

На правах рукописи

ЛИПКИН Кирилл Николаевич

**КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГРАВИТАЦИОННОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ КАРТАНА–ВЕЙЛЯ**

01.04.02 - теоретическая физика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва–2014

Работа выполнена на кафедре физики твердого тела факультета физики и информационных технологий ФГБОУ ВПО "Московский педагогический государственный университет" (МПГУ)

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук,
профессор

Бабурова Ольга Валерьевна,
профессор кафедры теоретической физики, ФГБОУ ВПО "Московский педагогический государственный университет" (МПГУ)

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
профессор

Кречет Владимир Георгиевич,
профессор кафедры физики, ФГБОУ ВПО Московский государственный технологический университет "СТАНКИН"

кандидат физико-математических наук, доцент

Портнов Юрий Алексеевич,
доцент кафедры «Физика», ФГБОУ ВПО «Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)»

Ведущая организация:

ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Защита состоится "4" декабря 2014 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, 3, зал №1.

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

Автореферат разослан "4" ноября 2014 г.

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

Попова В.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Согласно А.Эйнштейну четырехмерное пространство-время является искривленным пространством Римана. На этой основе была создана общая теория относительности (ОТО), представляющая собой современную теорию гравитационного поля. На основании ОТО строятся современные космологические модели, описывающие основные структуры наблюдаемой части Вселенной.

В конце XX – начале XXI века в ходе происходящей научной революции изменились представления о свойствах наблюдаемой части Вселенной. Последние открытия наблюдательной космологии привели к гипотезе о доминировании в динамике Вселенной темной энергии, отождествляемой с энергией вакуума и описываемой введенной Эйнштейном в теорию гравитационного поля космологической постоянной.

Также нашла подтверждение наблюдательными данными высказанная еще в 30-х годах двадцатого века Цвикке гипотеза существования темной материи, плотность которой на порядок превышает плотность обычной барионной материи. Была высказана идея, что темная материя во взаимодействии с положительной энергией вакуума (темной энергией) определяют динамику Вселенной.

Другое важное следствие из современных наблюдательных данных состоит в том, что примерно 4-5 млрд. лет в прошлом наступил конец фридмановской стадии в развитии Вселенной, характеризуемой замедлением расширения, и началась постфридмановская стадия, при которой расширение с замедлением сменилось расширением с ускорением. Не исключено осуществление перехода к экспоненциальному расширению, что можно назвать стадией "второй инфляции".

Одна из возможных попыток решения возникших проблем состоит в обобщении теории гравитации на пространства с более сложной геометрической структурой. В работах математиков, таких как Г. Вейль, Э. Картан, И. Схоутен и других, показано, что пространства могут характеризоваться не только кривизной, но также кручением и неметричностью. В современной космологии используются пространства с более сложной структурой, чем пространства Римана. Это пространство Римана–Картана с кривизной и кручением и общее аффинно-метрическое пространство с кривизной, кручением и неметричностью, в частности, пространство Картана–Вейля с неметричностью вейлевского типа. Появилось целое направление, которое одни авторы называют "нериманова космология" [1], а другие авторы называют "постриманова космология" [14].

В работе [3] было показано, что геометрия пространства Картана–Вейля возникает из требования инвариантности теории относительно преобразований калибровочной группы Пуанкаре–Вейля. При этом с необходимостью возникает требование существования дополнительного скалярного поля, имеющего столь же фундаментальный геометрический статус, как и метрика. Данное скалярное поле было ранее введено в известной работе Дираком [4], а еще ранее Дезером [5].

Данный подход оказался актуальным для современного развития теории гравитации и космологии. В рамках данного подхода к теории гравитации была построена несингулярная космология Вселенной [6], а также был предложен путь решения еще одной проблемы современной фундаментальной физики, а именно, проблемы космологической постоянной [15].

