

ФИЗИЧЕСКИЙ ВАКУУМ КАК ФОРМА МАТЕРИИ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА

Аннотация. Предмет исследования – физический (космический) вакуум как материальная среда. В современном естествознании отсутствует единое представление о сущности физического вакуума: в квантовой теории поля известны вакуумные эффекты, характеризующие вакуум как материальную среду, в физике конденсированных сред вакуум рассматривается как сверхтекучая квантовая жидкость, в небесной механике, космологии и космонавтике – как пустое пространство. Задачами настоящего исследования стали 1) обобщение и систематизация данных о структуре, свойствах и эффектах вакуума, наблюдаемых в микромире и космосе, и концептуальных подходов к их объяснению; 2) анализ возникающих противоречий и поиск теоретической модели, позволяющей непротиворечиво объяснить существующие данные о физическом вакууме; 3) обоснование метода проверки правильности полученного решения. Ключевыми предпосылками работы являются представления о симметрии гравитационных взаимодействий как физической реальности, а также о единстве теории вакуума, как в физике микромира, так и в физике космоса. Для решения поставленных задач использованы общенаучные методы и приемы исследования (обобщение, анализ, синтез), методы формальной логики, гипотетико-дедуктивный метод, моделирование. В результате исследования разработана теоретическая модель, непротиворечиво объясняющая сочетание свойств физического вакуума как пустого пространства и плотной упругой среды. На основе предложенной модели исследовано влияние вакуума на движение небесных тел и дано объяснение ряду вакуумных эффектов в микромире и космосе, включая возникновения силы инерции в вакууме. Предложена схема эксперимента с использованием искусственных спутников Земли по определению влияния вакуума на движение небесных тел.

Ключевые слова: Физический вакуум, Вакуумные эффекты, Космический ветер, Смещение перигелия Меркурия, Поляризация вакуума, Сила инерции, Антигравитация, Скорость гравитации, Квантовая жидкость, Красное смещение.

Abstract. The research subject is the physical (space) vacuum as a matter. In modern science there is no common understanding of the nature of the physical vacuum. The Quantum Field Theory knows some vacuum effects that characterize vacuum as a matter. The Condensed Matter Physics considers vacuum as a quantum liquid that is characterized by superfluidity. The Celestial Mechanics, Cosmology, and Space Exploration consider vacuum as empty space. The objectives of this study are 1) compilation and systematization of data on the structure, properties and the vacuum effects observed in the microcosm and the Space, and conceptual approaches to their interpretation; 2) analysis of emerging contradictions and the search for theoretical models consistently explaining the existing data on the physical vacuum; 3) substantiation of the method of validation of the presented solution. The key prerequisites for this study are the ideas about gravitational interactions symmetry as a physical reality, about the unity of the vacuum theory both in microphysics and cosmophysics. To solve the research tasks, the author uses general scientific methods and research techniques (generalization, analysis, synthesis), the methods of formal logic, the hypothetico-deductive method, and modeling. The author designs a theoretical model, which consistently explains the combination of qualities of physical vacuum as empty space and condensed elastic medium. Based on the proposed model, the author studies the impact of vacuum on the movement of celestial bodies and explains the range of vacuum effects in microcosm and the space, including the emergence of inertia in vacuum. The author offers the experiment scheme, based on the use of artificial Earth satellites, for defining the impact of vacuum on the movement of celestial bodies.

Keywords: Speed of gravity, Anti-gravity, Inertia, Vacuum polarization, Mercury's Perihelion Shift, Space wind, Vacuum effects, Physical vacuum, Quantum fluid, Redshift.

Введение

Предметом исследования является космический вакуум (он же физический) как форма материи. Завершается шестое десятилетие активного освоения человечеством околоземного космического пространства. Но до настоящего времени в современном естествознании нет единого понимания физической сущности вакуума как среды, в которой осуществляется космическая деятельность. Специалисты в области практической космонавтики и небесной механики в своих расчётах не учитывают влияние космического вакуума на движение искусственных спутников земли и небесных тел. Фактически, космос за пределами земной атмосферы рассматривается в небесной механике, космологии и космонавтике как пустое пространство, лишённое осязаемой материи, как пустота.

Однако на уровне микромира давно известны эффекты, характеризующие вакуум как физическую среду, отличающуюся по своим свойствам от пустоты. Квантовая теория поля (КТП) понимает вакуум как основное энергетическое состояние квантованных полей, обладающих минимальной энергией, нулевым импульсом, угловым моментом, электрическим зарядом и другими физическими характеристиками. А в физике конденсированных сред (ФКС) вакуум рассматривается как квантовая жидкость, обладающая свойством сверхтекучести.

Отсутствие единства в представлениях исследователей о вакууме связано с тем, что эффекты, возникающие в микромире и космосе, существенным образом отличаются как в силу разницы в масштабе наблюдаемых объектов, так и в силу специфики используемых научных методов и средств. В микромире исследователи наблюдают малые частицы, движущиеся с очень большими скоростями, а в космосе объектом наблюдения являются большие тела, движущиеся с относительно малыми скоростями. Сложившийся на сегодняшний день научный инструментарий, успешно применяемый для исследования феноменов микромира, оказывается малоприспособленным для обнаружения схожих вакуумных эффектов в масштабе космоса.

Поэтому в настоящей работе основное внимание уделено анализу ряда явлений и процессов космического масштаба, которые недостаточно изучены и не получили удовлетворительного объяснения в рамках распространенных представлений о вакууме как пустом пространстве. В частности, речь идет о таких феноменах, как:

- проявление сил инерции в космосе;
- круговые формы планетных орбит;
- аномальные смещения перигелиев планет.

Анализ этих явлений, а также другие данные, накопленные наукой, показывают, что космический вакуум, заполняющий мировое пространство, обладает противоречивыми свойствами. С одной стороны, он, действительно, проявляет себя как пустое пространство, поскольку планеты движутся по орбитам, не испытывая заметного сопротивления космического пространства. С другой стороны, космический вакуум проявляет себя как плотная упругая среда, в которой распространяются колебания высокой частоты, включая свет.

Задачей настоящего исследования является поиск теоретической модели, позволяющей непротиворечиво объяснить имеющиеся научные данные о структуре, свойствах и эффектах вакуума, наблюдаемых в микромире и космосе.

Концептуальные подходы к проблеме физического вакуума

Попытки концептуального осмысления феномена вакуума появились еще в античности, а с XVII века началось его практическое исследование. Дальнейшая история формирования различных теоретических подходов к пониманию природы и свойств вакуума тесно связана с развитием возможностей науки и появлением новых эмпирических данных, которые могут подтвердить или

опровергнуть сложившиеся взгляды и концепции. Одной из теорий, которая не только оставила большой след в истории науки, но и в свете новых данных по-прежнему продолжает вызывать интерес ученых [1-13; и мн. др.], является так называемая «теория эфира», или «теория физического вакуума», в основе которой лежат представления о вакууме как материальной среде, обладающей особыми физическими свойствами.

