

На правах рукописи



Ромашка Михаил Юрьевич

**ПРИНЦИП МАХА В РЕЛЯЦИОННОМ ПОДХОДЕ И В
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕОРИЯХ ГРАВИТАЦИИ**

Специальность 01.04.02 – теоретическая физика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

МОСКВА – 2013

Работа выполнена на кафедре теоретической физики физического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

Научный руководитель:

Владимиров Юрий Сергеевич,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры теоретической физики
физического факультета Московского государственного университета
им. М. В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Кречет Владимир Георгиевич,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры физики
Московского государственного технологического университета «Станкин».

Аристов Владимир Владимирович,
доктор физико-математических наук, профессор.
Вычислительный центр им. А. А. Дородницына РАН,
заведующий сектором кинетической теории газов.

Ведущая организация:

Пермский государственный национальный исследовательский университет.

Защита диссертации состоится 19 декабря 2013 года в 15 ч. 30 мин.
на заседании диссертационного совета Д 212.203.34 при Российском
университете дружбы народов
по адресу: 115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3.

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

Автореферат разослан «_____» ноября 2013 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.203.34
кандидат физико-математических наук



В.А. ПОПОВА

Общая характеристика работы

Актуальность темы.

Основные достижения фундаментальной теоретической физики XX века представляют два направления: теория относительности (специальная и общая) и квантовая теория. Несмотря на внушительные успехи обоих направлений, теоретическая физика сталкивается сегодня с рядом серьёзных трудностей, которые имеют концептуальный характер и вряд ли могут быть решены в рамках существующих теорий. Можно выделить, по меньшей мере, четыре группы проблем, с которыми сталкивается современная фундаментальная физика:

1. *Объединение общей теории относительности и квантовой теории (проблема квантовой гравитации).*

2. *Объединение фундаментальных физических взаимодействий. Возможно ли описать все частицы и взаимодействия в единой теории, которая объясняла бы их все как проявление единственной, фундаментальной сущности?*

3. *Теоретическое обоснование значений физических констант.* В частности, необходимо объяснить спектр масс частиц и иерархию констант связи различных взаимодействий.

4. *Необходимо объяснить темную материю и темную энергию. Или, если они не существуют, определить, как и почему гравитация модифицируется на больших масштабах.* В последнем случае, вероятно, подвергнется пересмотру также и стандартная модель космологии.

Всё это говорит о том, что сегодня в теоретической физике имеется потребность в новых идеях и, возможно, в кардинальном пересмотре её оснований. Многие теоретики (среди которых Л. де Бройль, П. К. Рашевский, Д. ван Данциг, Е. Дж. Циммерман, Дж. Ф. Чью и ряд других) высказывали идеи о том, что проблемы квантовой механики связаны с тем, что она опирается на понятие классического пространства-времени, которое является **макроскопическим**. Понятия пространства и времени проистекают из опыта чувственного восприятия и справедливы лишь при описании макроскопических явлений, в то время как в микромире эти понятия теряют смысл. Микромир состоит из некоторых более элементарных объектов, а пространство и время формируются статистически в результате усреднения множества отношений между этими объектами. Подобные идеи представляют **реляционный подход** к природе пространства-времени (от англ. relation – отношение). Основная идея реляционного подхода заключается в следующем: *пространство и время не существуют как самостоятельные объекты, а наши представления о пространстве и времени обусловлены тем, что между частицами (или, более общо, объектами микромира) существуют некоторые отношения.*

Эта идея, лежащая в основе реляционного подхода, далеко не нова. Она широко обсуждалась, по крайней мере, со времён спора И. Ньютона и Г. Лейбница о сущности пространства и времени. Лейбниц был последовательным сторонником реляционного взгляда на пространство. Однако на тот мо-

мент более продуктивной для развития науки оказалась точка зрения Ньютона, и реляционный подход оказался в стороне от магистральных направлений развития физики. Тем не менее, реляционный подход продолжал обсуждаться в разные периоды в работах как философов, так и физиков. Весьма продуктивным оказалось становление концепции *дальнодействия* в немецкой физической школе XIX века и её дальнейшее развитие в *теориях прямого межчастичного взаимодействия*: электромагнитного в работах Шварцшильда, Тетроде, Фоккера, Фейнмана и Уилера, и гравитационного в работах Хойла и Нарликара, а также ряда советских авторов. Однако это направление исследований было во многом затенено успехами английской физической школы Фарадея-Максвелла, и потому ему не уделили должного внимания.

