположно. Если силы инерции, действующие на частицу и её античастицу в электромагнитном поле, в системах, в которых они покоятся, трактовать как обусловленные влиянием гравитационного поля, то они отличаются знаком. Вследствие этого различия частица и её античастица, имеющие в начальный момент одинаковые координаты и скорости, в одном и том же электромагнитном поле будут расходиться. При этом следует иметь в виду, что неинерциальные, сопутствующие для заряженных частиц и их античастиц системы отсчёта являются разными.

С учётом этого есть основание считать, что идея о лифте как системе отсчёта, в которой частицы и античастицы движутся при одинаковых условиях одинаково, является ложной. Невозможно ввести единую для всех частиц и античастиц систему отсчёта, в которой они двигаются одинаково.

Приведённые соображения являются, на наш взгляд, указанием на разумность идеи о том, что при одинаковых условиях влияние сил инерции и гравитации на частицы и античастицы различается. Эта идея лежит в основе двузнаковой гравитации. В этой теории не только гравитация, но и инерция является двузнаковой.

## 7. Пространство-время-вакуум

В ньютоновской механике считается, что причиной действия сил инерции является неравномерность или непрямолинейность движения тел относительно аб-

солютного пространства  $R_1$ . Однако ньютоновское пространство  $R_1$  является гипотетическим, не наблюдаемым телом отсчёта. Ему нельзя приписать какие-либо физические свойства, наличие которых позволяет осуществлять его влияние на движущиеся в нём неравномерно тела. В ньютоновской механике пространство  $R_1$  не может являться реальной причиной сил инерции.

Принципиально другая ситуация в двузнаковой гравитации. В этой теории причиной сил инерции, действующих на тела, является неравномерность их движения относительно вакуума. Вакуум в отличие от ньютоновского абсолютного пространства  $R_1$  является материальным образованием, хотя и не состоящим из реальных частиц и античастиц. Он в отсутствие обычной материи, как и пространство  $R_1$ , является однородным и изотропным. Частицы и античастицы являются его возбуждёнными состояниями. В случае если их параметры не меняются, они движутся в вакууме равномерно и прямолинейно. Всякое изменение параметров частиц и античастиц — это одновременно и изменение состояния вакуума.

Состояния частиц, античастиц и вакуума взаимосвязаны. Вакуум согласованно реагирует на любые изменения состояний частиц и античастиц в нём. Всякое изменение этих состояний одновременно сопровождается изменением и состояния вакуума. Силы инерции являются проявлением реакции вакуума на эти изменения. Они возникают одновременно с изменением параметров частиц и античастиц. Состояния вакуума, частиц и античастиц являются самосогласованными.

Чтобы на тело в неинерциальной системе отсчёта действовали реальные, а не фиктивные силы инерции, должно иметь место изменение скорости или направления его движения относительно вакуума. Например, чтобы в ускоренно движущемся в вакууме лифте тело «чувствовало» действие реальных сил инерции, оно должно быть «вморожено» в лифт. При этом лифт, действуя на тело, изменяет скорость его движения относительно вакуума. Вакуум «подстраивается» под это изменение, уравнивая действие на тело лифта равным ему по величине, но противоположно направленным противодействием. Это противодействие вакуума проявляется как действие на тело сил инерции.

Пока скорости, а также направления движения частиц/античастиц относительно вакуума не меняются, они находятся в состоянии «невесомости» и реальные силы инерции на них не действуют. Эти силы возникают в тот момент, когда начинает происходить изменение состояния равномерного и прямолинейного движения частиц и античастиц в вакууме. Вакуум подстраивается под эти изменения. Влияние вакуума частицы и античастицы воспринимают как действие сил инерции. Согласно двузнаковой гравитации, при одинаковых условиях действие инерции на частицы и античастицы является различным.

С учётом такого представления о природе сил инерции необходимо уточнить и существующие представления о гравитации. Гравитацию следует связывать не только с искривлённостью пространства-времени, но одновременно и с «материальной» составляющей единого физического объекта вакуум-пространство-время. Искривлённость пространства-времени — это не только изменение геометрии, но одновременно и изменение физических параметров вакуума. Вакуум может сжиматься и растягиваться, изменяя при этом не только свою геометрию, но одновременно и физические свойства. Пространство-время, неразрывно связанное с вакуумом, обладает не только геометрическими, но и материальными свойствами: плотностью энергии, давлением, а также электрической и гравитационной поляризуемостями.

