

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ИНСТИТУТ ГРАВИТАЦИИ И КОСМОЛОГИИ

На правах рукописи

27 АВГ 2009



ЛАПТЕВ Юрий Павлович

ГРАВИТАЦИОННО-СВЯЗАННЫЕ КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ
С ЛЕПТОНАМИ И МЕЗОНАМИ

Специальность 01.04.02 – теоретическая физика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

Москва – 2009



Работа выполнена в Учебно-научном институте гравитации и космологии
Российского университета дружбы народов.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук,
профессор

Ефремов Александр Петрович

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
профессор

Владимиров Юрий Сергеевич

доктор физико-математических наук,
профессор

Кречет Владимир Георгиевич

Ведущая организация:

Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева Российской
Академии Наук (АКЦ ФИАН), г. Москва.

Защита состоится 15 сентября 2009 г в 15 час. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.203.34 при Российском университете дружбы народов по адресу: 115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, зал № 1.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Российского университета дружбы народов по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Автореферат разослан 5 августа 2009 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук,
доцент



Будочкина С. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Повышение точности астрономических наблюдений позволяет ставить задачу об интерпретации слабых дискретных источников в широком диапазоне электромагнитного спектра. В частности, представляют интерес поиски первичных чёрных дыр малых масс, образующихся на ранних стадиях эволюции Вселенной. Они могут захватывать элементарные частицы и образовывать гравитационно-связанные квантовые системы. Изучение таких систем могло бы дать информацию о ранней Вселенной и о квантовых эффектах вблизи чёрных дыр, поиски которых до сих пор не увенчались успехом.

Построение моделей таких систем актуально как для проверки различных квантовых подходов в теории гравитации, так и для выяснения механизмов образования чёрных дыр в ранней Вселенной, анализ которых невозможен без привлечения квантовой космологии и квантовой теории поля в искривлённом пространстве-времени. Значение этих проблем в начале третьего тысячелетия особенно возросло ввиду необходимости интерпретации всё возрастающего потока информации, получаемой при астрономических наблюдениях и космических экспериментах.

Планируемые космические программы в России и за рубежом требуют новых идей и свежего взгляда на уже поставленные, но ещё не решённые вопросы. Изучение квантовых компактных объектов, образующихся в первые мгновения после Большого взрыва, как раз и может явиться тем недостающим звеном, которое позволит, с одной стороны, завершить единое пространственно-временное описание всей астрономической картины мира, а с другой – проверить результаты квантовой теории в необычных астрофизических условиях. Кроме того, изучение квантовых гравитационных эффектов является одной из попыток решить вопрос о возможном объединении двух наиболее фундаментальных теорий XX века: теории относительности и квантовой теории, – который до сих пор остаётся открытым.

Цель диссертационной работы

Построение квантовых моделей гравитационно-связанных систем (гравитомов), состоящих из минидыры с угловым моментом и захваченной ею заряженной частицы со спином, расчёт электромагнитного и гравитационного излучений с учётом

10/01

девиттовского самодействия, исследование макроскопических квантовых систем с нейтрино, а также образование минидыр в ранней Вселенной.

Научная новизна

Решена задача об условиях существования гравиатомов и нахождение их энергетических уровней и волновых функций с учётом релятивистских поправок в первом постньютоновском приближении, обусловленных вращением минидыры, а также гравитационным отталкиванием и собственным моментом элементарной частицы. Вычислены дипольное, квадрупольное электрическое и гравитационное излучения гравиатомов. Рассчитано гравитационное излучение макроскопических систем, состоящих из космических макротел (астероидов и ядер комет), захватывающих нейтрино на квантовые уровни. Исследовано образование первичных чёрных дыр в ранней Вселенной с учётом результатов квантовой космологии и квантовой теории поля в искривлённом пространстве-времени.