На наш взгляд, сложившийся на сегодняшний день кризис идей в теоретической физике говорит о необходимости возрождения исследований в рамках реляционного подхода и концепции дальнодействия. В связи с этим представляется актуальным анализ и развитие теорий прямого межчастичного взаимодействия, которые являются предшественниками реляционного подхода (но не полностью реляционными, поскольку используют в качестве фона готовое пространство-время), а также, что наиболее важно, развитие последовательной реляционной теории пространства-времени и физических взаимодействий. Подойти к решению этих проблем позволяет математический аппарат, развитый в группе Ю. И. Кулакова, а также опыт, накопленный в нашей группе.

Цель работы.

В представленную работу входят два круга задач.

Первая часть работы, оригинальные результаты которой изложены в главе 2, посвящена исследованию теорий прямого межчастичного взаимодействия и их реляционного аналога – развиваемого в нашей группе унарного реляционного подхода. В этой части работы была поставлена и решена задача о включении электромагнитного взаимодействия в схему теории Хойла-Нарликара; задача о сопоставлении теории Хойла-Нарликара с унарным реляционным подходом, выявление их сходств и различий как принципиального, так и технического характера.

Вторая часть работы, оригинальные результаты которой изложены в главе 3, посвящена одной из наиболее актуальных проблем современной астрофизики – проблеме тёмной материи, или, точнее, проблеме кривых вращения галактик и гравитационного линзирования света. Рассмотрено решение проблемы кривых вращения без привлечения тёмной материи на основании модифицированной ньютоновской динамики (MOND), и развит новый, реляционный вариант этой теории. Реляционный вариант MOND позволяет не только корректно описывать кривые вращения галактик, но и описывать гравитационное линзирование света галактиками без привлечения тёмной материи. Таким образом, целью этой части работы можно считать решение упомянутых выше проблем астрофизики.

Научная новизна. В работе впервые:

1. Произведено сопоставление унарного реляционного подхода и теории Хойла-Нарликара. Обсуждены их сходства и различия как технического, так и концептуального характера.

2. Показано, что математические формулировки принципа Маха в унарном подходе и в теории Хойла-Нарликара совпадают в некоторых приближениях (приближение малой скалярной кривизны пространства в теории Хойла-Нарликара и приближение линеаризованной гравитации в унарном подходе).

3. Показано, что математическое выражение для принципа Маха может иметь различные интерпретации. С одной стороны, оно может выражать массы частиц через распределение и характеристики движения материи во всей Вселенной. С другой стороны, оно может служить для определения гравитационной постоянной. В рамках реляционного подхода предпочтительной представляется вторая интерпретация.

4. Предложено обобщение теории Хойла-Нарликара, позволяющее включить электромагнетизм в схему этой теории. Проведено исследование обобщенной теории Хойла-Нарликара в ньютоновском приближении.

5. Предложен новый, реляционный вариант модифицированной ньютоновской динамики (MOND). Он основан на гипотезе о том, что модифицированные расстояния между астрофизическими объектами (те, которые входят в соотношения ньютоновской механики) отличаются от значений, получаемых в наблюдениях с Земли.

6. Рассчитан эффект отклонения лучей света в реляционном варианте MOND. Показано, что эффект гравитационного линзирования света галактиками в новом варианте MOND может быть описан без привлечения тёмной материи. Этот результат представляет интерес в связи с тем, что проблема описания линзирования света была одним из недостатков существовавших ранее вариантов MOND.

Научная и практическая значимость работы.

