

# АСТРОФИЗИКА

*Вестник Челябинского государственного университета. 2015. № 22 (377).  
Физика. Вып. 21. С. 148–154.*

УДК 537.8

## РАЗЛИЧАЕТ ЛИ ГРАВИТАЦИЯ ФОТОНЫ РАЗЛИЧНЫХ СПИРАЛЬНОСТЕЙ?

*А. В. Клименко<sup>1</sup>, В. А. Клименко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ООО «Первый Бит», Челябинск, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», Челябинск, Россия

Обращается внимание на наблюдения и эксперименты, способные доказать правильность или ложность гипотезы о различии влияния гравитации на фотоны левой и правой спиральностей, которые вследствие этого следует рассматривать как частицы и античастицы. Это утверждение является частным случаем более общей гипотезы, согласно которой гравитация различает частицы и античастицы и между ними действует антигравитация.

**Ключевые слова:** *частицы, античастицы, общая теория относительности, двузнаковая гравитация, антигравитация, фотоны, антифотоны.*

### 1. Введение

В основе современной теории гравитации (общей теории относительности — далее ОТО) лежит гипотеза о том, что гравитация не различает частицы и античастицы (см., например, [1–3]). В настоящее время в нескольких ведущих научных центрах мира предпринимаются попытки доказать справедливость этого утверждения в прямом эксперименте. К сожалению, пока убедительного ответа на вопрос о различии/неразличии частиц/античастиц в гравитации не найдено [4].

Сложность получения надёжных экспериментальных данных для решения этого вопроса связана со слабостью влияния гравитации на отдельные элементарные частицы, а также с отсутствием в окружающем нас мире макроскопических тел, состоящих из антивещества.

В отсутствие экспериментальных запретов существует возможность гипотетически предполагать, что в реальности гравитация различает частицы и античастицы, а обратное утверждение, содержащееся в ОТО, не является правильным. В [5] и [6] приводятся аргументы в пользу этого предположения. Излагается суть предлагаемой авторами двузнаковой гравитации, различающей частицы и античастицы. Показано, что в рамках этой теории значительно проще и убедительнее, чем в ОТО, объясняется наблюдаемая динамика Вселенной.

Главное отличие двузнаковой гравитации от ОТО заключается в описании источников гравитационного поля. В ОТО им является тензор энергии-импульса материи. ОТО не различает частицы и античастицы и это выражается в том, что однотипные вклады любых форм материи в тензор энергии-импульса суммируются.

В двузнаковой гравитации источником гравитационного поля является тензор заряда-тока. Его отличие от тензора энергии-импульса лишь в одном: однотипные вклады в этот тензор частиц и античастиц, реальных и виртуальных, не суммируются, а вычитаются. Формально можно считать, что в двузнаковой гравитации «гравитационные заряды» частиц и античастиц имеют разные знаки. При таком определении источника гравитационного поля учитывается одно из положений квантовой теории: частицы и античастицы соответствуют возбуждённым состояниям вакуума, отличающихся друг от друга знаком энергии [7].

В отличие от ОТО, где формально можно считать, что гравитационные заряды частиц/античастиц имеют одинаковый знак и притягиваются, в двузнаковой гравитации частицы и античастицы имеют гравитационные заряды противоположного знака и отталкиваются. В предельном случае, когда материя состоит лишь из частиц или античастиц, двузнаковая гравитация переходит в ОТО.

В двузнаковой гравитации, чтобы согласовать идею о различии в гравитации частиц и античастиц с существующими представлениями о том, что все компоненты космической среды являются источниками гравитационного поля, высказывается следующая гипотеза: у любой частицы, в том числе и у фотона, существует античастица.

Идея об антифотонах кажется фантастической. В тоже время не видно теоретических запретов на их существование. Различие фотонов и антифотонов может явно проявляться в гравитации. В пункте 2 на частном примере показано, что если предположить, что антифотоны существуют, то они должны отличаться от фотонов спиральностью. При этом в неполяризованном излучении фотоны и антифотоны присутствуют в равных количествах. Нет оснований рассматривать антифотон как некоторую совершенно новую неизвестную частицу.