Научная и практическая ценность

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы при интерпретации излучения компактных астрофизических объектов на основе анализа классических и квантовых эффектов в их гравитационных полях, в том числе в связи с исследованиями по гравитации, космологии и релятивистской астрофизике, проводимыми в высших учебных заведениях РФ (Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга, Ульяновский госуниверситет, Ярославский педуниверситет, Казанский педуниверситет и др.), в институтах РАН (Астрокосмический Центр ФИАН, Институт космических исследований, Институт астрономии РАН и др.), а также за рубежом (Белорусский госуниверситет; Кембриджский университет, Великобритания; Дублинский университет, Ирландия и др.).

Апробация работы

Результаты диссертации докладывались и обсуждались на 41, 42, 43, 44 и 45 Всероссийских конференциях по проблемам математики, информатики, физики и химии (Москва, РУДН, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009); 7, 8 и 9 Британских гравитационных конференциях (Кембридж – 2007, Йорк – 2008, Кардифф – 2009); 13

Международной конференции по холодной трансмутации ядер химических элементов (Сочи, 2007); 3 и 4 международных конференциях «Физические интерпретации теории относительности» (Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007, 2009); 13 Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц (Москва, МГУ, 2007); 3 и 4 международных конференциях «Финслеровы обобщения теории относительности» (Москва – 2007; Каир, Египет – 2008); школе-семинаре «Финслеровы обобщения теории относительности» (Фрязино, 2008); 13 Российской гравитационной конференции (Москва, РУДН, 2008); международной научно-технической конференции «Нанотехнологии и наноматериалы» (Москва, МГОУ, 2009); а также на семинарах по теоретической физике в Москве (МГУ, РУДН, МГОУ) и Санкт-Петербурге (СПбГПУ им. А. И. Герцена).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 15 работ, в их числе 9 статей и 6 тезисов докладов на научных конференциях. Две работы [3, 14] опубликованы в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК.

Структура и объём работы

Диссертация состоит из введения, литературного обзора, трёх глав, заключения, списка цитируемой литературы из 124 наименований и приложения. Объём диссертации составляет 104 страницы текста, включая 7 рисунков и 3 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, её цель и кратко описана характеристика работы.

Обзор литературы посвящён некоторым вопросам релятивистской квантовой механики в искривлённом пространстве-времени, поведению заряженных частиц в гравитационном поле, а также проблеме излучения в общей теории относительности.

Исследование гравитатома тесно связано с целым рядом подходов таких как нерелятивистская квантовая механика в искривлённом пространстве-времени, поведение заряженных частиц в гравитационном поле и с некоторыми другими. Задача о движении нерелятивистской микрочастицы в искривлённом пространстве-времени сводится к уравнению Шрёдингера с ньютоновским потенциалом в плоском пространстве, как показано Кухаржем в 1980 г.

На заряд действует так называемая сила самодействия, неконсервативная часть которой является известной силой радиационного трения. Консервативная часть силы самодействия, как было впервые найдено в работах ДеВиттов и связана с взаимодействием электростатического поля заряда с источником гравитационного поля.

При рассмотрении электромагнитного излучения гравитатома были использованы результаты, полученные для атома водорода с учётом тонкой структуры его спектра, обусловленной как релятивистскими поправками, так и наличием спина.

В связи с тем, что в состав гравитатомов входят минидыры (первичные чёрные дыры в ранней Вселенной), были рассмотрены вопросы, связанные с их образованием.

В главе 1 рассмотрено поведение заряда в центрально-симметричном гравитационном поле.

В §1.1 рассмотрены частные случаи метрики Керра-Ньюмана для сферически-симметричных полей, создаваемых массивным источником (метрика Шварцшильда), массивным и заряженным источником (метрика Рейсснера-Нордстрема)

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r} + \frac{GQ^2}{c^4 r^2}\right) c^2 dt^2 - \frac{dr^2}{\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r} + \frac{GQ^2}{c^4 r^2}\right)} - r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2), \quad (1)$$

где M – масса и Q – заряд источника гравитационного поля; и для массивного источника с медленным вращением (метрика Лензе-Тирринга)

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 - \frac{dr^2}{\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)} - r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2) + \frac{4GMa}{c^2 r} \sin^2 \theta d\varphi dt, \quad (2)$$

где a – удельный момент импульса чёрной дыры.