Результаты данной работы могут быть использованы в исследованиях теорий прямого межчастичного взаимодействия, в частности, в контексте поиска объединённой теории гравитации и электромагнетизма, а также дальнейшего развития унарного реляционного подхода. Обнаружение взаимосвязи космологических совпадений и принципа Маха позволяет рассматривать эти совпадения не как чистую случайность, но как проявление глубокой и пока ещё малоисследованной закономерности – взаимосвязи процессов в микромире со Вселенной в целом. Создание реляционного варианта модифицированной ньютоновской динамики (MOND), с одной стороны, заставляет по-новому взглянуть на проблему определения расстояний до внегалактических объектов, а с другой стороны, открывает путь к объяснению кривых вращения галактик и гравитационного линзирования путём модификации теории, без привлечения гипотезы тёмной материи.

Апробация работы.

Полученные в работе результаты докладывались:

1. На международной конференции «Современные проблемы гравитации, космологии и релятивистской астрофизики». Москва, РУДН, 2010.
2. На конференции «Философия физики: Актуальные проблемы». Москва, 2010.
3. На 14-й Российской гравитационной конференции (RUSGRAV-14). Ульяновск, УлГПУ, 2011.
4. На семинаре Российского Гравитационного Общества (ноябрь 2012).
5. На семинаре «Гиперкомплексные числа в геометрии и физике» (март 2013).
6. На семинаре ВНИИМС (март 2013).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 5 статьях, а также в 3 тезисах конференций, приведённых в списке литературы в конце автореферата.

Структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав основного текста, заключения и списка цитируемой литературы. Текст диссертации набран в текстовом редакторе Microsoft Word.

Содержание работы

Во введении дана постановка проблемы и план работы, сделан краткий обзор литературы по теме диссертации, изложена мотивация и цели работы.

Первая глава носит вводный характер и по существу нацелена на изложение основных принципов реляционного подхода (включая необходимый математический аппарат), а также теорий прямого межчастичного взаимодействия, которые мы считаем предшественниками реляционного подхода.

В параграфе 1.1 изложена концепция дальнодействия и обоснована связь между этой концепцией и реляционным подходом. Реляционный взгляд на пространство и время соответствует концепции дальнодействия. Под дальнодействием везде в настоящей работе подразумевается передача взаимодействий без посредников.

В параграфе 1.2 изложены основы теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера-Фейнмана.

В параграфе 1.3 изложена фейнмановская теория поглотителя. Эта теория позволила устранить ранее имевшуюся проблему теории Фоккера – проблему опережающих взаимодействий. Показано, что при учёте отклика Вселенной на акт взаимодействия двух частиц (то есть, при учёте принципа Маха) опережающие взаимодействия нивелируются, а запаздывающие удваиваются. Это приводит теорию в согласие с экспериментальными фактами.

В параграфе 1.4 даны некоторые комментарии к теории Фоккера-Фейнмана. Основным недостатком этой теории, на наш взгляд, является то, что она вложена в готовое пространство-время и поэтому не является последовательно реляционной. Тем не менее, эта теория воспроизводит все результаты электродинамики Максвелла и в этом смысле эквивалентна ей. Эта теория, как и все теории прямого межчастичного взаимодействия, может считаться предшественником реляционного подхода.

В параграфе 1.5 изложено обоснование принципа Гюйгенса в отсутствие полей, впервые предложенное Фейнманом.

Параграф 1.6 посвящён теории прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, развивавшейся в нескольких группах отечественных авторов: Я. И. Грановского и А. А. Пантюшина, К. А. Пирагаса и В. И. Жданова, а также Ю. С. Владимирова и А. Ю. Турыгина.

Параграф 1.7 посвящён вопросу о соотношении дискретности и непрерывности в физике. В частности, обсуждена связь представлений о дискретности с реляционным подходом.

В параграфе 1.8 изложены основы теории систем отношений Кулакова, которая служит математическим аппаратом реляционной теории, развиваемой в нашей группе.

Вторая глава посвящена теории Хойла-Нарликара и унарному реляционному подходу, исследованию сходств и различий между ними, а также обобщению теории Хойла-Нарликара.

В параграфе 2.1.1 показано, что механизмом образования массы может служить прямое межчастичное скалярное взаимодействие.