Фотоны/антифотоны электронейтральны, поэтому их различие в электромагнитных процессах не проявляется. В тоже время, согласно двузнаковой гравитации, они могут иметь гравитационные заряды противоположных знаков, что должно проявляться в наблюдениях и экспериментах, особенно чётко в тех случаях, когда влияние гравитации на частицы/античастицы является сильным, например, в окрестности нейтронных звёзд и чёрных дыр. В тоже время следует учитывать, что требование совместимости законов сохранения гравитационного заряда и энергии налагает определённые ограничения на процессы в микромире [5; 6] В настоящей работе эти вопросы не обсуждаются. Гипотетически предполагается, что антифотоны существуют и отличаются от фотонов спиральностью, а доказательство правильности или ошибочности этой гипотезы может быть получено в экспериментах и наблюдениях, выявляющих различие влияния на них гравитационных полей.

Различие поведения фотонов и антифотонов в гравитационных полях обычно является столь малым, что, как мы полагаем, могло быть не замечено наблюдателями, поскольку его специально никто не искал. В работе описано несколько способов обнаружения антифотонов.

## 2. Гравитационные заряды фотонов и антифотонов

В настоящем пункте на частном примере аннигиляции электрон-позитронной пары на фотон и антифотон решена задача определения их гравитационных зарядов, а также спиральностей.

Рассмотрение проведено в системе центра масс аннигилирующей электрон-позитронной пары. Для простоты. Предполагается, что орбитальный момент аннигилирующей пары равен нулю.

В рассматриваемом случае имеют место следующие законы сохранения:

– закон сохранения энергии

$$\omega_\gamma + \omega_{\bar{\gamma}} = \frac{2\varepsilon_0}{\hbar}; \quad (1)$$

– закон сохранения импульса

$$\omega_\gamma - \omega_{\bar{\gamma}} = 0; \quad (2)$$

– закон сохранения момента

$$S_\gamma + S_{\bar{\gamma}} = 0; \quad (3)$$

– закон сохранения гравитационного заряда

$$\Omega_\gamma + \Omega_{\bar{\gamma}} = 0. \quad (4)$$

Используются следующие обозначения:

$\gamma$  — фотон;

$\bar{\gamma}$  — антифотона;

$\varepsilon_0$  — энергия электрона (позитрона);

$\omega_\gamma, S_\gamma, \Omega_\gamma$  — частота, проекция спина на направление движения, гравитационный заряд для фотона, а  $\omega_{\bar{\gamma}}, S_{\bar{\gamma}}, \Omega_{\bar{\gamma}}$ , — для антифотона.

Решения уравнений (1)–(4), согласованные с идеей двузнаковой гравитации о взаимосвязи гравитационных зарядов частиц/античастиц с их энергией, имеют вид

$$\omega_{\bar{\gamma}} = \omega_\gamma = \frac{\varepsilon_0}{\hbar}, \quad S_{\bar{\gamma}} = -S_\gamma, \quad \Omega_{\bar{\gamma}} = -\Omega_\gamma = -\varepsilon_0. \quad (5)$$

Отсюда следует, что в двузнаковой гравитации гравитационные заряды фотонов/антифотонов определяются их энергией и имеют противоположные знаки. При этом фотоны и антифотоны отличаются спиральностями. Будем далее гипотетически считать, что эти выводы справедливы во всех случаях, в которых имеют место процессы с фотонами и антифотонами.

Отметим, что отличие фотонов и антифотонов связано с различием знаков их гравитационных зарядов, которое может проявляться при учёте влияния на них гравитационного поля. Без учёта этого влияния, считается нет оснований рассматривать фотоны различных спиральностей как частицы и античастицы. В квантовой электродинамике отмечается, что фотон и антифотон это одно и то же (см., например, [8]).

