

ФОРМА 1. ДАННЫЕ О ПРОЕКТЕ

1.0.1. Номер проекта:

1.0.2. Руководитель проекта:
Жогин Иван Львович

1.1.1. Название проекта:

Общековариантная пятимерная теория гравитации (вместо темной материи и темной энергии) и природа гравитационной постоянной

1.1.2. Название проекта на английском языке:

Generally covariant 5D gravitation theory (instead of Dark Matter and Dark Energy) and the origin of the gravitation constant

1.2.1. Вид конкурса:

а - Инициативные проекты

1.2.2. Область знания:

02 - ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

1.3. Научная дисциплина:

02-860 Космология и микрофизика 02-850 Галактика и Метагалактика

02-710 Теория поля и теория гравитации

1.4. Ключевые слова:

закон Ньютона, MOND-режим, темная материя, космологическое расширение, общековариантные теории поля, телепараллелизм

1.5. Краткая аннотация:

Многочисленные астрономические наблюдения (кривые вращения галактик и скорости галактик в кластерах, динамика космологического расширения) приводят к непростому выбору. Либо нужно предположить существование (причем в огромных количествах) специфических тяготеющих субстанций – холодной темной материи и темной энергии, либо следует искать альтернативу общей теории относительности (ОТО), которая бы давала на больших расстояниях ‘больше гравитации’, то есть более медленный спад гравитационного потенциала (режим MOND), но при этом не приводила бы к торможению космологического расширения.

Данный проект как раз предлагает альтернативную общековариантную теорию гравитации – некоторый вариант теории реперного поля (или телепараллелизма), уникальный тем, что в его решениях общего положения не возникают сингулярности. Ничего в этой теории, включая размерность пространства-времени, $D=5$, нельзя изменить (нет произвольных параметров), не разрушив это замечательное и, как оказывается, очень редкое свойство.

Тривиальное решение в этой теории линейно неустойчиво: часть фурье-компонент малого возмущения общего положения (3 поляризации из 15 – при $D=5$), наименее симметричная неприводимая часть компонент тензора кручения (но не компоненты тензора римановой кривизны), в общем случае линейно растут со временем; однако эти компоненты (растущие, неустойчивые) не дают вклада в тензор энергии-импульса реперного поля (он зависит только от ротора следа тензора кручения, $\Phi_{[\mu;\nu]}$, – тоже три поляризации; остальные девять – и устойчивы, и невесомы).

Часть продолженных уравнений теории совпадает с уравнением RG-гравитации (плотность Лагранжиана есть свертка тензоров Риччи и Эйнштейна), приводя к уравнению би-Лапласа для гравитационного потенциала; массы, имеющие большую протяженность L вдоль дополнительного измерения, могут притягиваться по закону $1/r^2$ на малых расстояниях ($r \ll L$; ньютоновский режим), но по закону $1/r$ на больших – режим типа MOND. (Интересно, что сама RG-гравитация отличается более заметной неустойчивостью, связанной с ростом компонент тензора Вейля.)

Поскольку теория не содержит параметров, феноменологические ‘константы’ должны быть связаны с медленно меняющимися параметрами самого решения. Поэтому главная задача проекта состоит в попытке связать ‘универсальную гравитационную константу’ (которая вместе с массой тела определяет ньютоновский гравитационный потенциал) с параметрами ансамбля стохастических, достаточно слабых и практически неосязаемых (невесомых) волн, заполняющих разлетающуюся сферически-симметричную волну. Детальное изучение нестационарных SO_4 -симметричных решений, выполняющих роль расширяющегося космологического бэкграунда, с особым механизмом редукции дополнительного (радиального) измерения, разумеется, тоже является важной целью этого проекта.

1.6. Количество ученых - основных исполнителей:

1

1.7. ...

ФОРМА 4. СОДЕРЖАНИЕ ИНИЦИАТИВНОГО ПРОЕКТА

4.1. Фундаментальная научная проблема, на решение которой направлен проект:

Чтобы объяснить ряд астрономических наблюдений, кривые вращения галактик и динамику скоплений галактик (а также ускоренное космологическое расширение), нужно либо менять теорию гравитации (ОТО), либо вводить в огромных количествах темную материю (и темную энергию), частицы которой не удастся зарегистрировать в лабораториях.

