

АСТРОНОМИЯ

Челябинский физико-математический журнал. 2016. Т. 1, вып. 2. С. 100–116.

УДК 524.8

ВАКУУМ И ГРАВИТАЦИЯ

А. В. Клименко^{1,a}, В. А. Клименко^{2,b}

¹ООО «ДАТЛАБ», Челябинск, Россия

²Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

^a*alklimenko@gmail.com*; ^b*waklimenko@gmail.com*

Высказана гипотеза о гравитационной поляризации вакуума. Она учитывает следующие фундаментальные положения двузнаковой гравитации: основной компонентой космической среды является вакуум, он электро- и гравитационно-нейтрален; гравитация различает частицы и античастицы. Показано, что если идея о гравитационной поляризации вакуума является правильной, то гравитация — это не только тяготение, но одновременно и отталкивание. Гипотеза о гравитационной поляризации вакуума является альтернативой гипотезе о существовании тёмной материи.

Ключевые слова: *вакуум, гравитация, двузнаковая гравитация, гравитационная поляризация вакуума, тёмная материя.*

Введение

Существуют обширные наблюдательные данные о динамике галактик и их скоплений, а также о распределении в них видимой материи: звёзд, их скоплений, газопылевых облаков, областей заполненных горячей плазмой, и многих других объектов, входящих в их состав. Считается, что динамика галактик и их скоплений главным образом зависит от гравитационного взаимодействия материи, из которой они состоят, см., например, [1; 2].

Попытки в рамках существующей теории гравитации (ОТО) объяснить наблюдаемую динамику галактик и их скоплений как обусловленную гравитационным взаимодействием лишь видимой в них материи оказались неудачными, см., например, [3–5]. Существуют две альтернативные точки зрения на решение этой проблемы. Они заключаются в следующем:

1. ОТО является правильной теорией даже на космологических масштабах, но видимая материя составляет лишь малую часть материи, реально существующей во Вселенной.
2. ОТО является ограниченной теорией, и это явно проявляется уже на масштабах галактик и их скоплений.

Дадим краткое пояснение идей, лежащих в основе этих точек зрения.

Идея о существовании тёмной материи

В современной космологии преобладающей является точка зрения, согласно которой в галактиках и их скоплениях, кроме видимой материи, в значительно больших количествах присутствует ещё и другая, невидимая материя, влияние которой заметно проявляется лишь в гравитации. Эту гипотетическую компоненту материи

обычно называют тёмной материей. Первая работа, в которой содержалось указание на возможное присутствие во Вселенной тёмной материи, относится ещё к тридцатым годам прошлого столетия, см. [6].

В дальнейшем на основе анализа наблюдательных данных, часть из которых схематично описаны в следующем разделе, в современной космологии сделан вывод о том, что в галактиках тёмной материи значительно больше, чем барионной материи [2–5]. Наблюдательные данные показывают, что распределения тёмной и барионной материи в галактиках сильно отличаются друг от друга. В центральных областях галактик, где плотность барионной компоненты космической среды на много порядков больше, чем её среднее значение во Вселенной, тёмной материи мало. В то же время на периферии галактик, где барионной материи мало, тёмная материя присутствует в больших количествах. Считается, что протяжённые области, охватывающие галактики, — их гало, в основном состоят из тёмной материи.

Из анализа наблюдательных данных о скоростях движения звёзд в галактиках, о кривых вращения галактик, о гравитационном линзировании и некоторых других был сделан вывод о том, что масса невидимой тёмной материи в галактиках и их скоплениях приблизительно в пять-шесть раз больше, чем масса видимой компоненты, содержащейся в них, см., например, [2; 3].

В рамках существующей теории объяснить, почему соотношение между количеством видимой и невидимой материи в галактиках, а предположительно и во всей Вселенной, является таковым и какова взаимосвязь между ними, пока не удаётся. По существу, тёмная материя является гипотетической сущностью. Считается, что проблема объяснения её природы — одна из фундаментальных в современной физике, см., например, [4; 5].

Далее кратко опишем альтернативную идею решения этой проблемы, являющейся естественной в рамках двузнаковой гравитации.

Идея гравитационной поляризации вакуума

В двузнаковой гравитации, как и в ОТО, наблюдаемое поведение гравитационного поля на периферии галактик и их скоплений можно попытаться объяснить, вводя гипотетическую тёмную материю. В ОТО это, по-видимому, единственно возможный разумный способ интерпретации наблюдений. В двузнаковой гравитации это не так. В этой теории возможно и другое и, как мы полагаем, более простое и естественное объяснение необычного поведения гравитационного поля на галактических масштабах. Оно заключается в следующем.

Согласно двузнаковой гравитации, сгустки барионной компоненты космической среды (планеты, звёзды, галактики, скопления галактик и другие структуры) погружены в гравитационно-нейтральный вакуум, являющийся в этой теории главной компонентой космической среды, см. [7–9]. Гравитационные поля этих объектов по-разному действуют не только на реальные частицы и античастицы, но и на виртуальные. Вследствие этого, как мы предполагаем, гравитационные поля поляризуют вакуум. Результатом этого является существенное изменение этих полей. Одним из следствий поляризации вакуума является, как будет показано, значительное усиление гравитационных полей на периферии галактик и их скоплений.

Эффект изменения гравитационного поля масс, находящихся в вакууме, за счёт его гравитационной поляризации, аналогичен эффекту изменения электрического поля заряда помещённого в электро-нейтральную среду. Электрическое поле заряда поляризует эту среду, притягивая заряды противоположного знака, и отталкивает одноименные с ним заряды, см., например, [10]. Следствием этого является

существенное изменение электрического поля. Вместо электрического поля

$$\varphi = e/R \quad (1)$$

для точечного заряда e в реальности имеет место поле

$$\varphi = \frac{e}{R} \exp\left(-\frac{R}{d_e}\right), \quad (2)$$

где d_e — так называемый дебаевский радиус.

В результате электрической поляризации электро-нейтральной среды электрическим полем заряда имеет место его экранирование. Электрическое поле уменьшается. Характерный масштаб экранирования d_e — дебаевский радиус. Он определяется параметрами среды, в которую помещён электрический заряд. Уменьшение электрического поля заряда за счёт электрической поляризации среды — это следствие того, что электромагнитное взаимодействие является двузнаковым и при этом, что существенно, разноимённые электрические заряды притягиваются, а одноимённые отталкиваются.