Проблема космологической постоянной [8], [9] является одной из основных проблем эволюции Вселенной, как на стадии инфляции, так и на последующих стадиях. Как отмечено в монографии академика Я. Б. Зельдовича с соавторами ([10] стр. 99), "...эта проблема является центральной как в физике элементарных частиц, так и в космологии, представляя собой серьезный вызов теоретикам". Суть данной проблемы состоит в том, что теоретический расчет величины космологической постоянной, проведенный в квантовой теории поля на основе оценки вкладов в энергию вакуума квантовых флуктуаций, дает величину, отличающуюся на сто двадцать порядков в сторону увеличения от того крайне малого значения экспериментальной оценки, которую можно получить на основе современных наблюдений в космологии. Так, академик В. А. Рубаков на стр. 32 монографии [11] отмечает следующее:

"Без преувеличения можно сказать, что проблема темной энергии (или проблема космологической постоянной) – одна из главных, если не самая главная, проблема теоретической физики."

Предварительные исследования и оценки говорят о том, что решение проблемы космологической постоянной перспективно искать в конформной теории гравитации со скалярным полем [12], [13]–[15], индуцированным пуанкаре-вейль калибровочной теорией гравитационного поля [3], как результат динамики полей в сверххранней Вселенной в геометрически обобщенном пространстве с кривизной, кручением и неметричностью вейлевского типа. В данной теории эффективная космологическая постоянная (энергия вакуума) определяется скалярным полем Дезера–Дирака, что делает достаточно убедительной идею о необходимом существовании в природе скалярного поля Дезера–Дирака [12].

Построение моделей пространства-времени с усложненными геометрическими свойствами требуют развития новых (по сравнению с пространством Римана) вариационных методов. Вариационные методы в пространстве Римана–Картана, а также в общем аффинно-метрическом пространстве хорошо развиты [16]. Что касается вариационного метода в пространстве Картана–Вейля, имеющего, как полагают ряд авторов [12], первоначальный фундаментальный статус, то он требует тщательной проработки, особенно в формализме внешних форм для варианта теории гравитации со скалярным полем Дезера–Дирака.

В современной постримановой теории гравитации используются наряду с линейным по кривизне лагранжианом Гильберта–Эйнштейна также лагранжианы, квадратичные по кривизне, кручению и неметричности. Использование такого рода лагранжианов является дальнейшим развитием применения квадратичных лагранжианов в пуанкаре-калибровочной теории гравитации в пространстве Римана–Картана в виде суммы линейного лагранжиана теории Эйнштейна–Картана и квадратов всех неприводимых частей тензоров кривизны и кручения. Применение таких лагранжианов обосновывается также их использованием в работах по построению перенормируемой квантовой теории гравитационного поля.

Так как современная теория гравитации излагается на языке внешних дифференциальных форм Пуанкаре–Картана, то в настоящей работе вариационный метод развивается с использованием формализма внешних форм. В основе метода лежит лемма о результате коммутирования операторов варьирования и дуализации Ходжа, сформулированная и доказанная в работе [17].

Цель работы

Целью работы является исследование космологических следствий теории гравитации со скалярным полем Дезера–Дирака в пространстве Картана–Вейля путем получения вариационных уравнений гравитационного поля данной теории в формализме внешних форм и нахождения их космологических решений для ранней стадии эволюции Вселенной.

Научная новизна

Научная новизна результатов работы определяется тем, что в ней:

- Исследованы два возможных метода получения уравнений поля в формализме внешних форм Картана в пространстве-времени Картана–Вейля и доказана их неэквивалентность.

- Для теории гравитации со скалярным полем Дезера–Дирака в формализме внешних форм построена 4-форма лагранжевой плотности, для которой получены вариационные уравнения гравитационного поля в пространстве Картана–Вейля методом неопределенных множителей Лагранжа.
- Найдено космологическое решение вариационных уравнений поля для ранней стадии развития Вселенной, которое для эффективного космологического члена, описывающего темную энергию, дает выражение, экспоненциально быстро спадающего со временем.
- Найдено решение полученных уравнений поля для поздней стадии инфляции.

Теоретическая и практическая ценность

Теоретическая ценность работы определяется тем, что полученные результаты позволяют наметить путь адекватного решения проблемы космологической постоянной как результата динамики полей на ранней стадии эволюции Вселенной. Научная значимость решения данной проблемы состоит в том, что будет предоставлен путь разрешения одного из основных противоречий теории эволюции Вселенной и тем самым осуществлено согласование этой теории с современными фундаментальными теоретическими представлениями. Найденное решение уравнений гравитационного поля и скалярного поля Дезера–Дирака для поздней стадии инфляции может быть использовано при моделировании плавного перехода от стадии инфляции к стадии Фридмана.