§1.2 классифицирует чёрные дыры в зависимости от их массы. Чёрные дыры представляют собой компактные астрофизические объекты, образованные в результате гравитационного коллапса, приводящего к тому, что их массы оказываются сосредоточенными внутри гравитационного радиуса. Чёрные дыры делятся на чёрные дыры звёздных масс, чёрные дыры в центре шаровых скоплениях, сверхмассивные чёрные дыры в ядрах галактик и первичные чёрные дыры (минидыры).

§1.3 посвящён движению и электромагнитному излучению заряда в поле Шварцшильда. Было показано, что на пробную частицу, обладающей массой M и зарядом q , помимо ньютоновской силы

$$F_N = -\frac{GMm}{r^2}, \quad (3)$$

действующей на массу, на заряд пробной частицы действует сила самодействия (сила ДеВитта), которая является силой отталкивания (направлена от центра гравитационного поля). Величина этой силы даётся формулой при $r \gg r_g$ ($v \ll c$)

$$F_s = +\frac{GMq^2}{c^2 r^3}. \quad (4)$$

Уравнение движения пробного заряда в гравитационном поле описывается уравнением Лоренца-Дирака

$$mc^2 \frac{Du^i}{ds} = \frac{2}{3} r_q \left(\frac{D^2 u^i}{ds^2} + \frac{Du^k}{ds} \frac{Du_k}{ds} u^i \right) mc^2 + F_s^i, \quad (5)$$

где u^i – 4-скорость, $F_s^i = n^i F_s$, n^i – единичный вектор, направленный от центра поля, $r_q = \frac{q^2}{mc^2}$ – классический радиус заряженной частицы.

Геометризация силы ДеВитта приводит к тому, что задача о движении пробной частицы с массой m и зарядом q в поле Шварцшильда, создаваемое массой M , сводится к движению незаряженной частицы массы m в поле Рейсснера-Нордстрема с зарядом Q , даваемым формулой

$$Q = q \sqrt{\frac{M}{m}}. \quad (6)$$

Дипольное излучение заряда, совершающего периодическое движение, задаётся формулой Лармора

$$I = \frac{4}{3} \frac{q^2}{c^3} \omega^4 x^2. \quad (7)$$

При переходе к квантовой механике координату x , зависящую от времени, следует заменить на модуль матричного элемента, описывающего переход заряженной частицы с одного уровня на другой.

Гравитом описывается уравнением Шрёдингера. При этом радиальная волновая функция удовлетворяет уравнению

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left[r^2 \left(\frac{dR_{pl}}{dr} \right) \right] - \frac{l(l+1)}{r^2} R_{pl} + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E - \frac{mc^2 r_q r_g}{4r^2} + \frac{mc^2 r_g}{2r} \right) R_{pl} = 0. \quad (8)$$

Энергетический спектр заряженной частицы, захваченной минидырой, запишется в виде

$$E = -\frac{2B^2 m}{\hbar^2} \frac{1}{\left[2p + 1 + \sqrt{(2l + 1)^2 + \frac{8mA}{\hbar^2}} \right]^2}, \quad (9)$$

где

$$A = \frac{mc^2 r_q r_g}{4}, \quad B = \frac{mc^2 r_g}{2}, \quad p = n - s - 1,$$

$p = 0, 1, 2, \dots$, $l \leq n$, $n = 1, 2, 3, \dots$ n и l главное и орбитальное квантовые числа соответственно, а $r_g = \frac{2GM}{c^2}$ – гравитационный радиус минидыры.

Глава 2 посвящена модели гравитома с заряженными частицами.