Аналогично, но с принципиально другим результатом происходит гравитационная поляризация. Различия электрической и гравитационной поляризаций состоят в следующем:

1. Электро-нейтральных сред в природе существует огромное множество. Им соответствуют различные значения поляризационного масштаба d_e . В то же время главной гравитационно-нейтральной средой во Вселенной является физический вакуум, и он отличается универсальностью своих свойств. За исключением областей значительной концентрации обычной материи (нейтронных звёзд, возможно, чёрных дыр и других релятивистских объектов), вакуум в глобальной сопутствующей системе координат Вселенной однороден и изотропен. Вследствие этого масштаб гравитационной поляризации, обозначаемый далее как d , является в отличие от d_e универсальной константой современной Вселенной. Естественно предполагать, что масштаб d в процессе эволюции Вселенной если и меняется, то подобно её глобальному масштабу a .
2. В двузнаковой гравитации [11; 12] в отличие от электродинамики одноимённые гравитационные заряды притягиваются, а разноимённые отталкиваются. Именно это и приводит к кардинальному различию результатов гравитационной и электрической поляризаций. Вследствие гравитационной поляризации вакуума гравитационное поле частиц приобретает сложную радиальную структуру. В разд. 3 показано, что на расстояниях порядка и больших масштаба поляризации вакуума d гравитационное поле точечной массы M существенно отличается от ньютоновского поля.

Вместо ньютоновского потенциала

$$\Phi_0 = -\frac{GM}{R} \quad (3)$$

в реальности имеет место потенциал

$$\Phi = -\frac{GM}{R} \cos\left(\frac{R}{d}\right). \quad (4)$$

Считается, что вакуум является универсальной электро- и гравитационно-нейтральной квантовой средой. Параметры вакуума определяют значения параметров частиц и античастиц, являющихся его возмущёнными состояниями, а также значения и других физических констант, например скорости света. Предполагаем, что существует универсальный пространственный масштаб d , определяющий гравитационную поляризуемость вакуума.

Замечание. Чтобы не получить явного противоречия с наблюдениями, считаем, что масштаб d соизмерим с размером Галактики. По-видимому, $d \gtrsim 10 \div 30$ кПс. Учитываем, что на масштабах существенно меньших 10 кПс эффект «тёмной материи» практически незаметен, зато на масштабах больших 30 кПс он проявляется явно, см. разд. 2.

В следующем разделе описаны наблюдательные данные, в которых проявляется необычное поведение гравитационных полей на галактических масштабах. Оно в современной астрофизике истолковывается как обусловленное существованием в больших количествах на периферии галактик невидимой материи, проявляющейся лишь в гравитации. В предлагаемом нами объяснении необычное поведение гравитационных полей на галактических масштабах связано с гравитационной поляризацией вакуума.

1. Тёмная материя в наблюдениях

Равновесие скоплений галактик

Обычно движение мелких фрагментов (карликовых галактик, облаков межгалактического газа и др.) в скоплениях галактик изучается в предположении, что релаксационные процессы в галактиках и их скоплениях уже завершены и они являются гравитационно связанными структурами Вселенной [1; 2]. Использование теоремы вириала [2; 5; 13]

$$3\langle V^2 \rangle = GM/R \quad (5)$$

для многочисленных элементов, составляющих галактики и их скопления, позволяет определить их общую массу. Расчёты показывают, что с учётом измеренных характерных размеров галактик и их скоплений R_0 , а также дисперсии лучевых скоростей $\langle V^2 \rangle$ составляющих их фрагментов расчётные (вириальные) значения масс галактик и их скоплений M оказываются существенно превышающими массы реально наблюдаемого в них видимого вещества. Для объяснения этого факта обычно предполагают, что кроме видимой материи галактики и их скопления содержат значительно больше невидимой материи и она проявляет себя лишь через гравитационное влияние на движение наблюдаемых объектов [2; 3; 5].

Гравитационное линзирование

Изучается искажение изображений удалённых астрономических объектов, связанное с отклонением лучей, проходящих через локальные неоднородности гравитационного поля, созданные гравитационно связанными сгустками материи (гравитационными линзами), находящимися между наблюдателем и наблюдаемым объектом.

Результат состоит в том, что для того, чтобы объяснить наблюдаемые отклонения лучей, обычно считают, что видимое вещество гравитационных линз, на которых происходит преломление лучей, составляет лишь малую часть их массы. Для объяснения этих наблюдений предполагают наличие в гравитационных линзах невидимой материи в значительно больших количествах, чем видимой материи [4; 14; 15].

Кривые вращения галактик

Изучается движение звёзд, их скоплений, а также облаков газа, совершающих круговое движение в центральных областях галактик и на их периферии. В прибли-

жённых качественных расчётах считается, что галактики являются однородными сферическими шарами массы M_0 и радиуса R_0 . Для кругового движения объектов в этих галактиках связь между скоростью их кругового движения V и радиусом орбит R определяется формулами

$$V(R) = \sqrt{G \frac{M_0}{R_0^3}} \cdot R, \text{ при } 0 \leq R \leq R_0; \quad (6)$$

$$V(R) = \sqrt{G \frac{M_0}{R}}, \text{ при } R > R_0. \quad (7)$$

Изучение кривых вращения $V(R)$ в галактиках, которые наблюдаются как близкие к сферическим, показывает, что при $0 < R < R_0$ закон $V(R) \sim R$ выполняется, но при $R > R_0$, там, где практически отсутствует видимая материя, оказывается справедливым закон $V(R) \simeq \text{const}$, а вовсе не $V(R) \sim R^{-1/2}$, который следовало бы ожидать, см., например, [2; 5].

Чтобы объяснить наблюдаемую кривую вращения $V(R)$, обычно считают, что видимое вещество галактики погружено в сферически симметричное облако значительно большего размера, чем галактика (её гало) и оно состоит из невидимой материи, плотность которой спадает по закону $\rho_D(R) \sim R^{-2}$ (D — Dark). Почему должен быть такой закон спада плотности тёмной материи и какова её природа, остаётся загадкой.

Тёмная материя в Солнечной системе

Наблюдения за движениями видимых объектов в Солнечной системе показывают, что, по-видимому, нет никакой необходимости в предположении о наличии тёмной материи, по крайней мере в её центральной части (приблизительно до 20 а.е.). Все наблюдаемые движения в этой области можно объяснить, не предполагая её существования.

Особенности в наблюдаемом движении космических аппаратов (Пионер-10/11) на расстояниях $20 \div 60$ а.е., возможно, указывают на слабое проявление эффекта тёмной материи в Солнечной системе. Утверждать, что это именно так, пока нельзя. Это связано с отсутствием надёжных данных об условиях движения объектов на периферии Солнечной системы, см., например, [16].

Достоверно можно утверждать лишь следующее: там, где в Солнечной системе присутствует подавляющая часть её видимой массы (барионной компоненты), тёмной материи нет, а если она и есть, то её на много порядков меньше.

Тёмная материя в окрестности двойных звёзд

Наблюдательные данные показывают, что большая часть звёзд во Вселенной являются членами двойных систем. Детальное изучение динамики двойных звёзд показывает, что предполагать наличие в области их движения тёмной материи нет необходимости [17; 18].

