

# I. Двухзнаковая гравитация. Частицы и античастицы в гравитационном поле

А. В. Клименко, В. А. Клименко

## Аннотация

Эта статья является первой в серии посвящённой доказательству необходимости кардинального уточнения современной теории гравитации (ОТО). Показано, что не вступая в противоречие с известными экспериментами и наблюдениями, можно гипотетически предполагать, что реальная гравитация различает частицы и античастицы. Они имеют энергии противоположного знака и между ними существует не тяготение, а антитяготение. Теория гравитации, учитывающая различие знаков энергии у частиц и античастиц, названа двухзнаковой гравитацией.

В статьях, под общим названием: Двухзнаковая гравитация, будет показано, что в рамках предлагаемой теории находят простое и убедительное решение давно известные нерешенные в ОТО проблемы (тёмной материи, тёмной энергии, барионной асимметрии и некоторые другие).

*Ключевые слова: гравитация, тяготение, антитяготение, принцип эквивалентности, античастицы, ОТО, двухзнаковая гравитация*

## 1 Введение

В современной физике существуют фундаментальные проблемы. Они давно известны, но пока нет убедительного их решения.

Перечислим лишь некоторые из этих проблем:

- 1 Проблема барионной асимметрии;
- 2 Проблема тёмной материи;
- 3 Проблема антитяготения;
- 4 Проблема физического вакуума в гравитации;
- 5 Проблема сингулярных решений в гравитации.

Обычно эти проблемы обсуждаются и решаются в рамках общей теории относительности [1–3]. В этом мы видим главную причину трудностей решения перечисленных выше проблем. Считаем, что современная теория гравитации (ОТО) является ограниченной и не пригодна для их решения [4].

В цикле работ, из которых настоящая является первой, покажем, что есть веские основания считать, что ОТО неправильно описывает гравитационное взаимодействие частиц и античастиц, а также гравитационные свойства главной компоненты космической среды — физического вакуума.

В [4] изложена теория гравитации существенно уточняющая ОТО. Авторами она названа двузнаковой гравитацией (ДГ). Главные отличия этой теории от общей теории относительности заключаются в следующем:

- 1 Считается, что между частицами и античастицами существует не тяготение, а антитяготение.
- 2 Главной компонентой космической среды является не тёмная гравитационно заряженная энергия, а физический вакуум квантовой теории поля. Он, в отличие от темной энергии, не только электро но и гравитационно-нейтрален.
- 3 Реальные частицы и античастицы являются возбуждёнными состояниями вакуума, отличающимися знаком энергии. Полная энергия Вселенной — её гравитационный заряд, как и полный электрический заряд, равны нулю.

Предлагаемое кардинальное уточнение существующей теории гравитации является фундаментальным. Оно сближает основополагающие идеи теории гравитации и квантовой теории поля.

В этой статье и последующих статьях цикла, более точно, чем в [4], изложим основополагающие идеи двузнаковой гравитации и ее применения. Покажем что есть веские основания предполагать, что в рамках ДГ, перечисленные выше проблемы теории гравитации и космологии, могут быть легко решены.

## 2 Дираковские электроны. Частицы и античастицы

Приведём некоторые данные об античастицах, которые будем использовать в дальнейшем.

Идея античастиц была впервые высказана П. Дираком. Она возникла у него при анализе решений написанного им релятивистского уравнения для электрона [5]. Открытие К. Андерсоном позитрона [6] подтвердило правильность этой идеи.

Из релятивистского уравнения Дирака для электрона следовало, что его описание даётся четырёхкомпонентной волновой функцией. Она учитывает наличие у электрона внутреннего свойства — спина  $S$ , а также возможность существования в состояниях как с положительной, так и с отрицательной энергией.

Состояния дираковских электронов, имеющих электрический заряд ( $-e$ ), как его обычно обозначают, могут отличаться:

- либо проекциями спина  $S(\pm 1/2)$ ;
- либо знаком энергии ( $\pm$ );
- либо и тем и другим.