## 3. Фотоны и антифотоны в постоянном гравитационном поле

Рассмотрим возможность экспериментального доказательства правильности идеи о существова-

нии антифотонов. Известно, что частота света, измеренная в собственном времени, равна

$$\omega = -\frac{\partial\Psi}{\partial\tau} \quad (\text{см., [1. § 88]}),$$

где  $\Psi$  — эйконал. Она различна в различных точках гравитационного поля.

В силу соотношения

$$\frac{\partial\Psi}{\partial\tau} = \frac{\partial\Psi}{\partial x^0} \frac{\partial x^0}{\partial\tau} \Rightarrow \omega = \frac{\omega_0}{\sqrt{g_{00}}}, \quad (6)$$

где  $\omega_0$  — частота света в точках на луче, в которых гравитационное поле отсутствует.

Для фотонов и антифотонов изменение частоты при их движении в одном и том же гравитационном поле происходит различным образом [5].

В слабом гравитационном поле  $g_{00} = 1 + 2\Phi/c^2$  [1. § 87], поэтому в линейном приближении по  $\Phi/c^2$  для фотонов

$$\omega = \omega_0 \left(1 - \frac{\Phi}{c^2}\right), \quad (7)$$

а для антифотонов

$$\bar{\omega} = \omega_0 \left(1 + \frac{\Phi}{c^2}\right), \quad (8)$$

где  $\Phi$  — гравитационный потенциал.

Эти формулы применим для расчёта смещения частот  $\Delta\omega$  (для фотона) и  $\Delta\bar{\omega}$  (для антифотона) при их переходе из места испускания, где потенциал  $\Phi = \Phi_1$ , в место наблюдения, где  $\Phi = \Phi_2$ . Учитывая (7), (8) находим

$$\Delta\omega = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{c^2} \omega_0, \quad (9)$$

$$\Delta\bar{\omega} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{c^2} \omega_0 = -\Delta\omega. \quad (10)$$

Экспериментальные методы позволяют измерять очень малые смещения частоты фотонов. Например, ещё в 1959 г. американским физикам Р. Паунду и Д. Ребке [9] удалось уверенно наблюдать с использованием эффекта Мёссбауэра гравитационное смещение спектральных линий при распространении света в поле тяжести Земли. Проходимый путь составлял по вертикали приблизительно 22 м. В этом случае ожидаемое смещение  $\Delta\omega/\omega_0 \approx 2 \cdot 10^{-14}$ . Измерения дали именно этот результат. Повторение аналогичных измерений для антифотонов, в предположении, что они существуют, является актуальной задачей.

Различие смещений частот фотонов/антифотонов в гравитационном поле может чётко проявиться в следующей ситуации. Если существуют антифотоны, то в спектрах излучения релятивистских объектов должны наблюдаться два «пичка»,

смещённые относительно частоты  $\nu_0 = mc^2/h$  ( $m$  — масса электрона,  $h$  — постоянная Планка) на величины

$$\Delta\nu = \pm \frac{GM}{c^2 R} \nu_0 = \pm \frac{1}{2} \frac{r_g}{R} \nu_0. \quad (11)$$

Эти «пички» можно было бы интерпретировать как потоки фотонов и антифотонов, родившихся в процессе аннигиляции электрон-позитронных пар в окрестности релятивистских объектов, имеющих массу  $M$  и радиус  $R$ ;  $r_g = 2GM/c^2$  — гравитационный радиус этих объектов. Должно наблюдаться также различие спиральностей аннигиляционных фотонов и антифотонов.

#### 4. Расщепление $\gamma$ -изображений релятивистских объектов

Можно ожидать, что в окрестности релятивистских объектов (нейтронных звёзд, чёрных дыр, активных ядер галактик и др.) интенсивно происходят процессы рождения/уничтожения частиц/античастиц и при этом в больших количествах, кроме фотонов, рождаются антифотоны. Если это так, то при наблюдении этих объектов на фоне гравитационных линз должны наблюдаться особенности в их изображениях, обусловленные различием закона распространения фотонов и антифотонов в гравитационном поле линзы. Гравитационные линзы, состоящие из вещества, являются собирающими для фотонов и рассеивающими для антифотонов. Влияние гравитационных линз, состоящих из антивещества, является противоположным. Наличие в  $\gamma$ -изображениях релятивистских объектов, на фоне гравитационных линз, яркого центрального пятна и менее яркого обхватывающего его кольца, имеющих разные круговые поляризации, было бы серьёзным аргументом в поддержку правильности идеи о существовании антифотонов.