Тёмная материя и чёрные дыры

Есть основания считать, что «обычные» чёрные дыры не могут дать существенного вклада в общую массу материи Вселенной [5; 19]. В то же время отметим, что одним из возможных кандидатов, как составляющих тёмную материю, могут быть

так называемые первичные чёрные дыры (ПЧД) [19]. Идея использовать ПЧД для объяснения природы тёмной материи представляется нам весьма интересной.

Тёмная материя внутри Галактики

Детальное исследование движения более чем 400 звёзд на расстоянии до 13 000 световых лет от Солнца показало, что для их объяснения достаточно учитывать лишь влияние вещества, которое в Галактике находится в форме звёзд, пыли и газа. На основании этих исследований авторами [20] сделан следующий вывод: «Согласно нашим вычислениям, наличие тёмной материи внутри Галактики должно было отчётливо проявиться в наших измерениях, но её там просто не оказалось».

Вывод. Наблюдения указывают, что на масштабах галактик и их скоплений имеет место значительное превышение напряжённости гравитационного поля сверх того, что следует ожидать в предположении правильности существующей теории гравитации (ОТО) и учёте наблюдаемого распределения материи. В то же время на меньших масштабах «эффект усиления» если и существует, то является слабым.

2. Поле точечной массы

Учитываем, что гравитирующие массы погружены в электро- и гравитационно-нейтральный вакуум, обладающий определёнными физическими свойствами, см. [7–9]. Считаем, что гравитационные поля масс изменяют гравитационные свойства вакуума. Происходит его поляризация, и при этом за счёт влияния вакуума гравитационные поля становятся кардинально другими.

Предполагаем, что в двузнаковой гравитации уравнение, описывающее слабые гравитационные поля, аналогично уравнению, описывающему электростатическое поле в плазме. Это уравнение для точечного заряда e , помещённого в электро-нейтральную плазму, дебаевский радиус которой d_e , имеет вид

$$\Delta\varphi = -4\pi e\delta(\vec{R}) + \varphi/d_e^2, \quad (8)$$

где $\delta(\vec{R})$ — дельта-функция Дирака, см., например, [10]. Учитывая сходство и различие в характере взаимодействия электрических и гравитационных зарядов в электродинамике и двузнаковой гравитации, аналог уравнения (8) для гравитационного заряда точечной массы M записываем в виде

$$\Delta\Phi = 4\pi GM\delta(\vec{R}) - \Phi/d^2, \quad (9)$$

где d — поляризационная длина вакуума. Рассматривая временные масштабы, много меньшие возраста Вселенной, считаем, что d является постоянной величиной.

Решение уравнения (9), удовлетворяющее при $R \rightarrow 0$ предельному переходу $\Phi \rightarrow \Phi_0$, где

$$\Phi_0 = -GM/R, \quad (10)$$

имеет вид

$$\Phi(R) = -\frac{GM}{R} \cos\left(\frac{R}{d}\right). \quad (11)$$

На рис. 1 изображены графики функций $\Phi_0(R)$ и $\Phi(R)$.

Видно, что если предлагаемая здесь идея о гравитационной поляризации вакуума является правильной, то на масштабах $R \gtrsim d$ применять закон Ньютона

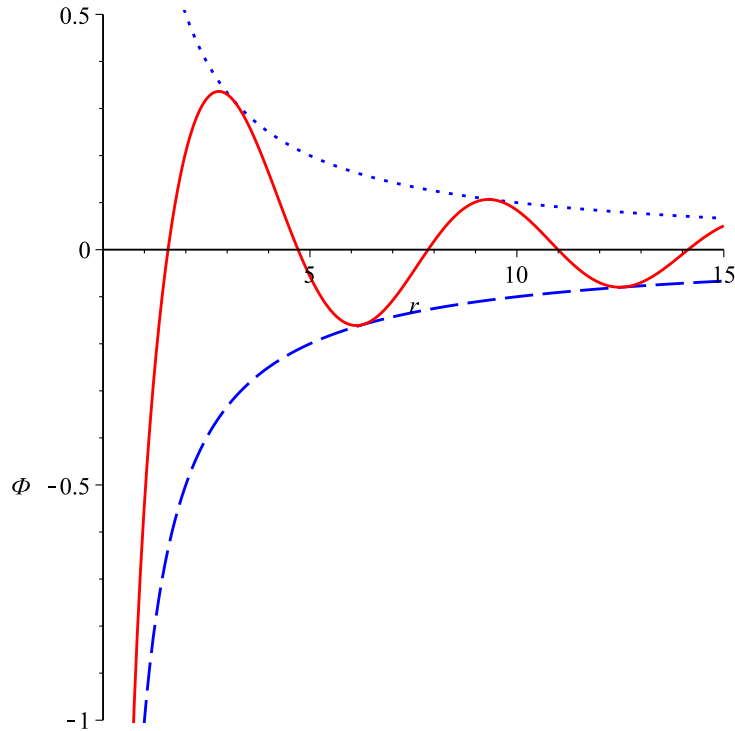


Рис. 1. Графики функций $\Phi_0(R)$ (пунктирная линия) и $\Phi(R)$ (сплошная линия)

нельзя. Это означает, что если масштаб d соизмерим с характерными размерами Галактики, то на галактических масштабах это должно проявляться в несоответствии существующей теории гравитации и наблюдений. Как показано в разд. 2, это и имеет место в реальности.

Ниже приведено решение уравнения (9) для гравитационного поля, однородного шара с учётом поляризации вакуума.

3. Поле однородного шара

Поле на оси кольца, надетого на шар радиуса R_0

Учитывая линейность уравнения (9), а также его решение для точечной массы (11), легко показать, что поле на оси кольца, надетого на поверхность шара радиуса R_0 на расстоянии R от центра шара, определяется формулой

$$\Phi_k = -\frac{2\pi GR_0\sigma}{R} \cos\left(\frac{r_1}{d}\right) dr_1, \quad (12)$$

где σ — поверхностная плотность массы кольца, а

$$r_1^2 = R_0^2 + R^2 - 2R_0R \cos \Theta. \quad (13)$$

Площадь кольца

$$S_k = 2\pi R_0^2 \sin \Theta d\Theta. \quad (14)$$

Поле сферического слоя радиуса R_0

Используя формулу (12) и производя суммирование по всем кольцам сферы радиуса R_0 , находим гравитационное поле, создаваемое ею внутри и вне её. Соответствующие формулы, описывающие распределение потенциала, имеют вид

$$\Phi_{сф}(R \leq R_0) = -\frac{4\pi GR_0\sigma d}{R} \cos \frac{R_0}{d} \sin \frac{R}{d}, \quad (15)$$

$$\Phi_{\text{сф}}(R \geq R_0) = -\frac{4\pi G R_0 \sigma d}{R} \sin \frac{R_0}{d} \cos \frac{R}{d}. \quad (16)$$

Поле сферы, описываемое этими формулами, в предельном случае $d \rightarrow \infty$ переходит в ньютоновское. В ньютоновском пределе поле внутри сферы отсутствует, а вне сферы оно такое, как поле точечной массы, равной массе сферы, помещённой в её центр.

