

II. Двухзнаковая гравитация. Вакуум-пространство-время.

А. В. Клименко, В. А. Клименко

Аннотация

Высказана гипотеза: между частицами и античастицами существует антитяготение и Вселенная в целом не только электро-, но и гравитационно-нейтральна. С учётом этой гипотезы показано, что есть веские основания считать, что основополагающим элементом космической среды во Вселенной является электро- и гравитационно-нейтральный физический вакуум и его свойства могут быть описаны в рамках уравнений Эйнштейна для гравитационного поля. Он является выделенным однородным идеальным нестационарным телом отсчёта вселенского масштаба, определяющим физические и геометрические свойства Вселенной. Описана одна из возможных схем экспериментального доказательства существования такого вакуума. Она основана на обнаружении анизотропии параметров частиц и античастиц, обусловленной движением солнечной системы в вакууме.

Ключевые слова: гравитация, тяготение, антитяготение, физический вакуум, частицы, античастицы, двухзнаковая гравитация.

1 Введение

В настоящей работе обсуждаются гравитационные свойства физического вакуума в рамках двух теорий гравитационного поля: общей теории относительности (ОТО) [1–3] и двухзнаковой гравитации (ДГ) [4]. Согласно первой из них, гравитация не различает частицы и античастицы, наоборот, во второй — это различие является основополагающим принципом теории [4; 5].

Искривлённое пространство-время и в ОТО и в ДГ интерпретируется как гравитационное поле [1; 3; 4]. Считается, что геометрические свойства пространства-времени неразрывно связаны с распределением двух видов материи: обычной и вакуумной. Обычная материя состоит из реальных частиц и античастиц; вакуумная — из виртуальных. В двухзнаковой гравитации предполагается, что у каждой из них есть своя античастица.

Наличие в пространстве-времени обычной материи может приводить к его искривлённости. Но и в отсутствие обычной материи, пространство-время может быть искривлённым и это и в ОТО и в ДГ рассматривается как связанное с наличием вакуумной материи.

В современной физике широко известны два вида вакуумных материй. Одна из них (физический вакуум) описывается в рамках квантовой теории поля (КТП), другая (тёмная энергия) — в рамках ОТО [7]. Естественно было бы думать, что на микроскопических масштабах эти материи — одно и то же. Но это оказывается не так. Поясним, в чем это проявляется.

Чтобы объяснить наблюдаемую динамику Вселенной в рамках ОТО, считают, что плотность тёмной энергии приблизительно 10^{-29} г/см³ [3; 7]. В тоже время физический вакуум, согласно КТП, имеет несоизмеримо большую плотность [6]. Вследствие этого, чтобы не получить противоречие предсказаний теории и наблюдений, в ОТО влияние физического вакуума на гравитацию не учитывают. Проблема включения физического вакуума КТП в теорию гравитации в рамках ОТО не имеет решения. Многочисленные попытки её решения ещё никогда не были успешными, см., например, [8; 9].

Другая ситуация с описанием вакуума в ДГ. Согласно этой теории, вакуум не только электро-, но и гравитационно-нейтрален. Такой вакуум, как и темная энергия, является одним из возможных решений уравнений ОТО. В двузнаковой гравитации предполагается, что во Вселенной реализуется не гравитационно-заряженная тёмная энергия ОТО, а гравитационно-нейтральный вакуум ДГ.

Если предполагать полное равноправие частиц и античастиц и различие знаков их энергий, то естественно считать, что на микроскопических масштабах вакуум ДГ и вакуум КТП — это одно и то же. Учёт влияния вакуума ДГ на динамику Вселенной не порождает противоречий предсказаний теории с наблюдениями. В этой и следующих статьях цикла показано, что в рамках двузнаковой гравитации, не предполагая существование тёмной энергии и тёмной материи, можно просто и убедительно описать наблюдаемую динамику Вселенной, на галактических и больших масштабах.

В настоящей работе показано, что вакуум ДГ является универсальным привилегированным телом отсчёта. Его вклад в положительную и отрицательную части полной энергии Вселенной несоизмеримо больше вкладов обычной материи и он является главной компонентой космической среды. Вакуум ДГ может сжиматься, расширяться и поляризоваться. Он является материальным носителем объекта, определяемого как вакуум-пространство-время. Пространство-время неразрывно связано с этим объектом и определяет его геометрические свойства. Согласно двузнаковой гравитации: не было бы вакуума, не было бы ни обычной материи, ни пространства-времени. Частицы и античастицы являются возбужденными состояниями вакуума, отличающиеся знаком энергии. Это проявляется в различии их гравитационных свойств и двузнаковости гравитации.

В работе обсуждается возможная схема эксперимента, имеющего целью доказательство существования вакуума ДГ.

2 Истоки идеи об универсальном теле отсчёта

Идея о существовании универсального тела отсчёта возникла ещё в эпоху создания теории электромагнитного поля.

В уравнениях Максвелла, описывающих электромагнитные процессы, содержится характерная скорость c — скорость распространения электромагнитных волн в

пустоте (скорость света). Измерения показывали, что

$$c \simeq 2,998 \cdot 10^{10} \text{ см/с.} \quad (1)$$

Возник вопрос: в какой системе отсчёта скорость света оказывается таковой и в какой среде распространяются электромагнитные волны?

Максвелл и подавляющая часть физиков конца девятнадцатого века считали, что c — это скорость распространения электромагнитных волн в некоторой гипотетической среде — в мировом светоносном эфире. Эфир рассматривался ими как некоторая безграничная универсальная среда, однородно заполняющая все пространство и существующая от $-\infty$ до $+\infty$ во времени. Они считали, что эфир выделяет среди всех систем отсчёта глобальную привилегированную систему отсчёта.

Максвелл так выражал свое представление о светоносном эфире: «Доказательства в пользу существования светоносного эфира получили прочную опору, когда были открыты новые явления света и других излучений; и свойства этой среды, выведенные на основании явлений света, оказались совершенно такими же, какие требуются для объяснения электромагнитных явлений. . . С какими бы трудностями в наших попытках выработать состоятельное представление о строении эфира ни приходилось нам сталкиваться, но несомненно, что межпланетное и межзвёздное пространства не суть пространства пустые, но занятые материальной субстанцией, или телом, самым обширным и, нужно думать, самым однородным, какое только нам известно» [10].