Отыскание альтернативной общеквариантной теории гравитации, которая могла бы объяснить указанные наблюдения без привлечения "темных сущностей", имело бы фундаментальное значение.

Данный проект является попыткой решения этой важной проблемы – с помощью теории абсолютного параллелизма; симметрия уравнений этой теории объединяет симметрии ОТО и СТО, что, на наш взгляд, может помочь в достижении единства в физике.

Правильная теория (или теория, идущая в правильном направлении) обычно оказывается способной решить сразу несколько проблем, так что единственная проблема в том, чтобы найти такую теорию.

4.2. Конкретная фундаментальная задача в рамках проблемы, на решение которой направлен проект:

Предлагаемая теория гравитации – это вариант теории поля реперов (теории абсолютного параллелизма), уникальным отсутствием сингулярностей в решениях общего положения (ничего, даже размерность пространства, $D=5$, нельзя изменить). Продолженные уравнения теории дают уравнение типа RG-гравитации (действие определяется сверткой тензоров Риччи и Эйнштейна), с ковариантно-сохраняющимся тензором энергии-импульса реперного поля.

Первая задача проекта состоит в изучении нестационарных O_4 -симметричных волн (а также точных решений типа одиночной плоской волны) и анализ их устойчивости: 'энергичные' поляризации, которые могут удерживаться внутри большой волны (полное внутреннее отражение), суть источники, вызывающие рост неустойчивых (и невесомых – не дающих вклада в тензор энергии-импульса, как и сама большая сферически-симметричная волна) поляризаций, но этот рост может остановиться (увеличение объема большой волны, спад амплитуды 'весомых' и уход из волны 'растущих' возмущений).

Но главная задача состоит в попытке связать параметры гравитационного потенциала (астрономического объекта), в первую очередь 'универсальную гравитационную константу' (которая вместе с массой объекта определяет ньютоновский гравитационный потенциал), а также параметры, определяющие переход к режиму MOND, с параметрами ансамбля стохастических, достаточно слабых, малоосязаемых возмущений, волн (как 'невесомых', так и 'весомых'), наполняющих разлетающуюся сферически-симметричную волну, и параметрами самой космологической волны (космологическая модель 'релятивистского серфинга'). Ожидается, что при уменьшении амплитуды ансамбля стохастических возмущений гравитационный потенциал также будет стремиться к нулю.

4.3. Предлагаемые методы и подходы:

Наиболее симметричное решение в АП – тривиальное решение, когда равен нулю 'основной' тензор теории $\Lambda_{\alpha\mu\nu} = h_{\alpha\mu,\nu} - h_{\alpha\nu,\mu} = 2h_{\alpha[\mu;\nu]}$ (запятая обозначает обычную производную, а точка с запятой – ковариантную, с симметричной связностью, согласованной с метрикой $g_{\mu\nu} = \eta_{ab}h^a{}_{\mu}h^b{}_{\nu}$; тогда можно ввести инерциальные координаты, y_a , интегрируя уравнения $y_{a,\mu} = h_{a\mu}$.

В случае же сферически-симметричной задачи, когда равны нулю кососимметричные тензоры $S_{\mu\nu\lambda} = 3\Lambda_{[\mu\nu}h^{\alpha}{}_{\lambda]}$, $f_{\mu\nu} = 2\Phi_{[\mu,\nu]}$ ($\Phi_{\nu} = \Lambda_{\alpha a\nu}$), возникают похожие возможности введения привилегированных координат, времени и радиуса (возникает, например, уравнение вида $(\Psi^q h_{0[\mu],\nu]} = 0$, где $\Psi_{,\mu}/\Psi = \Phi_{\mu}$; это уравнение можно проинтегрировать, получив 'квазиинерциальное' время; здесь подчеркнутый индекс подчеркивает его 'латинское происхождение').