В параграфе 2.1.2 изложена суть и основные результаты теории Хойла-Нарликара. Основными объектами этой теории являются действие

$$S = -c \sum_a \int m_a(X) ds_a, \quad (1)$$

математическое выражение для принципа Маха

$$m_a(X) = \sum_{b \neq a} m_a^{(b)}(X) = -\lambda \sum_{b \neq a} \int \tilde{G}(X, B) ds_b, \quad (2)$$

а также уравнение для скалярной функции Грина, входящей в выражение для принципа Маха:

$$g^{\mu\nu}(X) \tilde{G}(X, A)_{;\mu_X \nu_X} + qR(X) \tilde{G}(X, A) = -\frac{1}{\sqrt{-g}} \delta_{(X,A)}^{(4)} \quad (3)$$

В этих выражениях q и λ – константы, g – детерминант метрического тензора. Подчеркнем, что выражение (1) является полным действием теории Хойла-Нарликара, а не только свободным действием. В этом выражении масса частицы не является фиксированной константой, а определяется через распределение и движение материи во всей Вселенной посредством принципа Маха (2). В некотором приближении (названном авторами «приближением квазиоднородной среды») теория Хойла-Нарликара переходит в классическую теорию гравитации Эйнштейна. Однако, одним из новых моментов является то, что гравитационная постоянная оказывается взаимосвязанной с распределением и движением материи во всей Вселенной, чего не было в эйнштейновской теории.

В параграфе 2.2 дано достаточно подробное обсуждение теории Хойла-Нарликара.

В параграфе 2.3 изложен унарный реляционный подход к описанию электромагнитного и гравитационного взаимодействия.

В параграфе 2.4 проведено сопоставление унарного реляционного подхода с теорией Хойла-Нарликара. Сделан вывод о том, что принцип Маха в теории Хойла-Нарликара в приближении $R \rightarrow 0$ (R – скалярная кривизна) и в реляционном подходе, ограниченном линеаризованным гравитационным взаимодействием, имеет одинаковое математическое выражение. А именно, для точки i на мировой линии любой из частиц выполняется соотношение вида

$$\sum_{k \neq i} \int \delta(s^2(i, k)) ds_k = \frac{Kc^2}{Gm} \quad (4)$$

где в левой части стоит сумма интегралов по мировым линиям всех остальных частиц окружающего мира, а в правой части – комбинация констант, где

K – безразмерный множитель, значение которого обсуждается в параграфе 2.4, а m – масса данной частицы. В унарном подходе, имеющем сугубо макро-скопический характер, предполагается, что мир состоит из идеализированных частиц одинаковой массы m , которые могут отличаться лишь знаком электрического заряда.

В параграфе 2.5 установлена связь принципа Маха в виде (4) с космологическими совпадениями.

В параграфе 2.6 изложена теория прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия в искривлённом пространстве-времени.

В параграфе 2.7 предложено обобщение теории Хойла-Нарликара, позволяющее включить электромагнетизм в схему этой теории, сохраняя при этом простой вид действия (1). Это осуществлено за счет модификации уравнения для функции Грина (3). Модифицированное уравнение имеет вид:

$$g^{\mu\nu} \tilde{G}(X, A)_{;\mu_X \nu_X} + q \left(R + k \sum_a \sum_{b \neq a} F^{\mu\nu(a)ret} F_{\mu\nu}^{(b)adv} \right) \tilde{G}(X, A) = -\frac{1}{\sqrt{-g}} \delta_{(X,A)}^{(4)} \quad (5)$$

В это уравнение, наряду со скалярной кривизной R , введён новый член, являющийся аналогом квадрата тензора электромагнитного поля в теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия. Вместо потенциала электромагнитного поля в этой теории фигурирует искусственно вводимая математическая величина, по форме соответствующая потенциалу Лиенара-Вихерта. Из этой величины по обычным правилам строится тензор, соответствующий тензору электромагнитного поля в обычной (полевой) формулировке электродинамики. Полученная обобщённая теория переходит в теорию Хойла-Нарликара в случае, когда заряды всех частиц равны нулю, а также в теорию прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия в случае, когда метрика пространства-времени является метрикой Минковского. В общем случае уравнение для метрики содержит новые члены, соответствующие влиянию электрически заряженной материи на метрику.