3 Попытки измерения скорости движения Земли в эфире

После возникновения идеи о светоносном эфире как некотором универсальном теле, однородно заполняющем Вселенную и выделяющем привилегированную глобальную систему отсчёта, возник вопрос, об определении абсолютных скоростей локальных систем отсчёта, связанных с определёнными физическими телами, относительно эфира. Обычно, для простоты, рассматривались инерциальные системы отсчёта (ИСО) связанные со свободными телами, не подверженными действию других тел и движущимися по инерции равномерно и прямолинейно.

ИСО являются идеализациями, имеющими определённые пространственно-временные протяжённости зависящие от размеров соответствующих им тел отсчёта. Кроме определения скорости движения этих тел в эфире, важным так же представлялся вопрос об экспериментальном определении скорости света в различных ИСО, в частности, связанных с Землёй.

Многочисленные попытки (Физо, Майкельсона, Миллера, Де-Ситтера и многих других) экспериментально определить скорость движения выбранной ИСО относительно светоносного эфира заканчивались неудачей. Всегда получалось, что эта скорость равна нулю и при этом скорость света $c = \text{const}$ в любых ИСО [11; 12]. Среди множества таких экспериментов наиболее известными являются проведённые Майкельсоном и Морли в восьмидесятых-девяностых годах 19-го века. Они имели целью измерить скорость движения Земли в эфире [13].

4 Гипотеза Фитцджеральда-Лоренца

Д.Ф. Фитцджеральд и Н.А. Лоренц [11; 12], для объяснения отрицательных результатов опытов, по определению скорости движения тел в эфире, предположили, что при движении любого тела относительно эфира со скоростью \vec{V} , его продольные размеры реально сокращаются согласно формуле:

$$l = l_0 \sqrt{1 - (V^2/c^2)}, \quad (2)$$

где l_0 — размер тела, покоящегося в эфире.

Гипотеза Фитцджеральда-Лоренца позволила объяснить отрицательный результат опытов Майкельсона-Морли.

Для объяснения других неудачных опытов и наблюдений, целью которых являлось определение скорости \vec{V} выбранной ИСО относительно эфира, необходимо было ещё считать, что и время t движущихся часов в эфире со скоростью \vec{V} , реально течёт медленнее, чем время t_0 , покоящихся в нем:

$$t = t_0 \sqrt{1 - (V^2/c^2)}, \quad (3)$$

Лоренц дал физическую интерпретацию сокращения масштабов и замедления времени. Он показал, что с учётом электромагнитного взаимодействия тел с эфиром оказывалось, что во всех ИСО скорость света $c = \text{const}$, а уравнения Максвелла имеют одинаковый вид [12].

5 Преобразования Лоренца

Лоренц показал, что уравнения Максвелла инвариантны относительно следующих преобразований координат и времени при переходе от ИСО K к ИСО K_0 :

$$x_0 = (x + Vt)\gamma, \quad y_0 = y, \quad z_0 = z, \quad t_0 = \left(t + \left(\frac{V}{c^2}\right)x\right)\gamma, \quad (4)$$

где $\gamma = \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{-1/2}$ — фактор Лоренца; x_0, y_0, z_0, t_0 и x, y, z, t — координаты и время в системах K_0 и K , соответственно. \vec{V} — скорость движения системы K относительно K_0 .

При записи преобразований Лоренца в виде (4), используется стандартный выбор декартовых систем координат, их ориентации, начального положения и направления скорости относительного движения. Системы координат K_0 и K с осями координат x_0, y_0, z_0 и x, y, z соответственно. В начальный момент времени оси совпадают, при этом система K движется в положительном направлении по оси x_0 со скоростью \vec{V} .

Используя преобразования Лоренца, можно показать справедливость формул, описывающих сокращение линейных масштабов и замедление времени, см., например [14].

6 Специальная теория относительности

Считается, что правильную интерпретацию физического смысла преобразований Лоренца дал Эйнштейн в созданной им специальной теории относительности (СТО) [15]. Он исходил из следующих предположений (постулатов):

- Все ИСО эквивалентны при описании любых физических законов. Ни одна из них ни чем не лучше, чем другая.
- Скорость света в пустоте одна и та же во всех ИСО и не зависит от движения излучателя и приёмника.
- Он также предполагал, что во всех ИСО пространство-время является однородным, и вследствие этого преобразования Лоренца должны быть линейными.

С учётом этих предположений, Эйнштейн получил преобразования Лоренца. Он показал, что не только пространственные, но и временные соотношения в различных ИСО являются понятиями относительными. Например, два пространственно разнесённые одновременные события в одной ИСО, вовсе не являются одновременными в другой ИСО. Эйнштейн, как считается, дал правильное объяснение физического смысла преобразований Лоренца, свободное от предположения о существовании эфира, с которым может быть связана привилегированная ИСО.

7 Различие точек зрения Лоренца и Эйнштейна

Лоренц считал, что среди всех ИСО существует глобальная выделенная система отсчёта K_0 , связанная с однородным безграничным эфиром. Сокращение масштабов и замедление времени он интерпретировал как реально происходящие и связанные с взаимодействием тел с эфиром.

Эйнштейн считал, что все ИСО эквивалентны и нет универсального тела отсчёта, относительно которого можно определять абсолютное движение других тел. Преобразования Лоренца он рассматривал как чисто кинематические.

подавляющая часть физиков считает, что нет никаких экспериментальных указаний на существование универсального тела отсчёта, с которым можно связать привилегированную ИСО. Гипотеза Лоренца об эфире воспринимается как ошибочная. Утверждается: зачем вводить дополнительную сущность, если движение относительно неё экспериментально невозможно наблюдать. При этом обычно ссылаются на отрицательные результаты многочисленных опытов, в которых делались попытки доказать зависимость скорости света от выбора ИСО, а также определить их абсолютную скорость движения в эфире.

Эйнштейн, уже после создания ОТО, считал, что если и существует универсальное тело отсчёта, то его физические свойства одинаковы во всех ИСО и определить скорость их движения относительно этого тела невозможно. Он отмечал следующее [16]: «Резюмируя, можно сказать, что общая теория относительности наделяет пространство физическими свойствами, таким образом, в этом смысле эфир существует. Согласно ОТО, пространство немислимо без эфира; действительно, в таком пространстве не только было бы невозможно распространение света, но и не могли бы существовать масштабы и часы и не было бы никаких пространственно-временных расстояний в физическом смысле слова. Однако этот эфир нельзя представить себе состоящим из прослеживаемых во времени частей; таким свойством обладает только весома материя; точно также к нему нельзя применить понятие движения».