В 1687 г. был издан главный труд Исаака Ньютона «Математические начала натуральной философии», в котором были сформулированы законы механики и закон всемирного тяготения. И в настоящее время теория Ньютона используется в инженерных расчётах движения различных небесных тел. Однако вне поля зрения теоретиков остались особенности гравитационного взаимодействия, которые следуют из ньютоновской теории. В этих особенностях содержится важная информация, необходимая для формирования подхода к определению физической сущности вакуума как формы материи. Речь идёт о применимости теории Ньютона в масштабах микромира и симметрии гравитационных взаимодействий. Из формулы Ньютона не следует ограничений на величину и знак силы гравитации. Из этой формулы не следует также тождественность инертной и гравитационной масс. Эмпирический факт равенства этих масс по величине не означает их полной тождественности.

Эти проблемы являются центральными в понимании структуры и свойств вакуума. Проблема гравитационной симметрии давно привлекала внимание учёных. Мир, в котором гравитационные силы являются только силами тяготения, не может быть устойчивым и, следовательно, существовать во времени. Существование отрицательных гравитационных масс серьёзно рассматривалось как решение трудностей, когда ньютоновский закон тяготения был применён к Вселенной в целом.

Эта тема рассмотрена в книге Макса Джеммера (Jammer, Max, 1915-2010) [14]. Первым, кого упоминают как обратившего внимание на такие трудности ещё в 1874 году, был Карл Нейман (Neumann, Carl, 1832-1925) [15]. После него в 1895 году та же проблема математически более строго была поставлена Хуго фон Зелигером (Seeliger, Hugo von, 1849-1924) [16]. Он показал, что интенсивность гравитации возрастает прямо пропорционально радиусу сферы. Так как применительно к масштабам Вселенной этот радиус может принимать сколь угодно большое значение, то интенсивность гравитационного поля может быть бесконечной в любой точке пространства.

Попытку преодолеть указанные трудности предпринял Август Фёппль (Föppl, August, 1854-1924) [17]. Он ввёл понятие отрицательной массы. Ещё ранее Карл Пирсон (Pearson, Karl, 1857-1936) в гидродинамическом объяснении гравитации и магнетизма говорил об отталкивающих гравитационных силах [18]. Но именно Фёппль развил логически последовательную теорию положительных и отрицательных масс по аналогии с положительными и отрицательными зарядами теории электромагнитного поля Джеймса Максвелла. В результате введения отрицательных масс как приёмников гравитационных силовых линий вышеуказанные трудности устраняются. Каждая силовая линия простирается только от источника до приёмника. Тот факт, что мы не наблюдаем взаимного отталкивания масс, может быть объяснён правдоподобным допущением, что отрицательные массы, оттолкнутые положительными массами, преобладающими в нашей области пространства, удалились на расстояния, недоступные для нашего опыта. Возможность существования тел с отрицательной гравитационной массой допускал также Эрвин Шредингер (Schrödinger, Erwin, 1887-1961) [19].

Современная физика отрицает антигравитацию как возможную физическую реальность. Принято считать, что антигравитация противоречит принципу эквивалентности инертной и гравитационной масс в общей теории относительности (ОТО). Однако этот принцип не помешал Альберту Эйнштейну ввести в обобщённые полевые уравнения ОТО так называемый космологический член. Введение этого члена на классическом языке означает наличие сил отталкивания, действующих помимо сил тяготения.

Есть и другие возражения против антигравитации, которые при их критическом анализе представляются недостаточно обоснованными. По-видимому, наиболее убедительным способом разрешить спор между сторонниками и противниками гипотезы о существовании гравитационной симметрии в природе может стать практический эксперимент, концепция которого будет представлена

ниже. Представляется, что ключом к пониманию структуры и свойств вакуума является признание феномена гравитационной симметрии как физической реальности. Аргументы в поддержку такого подхода можно обнаружить в работах классиков науки и ряда современных авторов.

Так, например, по утверждению известного философа, физика и космолога Г.К. Наана (1919-1994), следующая картина мира будет *вакуумная* [20]. Согласно Наану, существует тесная связь между картиной мира, законами сохранения и принципом симметрии. Симметрия представляет собой фундаментальное свойство природы. Ещё более важно, что симметричное устройство мира обеспечивает его устойчивость. Каждому виду симметрии соответствует свой закон сохранения. Всё в наблюдаемом мире имеет признаки определённой асимметрии, следовательно, и неустойчивости, изменчивости. Симметричным, устойчивым, сохраняющимся может быть только вакуум.

Аргументы в пользу существования гравитационной симметрии содержат и работы основателя современной физики твёрдого тела Леона Бриллюэна (Brillouin, Léon Nicolas, 1889-1969). Бриллюэн провёл сравнение теории тяготения и электростатики. Согласно его выводам, законы взаимодействия электрических зарядов и гравитационных масс (законы Кулона и Ньютона) можно представить одной общей формулой - отличие только в константе связи. Поэтому целесообразно пользоваться как положительными, так и отрицательными массами. При этом ускорение одинаково как для положительных, так и отрицательных масс в силу второго закона Ньютона [10].

Кроме того, в пионерских статьях российского физика-теоретика Г.Е. Воловика, посвященных результатам исследований эффектов симметрии в сверхтекучих жидкостях и их применению в квантовой теории поля, квантовой гравитации и космологии, изложены современные подходы, дающие шанс к возвращению на новой научной основе концепции «эфира» как формы материи, заполняющей мировое пространство, от которой физики отказались в начале XX века после появления специальной теории относительности [21-22].

Эти труды, а также многие другие научные идеи и результаты, стали основой и отправной точкой для авторских исследований в области разработки теоретической концепции физического вакуума [23].

В рамках исследования были поставлены следующие задачи:

- обобщить и систематизировать с использованием новых знаний о вакууме теоретические положения, опытные данные, идеи и результаты работ;
- проанализировать имеющиеся противоречия в подходах к пониманию природы вакуума, а также в данных о его свойствах, и разработать теоретическую концепцию, устраняющую противоречия;
- определить состав и структуру вакуума как формы материи;
- объяснить сочетание противоречивых свойств вакуума «пустоты» и плотной упругой среды;
- определить причинно-следственные связи между наблюдаемыми вакуумными эффектами в микромире, которые достаточно известны, и наблюдаемыми вакуумными эффектами в космосе,
- объяснить в рамках предлагаемой теории космические эффекты, не получившие до сих пор удовлетворительного объяснения;
- обосновать специфический эффект как следствие предлагаемой теории и способ его экспериментальной проверки.

Базовым исследовательским методом стала формальная логика, согласно которой умозаключения должны выводиться только из фактов, не допуская противоречий. А в качестве основополагающей идеи была принята причинно-следственная связь между следующими фактами: рождение в вакууме пары «частица-античастица», гравитационная нейтральность вакуума и математическая тождественность законов взаимодействия гравитационных масс и электрических зарядов, из обобщения которых следует логический вывод о существовании в природе феномена гравитационной симметрии.