В параграфе 2.8 исследовано ньютоновское приближение в обобщённой теории Хойла-Нарликара. Показано, что новые члены, возникшие в уравнении для метрики в обобщённой теории, малы.

Третья глава посвящена модифицированной ньютоновской динамике (MOND) и её реляционной интерпретации.

В параграфе 3.1 изложена проблема кривых вращения галактик и трудности гипотезы тёмной материи. Сформулирована и обоснована идея о том, что для объяснения кривых вращения галактик следует не вводить тёмную материю, а модифицировать теорию гравитации уже в нерелятивистском приближении.

В параграфе 3.2 изложены основные принципы модифицированной ньютоновской динамики (MOND). Эта теория основана на наблюдении, согласно которому отклонения от механики Ньютона при описании движения

звёзд вокруг центра галактики возникают во всех галактиках на одном и том же масштабе ускорений:

$$a_0 = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}^2 \quad (6)$$

Таким образом, модифицированная теория должна включать в себя новую константу (6) с размерностью ускорения.

В работах ряда авторов рассматривались два варианта модифицированной теории:

а) путём модификации второго закона Ньютона при малых ускорениях, оставляя неизменным закон всемирного тяготения, и

б) путём модификации закона всемирного тяготения, оставляя неизменным второй закон Ньютона.

Оба способа подробно рассматривались автором MOND М. Милгромом и его последователями. Они реализуются путём введения в тот или иной закон функции, которая обращается в единицу при больших ускорениях, и равна отношению a/a_0 при малых ускорениях.

В параграфе 3.3 изложен лагранжев формализм MOND, который является более последовательным, чем первые варианты теории, предложенные в первых работах Милгрорма в 1983 году. Использование лагранжева формализма также возможно двумя путями, которые получили название «модифицированная инерция» и «модифицированная гравитация».

В параграфе 3.4 предложен третий, реляционный подход к построению модифицированной ньютоновской динамики. Этот подход основан на идее о реляционно-статистической природе пространства-времени и гипотезе о том, что расстояние модифицируется на больших масштабах, которая высказывалась ранее в работах ряда авторов, в том числе П. К. Рашевского. Наряду с *классическими* радиус-вектором \vec{r} и скоростью \vec{v} , которые соответствуют астрономически наблюдаемым величинам, вводится *модифицированное* расстояние (или, точнее, радиус-вектор \vec{r}^*) и скорость \vec{v}^* . Рассматривается задача о движении пробного тела по окружности вокруг массивного центра (центра галактики). Постулируется, что для модифицированных величин выполняются все соотношения механики Ньютона. При этом модифицированное расстояние (от центра галактики до пробного тела) является некоторой функцией классического:

$$r_* = f(r) \quad (7)$$

Ставится задача о нахождении возможного вида этой функции из условия, что данная теория должна воспроизводить результаты MOND. При этом возникает также вопрос о том, как связаны классическая скорость и модифицированная. Одна из возможностей – положить, что эти скорости равны. Эта гипотеза основана на унарном реляционном подходе, в котором пространственно-временные отношения и токовые (те, что соответствуют скорости) являются двумя независимыми категориями. Если принять эту гипотезу, то получается

следующее выражение для связи модифицированного расстояния с классическим:

$$r_* = r \left(1 + \left(\frac{r}{r_0} \right)^n \right)^{\frac{1}{n}} \quad (8)$$

где величина $r_0 = \sqrt{\frac{GM}{a_0}}$ задаёт характерный масштаб расстояний в данной конкретной галактике (M – масса ядра галактики), на котором наблюдаются отклонения от механики Ньютона, а n – любое отличное от нуля вещественное число.

Далее, в параграфе 3.5, поставлена и решена задача о нахождении оптимального значения параметра n среди целых чисел. Это соответствует задаче о поиске оптимального (наилучшим образом согласующегося с наблюдениями) вида мю-функции в рамках MOND, которая решалась несколькими авторами. Анализ показывает, что оптимальным значением этого параметра среди целых чисел является $n = 2$.