Сейчас понятно, что Эйнштейн неявно предполагал, что эфиром является тёмная энергия, описываемая Λ -членом уравнений ОТО. Её свойства во всех инерциальных системах отсчёта одинаковы. Эта гипотеза теоретически допустима, но как показано

в настоящей статье, возможна и другая альтернативная точка зрения на эфир. Согласно ей им является электро и гравитационно-нейтральный эфир, описываемый, как и тёмная энергия, в рамках ОТО. Он однороден во всех ИСО, но изотропен лишь в одной из них, которая является выделенной. Нарушение изотропии свойств такого эфира тем больше, чем с большей скоростью движется в нем лабораторная система отсчёта. Это может быть обнаружено в наблюдениях и экспериментах. Считается, что таким эфиром является вакуум ДГ. Эта точка зрения обсуждается в настоящей работе.

8 Реликтовое излучение, как универсальное тело отсчёта

Экспериментально доказано, что во всех ИСО скорость света одна и та же. Но означает ли это, что все ИСО совершенно равноправны? Полагаем, что нет! Приведём аргумент в пользу идеи о существовании универсального тела отсчёта, однородно заполняющего Вселенную, которое, в окрестности любой её точки, изотропно лишь в одной ИСО, а во всех других ИСО, оставаясь однородным, оно анизотропно. При этом его анизотропия тем больше, чем с большей скоростью выбранная локальная ИСО движется относительно этого глобального универсального тела.

Наблюдения показывают, что Вселенная однородно заполнена электромагнитным реликтовым излучением. Оно, с высокой точностью, является чернотельным, имеющим температуру $T \approx 2,725\text{K}$ [17]. Доказано, что в окрестности каждой точки Вселенной существует единственная локальная ИСО (K_0), в которой реликтовое излучение не только однородно, но и изотропно. Во всякой другой ИСО (K), движущейся относительно K_0 со скоростью \vec{V} , реликтовое излучение, оставаясь однородным является анизотропным. Степень анизотропии тем больше, чем больше величина скорости \vec{V} .

Измерена скорость Солнечной системы относительно реликтового излучения. Она оказалась приблизительно равной 390км/с и направлена на созвездие Девы. Чётко наблюдается дипольная компонента анизотропии температуры реликтового излучения, связанная с движением Солнечной системы. Температура реликтового излучения в направлении созвездия Девы приблизительно на $0,13\%$ больше, а в противоположном направлении меньше, чем среднее её значение на небесной сфере в системе отсчёта связанной с Солнечной системой.

Реликтовое излучение позволяет ввести привилегированную систему отсчёта и в принципе определять абсолютное движение любых тел относительно неё. Эта система отсчёта совпадает с космологической системой отсчёта относительно которой Вселенная однородна и изотропна.

9 Гипотеза о вакууме как универсальном теле отсчёта

В силу малой плотности энергии реликтового излучения в современной Вселенной, выявить изменение его параметров, обусловленное движением измерительных приборов в реликтовом излучении, достаточно сложно.

Поставим вопрос: нет ли в природе другой универсальной однородной среды, влияние которой на движущиеся тела при определённых и легко реализуемых условиях проявляется более явно, чем влияние реликтового излучения, и от которого невозможно заэкранироваться?

Гипотетически считаем, что таким телом отсчёта является физический вакуум квантовой теории. При этом основываемся на следующих соображениях. Вакуум содержит огромное количество вакуумных частиц и античастиц, постоянно рождающихся и уничтожающихся. В современной Вселенной их на много-много порядков больше, чем реальных частиц и античастиц. Обычная материя является лишь «мелкой рябью» в безграничном однородном океане физического вакуума.

Реальные частицы и античастицы являются возбуждёнными состояниями вакуума: частицы — состояниями с положительной энергией, а античастицы — состояниями с отрицательной энергией. Отметим, что античастицы можно рассматривать как имеющие с частицами одинаковые инертные массы, спины и времена жизни, но отличающиеся от них знаками всех зарядовых чисел электрического, лептонного, барионного, а согласно ДГ, ещё и знаком гравитационного заряда — грависпина [5].

Вакуум ДГ однородно заполняет Вселенную, является идеальной средой, невозмущённым («нулевым») состоянием космической среды. В нем содержится подавляющая часть положительной и отрицательной энергий космической среды во Вселенной, хотя полная его энергия равна нулю. От него невозможно заэкранироваться и его нельзя исключить. Он является квантовым объектом, материальным носителем пространства-времени и, как мы полагаем, естественным кандидатом на универсальное привилегированное тело отсчёта.

10 Физический вакуум — основополагающий элемент космической среды

С учётом идеи о различии знаков энергии у частиц и античастиц, приведём качественную оценку параметров физического вакуума. Для простоты предположим, что он состоит из непрерывно рождающихся и уничтожающихся виртуальных электрон-позитронных пар. Цель оценки: показать, что не обычная, а вакуумная материя является главной компонентой космической среды.

Квантовые эффекты в рассматриваемом вакууме проявляются на пространственно-временных масштабах:

$$l \lesssim l_{\hbar} = \hbar/mc, \quad t \lesssim t_{\hbar} = \hbar/mc^2, \quad (5)$$

где \hbar — постоянная Планка, m — масса электрона, c — скорость света.

$$l_{\hbar} \approx 3,87 \cdot 10^{-11} \text{ см}, \quad t_{\hbar} \approx 1,3 \cdot 10^{-21} \text{ с}. \quad (6)$$

Концентрация электрон-позитронных вакуумных пар:

$$n_{\hbar} \simeq l_{\hbar}^{-3} = (\hbar/mc)^{-3} \simeq 10^{31} \text{ 1/см}^3. \quad (7)$$

Соответствующие плотности тяжёлых масс электронных и позитронных вакуумных материй:

$$\rho_+ = mn_{\hbar} \simeq 10^3 \text{ г/см}^3, \quad \rho_- = -mn_{\hbar} \simeq -10^3 \text{ г/см}^3. \quad (8)$$

Они значительно больше, чем средняя плотность ρ масс обычной материи в современной Вселенной ($\rho \leq 10^{-30}$ г/см³) [3; 7].

Если вместо электрон-позитронных пар в оценках использовать протон-антипротонные пары, то вклад вакуума в положительные и отрицательные плотности энергии космической среды возрастет ещё приблизительно на двенадцать порядков. При этом соответствующие параметры вакуума:

$$\rho_+ \simeq 10^{15} \text{ г/см}^3, \quad \rho_- \simeq -10^{15} \text{ г/см}^3 \quad (9)$$

и они проявляются на масштабах:

$$l_h \lesssim 10^{-14} \text{ см}, \quad t_h \lesssim 10^{-24} \text{ с}. \quad (10)$$

Предполагаем, что приведённые оценки качественно отражают то, что может быть строго получено в рамках релятивистской квантовой теории. Учитывая это, в двузнаковой гравитации считается, что в физическом вакууме содержится подавляющая часть энергий частиц и античастиц космической среды во Вселенной и именно он является её главной и основополагающей компонентой.