В §2.1 рассмотрены условия существования гравитомов с заряженными частицами, которые сводятся к геометрическому условию $L > r_g + R$, где L – характерный размер гравитома, R – размер частицы; условию стабильности: а) $\tau_{\text{гр}} < \tau_H$, где $\tau_{\text{гр}}$ – время жизни гравитома, τ_H – время жизни минидыры; б) $\tau_{\text{гр}} < \tau_p$, где τ_p – время жизни частицы (для нестабильных частиц); условие неразрушения (за счёт приливных сил и эффекта Хокинга) $E_d < E_b$, где E_d – энергия разрушения, а E_b – энергия связи. Условия существования гравитома создают узкий интервал возможных значений величины Mm , пропорциональной гравитационному эквиваленту постоянной тонкой структуры $\alpha_g = \frac{G}{\hbar c} Mm$. Полученные условия существования выполняются только для водородоподобных гравитомов, содержащих лептоны и мезоны с $Z = 1$ (электрон, мюон, таон, пион, каон, вино).

В §2.2 приводятся энергетические уровни, радиальные и угловые волновые функции для водородоподобного гравитома. Исследованы поправки в первом постньютоновском приближении к энергетическим уровням и волновым функциям водородоподобных гравитомов, обусловленные девиттовским самодействием, вращением минидыры и спином микрочастицы.

Поправка к энергетическому спектру гравитома за счёт девиттовского самодей-

ствия и спина микрочастицы имеет вид

$$\Delta E = \frac{mc^2 a_g^3}{2n^3} \left(\frac{2}{l + \frac{1}{2}} \frac{e^2}{\hbar c} + \frac{a_g}{j + \frac{1}{2}} \right) - \frac{3mc^2 a_g^4}{8n^4}, \quad (10)$$

где $j = l + s$ ($s = 0$ для мезонов и $s = \pm \frac{1}{2}$ для лептонов).

Поправка к водородоподобному $2p$ -уровню, обусловленная вращением минидыры с удельным моментом импульса a , запишется как

$$E_{21}^{(1)} = \frac{\sqrt{2}}{12} a_g^4 (1 - a_g^2) \frac{am^2 c^2}{\hbar}. \quad (11)$$

При $l \gg 1$ и $\frac{am}{\hbar} \alpha_g^2 \ll 1$ получаем

$$\frac{E_{nl}^{(1)}}{|E_n^{(0)}|} = \frac{\alpha_g^2}{n} \left(\frac{4am}{\hbar} \cdot \frac{1}{(l + \frac{1}{2})^2} + \frac{1}{j + \frac{1}{2}} \right). \quad (12)$$

Из этой формулы следует, что наибольший вклад возмущения энергетического спектра дают поправки, учитывающие полный угловой момент j .

Возможные значения гравитационного эквивалента постоянной тонкой структуры с учётом релятивистской поправки попадут в следующий интервал

$$\alpha_g = 0,521 \div 0,625. \quad (13)$$

В §2.3 рассмотрены электромагнитное и гравитационное излучение гравиатомов.

Интенсивность электрического дипольного излучения водородоподобных гравиатомов запишется

$$I_{fi}^d = \frac{2\hbar e^2 \omega_{if}^3 f_{if}}{mc^3}, \quad (14)$$

где f_{if} – сила осциллятора. Сила осциллятора даётся формулой

$$f_{if} = \frac{2m\omega_{if}}{3\hbar} |r_{if}|^2, \quad (15)$$

где r_{if} – матричный элемент перехода $i \rightarrow f$.

Интенсивность электрического квадрупольного излучения для перехода $3d \rightarrow 1s$

$$I_{13}^q = \frac{2\hbar e^2 \omega_{31}^3}{mc^3} f_{3d \rightarrow 1s}, \quad (16)$$

где сила осциллятора

$$f_{3d \rightarrow 1s} = \frac{3^7}{2^{16}} \alpha_g^2. \quad (17)$$

Интенсивность гравитационного излучения гравиатома для перехода $3d \rightarrow 1s$ выглядит так

$$I_{13}^g = \frac{8\hbar GM\omega_{31}^3}{c^3} f_{3d \rightarrow 1s}. \quad (18)$$

Поправки к излучению водородоподобных гравитомов выражаются через поправки к энергетическим уровням и волновым функциям, рассмотренные в предыдущем параграфе. Например, интенсивность электромагнитного излучения с учётом только девиттовского самодействия для перехода $2p \rightarrow 1s$ даётся формулой

$$I_{10,21} = I_{10,21}^{(0)} \left(1 - \frac{46}{9} \alpha_{eg}\right)^4 (1 - 6\alpha_{eg})^2, \quad (19)$$

где $I_{10,21}^{(0)}$ – интенсивность невозмущённого гравитома и $\alpha_{eg} = \frac{e^2}{\hbar c} \alpha_g$.