Кроме того, в качестве ключевого методологического подхода был использован *принцип соответствия*. В методологии науки, а также в ряде направлений теоретической физики, сложились различные толкования этого принципа. Для целей настоящего исследования под *принципом соответствия* понимается утверждение, что между физическим объектом и его математической моделью должно быть взаимно однозначное соответствие. Это означает, что физическому объекту должны быть присущи все свойства, предсказываемые моделью, в том числе ранее не известные. Если объект этими свойствами в полной мере не обладает, то модель следует считать приближённой или ошибочной. В таких координатах отрицание гравитационной симметрии является нарушением принципа соответствия. Законы взаимодействия электрических зарядов и гравитационных масс (законы Ньютона и Кулона) математически тождественны и в равной мере обладают симметрией в части сил притяжения и отталкивания.

Универсальный закон взаимодействий

Математическая тождественность законов взаимодействия электрических зарядов и гравитационных масс позволяет описать их одной общей формулой, выражающей *универсальный закон взаимодействий*:

$$\text{Сила} = \text{константа связи} \times \frac{\text{произведение зарядов}}{(\text{расстояние})^2},$$

$$F = \chi \times \frac{(q_1 \cdot q_2)}{\ell^2}, \quad (1)$$

где F – сила, χ – константа связи, q_1 и q_2 – заряды (электрические или гравитационные), ℓ – расстояние между *полюсами*. Под *полюсами* понимаем точки, в которых приложены равнодействующие сил притяжения и отталкивания.

Гравитационную массу можно рассматривать как заряд, который может быть положительным или отрицательным. При этом инертная масса каждой из частиц и пары в целом может быть только положительной. Это утверждение следует из второго закона механики Ньютона. Отличие в применимости универсального закона взаимодействия к электрическим зарядам и гравитационным массам состоит только в величине и знаке константы связи.

В системе из двух взаимодействующих элементарных частиц каждая из них обладает гравитационной массой и электрическим зарядом, которые образуют, соответственно, электрическое и гравитационное поле. Эти поля неотделимы одно от другого. При этом силы притяжения и отталкивания электрических и гравитационных полюсов всегда направлены в противоположные стороны. Это утверждение следует из симметрии указанных законов Ньютона и Кулона и различных знаков константы связи. Элементарные частицы в общем случае нельзя рассматривать как материальные точки, в которых находятся массы и заряды. Это следует из наличия собственного момента вращения частицы (спина) и магнитного момента.

Каждая из сил взаимодействия может достигать сколь угодно большой величины, если расстояние между зарядами или массами будет стремиться к нулю. Но законы квантовой механики не допускают бесконечно больших значений величин. Следовательно, существуют пределы допустимых расстояний между гравитационными полюсами и электрическими полюсами в системе двух взаимодействующих частиц. Для пары из двух одинаковых элементарных частиц, а также частицы и подобной ей античастицы, зависимость расстояний между электрическими полюсами ℓ_q и гравитационными полюсами ℓ_m можно определить из условия равенства сил притяжения и отталкивания электрических зарядов F_q и гравитационных масс F_m :

$$F_m + F_q = 0, \quad F_m = Gm^2/\ell_m^2, \quad F_q = e^2/4\pi\epsilon_0\ell_q^2, \quad (2)$$

где G – гравитационная постоянная, m – масса частицы, ℓ_m – расстояние между гравитационными полюсами, e – электрический заряд, ϵ_0 – электрическая постоянная, ℓ_q – расстояние между электрическими полюсами. Здесь и в дальнейшем используется система СИ.

Полагаем, что в рассматриваемой системе гравитационные массы и электрические заряды сосредоточены в соответствующих полюсах. Тогда имеем одно уравнение с двумя неизвестными ℓ_q и ℓ_m . В качестве ℓ_q можно принять комптоновскую длину волны частицы λ как наименьшее значение длины в электромагнитных взаимодействиях. При равенстве сил F_m и F_q отношение ℓ_m/ℓ_q имеет вид:

$$\ell_m = \lambda \cdot m/e \cdot (\epsilon G)^{1/2}, \quad \ell_m \neq \ell_q,$$

Подставив в это выражение значение $\lambda = h/mc$, получим

$$\ell_m = h/ec \cdot (\epsilon G)^{1/2}. \quad (3)$$

Величина ℓ_m не зависит от массы частицы. Она имеет одно и то же значение для системы из двух элементарных частиц и подобных им античастиц, включая пары из двух одинаковых частиц и пары из частицы и подобной ей античастицы, которые можно условно назвать «связанными парами». Пары из двух одинаковых частиц известны в теории сверхпроводимости. Это спаренные электроны, или *куперовские пары*, которые получили название в честь американского физика Леона Купера (Cooper, Leon, род. 1930), предсказавшего их существование [24]. В логике настоящего исследования можно предположить существование связанных пар, состоящих из частицы и подобной ей античастицы, или «вакуумных пар». Это пары «электрон-позитрон» и «протон-антипротон», которые обозначим, соответственно, $\langle e^-e^+ \rangle$ и $\langle p^+p^- \rangle$.

Величина ℓ_m для связанной пары любого типа является одной и той же, так как их характеристики, входящие в выражение (3), совпадают. Подставив в это выражение значения входящих в него величин, получаем:

$$\ell_m = 1.2 \cdot 10^{-33} \text{ м.}$$

Таким образом, в рамках предлагаемого подхода получена собственная оценка для возможной *фундаментальной длины*, которая отличается, например, от планковской длины ($1.6 \cdot 10^{-35}$ м), так как вычислена из других оснований.

Структура и свойства вакуума

В КТП известен эффект рождения в вакууме пары частица-античастица, например, фотоном, обладающим достаточной энергией [25, с. 89]. Частицы пары непродолжительное время вращаются относительно общего геометрического центра, затем исчезают, испустив фотон с энергией, равной энергии поглощённого фотона. На основании этого факта полагаем, что вакуум состоит из пар частиц и античастиц, а именно, вакуумных пар «электрон-позитрон» и «протон-антипротон». При поглощении фотона происходит переход вакуумной пары из невозбуждённого и ненаблюдаемого вакуумного состояния в возбуждённое наблюдаемое состояние. После испускания фотона пара возвращается в основное невозбуждённое вакуумное состояние.

Тогда компоненты пары должны иметь не только полярные электрические заряды, но и полярные гравитационные массы. То есть вакуумные пары будут иметь нулевые значения электрического

заряда и гравитационной массы, а вакуум в целом будет электрически и гравитационно нейтральной средой.

При этом инертные массы частиц пары и пары в целом являются положительными. Это следует из второго закона механики Ньютона: частица приобретает ускорение только в направлении действующей силы, независимо от природы этой силы, что может быть только при положительном значении инертной массы. Вывод о наличии у вакуумных пар инертной массы согласуется с механикой Герца, в который он приписывал частицам мирового эфира свойства инертной материи [1].