11 Вакуум как идеальная однородная среда

Гипотетически предполагаем, что вакуум, как и реликтовое излучение, является идеальной однородной безграничной средой.

Тензор энергии-импульса для идеальных сред в ИСО имеет вид [14]:

$$T_{\mu\nu} = (\varepsilon + P)U_\mu U_\nu - P\delta_{\mu\nu}, \quad (11)$$

где ε — плотность энергии, P — давление, а U_μ — четыре скорость этих сред.

Считаем, что в окрестности каждой точки пространства существует локальная ИСО K_0 относительно которой вакуум и реликтовое излучение, как сплошные среды, покоятся: $U_\mu = (1, 0, 0, 0)$ и они однородны и изотропны. В этой системе нет потоков энергии и импульса, а давление удовлетворяет закону Паскаля. В системе K_0 :

$$T_{ik} = \begin{pmatrix} \varepsilon & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P \end{pmatrix} \quad (12)$$

12 Гипотеза об анизотропии вакуума

Найдём условие, при котором в ИСО K , движущейся относительно ИСО K_0 со скоростью \vec{V} , вакуум, оставаясь однородным, не будет изотропным. Запишем лоренцевские преобразования для тензора энергии-импульса вакуума:

$$\begin{aligned} T_{00} = \varepsilon &= \frac{\varepsilon + \beta^2 P}{1 - \beta^2}, \quad T_{0x} = \frac{\beta(\varepsilon + P)}{1 - \beta^2}, \quad T_{xx} = \frac{P + \beta^2 \varepsilon}{1 - \beta^2}, \\ T_{yy} = T_{zz} &= P = P_0, \quad T_{0y} = T_{0z} = T_{xy} = T_{xz} = T_{yz} = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Видно, что $T_{\mu\nu(K)} = T_{\mu\nu(K_0)}$ лишь при выполнении условия:

$$P_0 = -\varepsilon_0. \quad (14)$$

Доказывалась ли выполнимость условия (14) для реального вакуума? Полагаем, что нет. Если это условие для него не выполняется, то в любой ИСО K , движущейся относительно ИСО K_0 , существует поток энергии вакуума $T_{0x} \neq 0$ и его продольное давление P_{\parallel} не равно поперечному P_{\perp} . Это означает, что в системе K вакуум оставаясь однородным не является изотропным. По наблюдаемой анизотропии вакуума можно судить о величине и направлении скорости движения системы K относительно K_0 .

Считаем возможным ставить и решать задачу экспериментального определения анизотропии параметров вакуума при переходе из ИСО K_0 в ИСО K . Полагаем, что эта анизотропия должна проявляться в анизотропии параметров реальных частиц и античастиц, являющихся возмущёнными состояниями вакуума. Важным аргументом в поддержку разумности такой точки зрения является наблюдаемая анизотропия реликтового излучения, являющегося частным случаем возбужденного состояния вакуума.

Для реликтового излучения $P_0 = \frac{1}{3}\varepsilon_0$ и условие (14) не выполняется. При переходе из K_0 в K нарушается его изотропия. В системе K_0 в реликтовом излучении нет потока энергии и давление P_0 изотропно. В системе K , движущейся относительно K_0 , со скоростью \vec{V} в реликтовом излучении существует поток энергии, продольное и поперечное (по отношению к направлению скорости \vec{V}) давления не равны друг другу. В системе K существует дипольная компонента анизотропии температуры реликтового излучения. Она тем больше, чем больше скорость \vec{V} с которой система K движется относительно системы K_0 .

13 Однородные эйнштейновские вакуумы

Кроме физического вакуума, описываемого в рамках квантовой теории поля (КТП), существуют ещё так называемые эйнштейновские вакуумы описываемые в рамках ОТО. В настоящей работе рассматриваются однородные эйнштейновские вакуумы — решения уравнений ОТО для однородных безграничных пространств в которых нет обычной материи.

Для вакуума уравнения ОТО и ДГ совпадают, поэтому в этих теориях одинаковыми являются решения описывающие однородные эйнштейновские вакуумы. В то же время, в них принципиально различаются интерпретации этих решений, а в связи с этим и представления о роли каждого из них в описании наблюдаемой динамики Вселенной.

В ДГ основополагающим элементом теории является универсальное тело отсчёта — вакуум. Согласно этой теории, все что происходит во Вселенной на космологических масштабах связано с изменением физико-геометрических параметров этого тела. Описывая геометрию однородных эйнштейновских вакуумов удобно их трёхмерные пространства рассматривать как однородные изотропные безграничные трёхмерные поверхности в фиктивном четырёхмерном евклидовом пространстве, (см., например, [14, гл.14]).

Возможны три типа таких однородных изотропных гиперповерхностей. Им соответствуют различные значения некоторого параметра k , который может принимать значения $-1; 0; +1$. На рис. 1 изображены двумерные аналоги этих гиперповерхностей.

Геометрия трёхмерных гиперповерхностей однородных эйнштейновских вакуумов

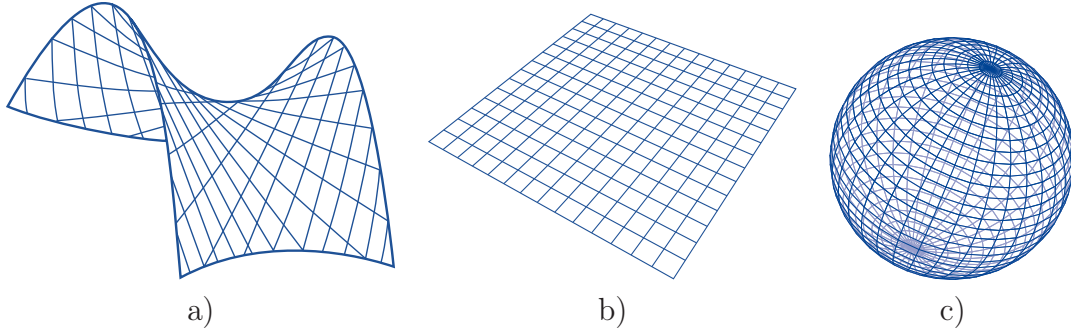


Рис. 1: Схематичное изображение однородных поверхностей а) отрицательной $k = -1$, б) нулевой $k = 0$ и в) положительной $k = +1$ кривизны.