Практическая ценность работы состоит в том, что ее результаты могут быть использованы в высших учебных заведениях и научных центрах, занимающихся научными исследованиями в области гравитационной физики и космологии. Также научные и научно-методические идеи и методы работы могут быть использованы при разработке методического обеспечения научно-образовательных курсов при подготовке кадров высшей квалификации.

Положения, выносимые на защиту

1. Исследованы два различных метода получения вариационных уравнений поля в пространстве Картана–Вейля в формализме внешних форм, доказана их неэквивалентность и обосновано преимущество подхода, основанного на использовании метода неопределенных множителей Лагранжа.

2. Для квадратичных лагранжианов общего вида в пространстве Картана–Вейля со скалярным полем Дезера–Дирака получены вариационные уравнения поля в формализме внешних форм методом неопределенных множителей Лагранжа.
3. Осуществлен вывод совместных уравнений гравитационного поля и скалярного поля Дезера–Дирака для ранней стадии однородной и изотропной Вселенной.
4. Найдено космологическое решение уравнений гравитационного поля и скалярного поля Дезера–Дирака для ранней Вселенной, в котором определяемая скалярным полем эффективная космологическая постоянная, а тем самым и плотность темной энергии, экспоненциально спадает со временем до асимптотического постоянного значения.
5. Найдено космологическое решение уравнений гравитационного поля и скалярного поля Дезера–Дирака, которое может быть реализовано на заключительной стадии инфляции при осуществлении плавного перехода от стадии инфляции к стадии Фридмана.

Достоверность

Достоверность полученных результатов основывается на использовании математических методов современной теории гравитационного поля, теории дифференцируемых многообразий, современного вариационного формализма во внешних формах. Полученные вариационные уравнения проверены с помощью дифференциальных тождеств в формализме внешних форм. Достоверность результатов подтверждается совпадениями с выводами квантовой теории поля об огромной величине энергии физического вакуума на ранней стадии существования Вселенной по сравнению с его значением в современную эпоху.

Личный вклад

Основные результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором в совместных исследованиях с научным руководителем, доктором физико-математических наук, профессором О.В. Бабуровой, которой принадлежат формулировка задачи исследования, контроль аналитических вычислений, анализ и обсуждение полученных результатов.

Апробация работы

Результаты диссертационной работы докладывались на секции "Гравитация, космология, астрофизика и компьютерные символьные методы" в рамках научных сессий МПГУ (2010–2014 г.г.), а также были представлены на следующих конференциях:

- Международная конференция по современным проблемам гравитации, космологии и релятивистской астрофизики, Российский университет дружбы народов, Москва, 2010.
- Российская летняя школа "Математическое моделирование фундаментальных объектов и явлений в системах компьютерной математики". Российский семинар «Нелинейные поля и релятивистская статистика в теории гравитации и космологии». Казань—Яльчик, 2010.
- 14-я Российская гравитационная конференция. Международная конференция по гравитации, космологии и астрофизике. 4-ая Ульяновская международная школа-семинар "Проблемы теоретической и наблюдательной космологии Ульяновский государственный педагогический университет, Ульяновск, 2011.
- XLVIII Всероссийская конференция по проблемам физики частиц, физики плазмы и конденсированных сред, оптоэлектроники, Российский университет дружбы народов, Москва, 2012,
- III-я Российская летняя школа–семинар "Современные теоретические проблемы гравитации и космологии" (GRACOS–2012), Казань–Яльчик, 2012,
- Third International Conference on Theoretical Physics "Theoretical Physics and its Applications MSOU, Moscow, 2013,
- Международная научная конференция "Фридмановские чтения ПГНИУ, Пермь, 2013.
- International Conference "Physical Interpretations of Relativity Theory (PIRT–2013), Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, 2013.
- I Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники, Российский университет дружбы народов, Москва, 2014.

Также результаты диссертации были отражены в отчетах по Проекту № 3702, который был осуществлен в рамках аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 годы) и по Проекту

533п(9), Гос. Контракт П797, который был реализован в рамках федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы.

Публикации

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 работах, 3 из которых опубликованы в научных журналах, входящих в Перечень ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 132 наименований. Объем диссертации – 91 страница текста, набранного в издательской системе LaTeX.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** дается общая характеристика работы, указывается ее цель, обосновывается актуальность решаемых проблем, дается описание постримановых пространств современной теории гравитации и используемых вариационных методов, а также кратко излагается содержание глав диссертации.