Интенсивность электромагнитного излучения с учётом поправки, обусловленной медленным вращением минидыры, даётся формулой

$$I_{12} = I_{12}^{(0)} \left(1 + 0,0349 \frac{ma}{\hbar}\right)^4 \left(1 - 1,0164 \frac{ma}{\hbar}\right)^2. \quad (20)$$

В главе 3 рассмотрены макроскопические квантовые системы с нейтрино и образование минидыр в ранней Вселенной.

В §3.1 анализируются гравитационно-связанные системы с нейтрино. В связи с тем, что нейтрино во Вселенной почти не взаимодействуют с разрежённым веществом (вне звёзд и ядер галактик) основную роль в динамике нейтрино с ненулевой массой должна играть гравитация. Нейтрино могут образовывать квантовые макросистемы. Примерами таких систем являются минидыры и макротела, захватывающие нейтрино на квантовые уровни.

Минидыры, захватывающие нейтрино, образуют гравитомы, частота и интенсивность гравитационного излучения которых даётся формулами

$$\omega_{gr} = \frac{G^2 M^2 m_\nu^3}{\hbar^3}, \quad I_{gr} = \frac{G^9 M^9 m_\nu^{11}}{c^5 \hbar^{10}}. \quad (21)$$

Макротелами, захватывающими нейтрино, могут быть ядра комет, метеориты и небольшие астероиды. Возможны как боровские водородоподобные уровни вне тела, так и томсоновские осцилляторные уровни внутри него. В последнем случае, гравитационное излучение имеет частоту и интенсивность

$$\omega_{mb} = \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}, \quad I_{mb} = \frac{\hbar^{7/3} (\frac{4}{3} \pi \rho G)^{9/4}}{c^5 m_\nu^{5/2}}, \quad (22)$$

где ρ – плотность макротела.

Интересно отметить, что кривые вращения галактик дают почти постоянную скорость v на их периферии, что при $v^2 \sim GM/R$ влечет за собой зависимость скрытой массы $M_{dm} \sim R$, совпадающую по форме с зависимостью массы нейтрино

от радиуса боровской орбиты L , т.к. $L = a_B^2 n^2$, а полная масса всех нейтрино на уровне n равна $M_n = 2n^2 m_\nu$. Отсюда получаем $M_n \sim L$.

Описание гравитационно-связанных макросистем с нейтрино может оказаться полезным для решения проблемы тёмной материи во Вселенной.

В §3.2 рассмотрены анизотропные классические и квантовые модели ранней Вселенной с идеальной жидкостью, состоящей из деситтеровского вакуума и пыли.

Ранней Вселенной называют начальные этапы её эволюции, которые включают квантовую стадию, первую инфляцию и начало радиационно-доминантной фазы: вплоть до образования легких элементов, т.е. эпохи нуклеосинтеза, которая завершается через три минуты после рождения Вселенной. Наблюдения последних лет позволяют рассматривать не только однородные изотропные космологические модели, удовлетворяющие принципу Коперника (Фридмановская и деситтеровская модели), но и модели, учитывающие пространственную неоднородность и анизотропию. Крупномасштабная анизотропия, выведенная из реликтового излучения, связана с мультиполями низших порядков автокорреляционной температурной функции. Имеются данные о так называемой «оси зла», возможно обусловленной глобальным вращением Вселенной, полученные исходя из преимущественной ориентации квазаров и спиральных галактик. Кроме того, измерения постоянной Хаббла указывают на значительную анизотропию.