определяется кривизной и радиусом кривизны. Их определение и пояснение приведено на рис. 2

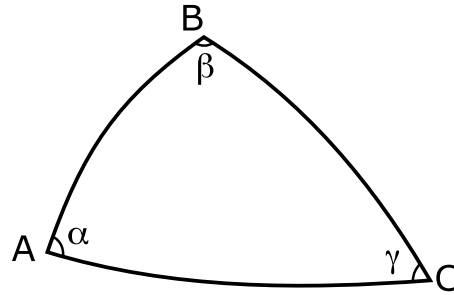


Рис. 2: Пояснение смысла геометрических параметров однородных эйнштейновских вакуумов; AB, BC, AC - геодезические. $\Sigma = \alpha + \beta + \gamma$; S - площадь треугольника ABC . Кривизна R_3 по определению: $R_3 = (\Sigma - \pi)/S = 3k/a^2$, a - радиус кривизны. При $k = 0$, $\Sigma = \pi$; $k = +1$, $\Sigma > \pi$; $k = -1$, $\Sigma < \pi$.

14 Уравнения А.А. Фридмана для эйнштейновских вакуумов

В ОТО и ДГ уравнениями, описывающими изменение во времени радиуса кривизны $a(t)$ однородных эйнштейновских вакуумов являются уравнения А.А. Фридмана. Они имеет вид (см., например [4, гл. 19]):

$$3 \left(\frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{kc^2}{a^2} \right) = \Lambda c^2, \quad (15)$$

$$2 \frac{\ddot{a}}{a} + \frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{kc^2}{a^2} = \Lambda c^2, \quad (16)$$

где Λ — космологическая постоянная, определяющая неустранимую и постоянную кривизну четырёхмерного пространства-времени R_4 , $R_4 = -4\Lambda$; c — скорость света, $k = -1, 0, 1$.

Существует семь типов решений этих уравнений. Схематическое изображение этих решений приведено на рис. 3

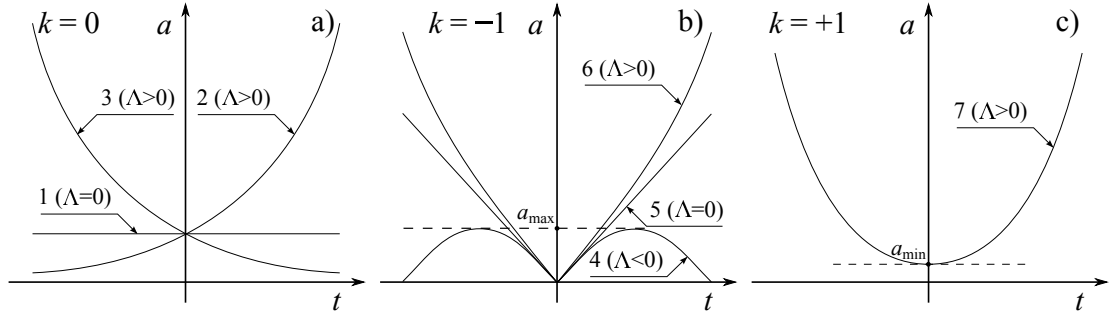


Рис. 3: Схематическое изображение графиков, определяющих динамику а) плоских ($k = 0$); б) псевдосферических ($k = -1$); в) сферических ($k = +1$) трёхмерных пространств.

Эти решения описывают: 1 — стационарный истинно пустой вакуум ($\Lambda = 0$); 2, 3, 6, 7 — инфляционные решения и обратные им ($\Lambda > 0$); 4 — осциллирующий вакуум ($\Lambda < 0$); 5 — равномерно расширяющийся (сжимающийся) вакуум ($\Lambda = 0$) Подробности о решениях, описывающих эйнштейновские вакуумы см. в [4, гл. 19].

15 Однородные эйнштейновские вакуумы и реальность

Рассматривая вакуум-пространство-время, как материальное тело, считаем, что инфляционные экспоненциально неограниченно растущие решения 2, 3, 6, 7 должны быть отброшены как физически неразумные. Решение 1, описывающие абсолютно пустой вакуум, также следует опустить, поскольку оно не описывает наблюдаемую нестационарность Вселенной.

Теоретически допустимыми для описания динамики Вселенной нам представляются решения 4 и 5.

Замечание Есть основания предполагать, что в будущей квантовой теории гравитации в решениях 4, 5 сингулярность $a \rightarrow 0$, при $t \rightarrow 0$ будет отсутствовать. Следует ожидать, что эти решения в окрестности малых значений a имеют вид:

$$a(t) = (a_{\min}^2 + c^2 t^2)^{1/2}, \quad (17)$$

где a_{\min} — масштаб, на котором с огромной скоростью происходят процессы рождения/уничтожения частиц/античастиц. Этот масштаб не связан со значением гравитационной постоянной G , которая в уравнения для вакуума не входит. Предполагаем, что $a_{\min} \approx \hbar/mc \sim 10^{-11}$ см. Это тот масштаб, на котором с огромной скоростью идут процессы рождения и уничтожения вакуумных электрон-позитронных пар и эйнштейновский вакуум переходит в вакуум квантовой теории.

16 Вакуумные формы материи

Уравнения А. А. Фридмана (15), (16) для эйнштейновских вакуумов можно записать в виде уравнений описывающих однородную изотропную Вселенную заполненную

материей:

$$3 \left(\frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{0 \cdot c^2}{a^2} \right) = \frac{8\pi G}{c^2} (\varepsilon_N + \varepsilon_\Lambda), \quad (18)$$

$$2 \frac{\ddot{a}}{a} + \frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{0 \cdot c^2}{a^2} = -\frac{8\pi G}{c^2} (P_N + P_\Lambda). \quad (19)$$

При таком описании, однородные эйнштейновские вакуумы — это плоские безграничные трёхмерные пространства заполненные двумя видами вакуумной материи [4, гл. 20]. Этими материями являются:

тёмная энергия, параметры которой:

$$\varepsilon_\Lambda = \frac{c^4 \Lambda}{8\pi G}, \quad P_\Lambda = -\varepsilon_\Lambda, \quad (20)$$

и гравитационно-нейтральная вакуумная материя. Для этой материи:

$$\varepsilon_N = \frac{3c^4}{8\pi G} \frac{1}{a^2}, \quad P_N = -\frac{1}{3}\varepsilon_N, \quad (21)$$

Плотность тёмной энергии ε_Λ определяется значением космологической постоянной Λ , а плотность энергии гравитационно-нейтральной вакуумной материи ε_N — текущим значением масштабного фактора (часто определяемого как радиус кривизны) $a(t)$.