В параграфе 3.6 рассмотрена задача об отклонении лучей света массивным телом в реляционном варианте MOND. Эта задача представляет особый интерес, поскольку описание данного эффекта, а следовательно и описание гравитационного линзирования света, было проблематично в предыдущих вариантах MOND. Напомним, что в метрике Шварцшильда отклонение луча света массивным телом описывается формулой

$$\theta = \frac{4GM}{c^2 R} \quad (9)$$

тогда как в рамках ньютоновской механики угол отклонения получается ровно в два раза меньше. В реляционном варианте MOND отклонение лучей света можно описать (по крайней мере, на галактических масштабах), если допустить, что *в модифицированных координатах* справедлива формула, получаемая в рамках ньютоновской механики, и затем перейти от модифицированных координат к классическим по формуле (8), полагая в ней $n = 2$. Тогда для угла отклонения получается выражение:

$$\theta = \frac{2GM}{c^2 R} \sqrt{1 + \frac{R^2}{r_0^2}} \quad (10)$$

Это выражение можно переписать, вводя эффективную массу M_{eff} :

$$\theta = \frac{2GM_{eff}}{c^2 R}, \quad M_{eff} = M \sqrt{1 + \frac{R^2}{r_0^2}} \quad (11)$$

Из этого выражения видно, что в реляционном варианте MOND гравитационное линзирование света галактиками можно описать без введения тёмной материи. Действительно, радиус галактического диска в большинстве галактик имеет порядок 6-10 r_0 , поэтому эффективная масса получается примерно в 6-10 раз больше массы видимой материи. Напомним, что масса тёмной материи,

которая вводится в обычной теории для описания гравитационного линзирования, также в 6-10 раз больше массы видимой материи. Таким образом, предложенный нами реляционный вариант MOND позволяет описывать эффект линзирования без введения тёмной материи, но за счёт модификации расстояний на галактических масштабах.

Основные результаты работы.

1. Показано, что математическое выражение для принципа Маха в теории Хойла-Нарликара в приближении стремящейся к нулю скалярной кривизны совпадает с таковым в унарном реляционном подходе. Данный результат косвенно подтверждает справедливость унарного подхода.

2. Показано, что принцип Маха позволяет выразить значение гравитационной постоянной через распределение частиц во Вселенной без привлечения решений фридмановского типа, как было в оригинальной работе Хойла и Нарликара. При этом массы всех идеализированных частиц в данных подходах считаются одинаковыми. Это положение отличается от первоначальной гипотезы Хойла и Нарликара, которые рассматривали принцип Маха как возможный способ определения массы частицы.

3. Установлено взаимное соответствие параметров теории Хойла-Нарликара и унарного реляционного подхода.

4. Произведена оценка интеграла в выражении для принципа Маха в рассмотренных теориях и показана связь этого выражения с космологическими совпадениями. В частности, показано, что совпадение видимого горизонта Вселенной с её гравитационным радиусом является следствием принципа Маха. Также рассмотрены два другие космологические совпадения и показано, что при учёте принципа Маха они не являются независимыми.

5. Предложено обобщение теории Хойла-Нарликара, позволяющее включить электромагнетизм в схему этой теории. Это осуществляется за счёт модификации уравнения для функции Грина. Электромагнетизм рассматривается как прямое межчастичное взаимодействие. Полученная обобщенная теория переходит в ОТО и в электродинамику в пространстве Минковского в соответствующих предельных случаях. В общем случае гравитация и электромагнетизм оказываются связанными друг с другом нетривиальным образом.

6. Проведено исследование обобщенной теории Хойла-Нарликара в ньютоновском приближении. Показано, что добавки к уравнению Пуассона для гравитационного потенциала малы и лежат за пределами современных возможностей их экспериментального обнаружения.

7. Предложен новый, реляционный вариант MOND. Он основан на гипотезе о том, что модифицированные расстояния между астрофизическими объектами (те, которые входят в соотношения ньютоновской механики) отличаются от значений, получаемых в наблюдениях с Земли.