Из (15), (16) видно, что при $R_0 \gtrsim d$ гравитационное поле сферы кардинально отличается от предсказываемого ньютоновской теорией. Например, при $R_0 = n\pi d$, где $n = 1, 2, \dots$, поле отсутствует вне сферы и сосредоточено внутри неё. В то же время при $R_0 = (n + \frac{1}{2})\pi d$ поле внутри сферы отсутствует и существует лишь вне неё.

Из (15), (16) видно, что гравитационное поле сферы с учётом влияния поляризации вакуума может быть не только полем притяжения, но и полем отталкивания.

Поле однородного шара радиуса R_0

Используя формулы (15), (16) и производя суммирование по всем сферическим слоям шара, находим гравитационное поле однородного шара внутри и вне него. Формулы, описывающие это поле для шара массы M и радиуса R_0 , с учётом влияния поляризации вакуума имеют вид

$$\bar{\Phi}(0 \leq x \leq x_0) = -\frac{3}{x_0^2} \left[(\cos x_0 + x_0 \sin x_0) \frac{\sin x}{x} - 1 \right], \quad (17)$$

$$\bar{\Phi}(x \geq x_0) = -\frac{3}{x_0^2} (\sin x_0 - x_0 \cos x_0) \frac{\cos x}{x}. \quad (18)$$

Использованы обозначения:

$$\bar{\Phi} = \Phi / (GM/R_0), \quad x_0 = R_0/d, \quad x = R/d. \quad (19)$$

В предельном случае $d \rightarrow \infty$ формулы (17), (18) приводятся к виду

$$\bar{\Phi}_0(0 \leq x \leq x_0) = -\frac{3}{2} + \frac{1}{2} \frac{x^2}{x_0^2}, \quad (20)$$

$$\bar{\Phi}_0(x \geq x_0) = -\frac{x_0}{x}. \quad (21)$$

Они описывают поле шара в ньютоновском приближении.

Если предлагаемая нами феноменологическая модель поляризации вакуума в гравитационном поле верна, то согласно формулам (17), (18) гравитационное поле однородного шара в двузнаковой гравитации кардинально отличается от соответствующего поля, рассчитываемого в ньютоновском приближении по формулам (20), (21).

Влияние гравитационной поляризации вакуума на гравитационные поля является существенным для тел, имеющих размеры R_0 , соизмеримые с масштабом поляризации d .

На рис. 2 и 3 приведены графики функций $\bar{\Phi}(x)$ и $\bar{\Phi}_0(x)$, а также их производных для некоторых характерных значений параметра x_0 . Производные взяты со знаком минус. Они описывают ускорение свободного падения пробных частиц в поле шара. Если величина ускорения $-\bar{\Phi}'$ отрицательна, то это означает притяжение частиц к центру шара, и наоборот, там, где $-\bar{\Phi}' > 0$, имеет место их отталкивание от шара.

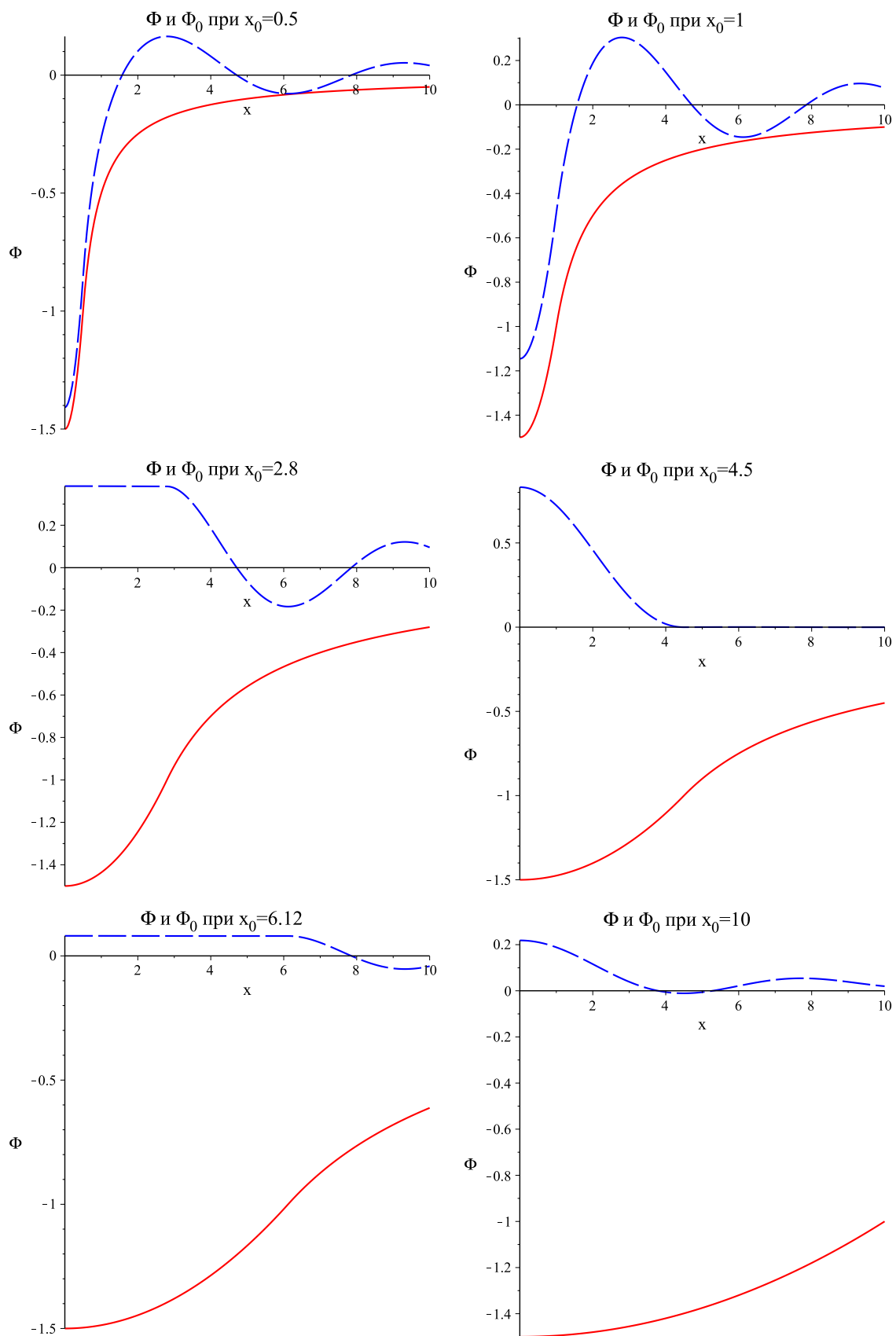


Рис. 2. Графики функций $\Phi(x)$ и $\Phi_0(x)$ для некоторых значений параметра x_0 . Пунктирные линии — графики функции $\Phi_0(x)$; сплошные линии — графики функции $\Phi(x)$

Цель размещения графиков — наглядно показать принципиальное отличие предлагаемой теории гравитации от ньютоновской.

