

На правах рукописи



Терещенко Дмитрий Александрович

**ПРИНЦИП МАХА В ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ  
И РЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМАХ**

Специальность 01.04.02 — Теоретическая физика

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Москва — 2018

Работа выполнена в Учебно-научном институте гравитации и космологии  
Российского университета дружбы народов (УНИГК РУДН).

**Научный руководитель:** доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры теоретической физики  
Физического факультета  
МГУ им. М. В. Ломоносова,  
**Владимиров Юрий Сергеевич**

**Официальные оппоненты:** доктор физико-математических наук,  
профессор Московского государственного  
технологического университета «СТАНКИН»,  
**Кречет Владимир Георгиевич**

доктор физико-математических наук,  
Вычислительный центр  
им. А. А. Дородницина РАН,  
**Аристов Владимир Владимирович**

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Пермский государственный  
национальный исследовательский  
университет» (ПГНИУ)

Защита состоится “15” ноября 2018 г. в 15 ч. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.203.34 в ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН) по адресу: 115419 г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН) по адресу: 117198, Москва, ул. Миклухо–Маклая, д. 6.

Автореферат разослан “\_\_\_” сентября 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.203.34  
кандидат физико-математических наук



Попова В. А.

# Общая характеристика работы

## Актуальность темы

В настоящее время в фундаментальной теоретической физике имеется ряд принципиально важных проблем, на решение которых затрачены огромные усилия, пока не увенчавшиеся убедительным успехом. Наиболее значительными принято считать проблемы совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории, объединение известных видов физических взаимодействий, построение непротиворечивой теории элементарных частиц и ряд других. К их числу следует отнести также проблему связи свойств физики микромира с глобальными свойствами Вселенной. Эту проблему принято связывать с проявлениями принципа Маха.

Как известно, идеи Э.Маха были возведены в ранг принципа Маха А.Эйнштейном, который руководствовался его идеями при создании общей теории относительности, а уже после ее создания писал, что в основе ОТО лежат три принципа: общей ковариантности, эквивалентности и принцип Маха. Под принципом Маха он понимал обусловленность значений масс и инерции тел влиянием всей окружающей Вселенной. В дальнейшем было расширено понимание проявлений принципа Маха. Так, в работах Ю.С.Владимирова было предложено расширенное толкование принципа Маха как обусловленность локальных свойств систем глобальными свойствами окружающего мира.

Отметим, что в дальнейшем было показано отсутствие принципа Маха в ОТО. Тем не менее, предпринимались многочисленные попытки реализации принципа Маха как в рамках геометрической, так и в теоретико-полевой парадигм. Эта проблема обсуждалась в работах Г.Вейля, А.Эддингтона, П.А.М.Дирака, Дж.Уилера, Р.Фейнмана, Р.Дикке и ряда других авторов. В связи с этим следует напомнить, что Дж.Уилер написал на стене кафедры теоретической физики МГУ слова: «Не может быть теории, объясняющей элементарные частицы, которая имеет дело лишь с частицами». В этой фразе подчеркивается именно важность принципа Маха.

Названные выше принципиальные проблемы фундаментальной физики, в том числе и обоснование проявлений принципа Маха заставили приступить к анализу оснований современной фундаментальной физики, который показал, что в основе современных физических представлений лежат три ключевые категории: пространство-время, частицы (тела) и поля переносчиков взаимодействий. В работах Ю.С.Владимирова было продемонстрировано, что в XX веке фактически велись исследования в рамках трех вариантов объединения пар названных категорий в одну обобщенную. В геометрической парадигме

(в частности, в ОТО) объединялись категории пространства-времени и полей переносчиков взаимодействий, в теоретико-полевой парадигме (в квантовой теории поля) объединялись категории частиц и полей, однако в XX веке на обочине оказалась третья парадигма — реляционная, основанная на идеях Г. Лейбница и Э. Маха, в которой предлагалось объединение категорий пространства-времени и частиц, точнее — их совместное описание через категорию отношений.

Для возрождения реляционной парадигмы оказалось важным создание в работах Ю. И. Кулакова и Г. Г. Михайличенко теории систем отношений на одном и на двух множествах абстрактных элементов. В качестве последних можно понимать частицы, их составные части, макротела, события и т. д. На этой основе была развит реляционный подход (теория) к физическому мирозданию. Он опирается на три фактора: 1) на реляционное понимание природы классического пространства-времени, 2) на описании физических взаимодействий в рамках концепции дальнего действия и 3) на принцип Маха. Оказалось, что принцип Маха присущ именно реляционной парадигме, а его реализация в двух других парадигмах имеет искусственный характер.