На примере нерелятивистских дираковских электронов, покажем, что электрон с положительной и отрицательной энергиями (с массами  $m > 0$  и  $-m < 0$ , соответственно) в электромагнитном поле ведут себя как две различные частицы. При

одинаковых условиях (положении и скорости) они испытывают равные по величине, но противоположно направленные ускорения. Это различие и послужило поводом для того, чтобы их считать античастицами друг друга.

### 3 Дираковские нерелятивистские электроны в электромагнитном поле

Уравнения движения для нерелятивистских электронов, имеющих электрический заряд  $(-e)$ , с положительной  $(m > 0)$  и отрицательной  $(-m < 0)$  энергиями (массами) имеют вид:

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = -e\vec{E} - \frac{e}{c}[\vec{V}, \vec{B}], \quad (1)$$

$$-m \frac{d\vec{V}}{dt} = -e\vec{E} - \frac{e}{c}[\vec{V}, \vec{B}], \quad (2)$$

соответственно, где  $\vec{V}$  — их скорость,  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  — напряжённости электрического и магнитного полей.

Производя замену  $-m \Rightarrow m, t \Rightarrow -t$ , уравнение (2), описывающее движение электрона с отрицательной энергией (античастицы для электрона с положительной энергией), можно рассматривать как записанное для электрона с положительной энергией (массой), но движущегося во времени вспять. Такая интерпретация античастиц, как частиц с положительной массой, но движущихся во времени вспять иногда рассматривается. Её обычно связывают с именем Фейнмана [7]. По Фейнману, античастица — это частица, но движущаяся во времени вспять. При замене  $t \Rightarrow -t$  следует учитывать, что  $\vec{E} \Rightarrow \vec{E}, \vec{B} \Rightarrow -\vec{B}$ , а  $\vec{V} \Rightarrow -\vec{V}$  [8, § 17].

Более широкое распространение в физике частиц получила другая точка зрения на античастицы. Её мы и будем использовать в этой работе. Она заключается в следующем. Уравнение (2) для электронов с отрицательной энергией (массой) переписывают в виде:

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{V}, \vec{B}], \quad (3)$$

и рассматривают как описывающее движение частицы с положительной инертной массой, равной массе обычного электрона, но имеющей электрический заряд противоположного с ним знака, т.е. не  $-e$ , а  $+e$ .

Дальнейшее развитие теории показало, что идея рассматривать частицы и античастицы, как отличающиеся не знаком энергии, а знаком электрического заряда, применима не только к электронам, но и ко всем другим заряженным частицам.

В настоящее время эта идея обобщена на случай сильных и слабых взаимодействий. Считается что каждая частица имеет «двойника» — античастицу. Они имеют одинаковые с частицами положительные инертные массы, спин, времена жизни, но отличаются знаками всех зарядовых квантовых чисел: электрического, лептонного, барионного и некоторых других [9]. В настоящей работе покажем, что, не вступая в противоречие с наблюдениями, можно предположить, что частицы и античастицы обладают некоторым дополнительным квантовым свойством, определяющим их знак энергии, и связанное с этим кардинальное различие их гравитационных свойств.

Полагают, что в некоторых случаях частица и её античастица тождественны друг другу и являются истинно нейтральными. К таким частицам относятся  $\gamma$ -кванты,  $\pi^0$ -мезоны и некоторые другие мезоны.

## 4 О равенстве инертной и тяжёлой масс

Основополагающей идеей, лежащей в основе ОТО, является гипотеза согласно которой любые тела при одинаковых начальных условиях (одинаковых положении и скорости) в гравитационном поле движутся одинаково [2; 3; 10].

Одной из важнейших задач было экспериментальное решение вопроса о точности утверждения об одинаковости ускорений, сообщаемых гравитационным полем разным телам. Обычно это утверждение формулируется как принцип эквивалентности инертной  $m_i$  и тяжёлой  $m_g$  массы. Часто этот принцип поясняют следующим образом [11]. В уравнениях движения тела в поле тяжести

$$m_i \frac{d^2 \bar{r}}{dt^2} = -m_g \nabla U, \quad (4)$$

слева стоит инертная  $m_i$  масса, а справа тяжёлая  $m_g$ , i-inertial, g-gravity. Если для любых тел  $m_i = \alpha m_g$ , то масса слева и справа сокращаются и приходят к выводу об одинаковости ускорений, которые испытывают любые тела в гравитационном поле при одинаковых условиях. Множитель  $\alpha$  зависит от единиц измерения и его выбирают равным единице, считая, что  $m_i \equiv m_g$ .