Ещё одной важной характеристикой вакуумных пар является спин. Каждая элементарная частица имеет спин $\frac{1}{2}\hbar$ ($\hbar = h/2\pi$). Следовательно, суммарный спин вакуумной пары может быть равен 0 или 1, в зависимости от ориентации спинов частиц пары. В квантовой статистике частицы с целочисленным спином относятся к бозонам. Согласно представлениям КТП и ФКС, система, состоящая из бозонов (бозе-конденсат), в основном (невозбуждённом) состоянии обладает свойством сверхтекучести.

Квантово-механические аналогии свойств вакуума и сверхтекучего жидкого гелия позволяют объяснить сочетание несовместимых, как считалось ранее, свойств вакуума – плотной упругой среды и пустого пространства.

С учётом определённой структуры вакуума и его свойств перейдем к рассмотрению и объяснению вакуумных эффектов космосе.

Вакуум и силы инерции

Природа сил инерции до сих пор не получила четкого определения и является одной из самых дискуссионных проблем науки. Появление сил инерции в вакууме, который принято считать пустым пространством, противоречит третьему закону механики Ньютона: действие равно противодействию. Но в свете представлений о вакууме как сверхтекучей квантовой жидкостью это противоречие разрешается. На основании ранее изложенного можно сделать следующий вывод: *инертные свойства вакуума как сверхтекучей квантовой жидкости проявляются только при движении тел и частиц с переменной скоростью.*

О круговой форме планетных орбит

В ходе длительной эволюции Солнечная система пришла в устойчивое состояние, при котором основные параметры орбит планет остаются неизменными, если не считать небольшие колебания отдельных параметров относительно средних значений. Это обусловлено тем, что планеты движутся по орбитам с малыми эксцентриситетами, т.е. почти с постоянной скоростью. В таблице 1 приведены эксцентриситеты орбит планет Солнечной системы.

Таблица 1

Эксцентриситеты орбит планет Солнечной системы

Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
0.2066	0.0068	0.0167	0.093	0.0484	0.0557	0.0471	0.0087	0.247

Семь из девяти планет имеют значения эксцентриситетов меньше 0,1. Вероятность того, что почти круговая форма орбит планет является случайной, очень мала. В целях решения этой проблемы с давних пор выдвигалось множество гипотез [27-29], однако эффект не получил удовлетворительного объяснения, так как не учитывались инертные свойства космического вакуума.

Движение планет в небесной механике достаточно точно описывается в классической задаче двух тел. Полная энергия H планеты является постоянной

$$v^2 - \frac{2\mu}{r} = H, \quad (4)$$

где v – скорость, r – расстояние, μ – гравитационный параметр.

Формула (4) справедлива при движении небесного тела в пустоте. Согласно предлагаемой теории вакуума, она справедлива также при движении планеты по круговой орбите в вакууме как сверхтекучей жидкости, т.е. когда скорость v постоянная. Но при движении планеты по эллиптической орбите скорость v будет переменной, и тогда возникает сила противодействия ускоренному движению.

Возьмем антиподные точки орбиты – перигей и апогей. Радиальная составляющая ускорения Wr в этих точках определяется так:

$$Wr_{\pi} = v_{\pi}^2/r_{\pi}, \quad Wr_{\alpha} = v_{\alpha}^2/r_{\alpha}, \quad (5)$$

где индексы π и α соответствуют перигею и апогею.

Для эллиптической орбиты величина Wr_{π} имеет максимальное значение, а величина Wr_{α} – минимальное. Вследствие движения планеты с переменной скоростью возникала сила сопротивления вакуума, и происходило постепенное сжатие орбиты вдоль фокальной оси. Это движение планеты с потерей энергии происходило до тех пор, пока орбита тела не стала круговой, а скорость – постоянной.

После того, как орбиты планет стали круговыми, на их движение оказывала влияние возмущающая сила, обусловленная только возбуждённой компонентой вакуума. Влияние этой компоненты будет рассмотрено в дальнейшем. Следует иметь в виду, что кроме вакуума на движение планет оказывают влияние другие малые возмущающие силы. Наиболее существенными являются гравитационные возмущения других планет и световое давление.

Можно указать на причинно-следственную связь круговой формы планетных орбит и так называемого лэмбовского сдвига уровней энергии электрона в атоме водорода [25, с.92]. Природа лэмбовского сдвига хорошо изучена в КТП [30-32; и др.], а для целей настоящего исследования можно сделать вывод, что в этом эффекте наблюдается различное влияние вакуума на электрон при его движении по круговой и эллиптической орбите. В том и другом случае (в космосе и микромире) инертные свойства вакуума проявляются при движении с переменной скоростью.

Аномальное смещение перигелия Меркурия

Одним из космических феноменов, так и не нашедших удовлетворительного научного объяснения, является аномальное смещение перигелия Меркурия. Еще в XIX в. большинство специалистов считало, что этот эффект был связан с недостаточной точностью теории Ньютона [33-34].

Суть эффекта проявляется в том, что наблюдается небольшое отклонение в смещении долготы перигелия Меркурия от значения, которое предсказывает теория Ньютона. Этот эффект был установлен Урбеном Леверье (Le Verrier, Urbain, 1811-1877) в 1869 году. В последующем Саймон Ньюком (Newcomb, Simon, 1835-1909) определил смещения и для других планет земной группы. Предпринятые учёными попытки решить проблему в рамках ньютоновской небесной механики не дали желаемого результата.

В 1915 г. А. Эйнштейн показал, что аномальное смещение перигелия Меркурия можно объяснить, если вместо гравитационного поля Ньютона использовать поле ОТО. Однако для других планет теоретически определённые, согласно ОТО, значения не подтвердились данными измерений, на что обратил внимание сам Эйнштейн [35]. Так для Марса предсказанное ОТО значение оказалось в 6 раз меньше наблюдаемого.

Если строго следовать логическим правилам, то для выяснения истины более значимым следовало считать тот факт, что предсказанные ОТО значения смещений перигелия противоречат данным наблюдений для Марса и плохо согласуются с данными для Земли, чем согласование теоретически определённой величины с наблюдаемым значением только для Меркурия. В дальнейшем появились трудности с объяснением эффекта смещения и для Меркурия. Точные измерения, выполненные Ирвином Шапиро (Shapiro, Irwin, род. 1929) в 1976 г. [36] и Джоном Андерсоном (Anderson, John, род. 1937) в 1991 г. [37] дали следующие результаты:

43".11 ± 0".21 – Шапиро;
42".94 ± 0".2 – Андерсон.

Согласно исследованиям, выполненным Робертом Дикке (Dicke, Robert, 1916-1997) и Марком Голденбергом (Goldenberg, H. Mark), на смещение перигелия Меркурия может влиять несферичность Солнца [38]. Определённая ими минимальная величина вклада несферичности Солнца составляет 2" за столетие. Из этого следует, что с учётом данных точных измерений определённая согласно ОТО величина не согласуется с данными измерений. В связи с возникшими трудностями учёные стали разрабатывать новые теории гравитации. Но при этом, как и ранее, усилия исследователей сосредоточились на Меркурии, а Марс по-прежнему остался вне поля зрения. Однако следует отметить, что для Марса могут быть получены более надёжные результаты, чем для Меркурия, так как в этом случае влияние несферичности Солнца будет очень мало вследствие большой удалённости планеты.