## Список литературы

1. **Ландау, Л. Д.** Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука, 1988. — 512 с.
2. **Зельдович, Я. Б.** Строение и эволюция Вселенной / Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. — М.: Наука, 1975. — 736 с.
3. **Вайнберг, С.** Гравитация и космология / С. Вайнберг. — М.: Платон, 2000. — 696 с.
4. **Мизнер, Ч.** Гравитация : в 3 т. / Ч. Мизнер, К. Торн, Д. Уиллер. — М.: Мир, 1977.
5. **Эйнштейн, А.** Основы общей теории относительности / А. Эйнштейн. — Собр. науч. тр. : в 4 т. Т. 1. — М.: Наука, 1965.
6. **Клименко, А. В.** Геометрические свойства однородного изотропного вакуума / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2013. — № 19 (310). Физика. Вып. 17. — С. 66–71.
7. **Клименко, А. В.** Частицы, античастицы и гравитация. Антитяготение / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2013. — № 19 (310). Физика. Вып. 17. — С. 78–88.
8. **Klimenko, A. V.** Gravitationally-neutral Universe / A. V. Klimenko, V. A. Klimenko // J. of Modern Physics. — 2014. — Vol. 5, no. 15. — P. 1524–1536.
9. **Клименко, А. В.** Частицы, античастицы и гравитация. Гравитационно-нейтральная Вселенная / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2013. — № 19 (310). Физика. Вып. 17. — С. 89–99.
10. **Клименко, А. В.** О равномерном расширении Вселенной / А. В. Клименко, В. А. Клименко, А. М. Фридман // Астрон. журн. — 2010. — Т. 87, № 10. — С. 947–966.
11. **Клименко, А. В.** Вакуумные формы материи / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2013. — № 19 (310). Физика. Вып. 17. — С. 72–77.
12. **Клименко, А. В.** Миры и антимир / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2013. — № 19 (310). Физика. Вып. 17. — С. 100–109.
13. **Клименко, А. В.** Гравитационное расщепление спектральных линий / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2015. — № 22 (377). Физика. Вып. 21. — С. 163–170.
14. **Клименко, А. В.** Различает ли гравитация фотоны различных спиральностей? / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2015. — № 22 (377). Физика. Вып. 21. — С. 148–154.
15. **Клименко, А. В.** Вакуум и анизотропия параметров частиц и античастиц / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2015. — № 22 (377). Физика. Вып. 21. — С. 155–162.
16. **Roll, P. G.** The equivalence of inertial and passive gravitational mass / P. G. Roll, R. Krotkov, R. H. Dicke // Annals of Physics. — 1964. — № 26. — P. 442–517.

*Поступила в редакцию 18.09.2016*

*После переработки 05.10.2016*

### Сведения об авторах

**Клименко Владимир Антонович**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики, Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия; e-mail: klimenkowa@gmail.com.

**Клименко Алексей Владимирович**, кандидат физико-математических наук, главный разработчик ООО «ДАТЛАБ», удалённый центр разработки банка «ХоумКредит», Челябинск, Россия; e-mail: avklimenko@gmail.com.

**THE INERTIA IN TWO-SIGNED GRAVITATION****A.V. Klimenko<sup>1,a</sup>, V.A. Klimenko<sup>2,b</sup>**<sup>1</sup>*ООО "DATLAB", Chelyabinsk, Russia*<sup>2</sup>*Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia*<sup>a</sup>*alklimenko@gmail.com*; <sup>b</sup>*klimenkova@gmail.com*

It is shown that the source of the inertial forces is the vacuum. There exists close connection between inertia and gravity. Inertia is two-sign like gravity. It distinguishes particles and antiparticles.

**Keywords:** *inertia, gravity, vacuum, GTR, two-sign gravitation, Einstein's mental experiment, particle, anti-particle.*

**References**

1. **Landau L.D., Lifshitz E.M.** *Classical Theory of Field*. Fourth revised English edition. Course of Theoretical Physics. Vol. 2. Oxford, Butterworth — Heinemann, 1975.
2. **Zel'dovich Ya.B., Novikov I.D.** *Stroyeniye i evolyutsiya Vselennoy* [Structure and evolution of Universe]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 736 p. (In Russ.).
3. **Vaynberg S.** *Gravitatsiya i kosmologiya* [Gravitation and cosmology]. Moscow, Platon Publ., 2000. 696 p.
4. **Misner Ch.W., Thorn K.S., Wheeler J.A.** *Gravitation*. 3 vol. San Francisco, W.H. Freeman, 1973.
5. **Einstein A.** *Osnovy obshchey teorii otnositel'nosti. Sobraniye nauchnykh trudov* [Basics of general theory of relativity. Collection of scientific works]. 4 vol. Vol. 1. Moscow, Nauka Publ., 1965. (In Russ.).
6. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Geometricheskiye svoystva odnorodnogo izotropnogo vakuuma [Geometrical properties of homogeneous isotropic vacuum]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2013, no. 19 (310), pp. 66–71. (In Russ.).
7. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Chastitsy, antichastitsy i gravitatsiya. Antityagoteniye [Particles, antiparticles and gravitation. Antigravitation]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2013, no. 19 (310), pp. 78–88. (In Russ.).
8. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Gravitationally-neutral Universe. *Journal of Modern Physics*, 2014, vol. 5, no. 15, pp. 1524–1536.
9. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Chastitsy, antichastitsy i gravitatsiya. Gravitatsionno-neytral'naya Vselennaya [Particles, antiparticles and gravitation. Gravitationally-neutral Universe]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2013, no. 19 (310), pp. 89–99. (In Russ.).
10. **Klimenko A.V., Klimenko V.A., Fridman A.M.** The uniform expansion of the Universe. *Astronomy Reports*, 2010, vol. 54, no. 10, pp. 871–889.
11. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Vakuumnnye formy materii [Vacuum forms of matter]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2013, no. 19 (310), pp. 72–77. (In Russ.).
12. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Miry i antimiry [Worlds and antiworlds]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2013, no. 19 (310), pp. 100–109. (In Russ.).

13. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Gravitatsionnoe rasshchepleniye spektral'nykh liniy [Gravitational splitting of spectral lines]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2015, no. 22 (377), pp. 163–170. (In Russ.).
14. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Razlichayet li gravitatsiya fotony razlichnykh spiral'nostey? [Does the gravity distinguish between photons of different helicity?]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2015, no. 22 (377), pp. 148–154. (In Russ.).
15. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Vakuum i anizotropiya parametrov chastits i antichastits [Vacuum and parameters anisotropy of particles and antiparticles]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2015, no. 22 (377), pp. 155–162. (In Russ.).
16. **Roll P.G., Krotkov R., Dicke R.H.** The equivalence of inertial and passive gravitational mass. *Annals of Physics*, 1964, vol. 26, pp. 442–517.

*Accepted article received 18.09.2016*

*Corrections received 05.10.2016*