В результате высокоточных измерений, проведённых Роллом, Кротковым, Дикке [12], Брагинским и Пановым [13] было показано, что отношение тяжёлой и инертной масс для различных тел состоящих из различных веществ отличается от единицы не более чем на  $10^{-10} \div 10^{-12}$ .

На основании этих измерений был сделан также вывод о том, что тяжёлая масса тел определяется их полной энергией, а не количеством протонов, нейтронов и электронов, содержащихся в них. При получении этого вывода учитывали что энергия связи протонов и нейтронов в ядрах различных атомов может отличаться [14]. Считали, что если бы тяжёлая масса тел определялась количеством элементарных частиц из которых оно состоит, а инертная масса, как показывают эксперименты на ускорителях, их полной энергией, то для тел состоящих из различных веществ, отношение тяжёлой и инертной масс могло отличаться на величину порядка  $10^{-3} \div 10^{-4}$ . Эксперименты [12; 13], проведённые с телами, состоящими из веществ различного химического состава, этого отличия не выявили, что и явилось основанием для вывода о том, что и тяжёлая и инертная массы тел определяются их полной энергией. Считается, что инвариантных элементарных гравитационных зарядов-аналогов элементарных электрических зарядов, в природе не существует.

При интерпретации результатов экспериментов, доказывающих эквивалентность инертной и тяжёлой масс любых тел, делается одно неявное предположение. Считается, что тяжёлые массы тел, состоящих из вещества и антивещества не только равны своим инертным массам по величине, но и имеют с ними одинаковый положительный знак. Полагаем, что из работ [12; 13] и аналогичных им этот вывод не следует, поскольку эксперименты проводились лишь для тел, состоящих из вещества.

В ОТО гипотетически предполагается, что гравитация не различает частицы и античастицы. Считается, что они имеют тяжёлые массы, тождественно совпадающие с их инертными положительными массами.

Другая гипотеза (постулат) лежит в основе ДГ [4]. Считается, что гравитация различает частицы и соответствующие им античастицы. В настоящей статье предполагается, что их инертные массы, как это принято в теории частиц, положительны и при одинаковых условиях равны по величине. В то же время, их энергии (тяжёлые

массы), являясь гравитационными зарядами, равны по величине, но имеют противоположные знаки. Принятие этой гипотезы кардинально меняет свойства гравитации. Эта гипотеза аналогична принимаемой в электродинамике. В последней считается, что электрически заряженные частицы и соответствующие им античастицы имеют одинаковые и положительные инертные массы, но в то же время их электрические заряды равные по величине имеют противоположные знаки.

В рамках двузнаковой гравитации, в которой идея двузначности энергии является основополагающей, покажем, что между частицами и античастицами существует не тяготение, а антитяготение. Учитывая идею теории частиц о равноправии частиц и античастиц и предполагая полную симметрию по ним, придем к заключению о том, что в двузнаковой гравитации следует считать, что Вселенная не только электро-, но и гравитационно-нейтральна. Правильность или ложность гипотезы о различии гравитационных свойств частиц и античастиц может быть доказана лишь в экспериментах и наблюдениях в которых изучается гравитационное взаимодействие частиц и античастиц, вещества и антивещества.

На простом примере покажем, как согласно ДГ, различие гравитационных свойств частиц и античастиц должно проявляться в наблюдениях.

## 5 Гравитационное взаимодействие двух тел

В рамках ОТО и ДГ, с учетом существующих в теории частиц представлений о веществе и антивеществе, рассмотрим гравитационное взаимодействие двух нерелятивистских макроскопических тел, инертные массы которых  $m_{1i}$  и  $m_{2i}$ , а их тяжёлые массы  $m_{1g}$  и  $m_{2g}$ . Для простоты, считаем, что  $m_{2i} \gg m_{1i}$ , тело 2 покоится и находится в начале системы координат,  $\bar{V} = \frac{d\bar{R}}{dt}$  — скорость тела 1,  $|\bar{V}| \ll c$ . Рассмотрим различные теоретически допустимые случаи, поясняющие идею ДГ о двузначности тяжёлых масс.