Более того, в самое последнее время все большее число авторов высказывается в пользу решения проблемы вывода представлений классического пространства-времени из некоей системы понятий и закономерностей физики микромира вместо того, чтобы продолжать строить физические теории на фоне априорно заданного пространства-времени. Об этой проблеме писали Ван Данциг, П. К. Рашевский, Р. Пенроуз, Б. Грин и ряд других авторов. Анализ показывает, что решение этой проблемы вряд ли возможно в рамках геометрической или теоретико-полевой парадигм, поскольку они основаны на априорном задании классического пространства-времени, претендуя в геометрической парадигме лишь на изменение неких его свойств (метрических или топологических). Использование же идей реляционной парадигмы открывает широкие возможности для решения данной проблемы, в том числе и обоснование ряда свойств классического пространства-времени влиянием со стороны окружающего мира, т. е. с помощью учета принципа Маха.

Все это позволяет считать актуальной тематику данной диссертации, нацеленной на анализ проявлений принципа Маха как в геометрической парадигме, где этот принцип был сформулирован, так и особенно в реляционной парадигме.

## **Цель работы**

В данной диссертации преследуются несколько целей. Во-первых, исследуется вопрос, можно ли, хотя бы и в ограниченном виде, выявить проявления прин-

ципа Маха в геометрической парадигме. Во-вторых, исследован вопрос о проявлениях принципа Маха в трех стадиях развития реляционной парадигмы: 1) в унарной реляционной парадигме, основанной на теории унарных систем вещественных отношений, 2) в рамках бинарной предгеометрии, строящейся в рамках бинарных систем комплексных отношений минимальных рангов и 3) в рамках реляционно-статистической парадигмы, опирающейся на идею о макроскопической (статистической) природе пространства-времени.

### **Научная новизна**

В диссертации получен ряд новых результатов. Во-первых, предложена классификация на семь этапов развития реляционной парадигмы. Во-вторых, продемонстрировано, что возникающее в рамках 5-мерной геометрической модели типа теории Калуцы скалярное поле, можно трактовать как своеобразное проявление принципа Маха в геометрической парадигме. В-третьих, дана расшифровка физического смысла в духе принципа Маха одного из трех миноров второго ранга в законе ток-токовых отношений в рамках унарной реляционной теории. В-четвертых, показано, что в реляционной трактовке теории водородоподобных атомов прообраз действия представляется в виде квадрата инварианта двух спиноров, соответствующих двум частицам, образующим атом. Этот результат позволяет в рамках реляционного подхода строго обосновать  $O(4)$ -симметрию в задаче атома водорода, открытую в 30-х годах в работах В. А. Фока и Е. А. Хиллерааса в рамках стандартной квантовой механики. В-пятых, в диссертации показаны два новых реляционных варианта образований  $O(4)$  инвариантных выражений, которые предлагается использовать для описания связанных состояний короткодействующими взаимодействиями.

### **Практическая ценность**

Полученные в диссертации результаты способствуют развитию реляционного подхода к физическому мирозданию, что позволяет с новых позиций приступить к решению назревших принципиально важных задач фундаментальной теоретической физики. Главной из них является проблема вывода классических пространственно-временных отношений из более первичных реляционных понятий и закономерностей, присущих физике микромира. Опыт исследований свидетельствует, что более первичные закономерности мироздания описываются бинарной предгеометрией, основанной на теории бинарных систем комплексных отношений. Реляционное обоснование  $O(4)$ -симметрии водородоподобных атомов является важным свидетельством в пользу плодо-

творности всего реляционного подхода. Эти результаты можно обобщить на случай описания связанных состояний микрочастиц, удерживаемых короткодействующими физическими взаимодействиями.

В дальнейшем полученные результаты могут быть использованы для теоретического обоснования явлений в макромире, в том числе и в космологии.

## **Апробация**

Основные результаты диссертации докладывались на ряде российских и международных гравитационных конференций: на XV-ой Российской гравитационной конференции по гравитации, космологии и астрофизике (RUSGRAV-15, Казань, 2014 г.), на XII-ой Международной конференции по гравитации, астрофизике и космологии (ICGAC-12, Москва, РУДН, 2015 г.), на XI-ой Международной конференции «Финслеровы обобщения теории относительности» (FERT-2015, Муром, 2015 г.), на XVI-ой Российской гравитационной конференции по гравитации, космологии и астрофизике (RUSGRAV-16, Калининград, 2017 г.). Полученные результаты также докладывались и обсуждались на научном семинаре Российского гравитационного общества, работающем на Физическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова.