§3.3 посвящён рождению частиц и образованию минидыр в ранней Вселенной.

Расчёты, проведенные А. А. Грибом и Ю. В. Павловым в последнее десятилетие, показали, что число частиц, рождающихся в ранней Вселенной близко к числу Эддингтона, если этими частицами являются лептокварки, предсказанные теорией Великого объединения. Образование минидыр происходит на пылевой стадии в результате релятивистского гравитационного коллапса с длиной Джинса порядка r_g . При этом, определённую роль должны играть лептокварки, поскольку их масса порядка минимальной массы минидыр.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы, выносимые на защиту.

Приложение содержит основную часть компьютерной программы, с помощью которой сделаны все расчёты, приведённые в работе, а также таблицу возможных типов гравитомов, содержащую их физические параметры.

Основные результаты работы, выносимые на защиту

1) Получены условия существования гравитационно-связанных квантовых систем (гравиатомов). Найдено, что частицами, удовлетворяющими этим условиям, являются лептоны: электрон, мюон, таон и вино, – и мезоны: пион и каон. Если минидыры с электронами, мюонами и пионами существуют, то они не испарились до настоящего времени.

2) Вычислены энергии и интенсивности электрического дипольного и квадрупольного излучений заряженной частицы, а также интенсивность гравитационного излучения при переходах между уровнями гравиатома. Получено, что энергия и интенсивность электрического дипольного излучения оказывается порядка соответствующих величин для излучения Хокинга.

3) Найдено, что энергия электромагнитного излучения гравиатомов находится в рентгеновском диапазоне для электрона и в гамма-диапазоне для остальных частиц (мюона, таона, вино, пиона и каона).

4) Вычислены поправки к энергетическим уровням водородоподобных гравиатомов, обусловленные девиттовским самодействием, вращением минидыры и спином микрочастицы.

5) Исследованы гравитационно-связанные системы с нейтрино, в том числе макротела, захватывающие нейтрино на квантовые уровни.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах

1. Ю. П. Лаптев, М. Л. Фильченков. Связанные квантовые системы, состоящие из минидыры и заряженной частицы // 41-ая Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии. Тезисы докладов. Физические секции. — М.: Издательство Российского университета дружбы народов. 2005. с. 60.
2. Ю. П. Лаптев, М. Л. Фильченков. Условия существования, примеры гравиатомов и их дипольное излучение // 42-ая Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии. Тезисы докладов. Секции физики. — М.: Издательство Российского университета дружбы народов. 2006. с. 8.

3. *M. L. Fil'chenkov and Yu. P. Laptev.* Graviatom Dipole Radiation// Gravitation & Cosmology. 2006. v. 12, № 1, pp. 65 – 68.
4. *Yu. P. Laptev and M. L. Fil'chenkov.* Electromagnetic and Gravitational Radiation of Graviatoms// Astronomical and Astrophysical Transactions. 2006. v. 25, № 1, pp. 33 – 42; gr-qc/0606019.
5. *Ю. П. Лантев, С. В. Копылов, М. Л. Фильченков.* Гравитационно-связанные квантовые системы с нейтрино// 43-я Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии. Тезисы докладов. Секции физики. — М.: Издательство Российского университета дружбы народов. 2007. с. 73.
6. *Ю. П. Лантев, М. Л. Фильченков.* Описание классических и квантовых анизотропных космологических моделей в терминах уравнения Райчаудури и Уилера-ДеВитта// 44-я Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии. Тезисы докладов. Секции физики. — М.: Издательство Российского университета дружбы народов. 2008. с. 101 – 102.
7. *М. Л. Фильченков, Ю. П. Лантев.* Параметры анизотропии пространства-времени, выведенные из наблюдательной космологии// Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2007. т. 4, № 8, с. 71 – 75.
8. *M. L. Fil'chenkov, Yu. P. Laptev, V. V. Plotnikov and R. Kh. Saibatalov.* Anisotropic cosmological models in terms of Raychaudhuri and Wheeler-DeWitt's equations// 13-я Российская Гравитационная Конференция. Тезисы докладов. — М.: Издательство Российского университета дружбы народов. 2008. с. 72 – 73.
9. *Yu. P. Laptev, M. L. Fil'chenkov and S. V. Kopylov.* Gravitationally bound quantum systems with leptons and mesons// Physical Interpretations of Relativity Theory: Proceedings of XIII International Scientific Meeting. Moscow, Russia, July 2 – 5, 2007 / Edited by M. C. Duffy, V. O. Gladyshev, A. N. Morozov, P. Rowlands. — М.: ВМСТУ. 2007. pp. 264 – 267.
10. *Ю. П. Лантев, М. Л. Фильченков, С. В. Копылов.* Макроскопическая квантовая система// Вестник МГГУ им. М. А. Шолохова. 2008. №1, с. 27 – 34.