#### 5. Гравитационные линзы в реликтовом излучении

Наблюдение тонкой структуры реликтового излучения показывает, что на его равномерном фоне имеются незначительные отклонения (см., например, [3]). На равномерном реликтовом фоне наблюдаются пятна. Возможны две главные причины их возникновения. Первая из них связана с неоднородностью «поверхности» отрыва реликтового излучения от вещества/антивещества. Вторая связана с неоднородностью среды, через которую распространяется реликтовое излучение.

Неоднородности космической среды являются для проходящего через них реликтового излучения

гравитационными линзами. Есть основание предполагать, что наблюдаемая часть Вселенной состоит из вещества [2; 3]. Если это так, то, согласно двузнаковой гравитации, наблюдаемые гравитационные линзы для фотонов являются собирающими, а для антифотонов — рассеивающими.

В двузнаковой гравитации естественно считать, что реликтовое излучение наполовину состоит из фотонов, а наполовину из антифотонов. Вследствие этого должны проявляться особенности в угловом распределении наблюдаемого реликтового излучения, проходящего через гравитационную линзу.

Если линза сферически симметричная, то в реликтовом излучении она будет наблюдаться как имеющая более яркую центральную часть (фотоны) и более слабое кольцо, охватывающее её центральную часть (антифотоны). В реликтовом излучении вследствие различия спиральностей фотонов и антифотонов должно наблюдаться различие в круговых поляризациях изображения центральной части линзы и её периферии. В случае линз более сложной геометрической конфигурации эти особенности должны проявляться в изображениях её отдельных элементов.

## 6. Фотоны, антифотоны и поляризация

Если с некоторого направления приходит поток излучения, и он содержит равное количество фотонов и антифотонов, то круговая поляризация в нём будет отсутствовать. Но если в потоке излучения больше фотонов, чем антифотонов или наоборот, то это должно приводить к тому, что этот поток будет иметь круговую поляризацию, того или иного знака — в зависимости от того, чего в потоке больше фотонов или антифотонов.

Наличие на равномерном фоне реликтового излучения пятен указывает на существование неоднородностей материи в эпоху рекомбинации. Согласно двузнаковой гравитации, есть основания считать, что эти неоднородности являются мирами и антимирами — областями, заполненными барионной и антибарионной компонентами космической среды соответственно. В [10] показано, что если идея о различии частиц и античастиц в гравитации является правильной, то ещё в ранние эпохи эволюции Вселенная естественным образом распалась на бесконечное множество миров и антимиров. Наш мир — лишь один из миров.

Основываясь на исследовании, проведённом в [10; 11], есть основания предполагать, что ещё в эпоху  $z \approx 10^{12}$  ( $T \leq 3 \cdot 10^{12}$  К) во Вселенной появились зародыши миров и антимиров, имевшие

характерный размер приблизительно  $10^6$  световых секунд. При  $z \approx 10^9$  ( $T \approx 3 \cdot 10^9$  К) произошла аннигиляция электрон-позитронных пар, Вселенная окончательно распалась на миры и антимир. Их масштаб в это время был приблизительно  $10^9$  световых секунд.

Эпохи эволюции Вселенной удобно характеризовать величиной красного смещения  $z$ , соответствующего им. Формула  $z = (a_0/a) - 1$  определяет красное смещение эпохи (см., например, [2]). Здесь  $a_0$  — масштаб современной Вселенной, а  $a$  — её масштаб в рассматриваемую эпоху.