## **Публикации**

Результаты диссертации опубликованы в 7 научных статьях и тезисах докладов, список которых приведен в конце автореферата. Среди них четыре статьи в журналах из перечня ВАК.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из Введения, пяти глав основного текста, Заключение и списка литературы. Полный объем диссертации составляет 97 страниц. Список литературы состоит из 91 публикации.

## Основное содержание работы

Во **Введении** произведен анализ развития идей, соответствующих принципу Маха. Предложена классификация этапов развития представлений о принципе Маха:

- 1) Длительный этап выдвижения идей и качественных обсуждений принципов реляционной парадигмы. В явно выраженном виде его следует датировать от работ Г. Лейбница до работ Э. Маха.
- 2) Стадия попытки реализовать принцип Маха при создании А. Эйнштейном общей теории относительности.
- 3) Этап попыток реализации принципа Маха в рамках теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия. Здесь основной вклад внесли Р. Фейнман и Дж. Уилер.
- 4) Следующий этап развития реляционной парадигмы представлен работами Ф. Хойла и Дж. Нарликара, где развивался скалярный вариант прямого межчастичного «гравитационного» взаимодействия.
- 5) К пятой стадии следует отнести развитие реляционного подхода на базе теории систем вещественных отношений на одном множестве элементов.
- 6) Шестую стадию развития реляционной парадигмы составляют работы группы Ю. С. Владимирова на основе теории бинарных систем комплексных отношений на двух множествах элементов.
- 7) Седьмой этап составляет развитие реляционно-статистической парадигмы, обобщающей идеи о макроскопической (статистической) природе классического пространства-времени.

**Первая глава** посвящена обсуждению проблем, связанных с возможностями проявлений принципа Маха в геометрической парадигме. В §§1.1–1.2 обсуждены попытки Эйнштейна, Уилера и других авторов реализовать принцип Маха в рамках общей теории относительности. Здесь же показаны основные противоречия принципов ОТО и Маха.

Далее в этой главе обсужден ряд соотношений между константами в физике микро- и мегамира, которые свидетельствуют о проявлениях принципа Маха в окружающем нас мире.

В данной главе особое внимание уделено вопросу проявления принципа Маха в рамках 5-мерной теории Калуцы без использования условия постоянства компоненты  $G_{55}$ , т. е. в рамках 5-мерия со скаляризмом. Здесь приведены самые необходимые сведения о монадной формулировке 5-мерной теории в калибровке, аналогичной хронометрической в ОТО, в частности приведены физико-геометрические тензоры и 5-мерные уравнения геодезических.

В §1.5 на основе ранее полученных точных и приближенных решений 5-мерных уравнений Эйнштейна со скаляризмом сделано уточнение гипотети-

ческой формулы Эйнштейна, предложенной им в 1912 году, для описания зависимости массы пробного тела, от расстояния до центрального массивного источника в сферически-симметричной метрике. В работе Эйнштейна эта зависимость ожидалась в следующем виде:

$$m = m_0(1 + \Phi/c^2), \quad (1)$$

где  $\Phi$  — значение ньютонового потенциала в месте нахождения пробного тела. В 5-мерной теории Калуцы со скаляризмом аналогичная формула может быть получена из скалярной части 5-мерных уравнений геодезической (спроецированных на монаду) с условием цилиндричности метрики по 5-й координате, которое имеет вид:

$$\frac{d^2\lambda}{ds^2} = - \left[ 1 \pm \left( \frac{d\lambda}{ds} \right)^2 \right] \frac{d\lambda}{ds} \Phi_{,\mu} u^{\mu}, \quad (2)$$

где  $\frac{d\lambda}{ds}$  с точностью до константы имеет смысл отношения электрического заряда частицы к массе. Это уравнение в рамках сферически-симметричного решения приводится к виду

$$\left( \frac{d\lambda}{ds} \right)^2 = \frac{q^2}{4Gm^2} = \frac{W_0^2}{\varphi^2 + W_0^2}, \quad (3)$$

где  $W_0^2$  — постоянная интегрирования. Таким образом отношение электрического заряда  $q$  к массе  $m$  частицы в 5-мерной теории со скаляризмом становится переменной величиной и определяется скалярным полем  $\lambda_5$ .

Считая, что электрический заряд остается постоянным, и переходя от безразмерных величин к размерным, получим

$$m = m_{Pl} \sqrt{\gamma} \sqrt{1 + \frac{\lambda_5^2}{W_0^2}}, \quad (4)$$

где  $m_{Pl} = (1/2)\sqrt{c\hbar/G}$  — масса Планка, а  $\gamma = e^2/\hbar c$  — постоянная тонкой структуры.