Развитый ранее общеквариантный подход к исследованию сингулярностей решений, связанный с распространением анализа совместности (формальной интегрируемости) уравнений АП на случаи вырождения матрицы репера, будет применен для изучения сингулярностей сферически-симметричных решений. Двумерно-ковариантная система уравнений (в «естественных» координатах, где преобразования симметрии O_4 однородны, но радиус и время – не выбраны, произвольны) сферически-симметричной задачи может оказаться достаточно сложной для такого анализа (богатый тензорный состав – много способов вырождения репера). (Сингулярности симметричных решений, составляющих меру нуль, в принципе, не опасны, т.к. реальное решение должно находиться в общем положении, но могут усложнить построение космологической модели с хаотическим наполнением). Поиск ковариантных способов выбора радиуса и времени (и полной фиксации координатного произвола, «калибровки»), нахождение точных (или численных) решений в таких привилегированных координатах будет полезно дополнить исследованием решений типа плоской волны (с максимально возможной симметрией; выглядящих как далекая асимптотика сферически-симметричных решений) со стохастическим наполнением, и их симметрий в сопутствующей системе координат. (Одной из целей является ответ на вопрос: может ли шестипараметрическая группа O_4 или SO_4 симметрий космологической модели (с наполнением) выглядеть в локально-сопутствующей системе координат как деформированная/нарушенная группа Лоренца).

Для достижения главных целей проекта важно уметь разделять чрезвычайно сложные решения

(конфигурации реперного поля) на относительно простые для понимания и оперирования части: крупномасштабную (симметрия O_4), стохастическую (симметричную в среднем – изотропную по трем обычным, касательным измерениям и однородную вдоль трехмерной сферы волновода), квазиньютоновскую. Мы полагаем, что для такого разделения будет полезно следующее замечательное свойство уравнений предлагаемой теории. После перехода к контравариантной реперной плотности веса $1/4$

$$H_a^\mu = h^{1/4} h_a^\mu \quad (h = \det h^a_\mu)$$

уравнение поля принимает трилинейный по H_a^μ и ее производным вид (обратная матрица ковариантной плотности вообще не входит в уравнение; см. [4] в 4.7.1.). Именно эти полевые переменные могут оказаться удобными для осуществления указанного разделения.

План работы: 1. Изучение линеаризованных решений теории; выбор координат и выделение поляризации, переносящих f -компоненту, S -компоненту. 2. Вывод двумерно-ковариантной системы уравнений (без фиксации радиуса и времени) сферически-симметричной задачи, ковариантный анализ сингулярностей решений для этой системы. 3. Поиск возможностей ковариантного выбора радиуса и времени и полной фиксации координатного произвола в сферически-симметричной задаче и вывод уравнений в этих привилегированных, квази-инерциальных координатах. 4. Исследование точных, нелинейных решений типа (уединенной) плоской волны (как асимптотики сферически-симметричного решения). Анализ линеаризованных возмущений на фоне таких волн. Вывод уравнений, описывающих влияние стохастического наполнения на эволюцию плоской волны. 5. Попытка связать параметры гравитационного потенциала, в том числе гравитационную константу, с параметрами ансамбля стохастических волн ('невесомых' и 'весомых'), наполняющих разлетающуюся сферически-симметричную волну, и параметрами самой космологической волны.

4.4. Ожидаемые в конце 2008 года научные результаты:

1. Будет получена двумерно-общеквариантная система уравнений, к которой сводится сферически-симметричная задача (без фиксации радиуса и времени; это необходимо для ковариантного анализа сингулярностей таких решений).

2. Скалярные поля, появляющиеся в сферически-симметричной задаче (в том числе в результате интегрирования – аналогично инерциальным координатам для случая тривиального решения), будут использованы для ковариантного выбора радиуса и времени, с полной фиксацией координатного произвола. Будет проведен анализ симметрий уравнений и поиск точных нестационарных решений.

3. Будут получены точные решения типа большой уединенной плоской волны, изотропной по касательным измерениям (далекая асимптотика сферически-симметричного решения). На этой основе будет рассмотрена динамика стохастического наполнения, 'весомого' и 'невесомого', и его влияние на скорость и эволюцию подобных волн.

4. Также будет поставлена и рассмотрена задача об определяющем влиянии ансамбля стохастических волн на гравитационный потенциал точечного (или линейного, протяженного по дополнительному измерению) источника, и о возможной связи гравитационной постоянной с параметрами стохастического наполнения.