### 5.1 Взаимодействие частица-частица

В этом случае и в ОТО и в ДГ  $m_{1g} = m_{1i} > 0$  и  $m_{2g} = m_{2i} > 0$ . Уравнение движения частицы 1 в гравитационном поле частицы 2 имеет вид:

$$m_{1i} \frac{d\bar{V}}{dt} = -\frac{Gm_{1g}m_{2g}}{R^3} \bar{R} \Rightarrow \frac{d\bar{V}}{dt} = -\frac{Gm_{2i}}{R^3} \bar{R}. \quad (5)$$

Имеет место обычный закон всемирного тяготения Ньютона.

### 5.2 Взаимодействие античастица-античастица

В этом случае, согласно ОТО,  $m_{1g} = m_{1i} > 0$ ,  $m_{2g} = m_{2i} > 0$ , в то же время, согласно ДГ,  $m_{1g} = -m_{1i} < 0$ ,  $m_{2g} = -m_{2i} < 0$ . Уравнение, описывающее движение античастицы 1 в гравитационном поле античастицы 2 и в ОТО и в ДГ имеет вид:

$$m_{1i} \frac{d\bar{V}}{dt} = -\frac{Gm_{1g}m_{2g}}{R^3} \bar{R} \Rightarrow \frac{d\bar{V}}{dt} = -\frac{Gm_{2i}}{R^3} \bar{R}. \quad (6)$$

Оно не отличается от аналогичного уравнения для частиц. Это означает, что при замене всех частиц на античастицы, и наоборот, различие знаков тяжёлых масс у частиц и античастиц не проявится. Согласно ДГ, как и в ОТО, между античастицами, как и частицами, существует гравитационное притяжение.

### 5.3 Взаимодействие частица-античастица

В этом случае, согласно ДГ,  $m_{1g} = m_{1i} > 0$ , а  $m_{2g} = -m_{2i} < 0$ . При этом уравнение движения частицы в гравитационном поле античастицы имеет вид:

$$m_{1i} \frac{d\bar{V}}{dt} = -\frac{Gm_{1g}m_{2g}}{R^3} \bar{R} \Rightarrow \frac{d\bar{V}}{dt} = \frac{Gm_{2i}}{R^3} \bar{R}. \quad (7)$$

Из него следует, что между частицей и античастицей существует антитяготение, а вовсе не тяготение, как считается в ОТО. В этом состоит одно из главных различий двузнаковой гравитации и общей теории относительности. В ДГ предполагаем равноправие частиц и античастиц. Учитывая экспериментальные данные, считаем, что в уравнения движения частиц и античастиц в заданном гравитационном поле не должны входить ни их тяжелая, ни их инертная масса. Как и в ОТО, гравитационное поле трактуем как связанное с искривленностью пространства-времени. Считаем, что движение частиц и античастиц в этом поле происходит по геодезическим. В ОТО, не различающей частицы и античастицы, считается, что геодезические для частиц и античастиц, при одинаковых условиях, совпадают. В ДГ, в отличие от ОТО, не считается что частицы и античастицы одно и то же гравитационное поле воспринимают одинаково. Гипотетически считается: то, что для частиц является полем притяжения, то для античастиц является полем отталкивания и наоборот и геодезические для них не совпадают. При этом уравнения для геодезических для античастиц, как и частиц, не содержат в своем описании ни инертных ни тяжелых масс. Это мы подробно обсуждаем в статье "3. ДГ. Основопологающие принципы". Оправданием приведенных в настоящей статье соображений, о различии поведения частиц и античастиц в заданном гравитационном поле, является совпадение полученных результатов с теми, которые в статье 3.ДГ. получены с учетом идей ОТО. Это совпадение позволяет в ДГ использовать существующее в теории частиц представление о том, что частицы и соответствующие им античастицы можно рассматривать как имеющие одинаковые положительные инертные массы, но при этом, в отличие от ОТО, считать, что у них противоположны по знаку не только электрические, но и гравитационные заряды. В ДГ гравитационными зарядами частиц и античастиц являются их энергии (тяжелые массы), и они у них отличаются знаком.