Физические свойства вакуумных материй однозначно связаны с геометрией пространства-времени. Параметры тёмной энергии определяются скалярной кривизной четырёхмерного пространства-времени R_4 ($\Lambda = -\frac{1}{4}R_4$), а гравитационно-нейтральной вакуумной материи — кривизной трёхмерного пространства $R_3 = -\frac{3}{a^2}$ [4, гл. 19].

17 Гравитационно-нейтральная вакуумная материя

В двузнаковой гравитации считается, что реальный вакуум является не только электро-, но и гравитационно-нейтральным, а его параметры определяются формулами (21). Далее этот вакуум, для краткости, называем вакуумом ДГ.

Гравитационная нейтральность вакуума ДГ на космологических масштабах следует из уравнений для гравитационного поля. Согласно этим уравнениям, космологическое ускорение с которым происходит движение однородной изотропной безграничной космической среды, плотность энергии которой ε , а давление ρ , определяется уравнением [3; 4]:

$$\ddot{a} = -\frac{4}{3}\pi G \frac{a}{c^2} (\varepsilon + 3P), \quad (22)$$

Поскольку для вакуума ДГ величина $\varepsilon_N + 3P_N = 0$, то он не создаёт ускоренного движения космической среды и потому является гравитационно-нейтральным.

Для тёмной энергии величина $\varepsilon_\Lambda + 3P_\Lambda \neq 0$ и вследствие этого она не является гравитационно-нейтральной средой. Предполагая гравитационную нейтральность вакуума, в двузнаковой гравитации считается, что космологическая постоянная Λ равна нулю и космическая среда не содержит тёмной энергии.

Для вакуума ДГ условие (14) не выполняется и поэтому его свойства в различных локально-инерциальных системах отсчёта отличаются. В двузнаковой гравитации не считается, что физический вакуум должен иметь одинаковые свойства во всех системах отсчёта. В этой теории, вакуум ДГ выделяет привилегированную систему

отсчёта — ту, в которой он является не только однородным, но и изотропным. Считается, что этой системой является сопутствующая система отсчёта, используемая при записи космологических уравнений Фридмана.

Наличие в ОТО и двузнаковой гравитации таких компонент космической среды, как реликтовое излучение и гравитационно-нейтральная вакуумная материя, выделяющих привилегированные системы отсчёта, не нарушает релятивистской инвариантности этих теорий. основополагающие уравнения этих теорий записаны в ковариантной форме и имеют одинаковый вид .

Предельный переход вакуума ДГ в физический вакуум квантовой теории поля можно установить, если предполагать, что в этих теориях частицы проявляют себя, как состояния с положительной энергией, а античастицы, как состояния с отрицательной энергией, между ними имеет место полное равноправие, их гравитационные свойства являются противоположными .

Это предположение является основополагающим в двузнаковой гравитации. Принятие его в квантовой теории поля означает выбор самого простого и красивого её варианта, в котором вакуум не только электро-, но и гравитационно нейтрален.

18 Анизотропия вакуума ДГ

Реликтовое излучение и вакуумная материя ДГ, однородно заполняя Вселенную, выделяют в нём привилегированную систему отсчёта. Идея о возможности существования такой системы отсчёта обсуждалась Эйнштейном [16]. Он считал, что логически допустим эфир, выделяющий привилегированную локально-инерциальную систему отсчёта, но ему казалось, что существование такого эфира маловероятно. Он полагал, что эфир ОТО должен иметь одинаковые свойства во всех локально-инерциальных системах отсчёта. Фактически он связывал этот эфир с тёмной энергией. Возможность существования эфира, обладающего иными физическими свойствами, чем описываемого Λ -членом, Эйнштейн не рассматривал.

Вакуум ДГ является электро- и гравитационно-нейтральным. Он, в окрестности любой точки Вселенной выделяет привилегированную локально-инерциальную систему отсчёта K_0 и лишь в этой системе отсчёта он однороден и изотропен. Во всякой другой инерциальной системе K , движущейся относительно K_0 , вакуум ДГ оставаясь однородным не является изотропным. Выскажем соображения по поводу того, как можно экспериментально обнаружить анизотропию вакуума ДГ.

В ДГ предполагается, что частицы и античастицы являются возбуждёнными состояниями вакуума. Считается, что значения параметров, определяющих физические свойства этих возмущений, реально зависят от скорости их движения в нём.

При наличии в окрестности любой точки вакуума привилегированной системы K_0 , естественно предполагать, что такие фундаментальные величины, как масса покоя и время жизни частиц и античастиц, которые в современной физике считаются универсальными константами во всех локально-инерциальных системах K , в реальности таковыми не являются.

Аналогичные утверждения могут быть высказаны и по поводу других физических величин. Например сокращение длин масштабов и замедление темпа хода часов следует рассматривать не как кинематические эффекты, а как динамические, обусловленные влиянием вакуума на движущиеся в нём масштабы и часы.

Согласно излагаемой здесь точке зрения, должна наблюдаться зависимость пара-

метров частиц и античастиц, длин масштабов, темпа хода часов не только от скорости их движения \vec{u} в лабораторной системе K , но и от скорости движения \vec{V} этой системы относительно вакуума. Формулы, определяющие эти зависимости в системе K , кроме аргумента u^2 , должны содержать аргументы $(\vec{u}\vec{V})$ и V^2 . Должна наблюдаться анизотропия параметров частиц — их зависимость от направления движения частиц по отношению к направлению скорости \vec{V} .

Рассмотрим эти утверждения более подробно. Пусть K_0 — система отсчёта, в которой вакуум покоится, а система K движется относительно K_0 со скоростью \vec{V} ; \vec{u} — скорость движения частицы относительно системы K , а \vec{w} — скорость этой же частицы, но относительно системы K_0 .