11. *M. L. Fil'chenkov, S. V. Kopylov and Yu. P. Laptev.* Quantum Systems Bound by Gravity// Particle physics on the eve of LHC. Proceedings of the 13th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics, World Scientific. 2009. pp. 240 – 243.
12. *М. Л. Фильченков, Ю. П. Лантев, Р. Х. Сайбаталов.* Ранняя Вселенная: рождение частиц и квантовая космология// «Квантовая теория и космология. Сборник статей, посвященный 70-летию профессора А. А. Гриба.» Под редакцией В. Ю. Дорофеева и Ю. В. Павлова. — Санкт-Петербург, Лаборатория им. А. А. Фридмана. 2009. с. 205 – 213.
13. *Ю. П. Лантев, М. Л. Фильченков.* Влияние возмущений на водородоподобные гравитомы// 45-ая Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии: Тезисы докладов. Секции физики. — М.: Издательство Российского университета дружбы народов. 2009. с. 77 – 78.
14. *M. L. Fil'chenkov, R. Kh. Saibatalov, Yu. P. Laptev and V. V. Plotnikov.* Anisotropic cosmological models in terms of Raychaudhuri and Wheeler-DeWitt equations // Gravitation and Cosmology. 2009. v. 15, № 2, pp. 148 – 150.
15. *М. Л. Фильченков, Ю. П. Лантев, Р. Х. Сайбаталов, В. В. Плотников.* К вопросу об анизотропных космологических моделях// Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2008. т. 5, № 10, с. 108 – 113.

АННОТАЦИЯ

Лаптев Юрий Павлович

Гравитационно-связанные квантовые системы с лептонами и мезонами

Решена задача об условиях существования гравиатомов и нахождение их энергетических уровней и волновых функций с учётом релятивистских поправок в первом постньютоновском приближении, обусловленных вращением минидыры, а также гравитационным отталкиванием и собственным моментом элементарной частицы.

Вычислены дипольное, квадрупольное электрическое и гравитационное излучения гравиатомов.

Рассчитано гравитационное излучение космических макротел (астероидов и ядер комет), захватывающих нейтрино на квантовые уровни.

Исследовано образование первичных чёрных дыр в ранней Вселенной с учётом результатов квантовой космологии и квантовой теории поля в искривлённом пространстве-времени.

ABSTRACT

Yuri Pavlovich Laptev

Gravitationally bound quantum systems with leptons and mesons

A problem of the existence for graviatoms has been solved, with finding the energy levels and wave functions taking account of first post-Newtonian corrections for minihole rotation as well as gravitational repulsion and particle spin.

Dipole, quadrupole electric and gravitational radiations of the graviatoms have been evaluated.

Gravitational radiation for cosmic macro-bodies (asteroids and comet nuclei) capturing neutrinos onto quantum levels has been calculated.

Formation of primordial black holes in the early Universe has been investigated taking account of the results of quantum cosmology and quantum field theory in curved space-time.

2

Отпечатано в типографии ООО «Гипрософт»
г. Москва, Ленинский пр-т, д.37А.
Тираж 100 экз.