Тем не менее, большинство специалистов по-прежнему считает, что теория Ньютона недостаточна точна, и её следует заменить на более точную теорию [39]. Однако когда создавались эти новые теории, уже были известны вакуумные эффекты КТП, характеризующие вакуум как материальную среду, а также новые представления о вакууме как квантовой жидкости в ФКС. В этих условиях была правомерна постановка вопроса о том, что указанный эффект обусловлен факторами, не связанными с гравитацией. Эти факторы не были известны Эйнштейну и не учитываются создателями новых теорий гравитации. К ним относятся: свойства вакуума как материальной среды и движение Солнца (вместе с планетами) в космическом пространстве.

Постановка задачи

Постановку решаемой задачи определяют следующие основные позиции.

1. Из четырёх планет земной группы только две имеют погрешности измерений, приемлемые для точных количественных оценок. Это Меркурий и Марс. Теория, претендующая на роль правильной теории, должна объяснить значения аномальных смещений для этих двух планет, а не только для Меркурия.

2. Необходимо учитывать возможное влияние на движение планет космического вакуума как среды и движение Солнца в космическом пространстве.

Метод исследования. Общие соображения.

Космический вакуум рассматривался как квантовая жидкость, состоящая из двух компонент: невозбуждённой сверхтекучей и возбуждённой, обладающей плотностью. Так как орбиты являются почти круговыми, то считаем, что движение происходит с постоянной скоростью, и влияние на движение планет оказывает только возбуждённая компонента. Её доля в единичном объёме вакуума зависит от расстояния планеты до Солнца как источника излучений, вызывающих появление возбуждённой компоненты. Возбуждённая компонента определяет эффективную плотность вакуума (ЭПВ). Таким образом, космический вакуум можно рассматривать как среду, обладающую плотностью, которую необходимо учитывать в точных расчётах.

Совместное влияние движения Солнца и наличия возбуждённой компоненты вакуума приводит к появлению возмущающей силы, получившей название *космического ветра*. Направление космического ветра в пространстве постоянное, что должно вызывать вековое возмущение параметров орбиты, не влияющих на её устойчивость. К таким параметрам, в частности, относится долгота перигелия.

Количественная оценка влияния космического ветра на вращение перигелия осуществлялась с использованием математического моделирования возмущённого движения планеты [40]. Неизвестным параметром является эффективная плотность вакуума (ЭПВ) на орбите каждой из планет. Её величина определялась для орбиты Меркурия путём решения краевой задачи с использованием величины смещения, определённой по данным наблюдений (43" за 100 лет). Затем с использованием значения ЭПВ, определённого для Меркурия, определялась ЭПВ для орбиты Марса, как функции расстояния от Солнца. Таким образом, результаты расчёта смещения для Марса с полученной для его орбиты ЭПВ можно рассматривать как тест на проверку правильности предлагаемой теории.

Исходные данные и система уравнений движения планет

В таблице 2 даны параметры орбит Меркурия и Марса и их физические характеристики, использованные в расчётах.

Таблица 2

Параметры орбит Меркурия и Марса и физические характеристики планет*

Планета	<i>A</i>	<i>T</i>	ϵ	<i>i</i>	Ω	φ	<i>R</i>	<i>m</i>
Меркурий	0.387	87.97	0.207	7°0'13"	47°44'16"	76°40'32"	0.38	0.053
Марс	1.524	686.98	0.093	1°51'00"	49°10'25"	335°58'19"	0.53	0.107

*) Обозначения: *a* – большая полуось орбиты в астрономических единицах; *T* – период обращения планеты в сутках; ϵ – эксцентриситет орбиты; *i* – наклонение; Ω – долгота восходящего узла; φ – долгота перигелия; *R* – радиус планеты в радиусах Земли; *m* – масса в массах Земли.

Ускорение, создаваемое космическим ветром как возмущающей силой, определяется по используемой в аэродинамике формуле:

$$W_c = -0.5C_x \rho_r S / m \cdot v_c^2, \tag{6}$$

где C_x – коэффициент лобового сопротивления, ρ_r – ЭПВ на орбите планеты, *S* – миделево сечение, *m* – масса, v_c – скорость движения Солнца.

Величина ρ_r определялась по формуле:

$$\rho_r = \rho_0 (r_0 / r)^2, \tag{7}$$

где ρ_0 – эффективная плотность вакуума при $r_0 = 1$ а.е.

Скорость движения Солнца: $v_c = 400$ км/с. Направление движения: прямое восхождение $\alpha = 11.6^\circ$; склонение $\delta = -12^\circ$ [28].

Система уравнений движения планеты с учётом влияния указанных возмущающих факторов приведена в [40].

Результаты расчётов

Вычисленное значение аномального смещения долготы перигелия Марса составило $7.6''$ за столетие, что хорошо согласуется с наблюдаемым значением $(8.0 \pm 3.7)''$ за столетие (Ньюком С., 1898 [41]). Напомним, что ОТО даёт для Марса расчётное значение $1.35''$ за столетие [35].

Об экспериментальной проверке существования феномена антигравитации*Постановка задачи*

Частицы и античастицы рождаются и исчезают только парами. Поэтому полагаем, что антиматерия должна быть распространена во Вселенной так же, как и обычная материя. Поскольку атомы и молекулы в основном состоянии имеют нулевой электрический заряд, то естественным механизмом разделения вещества и антивещества во Вселенной может быть антигравитация. Отдельные объекты с отрицательной гравитационной массой на фотографиях не должны отличаться от обычных объектов с положительной гравитационной массой, так как исходящие от них фотоны обладают одинаковой инертной массой. Поскольку при наблюдении объектов во Вселенной мы имеем дело с фотонами, то для решения проблемы экспериментального обнаружения антигравитации необходимо, прежде всего, определить, чем отличаются фотоны, исходящие от тел с положительной гравитационной массой, от фотонов, исходящих от тел отрицательной гравитационной массой.

Идея эксперимента

Согласно предлагаемой теории, указанное отличие состоит в следующем: фотоны, исходящие от тел с полярными гравитационными массами, также обладают полярными гравитационными массами. Следовательно, они должны отклоняться в противоположные стороны в гравитационном поле. В измерении этого эффекта состоит идея экспериментальной проверки антигравитации. Измерения отклонений фотонов можно определять двумя методами: 1) измерение отклонений фотонов, исходящих от астрономических объектов, обладающих признаками отрицательной гравитационной массы (измерение так называемых аномальных отклонений фотонов); 2) измерение отклонений фотонов, образующихся при столкновении частиц и античастиц (так называемых аннигиляционных фотонов).