Первая глава диссертации носит в основном обзорный характер и состоит из трех параграфов. В первом параграфе рассматриваются основные понятия и процедуры формализма внешних дифференциальных форм при описании теории гравитации в постримановых пространствах. Затем на основе работы [17] и монографии [12] излагается доказательство леммы Бабуровой–Климовой–Фролова о результате коммутирования операторов варьирования и дуализации Ходжа. В третьем параграфе осуществляется вывод в формализме внешних форм дифференциальных тождеств, являющихся следствием существующих в постримановых пространствах локальных симметрий.

Вторая глава состоит из трех параграфов и посвящена развитию вариационной техники в теории гравитации со скалярным полем Дезера–Дирака с квадратичным лагранжианом на языке внешних дифференциальных форм в пространстве Картана–Вейля и выводе соответствующих вариационных уравнений поля в этом пространстве. В рассматриваемой теории гравитационный лагранжиан представляется в виде суммы обобщенного линейного лагранжиана Гильберта–Эйнштейна, квадратов кривизны, кручения и неметричности и членов со скалярным полем Дезера–Дирака. Соответствующая 4-форма лагранжевой плотности в формализме внешних форм приведена в первом параграфе второй главы.

Для получения уравнений гравитационного поля в постримановом пространстве Вейля–Картана могут быть использованы различные вариационные подходы. Одним из результатов данной главы является исследование двух различных подходов к получению вариационных уравнений в пространстве Картана–Вейля и обоснование их неэквивалентности.

Первоначально данные уравнения можно вывести в общем аффинно-метрическом пространстве, а затем перейти к частному случаю путем наложения условия Вейля уже после варьирования. Согласно второму методу эти уравнения можно вывести, если наложить условия Вейля до вариационной процедуры с помощью метода неопределенных множителей Лагранжа.

В первом параграфе второй главы на основе работы автора [18] обоснована неэквивалентность в формализме внешних форм первого из этих методов второму. Это означает, что выбор типа пространства-времени (в виде геометрической структуры пространства Картана–Вейля) следует делать до получения вариационных уравнений гравитационного поля.

Во втором параграфе второй главы методом неопределенных множителей Лагранжа в формализме внешних форм выведены уравнения вариационные уравнения гравитационного поля и скалярного поля Дезера–Дирака. В третьем параграфе этой главы излагается метод проверки правильности вывода вариационных уравнений поля на основе применения дифференциальных тождеств, изложенных в Главе 1.

Основной результат диссертации изложен в **третьей главе**. В первом параграфе этой главы на основании опубликованной литературы произведен анализ проблемы темной энергии как фундаментальной проблемы современной космологии. в последующих трех параграфах осуществлено исследование полученных во второй главе вариационных уравнений поля в пространстве Картана–Вейля. В пятом параграфе данной главы выведен вид вариационных уравнений поля для случая однородной и изотропной Вселенной в ранний период ее эволюции, когда основной вклад в динамику дают гравитационное поле и скалярное поле Дезера–Дирака и влиянием остальной материи можно пренебречь. Затем в этом параграфе найдено космологическое решение вариационных уравнений поля для рассматриваемого случая эволюции ранней Вселенной, имеющее вид:

$$\beta = \frac{1 + \exp(-3\lambda(t + t_0))}{1 - \exp(-3\lambda(t + t_0))}, \quad (1)$$

$$a = a_1 \exp(\lambda(t + t_0)) \frac{(1 - \exp(-3\lambda(t + t_0)))^{5/3}}{1 + \exp(-3\lambda(t + t_0))}. \quad (2)$$

При этом в пределе при $t \rightarrow \infty$ имеем $\Lambda_{eff} = \beta^2 \Lambda \rightarrow \Lambda$. Таким образом, при достаточно малой величине уже к концу инфляции эффективная космологическая постоянная может незначительно отличаться от своего предельного значения, равного ее современной величине Λ , что обеспечивает последующий переход от фридмановской эпохи замедленного расширения Вселенной к эпохе ускоренного расширения.

Данное решение реализует экспоненциальное уменьшение скалярного поля Дезера–Дирака β , а тем самым резкое экспоненциальное уменьшение на много порядков эффективной космологической постоянной, а следовательно и плотности темной энергии (энергии физического вакуума).