Согласно двузнаковой гравитации, излучение, заполнявшее «вмороженные» в равномерно расширяющееся пространство Вселенной миры и антимир, находилось в термодинамическом равновесии с веществом в мирах и антивеществом в антимирах. Это продолжалось до эпохи рекомбинации  $z \approx 10^3$  ( $T \leq 3 \cdot 10^3$  К).

В эпоху рекомбинации вещество в мирах и антивещество в антимирах из состояния плазмы перешло в газообразное состояние. В эту эпоху произошёл «отрыв» излучения от вещества/антивещества. Согласно двузнаковой гравитации, миры и антимир в эту эпоху имели размер приблизительно равный  $14 \cdot 10^6$  световых лет ( $\approx 4,2$  Мпк) и были самыми крупномасштабными структурами во Вселенной [10]. Амплитуда возмущений температуры излучения, связанных с наличием миров и антимиров, в эпоху рекомбинации была на уровне  $10^{-4} \div 10^{-5}$ .

В настоящее время миры и антимир наблюдаются как пятна на равномерном фоне реликтового излучения, имеющие угловые размеры приблизительно один градус, но, возможно, что и несколько меньшие ( $\approx 0,25^\circ$ ) [10]. Приходящее из миров и антимиров излучение покинуло их ещё в эпоху  $z \approx 10^3$ , когда масштаб Вселенной был приблизительно в тысячу раз меньшим, чем современный.

Согласно двузнаковой гравитации, реликтовое излучение состоит из фотонов и антифотонов. Анизотропия реликтового излучения в этой гравитации одновременно означает и анизотропию потоков фотонов и антифотонов. Обязаны ли мы в этой теории считать, что потоки фотонов и антифотонов из миров и антимиров в точности совпадают? Полагаем, что нет. Вследствие различия влияния гравитации на фотоны и антифотоны в течение приблизительно  $14 \cdot 10^6$  лет (до начала эпохи рекомбинации) в мирах и антимирах происходило их расслоение. В мирах фотоны шли к их центрам, а антифотоны — к периферии. В антимирах этот процесс шёл в обратном направлении.

Учитывая это, можно предположить, что в эпоху рекомбинации мира излучали больше антифотонов, чем фотонов, а антимир, наоборот, излучал больше фотонов, чем антифотонов.

Если считать, что фотоны и антифотоны отличаются спиральностью, то различие потоков фотонов и антифотонов из миров и антимиров должно проявиться в наблюдениях. Излучение, приходящее из миров и антимиров, должно иметь круговую поляризацию противоположных знаков. Должна наблюдаться анизотропия круговой поляризации реликтового излучения с характерным угловым размером один градус. Возможно, именно это и проявляется в наблюдениях коллаборации WMAP [11; 13].

### 7. Гипотеза о природе $\gamma$ -вспышек

Спорадически на небе наблюдаются  $\gamma$ -вспышки [14]. Их природа не установлена. Возможно, она связана с существованием антифотонов. Поясним эту идею качественно.

Длительность между двумя событиями, происходящими в одной и той же точке гравитационного поля и воспринимаемых удалённым наблюдателем, зависит от того, приносят ли ему информацию об этих событиях фотоны или антифотоны. У них по-разному в гравитационном поле изменяются длины волн и это должно проявиться в наблюдениях. Например, в ОТО считается, что для внешнего наблюдателя скорость падения вещества на чёрные дыры и частота его излучения уменьшается до нуля при его приближении к горизонту событий. В двузнаковой гравитации этот процесс будет выглядеть так только в фотонной части излучения. В антифотонной части излучения падение вещества должно наблюдаться как сопровождающимся ростом частоты излучения и «вспышкой» его яркости в момент

приближения «излучателя» к горизонту чёрной дыры. Все  $\gamma$ -кванты вспышек должны иметь одинаковую спиральность. Длительность и интенсивность  $\gamma$ -вспышки определяется массой релятивистского объекта, на который происходит падение, а также массой и размером излучателя.