В настоящее время существуют необходимые средства для проведения указанных экспериментов. Первый метод предусматривает проведение измерений, аналогично тому, как они проводились ранее во время солнечных затмений. Использование космической техники и современной аппаратуры позволит получить более надёжные и точные результаты, чем были получены ранее. Второй метод предполагает измерять смещение частоты фотонов в гравитационном поле Земли с использованием метода точной спектроскопии на основе эффекта Мёссбауэра.

Об использовании полученных ранее результатов измерений

Особый интерес представляют результаты уже выполненных измерений, при которых были обнаружены аномальные отклонения фотонов. Измерения отклонений лучей света (эффекта Эйнштейна) с целью проверки предсказаний ОТО, проводились, начиная с 1907 г. Однако эффект не был определен с необходимой для фундаментальной теории точностью. Критический анализ результатов полученных измерений был сделан академиком С.И. Вавиловым [42, с. 84].

В целях данного исследования следует обратить внимание на расхождение наблюдаемого и вычисленного значения отклонений в одной из групп звезд, причём самой многочисленной (18 звёзд). Наблюдаемое значение имеет знак «-», а вычисленное знак «+» [42, с. 84]. На классическом языке это означает, что для данной группы звезд наблюдается не притяжение фотонов гравитационным полем Солнца, а *отталкивание*. Если данные измерений отражают физическую реальность, то это означает, что фотоны, исходящие от указанной группы звезд, имеют *отрицательную гравитационную массу (как и сам объект)* по отношению к массе Солнца. Разумеется, по данному единичному факту нельзя

делать определённые выводы. Но именно такие факты, не укладывающиеся в рамки существующей системы взглядов, представляют интерес и должны быть основанием для проведения специальных исследований. В настоящее время возможно осуществить точные измерения отклонений фотонов с использованием космической техники и современной аппаратуры.

Влияние вакуума на движение искусственных спутников Земли

Для искусственных спутников Земли (ИСЗ) величина ускорения W_c , обусловленная космическим ветром, будет значительно выше, чем для планет (на несколько порядков). Это определяется, прежде всего, величиной S/m в формуле (6). Сила, вызывающая вековое смещение перигея орбиты спутника, может быть обнаружена экспериментально. Для этого необходимо: во-первых, выбрать такую схему эксперимента, которая позволила бы отделить гравитационные возмущения от возмущений, создаваемых поверхностными силами; во-вторых, сила сопротивления вакуума должна быть надёжно выделена среди других поверхностных сил. В настоящее время накоплен достаточный научно-технический задел, который можно использовать при подготовке эксперимента по определению сопротивления вакуума при движении ИСЗ. Прежде всего, следует отметить эксперименты со спутниками, свободными от сноса [43].

Гравитационные возмущения могут быть скомпенсированы путем простого технического решения. Если на одну орбиту вывести два спутника на небольшом расстоянии один от другого, то влияние этих возмущений на движение каждого из спутников будет одинаковым, а их относительное движение будет зависеть только от сил негравитационной природы. Главным условием «чистоты» эксперимента является обеспечение высокой точности движения спутников после отделения по одной орбите на небольшом начальном расстоянии друг от друга (начальная относительная скорость двух спутников должна быть равна нулю).

Эта проблема имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Особенно это важно для спутников, которые длительное время должны находиться над определённым районом на поверхности Земли. Наибольшее возмущающее влияние вакуума проявляется при использовании ИСЗ на сильно вытянутых эллиптических орбитах.

С использованием ИСЗ можно проверить связь сил инерции со свойствами вакуума как инертной материи, как это предсказывал Герц. Для этого нужно два спутника вывести на орбиты с одним и тем же периодом обращения, но различными эксцентриситетами: один спутник выводится на круговую орбиту, другой – на сильно вытянутую эллиптическую орбиту. Этот эксперимент должен дать результат, аналогичный лэмбовскому сдвигу уровней энергии в атоме водорода, т.е. показать, что вакуум как сверхтекучая квантовая жидкость реагирует на ускоренное движение небесного тела подобно тому, как и на ускоренное движение электрона в атоме водорода.

Заключение

Результаты выполненных исследований позволяют дать следующее определение физического вакуума:

Вакуум физический (он же космический) – форма существования материи, более устойчивая и распространённая в природе, чем вещество. Представляет собой квантовую жидкость, состоящую из двух компонент: невозбуждённой, обладающей свойством сверхтекучести, и возбуждённой, обладающей свойствами, присущими обычным жидкостям, включая вязкость. Вакуум состоит из частиц и античастиц, образующих вакуумные пары «электрон-позитрон» и «протон-антипротон». Вакуумные пары имеют нулевые значения электрического заряда и гравитационной массы, но положительную инертную массу и целочисленный спин (0 или 1). Лабораторным аналогом вакуума как квантовой жидкости является жидкий гелий, испытывающий переход в сверхтекучее состояние при температуре ниже 2.2° К. Центральное место в теории вакуума занимает гравитационная симметрия, которая следует из

гравитационной нейтральности вакуума и математической тождественности законов взаимодействия гравитационных масс и электрических зарядов (законы Ньютона и Кулона). Свойства вакуума как материальной среды проявляются в вакуумных эффектах, наблюдаемых в микромире и космосе. В частности, инертные свойства вакуума в основном (невозбуждённом) состоянии проявляются только при движении тел и частиц с переменной скоростью.

Разработанная теория вакуума исходит из гипотезы о существовании гравитационной симметрии как физической реальности.

Такой подход позволяет:

- 1) дать обоснование структуры и свойств вакуума как формы материи;
- 2) объяснить сочетание противоречивых свойств вакуума как «пустоты» и плотной упругой среды;
- 3) определить причинно-следственные связи между наблюдаемыми вакуумными эффектами в микромире и в космосе,

Предлагаемая теория разрешает существующее в теоретической механике противоречие между появлением силы инерции в вакууме и третьим законом механики Ньютона. Она также даёт объяснение в рамках классической небесной механики следующих вакуумных эффектов в космосе:

- круговых форм планетных орбит;
- аномального смещения перигелия Меркурия (и других планет).

В качестве специфического эффекта, который можно рассматривать как экспериментальное подтверждение антигравитации, можно использовать измерения отклонений фотонов, исходящих от объектов с признаками антигравитации в гравитационном поле Солнца. Согласно теории такие фотоны, исходящие от объектов с полярными гравитационными массами должны отклоняться в гравитационном поле в противоположных направлениях.

Возвращение на новой научной базе к представлениям о вакууме как о форме материи позволяет создать теорию, в рамках которой могут быть непротиворечиво объяснены многие новые данные и ранее известные эффекты, которые не нашли удовлетворительного объяснения в современной физике и естествознании в целом.