В последнем параграфе третьей главы получено другое возможное космологическое решение вариационных уравнений поля для ранней Вселенной, имеющее более плавное спадание со временем скалярного поля. Данное решение может быть реализовано на заключительной стадии инфляции и удобно для осуществления плавного перехода от стадии инфляции к стадии Фридмана, который реализуется в результате рождения масс покоя элементарных частиц в конце стадии инфляции.

В **Заключении** сформулированы результаты диссертации, выносимые на защиту.

Результаты проведенных исследований можно сформулировать в виде следующих положений, **выносимых на защиту**:

1. Исследованы два различных метода получения вариационных уравнений поля в пространстве Картана–Вейля, доказана их неэквивалентность и обосновано преимущество подхода, основанного на использовании метода неопределенных множителей Лагранжа.
2. Для квадратичных лагранжианов общего вида в пространстве Картана–Вейля со скалярным полем Дезера–Дирака получены вариационные уравнения поля в формализме внешних форм методом неопределенных множителей Лагранжа.
3. Осуществлен вывод совместных уравнений гравитационного поля и скалярного поля Дезера–Дирака для ранней стадии однородной и изотропной Вселенной.
4. Найдено космологическое решение уравнений гравитационного поля и скалярного поля Дирака для ранней Вселенной, в котором определяемая скалярным полем эффективная космологическая постоянная, а тем самым и плотность темной энергии, экспоненциально спадает со временем до асимптотического постоянного значения.
5. Найдено космологическое решение уравнений гравитационного поля и скалярного поля Дирака, которое может быть реализовано на заключительной стадии инфляции при осуществлении плавного перехода от стадии инфляции к стадии Фридмана.

Цитированная литература

- [1] *Puetzfeld D.* Status of non-Riemannian cosmology //Preprint Los Alamos arXive, gr-qc 0404119 (2004).
- [2] *Babourova O. V., Frolov B. N.* Dark energy, Dirac's scalar field and the cosmological constant problem // ArXive: 1112.4449 [gr-qc].-2011.
- [3] *Babourova O. V., Frolov B. N., Zhukovsky V. Ch.* Gauge Field Theory for Poincar'e-Weyl Group //Phys. Rev. D-2006.-V.74.-P.1-12 (gr-qc/0508088, 2005).
- [4] *Dirac P. A. M.* Long range forces and broken symmetries // Proc. Roy. Soc. A.-1973.-V.333.-P. 403-418.
- [5] *Deser S.* Scale Invariance and Gravitational Coupling // Annals Phys. (USA).-1970.-V.59.-P. 248-253.
- [6] *Babourova O. V., Frolov B. N.* Dilaton matter as dark matter and evolution of the universe // Gravitation and Cosmology.-2003.-V.9.-№1(33).-P.15-19.
- [7] *Бабурова О. В., Косткин Р. С., Фролов Б. Н.* Проблема космологической постоянной в рамках конформной теории гравитации в пространстве Вейля-Картана // Известия высших учебных заведений. Физика.-2011.-Т.54.-№1.-С.111-112.
- [8] *Weinberg S.* The Cosmological Constant Problem // Rev. Mod. Phys.-1989.-V.61(1).-P.1-23.
- [9] *Peebles P. J. E., Ratra B.* The Cosmological Constant and Dark Energy // Rev. Mod. Phys.-2003.-V.75.-P.559-606 (astro-ph/0207347v2).
- [10] *Долгов А. Д., Зельдович Я. Б., Сагин М. В.* Космология ранней Вселенной.-М.: Изд.-во Моск. ун-та, 1988.-199 с.