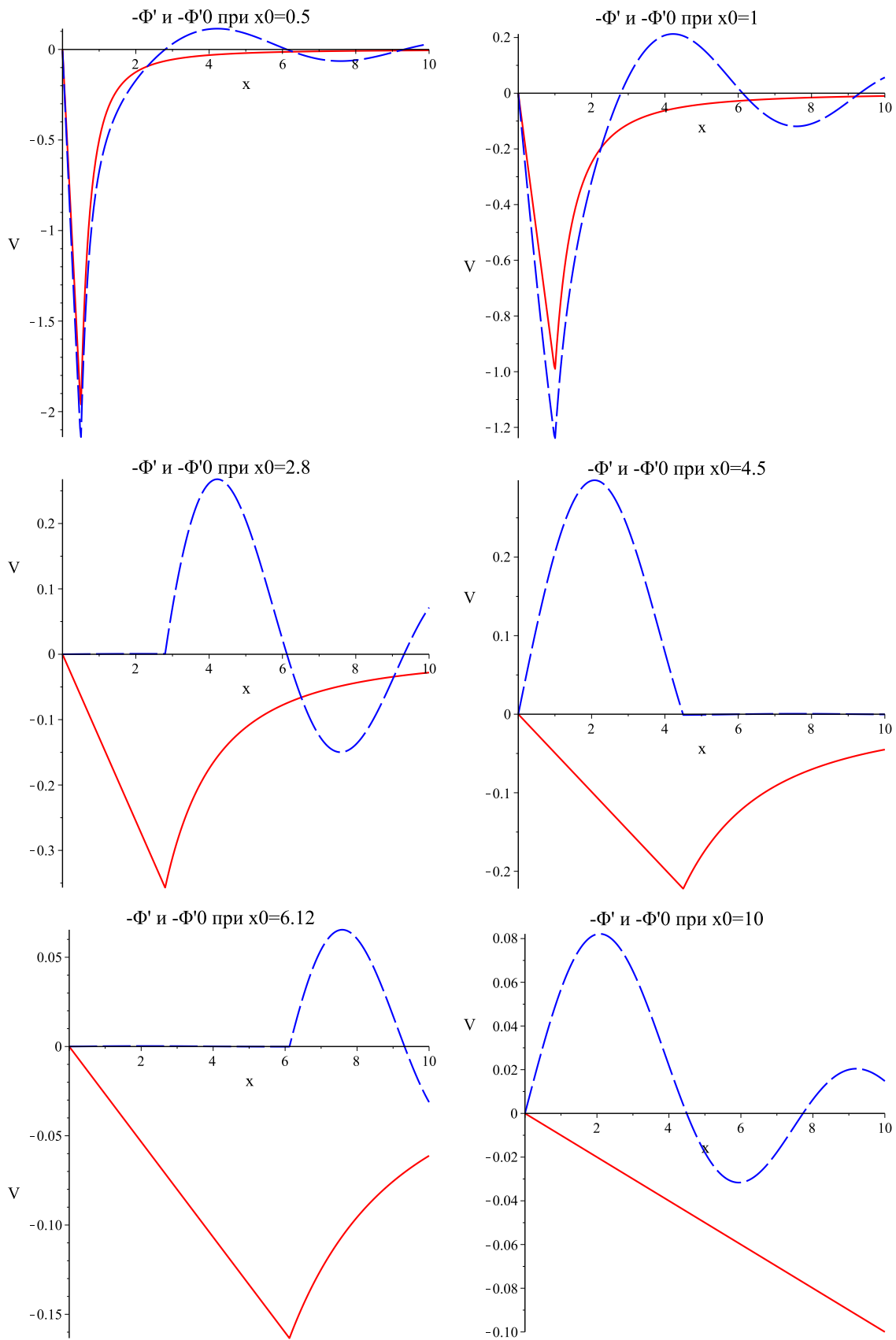


Рис. 3. Графики функций $-\bar{\Phi}'(x)$ (сплошные линии) и $-\bar{\Phi}'_0(x)$ (пунктирные линии), описывающие распределение ускорения свободного падения частиц в поле однородного шара радиуса x_0

Поле однородного шара в ньютоновской теории всегда является полем притяжения. Ускорение свободного падения во всех случаях направлено к центру шара ($-\bar{\Phi}'_0(x)$ при любых x имеет отрицательное значение). Величина этого ускорения максимальна на поверхности шара. При $x \leq x_0$ ускорение линейно растёт от нуля в центре шара до максимального значения при $x = x_0$, затем с ростом x имеет место его убывание, обратно пропорциональное квадрату расстояния до центра ($\sim x^{-2}$), см. рис. 3.

Поле однородного шара с учётом поляризации вакуума имеет более сложную радиальную структуру, чем соответствующее ньютоновское поле. Оно содержит не только потенциальные ямы, но и потенциальные бугры, см. рис. 2. Есть области, где частицы не притягиваются, а отталкиваются от шара. В этих областях производная $-\bar{\Phi}'_0(x) > 0$. В то же время существуют и области, где, как и в ньютоновской теории, $-\bar{\Phi}'_0(x) < 0$ и имеет место притяжение частиц к центру шара.

При $x_0 \lesssim 2$ гравитационное поле $\bar{\Phi}(x)$ внутри шара мало отличается от поля $\bar{\Phi}_0(x)$. Различие напряжённостей полей в этих случаях не превышает 20%. В то же время при увеличении параметра x_0 от 2 до 2.8 различие полей $\bar{\Phi}(x)$ и $\bar{\Phi}_0(x)$ становится кардинальным. При $x_0 = 2.8$ поле внутри шара, согласно предлагаемой теории, оказывается равным нулю, см. рис. 3. В области значений параметра $2.8 \lesssim x_0 \lesssim 4.5$ поле внутри шара является не полем притяжения, а полем отталкивания, см. рис. 3. При дальнейшем росте параметра x_0 до $x_0 \simeq 6.12$ поле внутри шара, за исключением его периферии, является полем отталкивания. При $x_0 \simeq 6.12$ поле внутри шара отсутствует.