Библиография

1. Герц Г. Принципы механики, изложенные в новой связи / Серия «Классики науки». – М.: Издательство АН СССР, 1959. – 386 с.
2. Dirac P. A. M. A Theory of Electrons and Protons // Proceedings of Royal Society Lond. A. 1930. Vol. 126. Issue 801. P. 360–365.
3. Дирак П.А.М. Лекции по квантовой теории поля. М.: Мир, 1971.
4. Дирак П.А.М. Пути физики. М.: Энергоатомиздат, 1983.
5. Максвелл Д.К. Статьи и речи. М.: Наука, 1968.
6. Weinberg S. Conceptual foundations of the unified theory of weak and electromagnetic interactions // Reviews of Modern Physics. 1980. Vol. 52. №3. P. 515-523.
7. Wheeler J.A. Beyond the End of Time, in Black Holes, Gravitational Waves and Cosmology, 1974.
8. Фейнман Р. Развитие пространственно-временной трактовки квантовой электродинамики // Успехи физической науки. 1967. Т. 91. Вып. 1. С. 29-48.
9. Сахаров А.Д. Вакуумные квантовые флуктуации в искривленном пространстве и теория гравитации // Доклады Академии наук СССР. 1967. Т. 177. №1. С.70-71.
10. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. Пер. с англ. – М.: Мир, 1972. – 143 с.
11. Misner C., Thorne K., Wheeler J. Gravitation. San Francisco, W.H. Freeman, 1973. P. 426—428.
12. Зельдович Я.Б. Теория вакуума, быть может, решает проблему космологии // Успехи физических наук. 1981. Т. 133. Вып.3. С. 479-503.
13. Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Наука, 1987. – 160 с.

14. Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике. Пер. с англ. – М., «Прогресс», 1967.
15. Neumann C.G. Über die den Kräften electrodynamischen Ursprungs zuzuschreiben den Elementargeetze // Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1874. Vol. 10 (6). P. 417-524
16. Seeliger H. Über das Newton'sche Gravitations-Gesetz // Astronomische Nachrichten. 1895. Vol. 137. P. 129-136.
17. Föppl A. Über eine mögliche Erweiterung des Newton'schen Gravitations-Gesetzes // Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der K. B. Academie der Wissenschaften zu München. 1897, Vol. 27. P. 93-99.
18. Pearson K. On the Motion of spherical and ellipsoidal bodies in fluid media // Quarterly Journal of pure and Applied Mathematics. 1885. Vol. XX. P. 60-80.
19. Schrödinger E. Über das Lösungssystem der allgemein kovarianten Gravitationsgleichungen // Physikalische Zeitschrift. 1918. Vol. 19. P. 20-22.
20. Наан Г. Проблемы и тенденции релятивистской космологии / Эйнштейновский сборник. – М., 1966. С. 339-375.
21. Воловик Г.Е. От эфира Ньютона к вакууму современной физики конденсированных сред // Ньютон и философские проблемы XX века. – М., 1991. С. 88-98.
22. Klinkhamer F.R., Volovik G.E. Dark matter from dark energy in q-theory // Письма в ЖЭТФ. 2017. Vol. 105. №2. P. 62-63.
23. Серга Э.В. Строение материи. Основы единой теории вакуума и вещества. М.: Издательство МГУЛ, 2006. – 182 с.
24. Cooper, Leon N. Bound electron pairs in a degenerate Fermi gas // Physical Review. 1956. Vol. 104. №4. P. 1189-1190.
25. Физика микромира: маленькая энциклопедия / гл. ред. чл.-корр. АН СССР Д. В. Ширков; ред. кол.: С.С.Герштейн и др. М.: Советская энциклопедия, 1980. - 527 с.
26. Marsden, J.E., Ratiu T.S. Introduction to mechanics and symmetry. A Basic Exposition of Classical Mechanical Systems. Second edition. New York: Springer, 2002. - 586 p.
27. Pannekoek A. The Planetary Theory of Ptolemy // Popular Astronomy. 1947. Vol. LV. №9. P. 459-476.
28. Физика космоса. Маленькая энциклопедия / Гл. ред. Р.А. Сюняев. М.: Советская энциклопедия, 1986. – 783 с.
29. Allen's Astrophysical Quantities / Ed. A.N. Cox. New York: Springer-Verlag, 2002. – 721 p.
30. Bethe H. A. The Electromagnetic Shift of Energy Levels // Physical Review. 1947. Vol. 72. №4. P. 339-341.
31. Лэмб У.Е., Ризерфорд Р.К. Тонкая структура водородного атома // Успехи физических наук. 1951. Т. 45. №4. С. 553-615.
32. Соколов Ю. Л., Яковлев В. П., Измерение лэмбовского сдвига в атоме водорода (n=2) // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1982. Т. 83. №1. С. 7-17.
33. Hall A. A suggestion in the theory of Mercury // Astronomical Journal. 1894. Vol. 14. №319. P. 49-51.
34. Gerber P. Die räumliche und zeitliche Ausbreitung der Gravitation // Zeitschrift für Mathematik und Physik. 1898. Vol. 43. P. 93-104. URL: <http://www.archive.org/details/zeitschriftfma14runggoo> (дата обращения: 11.05.2017).
35. Эйнштейн А. Объяснение движения перигелия Меркурия в общей теории относительности // Собр. научных трудов. Т.1. – М.: Наука, 1965. С. 439-447.
36. Shapiro I.I., Counselman C.C., King R.W. Verification of the Principle Equivalence for Massive Bodies // Physical Review Letters. 1976. Vol. 36. Iss. 11. P. 555-558. URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.36.555> (дата обращения: 11.05.2017).
37. Anderson J.D., Slade M.A., Jurgens R.F., Lau E.L., Newhall X.X., Myles E. Radar and spacecraft ranging to Mercury between 1966 and 1988 // Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA). 1991. Vol. 9. №2. P. 324.

38. Dicke R.H., Goldenberg H.M. 1967. Solar oblateness and General Relativity // Physical Review Letters. 1967. Vol. 18. Iss. 9. P. 313–316.
39. Роузвер Н.Т. Перигелий Меркурия. От Леверье до Эйнштейна / Пер. с англ. А.С. Расторгуев. М.: Мир, 1985. – 244 с.
40. Серга Э.В. Космический вакуум. Введение в теорию. М.: Центр экономики и маркетинга, 2002. – 128 с.
41. Newcomb S. Tables on the heliocentric motion of Mars // Astronomical Papers. 1989. Vol. 6 Pt. 4 1898. P. 383-586
42. Вавилов С. И. Экспериментальные основания теории относительности, 1928 // Собр. соч. Т. IV.– М.: Издательство АН СССР, 1956.
43. Брагинский В. Б. Экспериментальная проверка теории относительности. – М.: Знание, 1977. – 64 с.