4.5. Современное состояние исследований в данной области науки, сравнение ожидаемых результатов с мировым уровнем:

Сегодняшняя физическая картина мира далека от единства. С одной стороны имеется стандартная модель элементарных частиц, основанная на симметриях СТО (пространство Минковского с его привилегированными инерциальными координатами) и имеющая много параметров. С другой стороны – общая теория относительности (ОТО), отвечающая за гравитацию и космологию, симметрия которой гораздо выше (группа произвольных координатных диффеоморфизмов; однако, сигнатура пространства не связана никак с этой симметрией и должна задаваться отдельным постулатом).

Поистине животрепещущей является проблема поиска частиц темной материи (как возможного расширения стандартной модели), или же доказательство ее (темной материи) отсутствия. С началом работы в следующем году Большого адронного коллайдера (ЛНС) связаны надежды найти свидетельства существования требующихся тяжелых, слабо взаимодействующих частиц. Принято считать, что теория струн, главное направление сегодняшней теоретической физики, может предложить кандидата на эту роль – легчайшего суперпартнера. Однако критики этой теории (Woit, Smolin et al.) считают, что несмотря на многолетние усилия большого числа специалистов теория струн не в состоянии предъявить результаты, предсказания, пусть даже качественные, или предложить эксперименты, которые могли бы дать этой теории возможность стать фальсифицируемой, т.е. шанс быть опровергнутой.

Поиск более явных свидетельств существования темной материи продолжается и с помощью астрономических наблюдений. Так, согласно компьютерным расчетам (в модели с темной материей), ожидалось, что новые карликовые галактики, образовавшиеся после столкновения двух галактик из 'осколков', боковых струй, не могут содержать темной материи. Однако недавние наблюдения (большой радиотелескоп VLA, 21 см) опровергли эти ожидания (см. www.nrao.edu/pr/2007/darkdwarfs). То что темная материя так упорно следует за обычной, 'светлой' материей (особенности в распределении звезд в галактиках повторяются особенностями на кривых вращения галактик) выгля-

дит довольно странно. Известной альтернативой темной материи является феноменология MOND (modified Newtonian dynamics), которая считает, что после некоторого порогового ускорения a_0 , $a_0 \sim 10^{-10} \text{m/s}^2$, ускорение ньютоновского притяжения g_N плавно сменяется ускорением $\sqrt{a_0 g_N}$; это связывается с нарушением либо второго закона Ньютона, либо закона тяготения (тоже Ньютона). Эксперименты с крутильным маятником (хотя в условиях земной гравитации) не нашли отклонений от второго закона Ньютона вплоть до $5 \cdot 10^{-14} \text{m/s}^2$ [Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 150801]. Несмотря на успехи (см. www.astro.umd.edu/~ssm/mond/), MOND не находит радушного приема у сообщества, так как не видно способа ее согласования с теорией относительности (общей, желательной). Попытки в этом направлении предпринимались, в том числе с привлечением дополнительного измерения, однако теория абсолютного параллелизма (АП) для этих целей пока не привлекалась. Совместные уравнения АП суть общековариантные уравнения второго порядка поля ко-реперов h^a_μ ($h^a_\mu h^\nu_a = \delta^\nu_\mu$, η_{ab} – метрика Минковского):

$$\mathbf{E}_{ab} = \Lambda_{abc,c} - b f_{ab} + c(\Phi_{b,a} - \eta_{ab}\Phi_{c,c}) + (\Lambda^2) = 0 \quad (\Phi_a = \eta^{bc}\Lambda_{bca}, \quad f_{ab} = 2\Phi_{[a,b]} + \Phi_c\Lambda_{cab}),$$

здесь $\Lambda_{abc} = (h_{a\mu,\nu} - h_{a\nu,\mu})h_b^\mu h_c^\nu = 2h_{a[\mu,\nu]}h_b^\mu h_c^\nu$ – простейший ковариант теории (кручение), и $_{,a} = ;_\mu h_a^\mu$ (используем связность Леви-Чивита, с метрикой $g_{\mu\nu} = \eta_{ab}h^a_\mu h^b_\nu$). Эта система (с инволютивным символом [Поммаре Ж. Системы уравнений с частными производными и псевдогруппы Ли. – М.: Мир, 1983]) совместна, если продолженные уравнения $\mathbf{E}_{ab,b}$ и $\mathbf{E}_{ba,b}$ дают тождество (их главные производные пропорциональны $f_{ab,b}$; тождество $\Lambda_{a[\mu\nu;\lambda]} \equiv 0$ при свертке дает $\Lambda_{abc,a} + f_{bc} \equiv 0$).