В заключение этого пункта отметим, что в ДГ лучше строго придерживаться принципа полного равноправия между частицами и античастицами. С учетом этого следует считать, что частицы и античастицы отличаются друг от друга не только знаком тяжелой, но и инертной массы. Это мы подробно обсуждаем в работе "8. ДГ. О природе сил инерции".

## 6 Ньютоновский предел в ОТО и ДГ

В ОТО, уравнение для гравитационного поля в ньютоновском пределе имеет вид:

$$\Delta \Phi = 4\pi G(\rho_g + \bar{\rho}_g) = 4\pi G(\rho + \bar{\rho}), \quad (8)$$

где  $\rho$  и  $\bar{\rho}$  — плотность инертных масс вещества и антивещества, соответственно, а  $\rho_g = \rho$  и  $\bar{\rho}_g = \bar{\rho}$  — плотности соответствующих им тяжелых масс.

Принципиально другая ситуация в ДГ. Согласно этой теории,  $\rho_g = \rho$ , но  $\bar{\rho}_g = -\bar{\rho}$ . С учётом этого, уравнение для гравитационного поля в ньютоновском пределе в ДГ

имеет вид:

$$\Delta \Phi = 4\pi G(\rho_g + \bar{\rho}_g) = 4\pi G(\rho - \bar{\rho}), \quad (9)$$

Из (7) и (9) видно, что в ДГ частицы и античастицы в гравитационном поле проявляют себя по разному не только в пассивном, но и в активном смыслах. Они по разному движутся в гравитационном поле и по разному участвуют в его создании. То что для частиц является полем тяготения, для античастиц — полем антитяготения и наоборот. Среды, в которых  $\rho = \bar{\rho}$  гравитационного поля не создают. К ним, как считается в двузнаковой гравитации, относится физический вакуум.

## 7 Источники гравитационного поля в ОТО и ДГ

В общей теории относительности источником гравитационного поля является тензор энергии-импульса материи. ОТО не различает частицы и античастицы и поэтому их вклады в этот тензор, являющийся источником гравитационного поля, суммируются [8; 10].

В двузнаковой гравитации гипотетически считается, что при одинаковых условиях (одинаковом положении и скорости) любая частица и соответствующая ей античастица, имеет равные по величине, но отличающиеся знаком энергии. С учётом этого, в этой теории, вклады частиц и античастиц в тензор энергии-импульса космической среды берутся с противоположными знаками. Чтобы отличать этот тензор от соответствующего ему тензора ОТО, будем называть его тензором энергии-импульса ДГ.

*Замечание 1.* Учёт различия частиц и античастиц в двузнаковой гравитации аналогичен учёту их различия в электродинамике. В последней источником электромагнитного поля является четыре-ток. Вклады в четыре-ток частиц и античастиц, имеющих противоположные по знаку электрические заряды, берутся с противоположными знаками для всех его компонент.

Предполагаем, что противоположность гравитационных свойств частиц и античастиц указывает на наличие у них определенного внутреннего свойства — грависпина — значение которого для частиц равно плюс единице, а для античастиц — минус единице. Идея о грависпине неразрывно связана с фундаментальной идеей Дирака о различии частиц и античастиц как состояний отличающихся знаком энергии. В двузнаковой гравитации учёт различия знаков энергии частиц и античастиц столь же важен, как и учёт различия знаков их электрических зарядов в электродинамике.

*Замечание 2.* Согласно двузнаковой гравитации утверждение современной физики о существовании истинно нейтральных частиц ( $\gamma$ -квантов,  $\pi^0$ -мезонов и некоторых других) не является правильным. В двузнаковой гравитации естественно предполагать, что для каждой из таких частиц существует соответствующая ей античастица. Они отличаются друг от друга значениями грависпина, определяющего знак их энергии. Действия на них гравитационного поля являются противоположно направленными. Противоположными являются и их вклады в искривление пространства-времени.