- [11] Горбунов Д. С., Рубаков В. А. Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва.—М.: ЛКИ, 2008.—552 с.
- [12] Бабурова О. В., Фролов Б. Н. Математические основы современной теории гравитации.—М.: МПГУ, Прометей, 2012.
- [13] Babourova O. V., Frolov B. N., Kostkin R. S. Dirac's scalar field as dark energy with the frameworks of conformal theory of gravitation in Weyl–Cartan space // ArXive: 1006.4761[gr-qc].—2010.
- [14] Babourova O. V., Frolov B. N. Dark energy, Dirac's scalar field and the cosmological constant problem // ArXive: 1112.4449 [gr-qc].—2011.
- [15] Бабурова О. В., Косткин Р. С., Фролов Б. Н. Проблема космологической постоянной в рамках конформной теории гравитации в пространстве Вейля–Картана // Известия высших учебных заведений. Физика.—2011.—Т.54.—№1.—С.111–112.
- [16] Hehl F. W., McCrea J. L., Mielke E. W. and Ne'eman Yu. Metric-Affine Gauge Theory of Gravity: Field Equations, Noether Identities, World Spinors, and Breaking of Dilaton Invariance //Phys. Rep.—1995.—V.258.—P.1–171.
- [17] Babourova O. V., Frolov B. N., Klimova E. A. Plane torsion waves in quadratic gravitational theories in Riemann–Cartan space //Class. Quantum Grav.—1999.—V.16.—P.1149–1162 (gr-qc/9805005).
- [18] Бабурова О. В., Липкин К. Н., Фролов Б. Н., Щербань В. Н. Вариационный принцип в постримановых теориях гравитации // Известия высших учебных заведений. Физика.—2013.—Т.56.—№6.—С.103–104.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Статьи в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК

1. Бабурова О. В., Липкин К. Н., Фролов Б. Н. Теория гравитации со скалярным полем Дирака и проблема космологической постоянной //Известия высших учебных заведений. Физика.—2012.—Т.55.—№7.—С. 113–115. (Baburova O.V., Lipkin K.N., Frolov B.N. Theory of gravity with the Dirac scalar field and the problem of cosmological constant //Russian Physics Journal.—2012.—V.55.—№7.—P.855–857).(авторский вклад—50%)

2. Babourova O.V., Frolov B.N., Lipkin K.N. Theory of gravity with a Dirac scalar field in the exterior form formalism and the cosmological constant problem // Gravitation and Cosmology. – 2012. – V.18. – №4. – P.225–231. (авторский вклад–30%)
3. Бабурова О. В., Липкин К. Н., Фролов Б. Н., Щербань В. Н. Вариационный принцип в постримановых теориях гравитации // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т.56. – №6. – С.103–104 (Baburova O.V., Lipkin K.N., Frolov B.N., Shcherban' V.N. Variational principle in post-Riemannian theories of gravitation // Russian Physics Journal. – 2013. – V.56. – №6. – P.722–724). (авторский вклад–10%)

Статьи в сборниках статей и в трудах конференций

4. Бабурова О. В., Липкин К. Н., Фролов Б. Н. Построение конформной теории гравитации в формализме внешних форм для решения проблемы космологической постоянной // В сб.: "Наука в вузах: математика, информатика, физика, образование". – М.: МПГУ, 2010. – С.95–97. (авторский вклад–50%)
5. Frolov B.N., Babourova O.V., Lipkin K.N. Dirac's scalar field as the metric tensor component and the cosmological constant problem // В сб: Теоретическая физика: материалы Международной конференции 20–25 июля 2011 года. – М.: Изд-во МГОУ, 2012. – С.29–32. (авторский вклад–50%)
6. Babourova O.V., Frolov B.N., Lipkin K.N. Theory of gravitation with Dirac scalar field in the exterior form formalism and the cosmological constant problem // In: Physical Interpretations of Relativity Theory (Proceedings of International Scientific Meeting PIRT-2011, Moscow, 4–7 July, 2011). Eds. M.C. Duffy, V.O. Gladyshev, A.N. Morozov, P. Rowlands. – Moscow, 2012. – P.43. (авторский вклад–50%)
7. Babourova O.V., Frolov B.N., Lipkin K.N. Cosmological solution for the early Universe in a Cartan–Weyl space with the Deser–Dirac scalar field // In: Physical Interpretations of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting PIRT-2013 (Moscow: 1–4 July 2013). Eds by M. C. Duffy, V. O. Gladyshev, A. N. Morozov, V. Pustovoit, P. Rowlands. – Moscow: BMSTU, 2013. – P.21–22. (авторский вклад–50%)

Тезисы докладов конференций

8. Babourova O.V., Lipkin K. N. Cosmological term evolution in gravitational theory with scalar field in Weyl–Cartan spacetime in exterior form formalism // В сб.:

Современные проблемы гравитации, космологии и релятивистской астрофизики: Тезисы докладов Международной конференции 27 июня – 3 июля, 2010 г., РУДН, Москва, Россия.–М.: РУДН, 2010.–С.99.(авторский вклад–50%)

9. *Бабурова О. В., Липкин К. Н., Фролов Б. Н.* Переменный космологический член в теории гравитации со скалярным полем в пространстве Вейля–Картана в формализме внешних форм // В сб.: Российская летняя школа "Математическое моделирование фундаментальных объектов и явлений в системах компьютерной математики". Российский семинар "Нелинейные поля и релятивистская статистика в теории гравитации и космологии". Труды семинара, Казань–Яльчик, 6–10 сентября 2010 г.–Казань: ООО "Фолиант 2010.–С.127. (авторский вклад–50%)
10. *Babourova O.V., Lipkin K.N.* Conformal theory of gravitation with scalar Dirac field in Weyl–Cartan spacetime in exterior form formalism // В сб.: "14–я Российская гравитационная конференция–Международная конференция по гравитации, космологии и астрофизике. 4–ая Ульяновская международная школа–семинар "Проблемы теоретической и наблюдательной космологии". Сборник тезисов докладов международной научной конференции Ульяновск: УлГПУ.–2011.–С.60–61.(авторский вклад–50%)
11. *Бабурова О.В., Липкин К.Н., Фролов Б.Н.* Космологическое решение теории гравитации со скалярным полем Дезера–Дирака для сверххранней Вселенной // В сб.: "XLVIII Всероссийская конференция по проблемам физики частиц, физики плазмы и конденсированных сред, оптоэлектроники"Тезисы докладов.–М.: РУДН, 2012.–С.226.(авторский вклад–50%)
12. *Бабурова О.В., Липкин К.Н., Фролов Б.Н.* Решения для сверххранней Вселенной теории гравитации со скалярным полем в пространстве Картана–Вейля // В сб.: Труды Российской летней школы по гравитации и космологии и Международного семинара "Современные теоретические проблемы гравитации и космологии 3–7 сентября 2012 г., Казань–Яльчик.–Казань: Казанский университет, 2012.–С.68–69.(авторский вклад–50%)
13. *Бабурова О.В., Фролов Б.Н., Липкин К.Н.* Космологическое решение для ранней Вселенной в пространстве Картана–Вейля со скалярным полем Дезера–Дирака // В сб.: «Фридмановские чтения: тез. докл. междунар. науч. конф.

(Пермь, 24–28 июня 2013 г.)»–Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун–т, 2013.–С.11.
(авторский вклад–50%)

Липкин Кирилл Николаевич

**"Космологические аспекты гравитационного взаимодействия в
пространстве Картана–Вейля"**

Получены и исследованы вариационные уравнения гравитационного поля в пространстве Картана–Вейля со скалярным полем Дезера–Дирака в формализме внешних форм методом неопределенных множителей Лагранжа для квадратичных лагранжианов общего вида, а также, исследованы два различных метода получения уравнений поля в пространстве Картана–Вейля и доказана их неэквивалентность.

Найдены космологические решения полученных полевых уравнений для ранней стадии эволюции Вселенной, в том числе для скалярного поля Дезера–Дирака. Первое из этих решений позволяет объяснить резкое экспоненциальное уменьшение со временем величины темной энергии (энергии физического вакуума), описываемой эффективной космологической постоянной. Второе решение имеет для скалярного поля более плавное спадание со временем и может быть реализовано на заключительной стадии инфляции.

Lipkin Kirill N.

**"Cosmological aspects of the gravitational interaction in the Cartan–Weyl
spacetime"**

The variational equations of a gravitational field in the Cartan–Weyl spacetime with the Deser–Dirac scalar field in the external forms formalism using the method of Lagrange uncertain multipliers for square-law Lagrangians of general form are obtained and investigated, and also, two various methods of reception the field equations in Cartan–Weyl space are investigated and is proved their nonequivalence.

The cosmological solutions of the obtained field equations for an early stage of evolution of the Universe are derived, including the equation for the Deser–Dirac scalar field. First of these solutions allows to explain sharp exponential reduction in time of dark energy (energy of physical vacuum), described by an effective cosmological constant. The second solution has for a scalar field smoother falling off in time and can be realized at a final stage of inflation.