Эйнштейн и Майер (ограничиваясь размерностью $D=4$) кроме двухпараметрического класса лагранжевых уравнений нашли три других [Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т.2. – М.: Наука, 1966. С.353] (включая однопараметрический класс, уравнения которого, как можно показать, могут быть записаны в трilinearном виде). Однако, наиболее интересный вариант АП (уникальный тем, что его решения общего положения свободны от появления сингулярностей) не был явно указан в этой классификации (нужно отметить, что для этого варианта размерность $D=4$ является запрещенной). В связи с АП Паули задавал вопросы о тензоре энергии-импульса и о пост-ньютоновских эффектах – вопросы, остававшиеся без ответа.

Для предлагаемого варианта АП возможны следующие ответы: (1) существует симметричный тензор энергии-импульса (ковариантно сохраняющийся: $T^{\mu\nu}{}_{;\nu} = 0$; т.е. энергия движется по римановой геодезической) с положительно-определенной энергией, в который дает вклад лишь один из богатого набора дифференциальных ковариантов теории – кососимметрический тензор $f_{\mu\nu}$ (причем возможны невесомые решения – очень странное свойство с точки зрения лагранжевой традиции);

(2) весомая f -компонента должна распространяться по римановым геодезическим (поскольку S -компонента, кососимметрический тензор $S_{\mu\nu\tau} = 3\Lambda_{[\mu\nu\tau]}$, который вместе с метрикой определяет движение f -компоненты, не может войти в уравнение эйконала [но может влиять на поляризацию]).

АП интересен и тем, что при отсутствии сингулярностей решений имеет топологические свойства нелинейной сигма-модели (несмотря на большое число работ, относящихся к таким моделям и их симметричным решениям, до сих пор, по-видимому, отсутствует четкое понимание того, что множество симметричных решений может совершенно иначе разбиваться на компоненты связности, чем множество всех решений, т.е. группа топологического *квазизаряда* не обязательно изоморфна группе топологического заряда).

- 4.6. Имеющийся у коллектива научный задел по предлагаемому проекту: полученные ранее результаты: В препринте [1] (см. 4.7.1.) рассмотрено уравнение RG-гравитации (плотность Лагранжиана есть свертка тензоров Риччи и Эйнштейна: $R_{\mu\nu}G^{\mu\nu}$) и показано, что в приближении слабого поля, для случая $D = 5$, стационарное решение уравнения (4-го порядка: $\Delta^2\varphi \sim \delta^D(x)$) для гравитационного потенциала содержит два члена (здесь R – 4-мерный радиус):

$$\varphi = \frac{a}{8} \ln R^2 - \frac{b}{R^2}. \quad (1)$$

Предполагая, что масса тяготеющих тел распределена вдоль дополнительного измерения x^4 , и это распределение задается некой универсальной функцией $\mu(x^4/L)$, можно получить выражение для силы притяжения таких протяженных (по дополнительному измерению, с характерным масштабом L) масс, в котором закон Ньютона [вклад второго слагаемого в (1)], верный на малых расстояниях ($r \ll L$), переходит на больших расстояниях в более медленно спадающую асимптотику $1/r$.

Но вопрос о соотношении констант a и b в (1) остается открытым. (Эти результаты докладывались на конференции pirt-07; постер представлялся также на конференцию DoG-07.)