## 8 О проверке основополагающих гипотез ОТО и ДГ

Важнейшей задачей современной физики является экспериментальная проверка основополагающей идеи ДГ о различии частиц и античастиц в гравитации.

Пока не существует убедительных прямых экспериментальных подтверждений или опровержений одной из гипотез: о неразличимости в гравитации частиц и античастиц (гипотеза ОТО) или, наоборот, о их принципиально разном поведении в гравитационном поле (гипотеза ДГ). Поясним, с чем связаны трудности экспериментальной проверки этих гипотез.

На микроскопических масштабах гравитационное взаимодействие частиц и античастиц более, чем на тридцать порядков слабее электромагнитного. Исключить влияние последнего до уровня, когда станет возможным четко увидеть есть ли различие влияния гравитации на частицы и античастицы, или его нет, пока не удастся. Хотя в этом направлении исследования ведутся, см [15].

Для макроскопических тел соответствующие исследования пока также не могут быть проведены, в силу отсутствия в окружающем нас мире тел, состоящих из антивещества.

В то же время, ситуация не безнадежна. В следующих работах на многочисленных примерах, покажем, что в рамках ДГ значительно проще и убедительнее, чем в рамках ОТО, решаются фундаментальные проблемы отмеченные во введении настоящей статьи. Это можно рассматривать как важный аргумент в поддержку правильности основополагающей идеи ДГ о том, что гравитация различает частицы и античастицы и между ними действует антитяготение. Будет также показано, что существующие космологические наблюдательные данные, естественно интерпретировать как чёткие указания на существование антивещества во Вселенной в количествах не меньших чем вещества.

В работах цикла покажем, что ОТО, в том виде в котором она используется в современной физике, имеет ограниченную область применимости. Её нельзя применять для описания динамики космической среды на галактических и больших масштабах, а также релятивистских астрофизических объектов в которых с огромной скоростью протекают процессы рождения и уничтожения частиц и античастиц.

В следующей статье цикла: «Двузнаковая гравитация. Вакуум-пространство-время» приведём аргументы в поддержку гипотезы, согласно которой не тёмная энергия, а электро- и гравитационно-нейтральный вакуум является главной и определяющей компонентой космической среды.



## Список литературы

1. Вайнберг, С. Космология / С. Вайнберг. М. : Платон, 2008.
2. Горбунов, Д. С. Введению в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория / Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков. М. : КРАСАНД, 2010.
3. Зельдович, Я. Б. Строение и эволюция Вселенной / Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. М. : Наука, 1975. 736 с.
4. Клименко А.В. Двухзнаковая гравитация / А.В. Клименко, В.А. Клименко. Челябинск : изд-во Челябинского гос. университета, 2017.
5. Dirac P.A.M. F Theory of Electrons and Photons, Proceedings of the Royal Society (London), 1930.
6. Anderson Carl D. The Positive Electron. Physical Review, 1933.
7. Feynman R. P. Phys.Rev., 74, 939, 1948.
8. Ландау, Л. Д. Теория Поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. М. : Наука, 1988. 512 с.
9. Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц / Л. Б. Окунь. М. : Наука, 1988.
10. Эйнштейн, А. Основы общей теории относительности / А. Эйнштейн // Собрание научных трудов : в 4 т. Т. I: Работы по теории относительности 1905–1920 гг. М. : Наука, 1965. С. 452–504.
11. Зельдович Я. Теория тяготения и эволюция звезд./ Я. Б Зельдович, И. Д. Новиков. М. : Наука, 1971.
12. 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.
13. Брагинский, В. Б. Эквивалентность инертной и гравитационной масс / В. Б. Брагинский, В. И. Панов // УФН. 1971. Т. 105, № 4.
14. Широков, Ю. М. Ядерная физика / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. М. : Наука, 1980.
15. Charman, A. E. Description and First Application of a New Technique to Measure the Gravitational Mass of Antihydrogen [Электронный ресурс] / The ALPHA Collaboration & A. E. Charman // Nature communications. — 2013. — URL: <http://www.nature.com/ncomms/journal/v4/n4/full/ncomms2787.html>.