Поля $\bar{\Phi}(x)$ и $\bar{\Phi}_0(x)$ существенно отличаются друг от друга внутри шара и при значениях x_0 , значительно больших чем 6.12. В отличие от ньютоновской теории, в которой при $x_0 \rightarrow \infty$ напряжённость поля на поверхности шара стремится к бесконечности, этой расходимости в предлагаемой теории нет. Согласно этой теории, при $x_0 \rightarrow \infty$ поле внутри шара обращается в ноль. Это означает, что в гравитации, учитывающей поляризацию вакуума, в отличие от ньютоновской теории использование модели однородного шара в космологии не приведёт к внутренним противоречиям.

Влияние вакуума на гравитационные поля кардинально изменяет их свойства. Они приобретают новое качество. Гравитационные поля оказываются не только полями тяготения, но одновременно и полями отталкивания.

Наличие в гравитационном поле сгустков материи областей, где частицы не притягиваются к их центрам, а отталкиваются, может быть существенным фактором в образовании структур во Вселенной. Например, согласно предлагаемой теории, сгустков материи, радиусы которых $2.8 \lesssim x_0 \lesssim 4.5$, не должно существовать, поскольку внутри них должны были бы действовать не силы притяжения, а силы отталкивания, см. рис. 3. Предлагаемая теория в отличие от ньютоновской содержит в себе не только механизм образования сгустков материи, но и механизм образования областей, из которых материя вытесняется. Можно предполагать, что галактики и их скопления — это сгустки материи, размеры которых $R_0 \lesssim 2.8d$, а характерные размеры пустот (войдов) $R_0 \gtrsim (2.8 \div 6)d$.

4. Поляризация вакуума и наблюдения

Поляризационная длина вакуума

Чтобы не получить противоречия с наблюдениями, необходимо предполагать, что масштаб поляризации вакуума d является достаточно большим. Следует считать, что он соизмерим с размерами Галактики. В этом случае можно объяснить,

почему влияние поляризации вакуума на гравитационные поля является пренебрежимо малым во внутренних областях галактик, но зато сильно проявляется на их периферии.

В разд. 4 на модельном примере показано, что влияние поляризации вакуума на гравитационное поле однородных шаров, имеющих радиус $R_0 \ll d$, при $R \leq R_0$ и $R \gtrsim R_0$ является пренебрежимо малым. В этом случае гравитационные поля внутри шаров и в их окрестности, рассчитываемые в рамках ньютоновской теории гравитации и теории гравитации, учитывающей поляризацию вакуума, практически совпадают.

В то же время влияние поляризации вакуума на гравитационные поля шаров, имеющих радиус $R_0 \gtrsim d$, приводит к сильному изменению этих полей. При $R_0 \gtrsim d$ в области $R \leq R_0$ и $R \gtrsim R_0$ поля могут кардинально отличаться от рассчитываемых в рамках ньютоновской теории. Учитывая это, можно сделать следующий вывод.

Если идея о поляризации вакуума является правильной, а масштаб поляризации соизмерим с размером типичных галактик, то есть основание считать, что ньютоновская теория тяготения на галактических масштабах не является правильной. В этом случае наблюдаемое поведение гравитационных полей на периферии галактик и их скоплений следует связать не с наличием больших количеств тёмной материи, а с сильным отличием этих полей от рассчитываемых в рамках ньютоновской теории гравитации.

О проблеме вириальной массы

Согласно ньютоновской теории гравитации, существует определённое соотношение между полной массой гравитационно связанных объектов, в частности галактик и их скоплений, и дисперсией скоростей составляющих их элементов. Это соотношение определяется теоремой вириала, см., например, [13]. Определив размер гравитационно связанного объекта и измерив дисперсию скоростей элементов в нём, можно, используя теорему вириала, вычислить его полную массу. Эту теоретически рассчитываемую массу часто называют вириальной.

Применение теоремы вириала к галактикам и их скоплениям показало, что их вириальная масса значительно (обычно в пять-шесть раз) больше, чем реально наблюдаемая. Это несоответствие ньютоновской теории и наблюдений в современной астрофизике устраняется за счёт введения в теорию гипотетической тёмной материи, см., например, [2; 3].

Решение проблемы соответствия вириальных и реально наблюдаемых масс галактик и их скоплений в рамках теории гравитации, учитывающей поляризацию вакуума, как мы предполагаем, заключается в следующем.

Необходимо учитывать, что гравитационное поле в галактиках и их скоплениях кардинально отличается от рассчитываемого в рамках ньютоновской теории тяготения. Для этих объектов теорему вириала записывать в виде (5) неправильно. Формула (5) записана для однородного шара радиуса R_0 в предположении квадратичности потенциала $\Phi_0(R)$ при $R \leq R_0$. Полагаем, что при применении этой формулы для качественной оценки вириальных масс галактик и их скоплений делаются две ошибки:

1. Модель однородного шара плохо отражает реальное распределение материи в типичных галактиках и их скоплениях.
2. Распределение гравитационного поля на галактических масштабах существенно другое, чем это следует из ньютоновской теории тяготения.