References (transliterated)

1. Hertz H.R. Printsipy mehaniki, izlozhenyie v novoy svyazi / Seriya «Klassiki nauki». – М.: Izdatelstvo AN SSSR, 1959. – 386 s.
2. Dirac P. A. M. A Theory of Electrons and Protons // Proceedings of Royal Society Lond. A. 1930. Vol. 126. Issue 801. P. 360–365.
3. Dirac P.A.M. Lektsii po kvantovoi teorii polya. М.: Mir, 1971.
4. Dirac P.A.M. Puti fiziki. М.: Energoatomizdat, 1983.
5. Maxwell D.K. Stat'i i rechi. М.: Nauka, 1968.
6. Weinberg S. Conceptual foundations of the unified theory of weak and electromagnetic interactions // Reviews of Modern Physics. 1980. Vol. 52. №3. P. 515-523.
7. Wheeler J.A. Beyond the End of Time, in Black Holes, Gravitational Waves and Cosmology, 1974.
8. Feynman R. Razvitie prostranstvenno-vremennoi traktovki kvantovoi elektrodinamiki // Uspekhi fizicheskoi nauki. 1967. T. 91. Vyp. 1. S. 29-48.
9. Sakharov A.D. Vakuumnye kvantovye fluktuatsii v iskrivlennom prostranstve i teoriya gravitatsii // Doklady Akademii nauk SSSR. 1967. T. 177. №1. S.70-71.
10. Brillouin L. Novyi vzglyad na teoriyu otnositel'nosti. Per. s angl. – М.: Mir, 1972. – 143 s.
11. Misner C., Thorne K., Wheeler J. Gravitation. San Francisco, W.H. Freeman, 1973. P. 426—428.
12. Zel'dovich Ya.B. Teoriya vakuuma, byt' mozhet, reshaet problemu kosmologii // Uspekhi fizicheskikh nauk. 1981. T. 133. Vyp.3. S. 479-503.
13. Feynman R. Kharakter fizicheskikh zakonov. М.: Nauka, 1987. – 160 s.
14. Jammer M. Ponyatie massy v klassicheskoi i sovremennoi fizike. Per. s angl. – М., «Progress», 1967.
15. Neumann C.G. Über die den Kräften electrodynamischen Ursprungs zuzuschreiben den Elementargeetze // Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1874. Vol. 10 (6). P. 417-524
16. Seeliger H. Über das Newton'sche Gravitations-Gesetz // Astronomische Nachrichten. 1895. Vol. 137. P. 129-136.
17. Föppl A. Über eine mögliche Erweiterung des Newton'schen Gravitations-Gesetzes // Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der K. B. Academie der Wissenschaften zu München. 1897, Vol. 27. P. 93-99.
18. Pearson K. On the Motion of spherical and ellipsoidal bodies in fluid media // Quarterly Journal of pure and Applied Mathematics. 1885. Vol. XX. P. 60-80.
19. Schrödinger E. Über das Lösungssystem der allgemein kovarianten Gravitationsgleichungen // Physikalische Zeitschrift. 1918. Vol. 19. P. 20-22.
20. Naan G. Problemy i tendentsii relyativistskoi kosmologii / Einshteinovskii sbornik. – М., 1966. S. 339-375.

21. Volovik G.E. Ot efira N'yutona k vakuumu sovremennoi fiziki kondensirovannykh sred // N'yuton i filosofskie problemy KhKh veka. – M., 1991. S. 88-98.
22. Klinkhamer F.R., Volovik G.E. Dark matter from dark energy in q-theory // Pis'ma v ZhETF. 2017. Vol. 105. №2. P. 62-63.
23. Serga E.V. Stroenie materii. Osnovy edinoi teorii vakuuma i veshchestva. M.: Izdatel'stvo MGUL, 2006. – 182 c.
24. Cooper, Leon N. Bound electron pairs in a degenerate Fermi gas // Physical Review. 1956. Vol. 104. №4. P. 1189–1190.
25. Fizika mikromira: malen'kaya entsiklopediya / gl. red. chl.-korr. AN SSSR D. V. Shirkov; red. kol.: S.S.Gershtein i dr. M.: Sovetskaya entsiklopediya, 1980. - 527 s.
26. Marsden, J.E., Ratiu T.S. Introduction to mechanics and symmetry. A Basic Exposition of Classical Mechanical Systems. Second edition. New York: Springer, 2002. - 586 p.
27. Pannekoek A. The Planetary Theory of Ptolemy // Popular Astronomy. 1947. Vol. LV. №9. P. 459-476.
28. Fizika kosmosa. Malen'kaya entsiklopediya / Gl. red. R.A. Syunyaev. M.: Sovetskaya entsiklopediya, 1986. – 783 s.
29. Allen's Astrophysical Quantities / Ed. A.N. Cox. New York: Springer-Verlag, 2002. – 721 p.
30. Bethe H. A. The Electromagnetic Shift of Energy Levels // Physical Review. 1947. Vol. 72. №4. P. 339-341.
31. Lamb W.E., Retherford R.C. Tonkaya struktura vodorodnogo atoma // Uspekhi fizicheskikh nauk. 1951. T. 45. №4. S. 553–615.
32. Sokolov Yu. L., Yakovlev V. P., Izmerenie lembovskogo sdviga v atome vodoroda (n=2) // Zhurnal eksperimental'noi i teoreticheskoi fiziki. 1982. T. 83. №1. S. 7-17.
33. Hall A. A suggestion in the theory of Mercury // Astronomical Journal. 1894. Vol. 14. №319. P. 49-51.
34. Gerber P. Die räumliche und zeitliche Ausbreitung der Gravitation // Zeitschrift für Mathematik und Physik. 1898. Vol. 43. P. 93–104. URL: <http://www.archive.org/details/zeitschriftfrma14runngoog> (data obrashcheniya: 11.05.2017).
35. Einstein A. Ob'yasnenie dvizheniya perigeliya Merkuriya v obshchei teorii otноситel'nosti // Sobr. nauchnykh trudov. T.1. – M.: Nauka, 1965. S. 439-447.
36. Shapiro I.I., Counselman C.C., King R.W. Verification of the Principle Equivalence for Massive Bodies // Physical Review Letters. 1976. Vol. 36. Iss. 11. P. 555-558. URL: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.36.555> (data obrashcheniya: 11.05.2017).
37. Anderson J.D., Slade M.A., Jurgens R.F., Lau E.L., Newhall X.X., Myles E. Radar and spacecraft ranging to Mercury between 1966 and 1988 // Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA). 1991. Vol. 9. №2. P. 324.
38. Dicke R.H., Goldenberg H.M. 1967. Solar oblateness and General Relativity // Physical Review Letters. 1967. Vol. 18. Iss. 9. P. 313–316.
39. Roseveare N.T. Perigeliu Merkuriya. Ot Lever'e do Einshteina / Per. s angl. A.S. Rastorguev. M.: Mir, 1985. – 244 s.
40. Serga E.V. Kosmicheskii vakuum. Vvedenie v teoriyu. M.: Tsentr ekonomiki i marketinga, 2002. – 128 c.
41. Newcomb S. Tables on the heliocentric motion of Mars // Astronomical Papers. 1899. Vol. 6. Pt. 4 1898. P. 383-586.
42. Vavilov S.I. Eksperimental'nye osnovaniya teorii otноситel'nosti, 1928 // Sobr. soch. T. IV. – M.: Izdatel'stvo AN SSSR, 1956.
43. Braginskii V.B. Eksperimental'naya proverka teorii otноситel'nosti. – M.: Znanie, 1977. – 64 s.