В приведённых выше соображениях учитывается, что согласно двузнаковой гравитации фотоны притягиваются «звёздами» и отталкиваются от «антизвёзд». Влияние на антифотоны этих объектов является противоположным.

### 8. Фотоны и антифотоны. Ожидания

Если в наблюдениях будет доказана противоположность влияния гравитации на фотоны левой и правой спиральностей, то это будет основанием рассматривать их как частицы и античастицы друг для друга. Фотоны различных спиральностей можно сепарировать, принимать с огромных расстояний, с высочайшей степенью точности измерять их параметры.

Различие в поведении фотонов и антифотонов в гравитационном поле может найти широкое применение на практике. Приведём лишь некоторые возможные варианты такого применения.

1. Различие в поведении фотонов и антифотонов в сильных гравитационных полях может быть использовано для изучения процессов, протекающих в окрестности релятивистских объектов.

2. Отделяя антифотоны и поглощая их, можно пытаться создавать объекты, на которые будет действовать антигравитация.

3. Различие в траекториях движения фотонов и антифотонов в гравитационном поле может быть использовано для регистрации возмущений пространства-времени во Вселенной (гравитационных волн).

### Список литературы

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1988. – Т. 2: Теория поля. – 509 с.
2. Зельдович, Я. Б. Структура и эволюция Вселенной / Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. – М. : Наука, 1975. – 735 с.
3. Горбунов, Д. С. Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего большого взрыва / Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков. – М. : ЛКИ, 2008. – 552 с.
4. Description and first application of a new technique to measure the gravitational mass of antihydrogen / The ALPHA Collaboration ; A. E. Charman // Nature communications. – 2013. – Vol. 4. – 1765.
5. 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.
6. Klimenko, A. V. Gravitationally-Neutral Universe [Электронный ресурс] / A. V. Klimenko, V. A. Klimenko // J. of Modern Physics. – 2014. – Vol. 5. – P. 1524–1536. – URL: <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2014.515153>.
7. Фейнман, Р. Теория фундаментальных процессов / Р. Фейнман. – М. : Наука, 1978. – 199 с.
8. Берестецкий, В. Б. Релятивистская квантовая теория : в 2 ч. / В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. – М. : Наука, 1968. – Ч. 1. – 480 с.; М. : Наука, 1971. – Ч. 2. – 287 с.

9. Pound, R. V. Gravitational Red-Shift in Nuclear Resonance / R. V. Pound, Jr. G. A. Rebka // *Physical Review Letters*. – 1959. – Vol. 3, iss. 9. – P. 439–440.
10. Клименко, А. В. Миры и Антимирры / А. В. Клименко, В. А. Клименко // *Вестн. Челяб. гос. ун-та*. – 2013. – № 19 (310). Физика. Вып. 17. – С. 100–109.
11. Klimenko, A. V. Worlds and Antiworlds [Электронный ресурс] / A. V. Klimenko, V. A. Klimenko // *J. of Modern Physics*. – 2014. – Vol. 5, № 15. – P. 1537–1545. – URL: <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2014.515153>.
12. BICEP2. II. Experiment and Three-year Data Set / BICEP2 Collaboration // *The Astrophysical J.* – 2014. – Vol. 792, no. 1. – P. 62.
13. Detection of *B*-mode Polarization of Degree Angular BICEP2 / BICEP2 Collaboration // *Physical Review Letters*. – 2014. – Vol. 112, iss. 24. – 241101.
14. Постнов, К. А. Гиперновые и гамма-всплески / К. А. Постнов // *Физика*. – 2004. – Т. 8, № 2. – С. 69–76.

Поступила в редакцию 17 сентября 2015 г.

### Сведения об авторах

**Клименко Алексей Владимирович** — кандидат физико-математических наук, ведущий специалист ООО «Первый Бит», Челябинск, Россия. [alklimenko@gmail.com](mailto:alklimenko@gmail.com).

**Клименко Владимир Антонович** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики Челябинского государственного университета. Челябинск, Россия. [waklimenko@gmail.com](mailto:waklimenko@gmail.com).