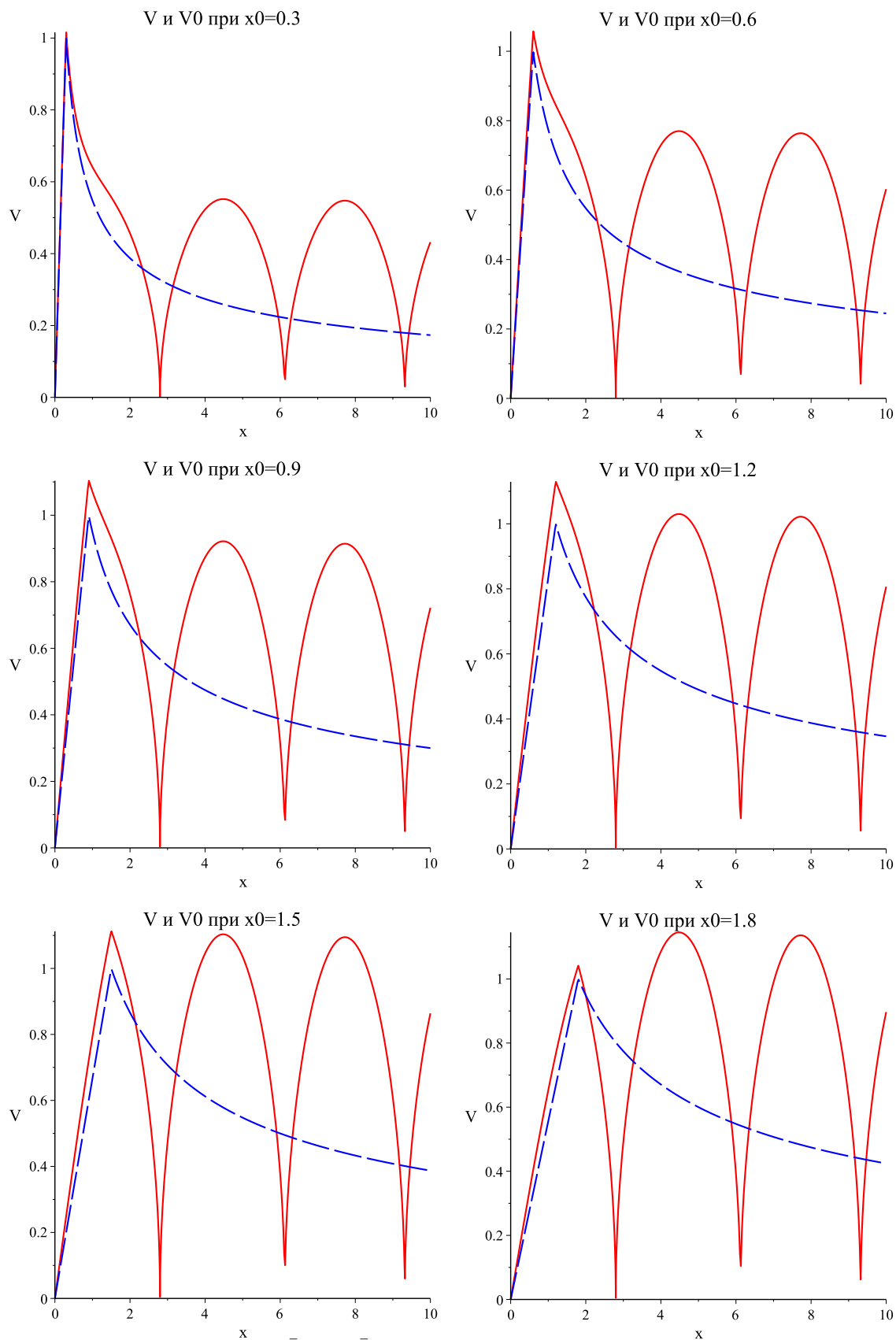


Рис. 4. Графики функций $\bar{V}(x)$ и $\bar{V}_0(x)$, определяющих кривые вращения для однородных шаров, имеющих различные значения параметра $x_0 = R_0/d$. Пунктирные линии — кривые вращения в ньютоновском приближении

Гравитационное линзирование и длина поляризации вакуума

Вследствие поляризации вакуума поля гравитационных линз существенно отличаются от рассчитываемых в рамках ньютоновской теории тяготения. Поля гра-

витационных линз на некоторых расстояниях от их центров являются полями притяжения, а на некоторых полями отталкивания. Характерный радиальный размер областей притяжения и отталкивания $\sim \pi d$, где d — поляризационная длина вакуума. Наличие в радиальной зависимости полей линз множителей вида $\cos(R/d)$ должно проявляться в наблюдениях. После прохождения через гравитационную линзу плоскопараллельного светового потока в нём должны возникать кольцевые структуры. Зная расстояние до гравитационных линз и измеряя угол, под которым видно расстояние между двумя соседними кольцами ($\approx \pi d$), можно из наблюдений определить поляризационную длину вакуума d .

О кривых вращения однородного шара

Во внутренней области шара гравитационное поле при $R_0 \sim d$ мало отличается от ньютоновского. В этой области зависимость скорости кругового движения частиц от расстояния от центра шара является линейной.

Ситуация становится принципиально другой при $R \gtrsim d$. Здесь вследствие поляризации вакуума гравитационное поле сильно отличается от ньютоновского. На рис. 4 приведены графики функции

$$\bar{V}(x) = \left(x \left| \frac{d\bar{\Phi}}{dx} \right| \right)^{1/2}, \quad (22)$$

где $\bar{V}(x) = V_\varphi(x)/V_0$, $V_0^2 = GM/R_0$, V_φ — тангенциальная скорость движения частиц в поле $\Phi(x)$ для нескольких типичных значений параметра $x_0 = R_0/d$.

Приведённые графики наглядно показывают, что при $R_0 \gtrsim d$ кривые вращения в области $R \gtrsim R_0$ кардинально отличаются от кривых, рассчитанных в рамках ньютоновской теории тяготения.

В этой статье изложена идея объяснения наблюдаемого поведения гравитационных полей на галактических масштабах, основанная на предположении о существенном влиянии на них вакуума. Эта идея является альтернативой гипотезе о существовании тёмной материи. В настоящее время проводится работа по её применению для объяснения наблюдений.

Список литературы

1. **Агемян, Т. А.** Звёзды, галактики, Метагалактика / Т. А. Агемян. — М.: Наука, 1970. — 416 с.
2. **Засов, А. В.** Общая астрофизика / А. В. Засов, К. А. Постнов. — Фрязино: Век 2, 2006. — 496 с.
3. **Зельдович, Я. Б.** Строение и эволюция Вселенной / Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. — М.: Наука, 1975. — 736 с.
4. **Горбунов, Д. С.** Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего большого взрыва / Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков. — М.: ЛКИ, 2008. — 552 с.
5. **Горбунов, Д. С.** Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория / Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков. — М.: Красанд, 2010. — 568 с.
6. **Zwicky, F.** Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln / F. Zwicky // Helvetica Physica Asta. — 1933. — Vol. 6. — P. 110–127.
7. **Клименко, А. В.** Геометрические свойства однородного изотропного вакуума / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2013. — № 19 (310). Физика. Вып. 17. — С. 66–71.

8. **Клименко, А. В.** Вакуумные формы материи / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2013. — № 19 (310). Физика. Вып. 17. — С. 72–77.
9. **Клименко, А. В.** Вакуум и анизотропия параметров частиц и античастиц / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2015. — № 22 (377). Физика. Вып. 21. — С. 155–162.
10. **Арцимович, Л. А.** Физика плазмы для физиков / Л. А. Арцимович, Р. З. Сагдеев. — М.: Атомиздат, 1970. — 317 с.
11. **Клименко, А. В.** Частицы, античастицы и гравитация. Антитяготение / А. В. Клименко, В. А. Клименко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. — 2013. — № 19 (310). Физика. Вып. 17. — С. 78–88.
12. **Klimenko, A. V.** Gravitationally-neutral Universe / A. V. Klimenko, V. A. Klimenko // J. of Modern Physics. — 2014. — Vol. 5, no. 15. — P. 1524–1536.
13. **Ландау Л. Д.** Теоретическая физика. Т. I. Механика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука, 1986. — 224 с.
14. **Черепашук, А. М.** Тесные двойные звёзды. Ч. I / А. М. Черепашук. — М.: Физматгиз, 2013. — 560 с.
15. **Черепашук, А. М.** Тесные двойные звёзды. Ч. II / А. М. Черепашук. — М.: Физматгиз, 2013. — 572 с.
16. The Strange Acceleratio of Pioneer 10 and 11 / D. Anderson [et al.] // The Planetary Report. — 2001. — Vol. XXI, no. 6.
17. Звёзды / ред.-сост. В. Г. Сурдин. — Изд. 2-е испр. и доп. — М.: Физматлит, 2009. — 428 с.
18. **Свечников, М. А.** Каталог приближённых фотометрических и абсолютных элементов затменных переменных звёзд / М. А. Свечников, Э. Ф. Кузнецова. — Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1990. — 229 с.
19. **Новиков, И. Д.** Физика чёрных дыр / И. Д. Новиков, В. П. Фролов. — М.: Наука, 1986. — 328 с.
20. Kinematical and chemical vertical structure of the Galactic thick disk Н.А. lack of the dark matter in the solar neighborhood [Электронный ресурс] / С. Moni Bidin [et al.]. — URL: [http:// arXiv:1204.3924v1](http://arXiv:1204.3924v1) (дата обращения 02.02.2016).