8. Рассчитан эффект отклонения лучей света в реляционном варианте MOND. Показано, что на масштабах галактик эффект может существенно (в отдельных случаях на порядок) превосходить предсказываемый в рамках

классических ньютоновских представлений. Это позволяет говорить об описании гравитационного линзирования света галактиками в новом варианте MOND без привлечения тёмной материи. Этот результат представляет интерес в связи с тем, что проблема описания линзирования света была одним из недостатков существовавших ранее вариантов MOND.

Список публикаций

- [1] *Владимиров Ю. С., Ромашка М. Ю.* Принцип Маха в теории Хойла-Нарликара и в унарном реляционном подходе. Часть I. // Вестник РУДН. Серия "Математика. Информатика. Физика", 2011, №1, с. 121-133.
- [2] *Владимиров Ю. С., Ромашка М. Ю.* Принцип Маха в теории Хойла-Нарликара и в унарном реляционном подходе. Часть II. // Вестник РУДН. Серия "Математика. Информатика. Физика", 2011, №3, с. 119-127.
- [3] *Romashka M. Yu.* Generalization of the Hoyle-Narlikar theory and connection between electromagnetism and gravitation in the generalized theory. // *Gravitation and Cosmology*, 2013, Vol. 19, No. 2, pp. 79-84.
- [4] *Владимиров Ю. С., Ромашка М. Ю.* Модифицированная ньютоновская динамика (MOND) и её возможные интерпретации. // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*, 2013, №1, с. 64-77.
- [5] *Владимиров Ю. С., Ромашка М. Ю.* Реляционный вариант модифицированной ньютоновской динамики (MOND). // *Учёные записки физического факультета*, 2013, №3, 133101.
- [6] *Ромашка М. Ю.* Принцип Маха в теории Хойла-Нарликара и в унарной реляционной теории. // *Сб. тезисов конференции "Современные проблемы гравитации, космологии и релятивистской астрофизики"*, Москва, Российский Университет Дружбы Народов, 2010, с. 46-47.
- [7] *Ромашка М. Ю.* Принцип Маха как неотъемлемый элемент современной физической картины мира. // *Сб. тезисов конференции "Философия физики: актуальные проблемы"*, Москва, Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова, 2010, с. 346-348.
- [8] *Romashka M. Yu.* Unification of gravitation and electromagnetism in the framework of Hoyle-Narlikar theory. // *Сб. тезисов 14-й Российской гравитационной конференции*, Ульяновск, УлГПУ, 2011, с. 65-66.

АННОТАЦИЯ

Ромашка Михаил Юрьевич

Принцип Маха в реляционном подходе и в модифицированных теориях гравитации

Проведено сопоставление унарного реляционного подхода с теорией Хойла-Нарликара. Показано, что математическое выражение для принципа Маха в теории Хойла-Нарликара в приближении стремящейся к нулю скалярной кривизны совпадает с таковым в унарном реляционном подходе. Построено обобщение теории Хойла-Нарликара, позволяющее включить электромагнетизм в схему этой теории. Построен реляционный вариант модифицированной ньютоновской динамики (MOND). В рамках реляционного варианта MOND посчитан эффект отклонения лучей света массивным телом. Показано, что реляционный вариант MOND позволяет объяснить гравитационное линзирование света галактиками без привлечения гипотезы тёмной материи.

ABSTRACT

Romashka Mikhail Yurievich

Mach's principle in the relational approach and in modified theories of gravitation

Comparison of the unary relational approach and the Hoyle-Narlikar theory is performed. It is shown that mathematical expression for Mach's principle in the Hoyle-Narlikar theory in tending to zero scalar curvature approximation coincides with the expression in the unary relational approach. A generalization of the Hoyle-Narlikar theory is build, that allows to include electromagnetism into the scheme of this theory. A relational version of modified Newtonian dynamics (MOND) is built. In the framework of the relational version of MOND the effect of deflection of a light ray by a massive body is calculated. It is shown that the relational version of MOND allows to explain gravitational lensing of light by galaxies without introduction of dark matter hypothesis.