Сама по себе RG-гравитация нехороша (помимо того, что это уравнение 4-го порядка) тем, что тривиальное решение в ней неустойчиво из-за линейного роста поляризаций, относящихся к тензору Вейля (в общем случае компоненты тензора Риччи не равны нулю, хотя и не растут, т.е. устойчивы). Достаточно заметить, что из дивергенции тождества Бианки (и учета его свертки) следует

уравнение эволюции тензора Римана, с источником в правой части (незануляющимся в линейном приближении):

$$R_{\mu\nu\rho\tau;\xi;\eta} g^{\xi\eta} \equiv 2R_{\rho[\mu;\nu];\tau} - 2R_{\tau[\mu;\nu];\rho} + (Riem^2). \quad (2)$$

В предлагаемой теории, уравнения которой имеют достаточно простой вид

$$L_{a\mu\nu;\nu} - \frac{1}{3}f_{a\mu} - \frac{1}{3}L_{a\mu\nu}\Phi_\nu = 0, \quad L_{a\mu\nu} = \Lambda_{a\mu\nu} - S_{a\mu\nu} - \frac{2}{3}h_{a[\mu}\Phi_{\nu]}, \quad (3)$$

тензор Риччи в общем случае не равен нулю, даже в линейном приближении: $R_{\mu\nu} \sim \Phi_{(\mu;\nu)} + (\Lambda^2)$; но такие члены сокращаются в правой части (2).

Любое уравнение АП (за двумя исключениями) можно записать [3] так, что в коэффициенты при вторых производных $h^a{}_{\mu,\nu\lambda}$ войдут только миноры коранга два матрицы ко-репера,

$$\left(\begin{smallmatrix} \mu & \nu \\ a & b \end{smallmatrix} \right) = \partial^2 h / \partial h^a{}_\mu \partial h^b{}_\nu = 2! h h^a{}_\mu h^b{}_\nu; \quad h = \det h^a{}_\mu.$$

Как и определитель, миноры полилинейны по элементам ко-репера, и кососимметричны как по индексам строк, так и столбцов. Для матриц вида $h^a{}_\mu = \text{diag}(1, \dots, 1, 0, \dots, 0)$ регулярность старших производных (инволютивность символа) сохраняется, если $\text{rank} h^a{}_\mu = D-1$ (но не ниже).

Есть, однако, два особых случая – когда в тождество входит только симметричная (сюда относится случай ОТО), или только антисимметричная часть системы. И только второй случай оказывается уникальным: инволютивность символа исчезает при вырождении ко-репера, что указывает на невозможность сингулярностей такого типа в решениях общего положения.

В [3] рассмотрен также вопрос о тензоре энергии-импульса реперного поля. Формально, продолженное уравнение, принимающее вид уравнения RG-гравитации, можно связать со *слабым* лагранжианом (термин Н.Х. Ибрагимова – для ситуации, когда варьирование дает продолженные уравнения), ‘квадратичным по уравнениям’ $\mathbf{E}_{(ab)}$ (т.е. тривиальным – как и его нетеровские законы сохранения). Другой тип особенностей – контра-сингулярности, связанные с вырождением контравариантного репера $h_a{}^\mu$, точнее реперной плотности некоторого веса. После замены ($H = \det H_a{}^\mu$)

$$H_a{}^\mu = h^{\frac{c}{c+1}} h_a{}^\mu \quad (h_a{}^\mu = H^{-p} H_a{}^\mu, \quad p = (D_* - D)^{-1}, \quad D_* = 1 + c^{-1})$$

произвольная система АП (см. 4.5.) записывается так, что старшие члены содержат только матрицу $H_a{}^\mu$, но не $H^a{}_\mu$ ($H^a{}_\mu H_a{}^\nu = \delta_\mu^\nu$):

$$H^{3p} \mathbf{E}^b{}_\mu = \left(H^{\mu}_{c,\nu\lambda} H_b{}^\nu - H^{\mu}_{b,\nu\lambda} H_c{}^\nu + (b+c) H^{\nu}_{b,\nu\lambda} H_c{}^\mu \right) H_c{}^\lambda - H^{\nu}_{c,\nu\lambda} \left(b H_c{}^\mu H_b{}^\lambda + c H_c{}^\lambda H_b{}^\mu \right) + (H'^2) = 0.$$

‘Правильная’ комбинация включает обе части, и нужно подбирать коэффициент p (вес плотности), чтобы сократить члены типа $H^a{}_\mu H_a{}^{\mu,\nu\lambda}$. Замена $h_a{}^\mu \rightarrow H_a{}^\mu$ ‘исправляет’ нерегулярность системы (следовой части; и необратима) при $D = D_*$ (запрещенная размерность, если D_* целое число).