---

*Bulletin of Chelyabinsk State University. 2015. № 22 (377).  
Physics. Issue 21. P. 148–154.*

## IF GRAVITY DISTINGUISHES BETWEEN PHOTONS OF DIFFERENT HELICITY?

*A. V. Klimenko, V. A. Klimenko*

*JSC Pervy Beat, Chelyabinsk, Russia*

*Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia*

Corresponding author A. V. Klimenko, [alklimenko@gmail.com](mailto:alklimenko@gmail.com)

In the paper draws attention to the observations and experiments on the basis of which can be proved the correctness or falsity of the hypothesis about the difference between the influence of gravity on the photons left and right helicity and which is therefore to be regarded as particles and antiparticles. This hypothesis is a special case of a more general, according to which the gravity distinguishes between particles and antiparticles and between them acts antigravitation.

**Keywords:** *particles, antiparticles, GRT, two-signed gravity, antigravitation, photons, antiphotons.*

### References

1. Landau L.D., Lifshits E.M. *Teoreticheskaya fizika. Tom 2. Teoriya polya* [Theoretical physics. Vol. 2. Theory of Field]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 509 p. (In Russ.).
2. Zel'dovich Ya.B., Novikov I.D. *Stroenie i evolyutsiya Vselennoy* [Structure and evolution of the Universe]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 735 p. (In Russ.).
3. Gorbunov D.S., Rubakov V.A. *Vvedenie v teoriyu ranney Vselennoy. Teoriya goryachego bol'shogo vzryva* [Introduction to the theory of the early Universe. Theory of a hot Big Bang]. Moscow, LKI Publ., 2008. 552 p. (In Russ.).
4. The ALPHA Collaboration, Charman A.E. Description and first application of a new technique to measure the gravitational mass of antihydrogen. *Nature communications*, 2013, vol. 4, 1765.

5. Klimenko A.V., Klimenko V.A. Chastitsy, antichastitsy i gravitatsiya. Gravitatsionno-neytral'naya Vselennaya [Particles, antiparticles and gravitation. Gravitational neutral universe]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2013, no. 19 (310), Physics, iss. 17, pp. 89–99. (In Russ.).
6. Klimenko A.V., Klimenko V.A. Gravitationally-Neutral Universe. *Journal of Modern Physics*, 2014, vol. 5, no. 15, pp. 1524–1536. Available at: <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2014.515153>.
7. Feynman R. *Teoriya fundamental'nykh protsessov* [Theory of fundamental processes]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 199 p. (In Russ.).
8. Berestetskiy V.B., Lifshits E.M., Pitaevskiy L.P. *Relyativistskaya kvantovaya teoriya. V 2 chastyakh* [Relativistic quantum theory. In 2 parts]. Moscow, Nauka Publ., 1968. Pt. 1. 480 p.; 1971. Pt. 2. 287 p. (In Russ.).
9. Pound R.V., Rebka Jr.G.A. Gravitational Red-Shift in Nuclear Resonance. *Physical Review Letters*, 1959, no. 3, pp. 439–441.
10. 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), Physics, iss. 17, pp. 100–109. (In Russ.).
11. Klimenko A.V., Klimenko V.A. Worlds and Antiworlds. *Journal of Modern Physics*, 2014, vol. 5, no. 15, pp. 1537–1545. Available at: <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2014.515153>.
12. BICEP2 Collaboration. BICEP2. II. Experiment and Three-year Data Set. *The Astrophysical Journal*. 2014, vol. 792, no. 1, pp. 62.
13. BICEP2 Collaboration. Detection of B-mode Polarization of Degree Angular BICEP2. *Physical Review Letters*, 2014, 112, iss. 24, 241101.
14. Postnov K.A. Gipernovye i gamma-vspleski [Hyper new and gamma splashes] *Fizika* [Physics], 2004, vol. 8, no. 2, pp. 69–76. (In Russ.).

Submitted 17 September 2015