Для простоты считаем, что скорость \vec{V} направлена вдоль оси OX системы K_0 , связанной с вакуумом. Считается, что оси OY и OZ систем K_0 и K совпадают. Учитывая закон сложения скоростей в СТО, находим зависимость \vec{w} от \vec{u} и \vec{V} . Она имеет вид [14, § 5]

$$w_x = \frac{u_x + V}{1 + \frac{\vec{u}\vec{V}}{c^2}}, w_y = \frac{u_y \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}{1 + \frac{\vec{u}\vec{V}}{c^2}}, w_z = \frac{u_z \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}{1 + \frac{\vec{u}\vec{V}}{c^2}}. \quad (23)$$

В СТО нет привилегированной системы отсчёта K_0 . Формально это означает, что скорость \vec{V} полагается равной нулю. При этом $\vec{w} = \vec{u}$ и формулы, определяющие зависимость массы m и времени жизни τ в системе K , имеют вид

$$m(u^2) = m_0 \cdot \gamma(u^2), \tau(u^2) = \tau_0 \cdot \gamma(u^2), \quad (24)$$

где m_0 и τ_0 значения m и τ при $u = 0$; $\gamma = (1 - u^2/c^2)^{-1/2}$ — фактор Лоренца.

Если гипотеза о привилегированной системе отсчёта K_0 , связанной с вакуумом, является правильной, а значения параметров частиц и античастиц определяются скоростью их движения в вакууме, то в реальности в системе K должны наблюдаться не значения $m(u^2)$ и $\tau(u^2)$, а $m(w^2)$ и $\tau(w^2)$. Учитывая формулы (23) и (24), запишем $m(w^2)$ и $\tau(w^2)$ в виде:

$$m(\vec{u}, \vec{V}) = m_0 \left(1 + \frac{\vec{u}\vec{V}}{c^2}\right) \Gamma(u^2, V^2), \tau(\vec{u}, \vec{V}) = \tau_0 \left(1 + \frac{\vec{u}\vec{V}}{c^2}\right) \Gamma(u^2, V^2). \quad (25)$$

где величина

$$\Gamma(u^2, V^2) = \left[\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) \right]^{-\frac{1}{2}} = \gamma(u^2)\gamma(V^2), \quad (26)$$

называемая далее фактором K_2 , равна произведению факторов Лоренца $\gamma(u^2)$ и $\gamma(V^2)$.

Из этих формул видно, что масса покоя и время жизни частиц и античастиц в системах отсчёта K , движущихся относительно K_0 с различной скоростью, отличаются. Кроме того, в системах K должна наблюдаться анизотропия массы и времени жизни частиц и античастиц. Величины этих параметров зависят не только от u^2 , но и от V^2 и $(\vec{u} \cdot \vec{V})$.

Приведём оценку величины ожидаемого эффекта. Для простоты будем считать, что $u_y = u_z = 0$. В этом случае, при одном и том же значении u , возможны два значения для скорости \vec{w} :

$$w_1 = \frac{V + u}{1 + \frac{uV}{c^2}} \text{ и } w_2 = \frac{V - u}{1 - \frac{uV}{c^2}}. \quad (27)$$

Скорость w_1 соответствует случаю, когда частица движется вдоль \vec{V} , а скорость w_2 имеет место, когда \vec{u} и \vec{V} антипараллельны.

В этих двух предельных случаях экспериментально измеряемые массы частиц и времена их жизни, зависящие, как мы полагаем, от скорости движения частицы относительно вакуума должны иметь значения:

$$m(w_1^2) = m_0 \cdot \gamma(w_1^2), \tau(w_1^2) = \tau_0 \cdot \gamma(w_1^2) \quad (28)$$

— в первом случае и

$$m(w_2^2) = m_0 \cdot \gamma(w_2^2), \tau(w_2^2) = \tau_0 \cdot \gamma(w_2^2) \quad (29)$$

— во втором случае. Если наблюдения выявят различия этих случаев, то это будет веским аргументом в пользу правильности гипотезы о существовании привилегированной системы отсчёта связанной с вакуумом и его влиянии на параметры частиц и античастиц.

Степень анизотропии массы и времени жизни частиц (их дипольная компонента), обусловленная движением лабораторной системы K относительно вакуума со скоростью V , определяется формулами:

$$\frac{\Delta m}{\bar{m}} = \frac{\Delta \tau}{\bar{\tau}} = 2 \frac{V}{c}, \quad (30)$$

где $\Delta m = m(w_1^2) - m(w_2^2)$, $\Delta \tau = \tau(w_1^2) - \tau(w_2^2)$, $\bar{m} = m_0 \Gamma(u^2, V^2)$, $\bar{\tau} = \tau_0 \Gamma(u^2, V^2)$.

Как видно из (30) эффект анизотропии наиболее сильно должен проявляться для релятивистских частиц, у которых скорость $u \approx c$. Для них

$$\frac{\Delta m}{\bar{m}} = \frac{\Delta \tau}{\bar{\tau}} \cong 0,26\%. \quad (31)$$

Естественно думать, что привилегированные системы отсчёта, связанные с реликтовым излучением и вакуумом, совпадают. Учитывая это, полагаем, что земные лаборатории, в которых обычно и изучаются зависимости $m(\vec{u}, \vec{V})$ и $\tau(\vec{u}, \vec{V})$, движутся со скоростями приблизительно 390 км/с в направлении созвездия Девы.

Подставляя в (31) $V = 390$ км/с, находим ожидаемое значение дипольной компоненты анизотропии массы и времени жизни релятивистских частиц/античастиц, обусловленной движением Солнечной системы в вакууме:

$$\frac{\Delta m}{2\bar{m}} = \frac{\Delta \tau}{2\bar{\tau}} \approx 0,13\% \quad (32)$$

Релятивистские поправки столь малой величины могут быть измерены, но для этого необходимы специальные исследования. По-видимому, целенаправленно их никто не искал.

Отметим, что надёжно доказано существование дипольной компоненты анизотропии температуры T реликтового излучения $\Delta T/2T \simeq 0,13\%$ [17] и оно совпадает с ожидаемым значением (32) дипольной компоненты анизотропии параметров релятивистских массовых частиц. Это совпадение не кажется случайным. В обоих случаях рассматривается анизотропия параметров ультрарелятивистских частиц в лабораториях связанных с солнечной системой.

Экспериментальное доказательство существования анизотропии параметров массовых частиц и античастиц в земных лабораториях обусловленной их движением

в вакууме является одной из важнейших задач современной физики. Пока явно в наблюдениях анизотропия параметров частиц и античастиц в земных лабораториях не проявлялась. Полагаем, что это связано с её малостью в условиях реальных экспериментов.