Поступила в редакцию 19.05.2016

После переработки 29.05.2016

Сведения об авторах

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

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

VACUUM AND GRAVITATION**A.V. Klimenko^{1,a}, V.A. Klimenko^{2,b}**¹*ООО "DATLAB", Chelyabinsk, Russia*²*Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia*^a*alklimenko@gmail.com*; ^b*klimenkova@gmail.com*

It has been hypothesized that there exists a gravitational vacuum polarization. It takes into account the fundamental principles of two-signs gravitation: the main component of the space medium is the vacuum, it is neutral in the electrical and gravitational sense, there is a difference of signs of gravitational charges of particles and anti-particles. It is shown that if the hypothesis is true, then the gravitation is not only the attractive forces, but the repulsion forces also. The hypothesis of gravitational vacuum polarization is alternative to the hypothesis on the existence of the dark matter.

Keywords: *vacuum, gravitation, two-signed gravitation, gravitational vacuum polarization, dark matter.*

References

1. **Agekyan, T.A.** *Zvyozdy, galaktiki, Metagalaktika* [Stars, galaxies, Metagalaxy]. Moscow, Nauka Publ., 1970. 416 p. (In Russ.).
2. **Zasov A.V., Postnov K.A.** *Obshchaya astrofizika* [General astrophysics]. Fryazino, Vek 2 Publ., 2006. 496 p. (In Russ.).
3. **Zel'dovich Ya.B., Novikov I.D.** *Stroyeniye i evolyutsiya Vselennoy* [The structure and the evolution of the Universe]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 736 p. (In Russ.).
4. **Gorbunov D.S., Rubakov V.A.** *Vvedeniye v teoriyu ranney Vselennoy. Teoriya goryachego bol'shogo vzryva* [Introduction into the theory of the early Universe. The theory of the Hot Big Bang]. Moscow, LKI Publ., 2008. 552 p. (In Russ.).
5. **Gorbunov D.S., Rubakov V.A.** *Vvedeniye v teoriyu ranney Vselennoy. Kosmologicheskiye vozmushcheniya. Inflyatsionnaya teoriya* [Introduction into the theory of the early Universe. Cosmological perturbations. Inflation theory]. Moscow, Krasand Publ., 2010. 568 p. (In Russ.).
6. **Zwicy F.** Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln. *Helvetica Physica Acta*, 1933, vol. 6., pp. 110–127.
7. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Geometricheskiye svoystva odnorodnogo izotropnogo vakuuma [Geometrical properties of homogeneous isotropic vacuum]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. Fizika* [Bulletin of Chelyabinsk State University. Physics], 2013, no. 19 (310), iss. 17, pp. 66–71. (In Russ.).
8. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Vakuumnnye formy materii [Vacuum forms of matter]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. Fizika* [Bulletin of Chelyabinsk State University. Physics], 2013, no. 19 (310), iss. 17, pp. 72–77. (In Russ.).
9. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Vakuum i anizotropiya parametrov chastits i antichastits [Vacuum and parameters anisotropy of particles and antiparticles]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. Fizika* [Bulletin of Chelyabinsk State University. Physics], 2015, no. 22 (377), iss. 21, pp. 155–162. (In Russ.).
10. **Artsimovich L.A., Sagdeev R.Z.** *Fizika plazmy dlya phisikov* [Plasma physics for physicists]. Moscow, Atomizdat Publ., 1970. 317 p. (In Russ.).
11. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Chastitsy, antichastitsy i gravitatsiya. Antityagoteniye [Particles, antiparticles and gravitation. Antigravitation]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. Fizika* [Bulletin of Chelyabinsk State University. Physics], 2013, no. 19 (310), iss. 17, pp. 78–88. (In Russ.).

12. **Klimenko A.V., Klimenko V.A.** Gravitationally-neutral Universe. *Journal of Modern Physics*, 2014, vol. 5, no. 15, pp. 1524–1536.
13. **Landau L.D., Lifshitz E.M.** *Teoreticheskaya fizika. T. 1. Mekhanika* [Theoretical Physics. Vol. 1. Mechanics]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 224 p. (In Russ.).
14. **Cherepashchuk A.M.** *Tesnye dvoynnye zvyozdy* [Close binary stars]. Part I. Moscow, Fizmatgiz Publ., 2013. 560 p. (In Russ.).
15. **Cherepashchuk A.M.** *Tesnye dvoynnye zvyozdy* [Close binary stars]. Part I. Moscow, Fizmatgiz Publ., 2013. 572 p. (In Russ.).
16. **Anderson D. et al.** The Strange Acceleratio of Pioneer 10 and 11. *The Planetary Peport*, 2001, vol. XXI, no. 6.
17. **Surdin V.G.** (ed.). *Zvyozdy* [Stars]. 2nd edition. Moscow, Fizmatlit Publ., 2009. 428 p. (In Russ.).
18. **Svechnikov M.A., Kuznetsova E.F.** *Katalog priblizhyonnykh fotometricheskikh i absolyutnykh elementov zatmennykh peremennykh zvyozd* [Catalog of approximate photometric and absolute elements of eclipsing variable stars]. Sverdlovsk, Ural Univisity Publ., 1990. 229 p. (In Russ.).
19. **Novikov I.D., Frolov V.P.** *Fizika chyornykh dyr* [The phisics of black holes]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 328 p. (In Russ.).
20. **Moni Bidin C. et al.** *Kinematical and chemical vertical structure of the Galactic thick disk H.A. lack of the dark matter in the solar neighborhood.* Available at: <http://arXiv:1204.3924v1>, accepted 02.02.2016.

Accepted article received 19.05.2016

Corrections received 29.05.2016