Для ‘уникального’ уравнения (3) ($D_*=4$) младшие члены тоже не содержат $H^a{}_\mu$, и оно имеет полностью 3-линейный вид [4]. Ближайшая возможная размерность $D=5$ замечательна тем, что при этом минор $H^{-1} H^a{}_\mu$ совпадает с $h^a{}_\mu$ (т.е. контра-сингулярности, по-видимому, тоже невозможны при $D=5$ в решениях общего положения – modulo Diff-invariance).

Сферически-симметричная задача ранее рассматривалась в [5] с двумя вариантами фиксации координат (радиуса и времени). Один из них, имеющий, возможно, ковариантный смысл, приводит к слабо-нелинейной системе двух уравнений первого порядка (типа уравнений газовой динамики для газа Чаплыгина), в решениях которой отсутствует градиентная катастрофа.

Были введены также k -адные гомотопические группы (как обобщение *относительных* и *триадных*) и получена точная k -адная гомотопическая последовательность. Показано, что к этим группам сводятся группы топологических квазизарядов симметричных решений (к *диадным* [относительным] – в случае простых симметрий). Для $D=5$ определены группы топологических квазизарядов (для симметрий, включающих непрерывную подгруппу) и их морфизмы, индуцированные вложениями симметрий (с помощью анализа симметричных оснащенных многообразий). Эти результаты отражены в [2] (также см. arXiv: gr-qc/0610076).

4.7.1. Список основных публикаций коллектива, наиболее близко относящихся к предлагаемому проекту:

[1] I.L. Zhogin. *Extra-solar scale change in the Newton’s Law from 5D ‘plain’ R^2 -gravity*; arXiv: 0704.0857 [astro-ph]

[2] Жогин И.Л. *Исследования по теории риманова пространства с абсолютным параллелизмом*. Автореферат канд. диссерт. Томск: ТГУ, 1996; arXiv: gr-qc/0412130

[3] Жогин И.Л. *О сингулярностях в теории гравитации*. // Изв. вузов. Физика. - 1992. - N7. - С.73–78.

[4] Жогин И.Л. *Трилинейные общеквариантные уравнения*. // Изв. вузов. Физика. - 1991. - N2. - С.22–27; arXiv: gr-qc/0203008

[5] Жогин И.Л. *Абсолютный параллелизм: сферическая симметрия и сингулярности.*// Изв. вузов. Физика. - 1991. - №9. - С.47–52; arXiv: gr-qc/0412081

- 4.7.2. Список основных публикаций руководителя проекта в рецензируемых журналах за последние 3 года: O.V. Evdokov, A.N. Kozyrev, V.V. Litvinenko, L.A. Lukianchikov, L.A. Merzhievsky, E.R. Prueel, K.A. Ten, B.P. Tolochko, I.L. Zhogin, P.I. Zubkov. *High-speed X-ray transmission tomography for detonation investigation*//NIM **A 575** (2007) 116–120.
P. Glyanenko, Yu. Kamenetsky, A. Nemudry, I. Zhogin, Z.R. Ismagilov, H.J.M. Bouwmeester. *Oxygen diffusion in nanostructured perovskites*. Catalysis Today, **118**/1–2 (2006) 151–157; arXiv: cond-mat/0505149.
N.G. Gavrilov, M.A. Sheromov, B.P. Tolochko, I.L. Zhogin. *Fixed exit DC-monochromator of general position for Side (or Top) Beam Line*. NIM **A 543** (2005) 375–380; arXiv: physics/0306191.
A. Aulchenko, V. Zhulanov, L. Shekhtman, B. Tolochko, I. Zhogin, O. Evdokov, K. Ten. *One-dimensional detector for study of detonation processes with synchrotron radiation beam*. NIM **A 543** (2005) 350–356.
K.A. Ten, O.V. Evdokov, I.L. Zhogin, V.V. Zhulanov, P.I. Zubkov, G.N. Kulipanov, L.A. Luk'yanchikov, L.A. Merzhievsky, B.Ya. Pirogov, E.R. Prueel, V.M. Titov, B.P. Tolochko, M.A.Sheromov. *Density distribution reconstruction of the detonation front of high explosives using synchrotron radiation data*. NIM **A 543** (2005) 170–174.
- 4.8. ...