Отличие параметров частиц/античастиц в различных инерциальных системах отсчёта, а также и их анизотропия должны быть значительными в системах отсчёта, движущихся в вакууме со скоростями, соизмеримыми со скоростью света. Например, если

$$V = \frac{1}{2}c, u = c, \text{ то } w_1 = \frac{4}{5}c, w_2 = 0.$$

При этом

$$\frac{\Delta m}{2\bar{m}} = \frac{\Delta \tau}{2\bar{\tau}} \approx 25\%$$

19 Об экспериментальной проверке анизотропии вакуума

В настоящее время проводить исследования, находясь в лабораториях, движущихся в вакууме со скоростями, соизмеримыми со скоростью света, не представляется возможным. Поэтому рассмотрим реальный случай проведения исследований анизотропии вакуума в лабораториях связанных с солнечной системой и предположительно, движущихся относительно вакуума в направлении созвездия Девы со скоростью приблизительно 390 км/сек.

Один из возможных способов доказательства существования анизотропии вакуума в этих лабораториях может быть следующим. Предлагаем измерить и сравнить периоды полураспада в трёх группах однопородных нестабильных частиц, например, μ -мюонов.

Первая группа частиц состоит из медленно движущихся в лабораторной системе K частиц. Они движутся относительно вакуума со скоростью V . Для них период полураспада

$$\tau(V^2) = \tau_0 \gamma(V^2), \quad (33)$$

где τ_0 период полураспада частиц, покоящихся в космологической фридмановской системе отсчёта.

Вторая группа состоит из частиц, движущихся в лабораторной системе K с большой скоростью u в направлении созвездия Девы. Их скорость относительно вакуума равна w_1 , см.(27). Для них период полураспада

$$\tau_1 = \tau_1(w_1^2) = \tau_0 \left(1 + \frac{uV}{c^2}\right) \gamma(V^2) \gamma(u^2), \quad (34)$$

Третья группа состоит из быстро движущихся частиц в системе K со скоростью u в направлении противоположном направлению на созвездие Девы. Их скорость относительно вакуума равна w_2 , см.(27). Для частиц этой группы период полураспада

$$\tau_2 = \tau_2(w_2^2) = \tau_0 \left(1 - \frac{uV}{c^2}\right) \gamma(V^2) \gamma(u^2), \quad (35)$$

В предлагаемом исследовании анизотропию времени жизни частиц, обусловленную движением системы К в нем со скоростью V целесообразно определять формулой:

$$\frac{\Delta\tau}{2\tau(V^2)} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{2\tau(V^2)} = \frac{uV}{c^2}\gamma(u^2), \quad (36)$$

Определяемую таким образом анизотропию, будем называть показателем анизотропии. Очевидно, что показатель анизотропии будет в $\gamma(u^2)$ раз больше, чем в случае когда величина анизотропии определяется формулой (31), в которой $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2$ сравнивается не с $\tau(V^2) \approx \tau_0$, а с $\bar{\tau} = (\tau_1 + \tau_2)/2 \approx \tau_0\gamma(u^2)$.

Формулу (36) для релятивистских частиц, предполагая, что $V \simeq 390$ км/сек, можно записать в виде:

$$\frac{\Delta\tau}{2\tau} = 0,13\gamma(u^2)\%, \quad (37)$$

Отсюда видно, что показатель анизотропия времени жизни частиц, для которых $\gamma(u^2) \gg 1$, если она в реальности существует, может быть значительной, порядка и более одного процента.

Замечание. Проводя лабораторные исследования анизотропии времени жизни частиц, используя формулу (36), необходимо учитывать изменение в течении суток и года, величины $(\vec{u} \cdot \vec{V})$ в условиях реальных экспериментов.

20 Заключение

Гипотеза об электро- и гравитационно-нейтральном вакууме, как главной и определяющей компоненте космической среды, лежит в основе двузнаковой гравитации. Считается, что частицы и античастицы являются возмущёнными состояниями вакуума отличающимися знаком энергии. Показано, что вакуум ДГ выделяет привилегированную систему отсчёта и она совпадает с фридмановской космологической системой отсчёта. Есть веские основания предполагать, что в системах отсчета, движущихся в вакууме ДГ, должна наблюдаться анизотропия параметров частиц и античастиц. Если наличие этой анизотропия в земных лабораториях будет установлено, то это явится чётким указанием на правильность идеи о зависимости параметров частиц и античастиц от скорости их движения не относительно Земли, а относительно вакуума. Это будет свидетельством существования вакуума ДГ и неразрывной связи частиц/античастиц с ним.

Экспериментальное доказательство существования анизотропии параметров частиц и античастиц, например, способом схематично описанном в работе, явится важным аргументом в поддержку правильности основополагающих принципов двузнаковой гравитации.

Список литературы

1. Эйнштейн, А. Основы общей теории относительности // Собр. науч. тр. : в 4 т. Т. 1. М. : Наука, 1965.
2. Вайнберг, С. Космология / С. Вайнберг. М. : Платон, 2008.
3. Зельдович, Я. Б. Структура и эволюция Вселенной / Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. М. : Наука, 1975.
4. Клименко А.В. Двухзнаковая гравитация / А.В. Клименко, В.А. Клименко. Челябинск : изд-во Челябинского гос. университета, 2017.
5. Клименко А.В. I. Двухзнаковая гравитация. Частицы и античастицы в гравитационном поле / А.В. Клименко, В.А. Клименко. Статья размещена на сайте: Cosmoway.ru
6. Зельдович, Я. Б. Драма идей в познании природы / Я. Б. Зельдович, М. Ю. Хлопов. М. : Наука, 1988.
7. Горбунов, Д. С. Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего большого взрыва / Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков. М. : ЛКИ, 2008.
8. Зельдович, Я. Б. Космологическая постоянная и теория элементарных частиц. // УФН Т. 95, вып.1, 1968.
9. Зельдович Я. Б. Теория вакуума, быть может, решает задачу космологии. // УФН, т.133, вып.3, 1981.
10. Максвелл, Д.К. Статьи и речи // М. : Наука, 1968.
11. Паули В. Теория относительности // М. : Наука, 1983.
12. Lorentz, H.A. Proceedings of Academy of Sciences of Amsterdam, 1904.
13. Michelson, A.A. American Journal of Science, 34, 333, 1887.
14. Ландау, Л. Д. Теория Поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. М. : Наука, 1988.
15. Эйнштейн, А. К электродинамике движущегося тела // Собр. науч. тр. : в 4 т. Т. 1. М. : Наука, 1965.
16. Эйнштейн, А. Эфир и теория относительности // Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 1. М. : Наука, 1965
17. Смут, Дж. Анизотропия реликтового излучения. Открытие и научное знание // УФН. 2007. Т. 177, № 12. С. 1294–1317.
18. Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц / Л. Б. Окунь. М. : Наука, 1988.
19. Чернин, А. Д. Тёмная материя и всемирное антитяготение // УФН. 2008. Т. 178, № 3. С. 267–300.