Далее используется приближенное значение  $\lambda_5^2$ :

$$\lambda_5^2 \equiv \varphi^2 \simeq 1 - \tilde{\alpha} \frac{r_g}{r}, \quad (5)$$

найденное из сферически-симметричного решения 5-мерных уравнений Эйнштейна полученных Крамером.

Подставляя приближенное значение  $\lambda_5^2$  в уравнение геодезических линий получим

$$m \simeq m_{Pl} \sqrt{\gamma} \frac{\sqrt{W_0^2 + 1}}{W_0} \left( 1 - \frac{\tilde{\alpha} r_g}{2r(1 + W_0^2)} \right). \quad (6)$$



Из этой формулы следует, что при значениях константы  $W_0$  порядка единицы и при отрицательных значениях константы  $\tilde{\alpha}$  получаем формулу аналогичную предложенной Эйнштейном, однако для частиц с массой, порядка планковской массы.

При очень малых значениях константы  $W_0$  она играет роль перенормировки планковской массы до произвольных значений масс макрообъектов. В итоге получается формула для масс классических макрообъектов вида

$$m = \frac{m_{Pl}\sqrt{\gamma}}{W_0} \left( 1 + \frac{\tilde{\alpha}r_g}{2r} \right). \quad (7)$$

Эта формула совпадает с формулой Эйнштейна, однако отличается от нее поправочным коэффициентом  $\tilde{\alpha}$ .

**Вторая глава** посвящена рассмотрению проявлений принципа Маха в рамках пятого этапа развития реляционного подхода, где была предложена более последовательная реляционная формулировка теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия. Как уже отмечалось, принцип Маха присущ именно реляционному подходу.

В §2.1 приведены основные сведения из унарной теории вещественных отношений на одном множестве элементов, каковыми в этой теории являются абстрактные заряженные частицы двух видов заряда. Между парами элементов определены два вида отношений. Один вид отношений соответствует пространственно-временным отношениям в пространстве Минковского, а второй тип отношений соответствует ток-токовым отношениям в пространстве Лобачевского. В этой главе приведены виды парных отношений и их законы. Для отношений в пространстве Минковского закон записывается через равный нулю определитель Кэли–Менгера для произвольных 6 точек-событий, а для ток-токовых отношений закон представляется виде равенства нулю определителя Грама для произвольных 5 токов. Эта часть соответствует первому фактору реляционной теории — реляционному пониманию природы пространственно-временных отношений.

Во втором параграфе этой главы рассмотрена вторая составляющая реляционного подхода — описание электромагнитных взаимодействий в рамках концепции дальнего действия. Это реализуется на основе принципа Фоккера–Фейнмана, где подинтегральное выражение трактуется как произведение двух видов отношений между взаимодействующими частицами: пространственно-временного в виде дираковской дельта-функции и ток-токового. В предшествующих работах Ю. С. Владимирова было показано, что замена ток-токового отношения в принципе Фоккера на минор второго ранга из закона этого отношения приводит к линеаризованной теории прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, ранее найденной из других

соображений в работах Я. И. Грановского и А. А. Пантюшина. Это результат позволяет трактовать гравитационные взаимодействия как вторичные от электромагнитных.

Данный результат заставляет обратиться к анализу физического смысла других миноров из закона ток-токовых отношений. Это привело к ряду новых интересных результатов. В частности, на этом пути было дано обоснование свободных членов в лагранжианах через своеобразное проявление принципа Маха. Было показано, что диагональные миноры более высоких порядков ответственны за нелинейные эффекты общей теории относительности.

Параграф §2.3 посвящен концепции дальнего действия, что соответствует раскрытию значения второго постулата реляционного подхода. Приведены основные сведения из теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера–Фейнмана как для электромагнитных взаимодействий, так и для линеаризованной гравитации. Отмечен вторичный характер гравитации от электромагнетизма, что является следствием из теории прямого межчастичного взаимодействия. При этом соотношение между массой и электрическим зарядом имеет вид

$$m = \sqrt{\frac{A}{G\hbar c}} e^2, \quad (8)$$

где  $A$  — некоторая константа.

В §2.4 рассмотрено применение принципа Маха в унарной реляционной теории. Приведено обоснование свободного действия в действии Фоккера для электромагнетизма. В работе использовано положение, что сумма вкладов всех масс Вселенной на локальные системы определяется характеристиками мегамира:

$$\sum_{k \neq i} m_k \int \delta(s^2(i, k)) ds_k \equiv \frac{2M}{R_g}. \quad (9)$$

Использовано обобщение принципа Фоккера на трех- и четырехчастичные взаимодействия. Особое место занимает роль  $2 \times 2$ -миноров, не включающих в себя диагональные слагаемые в законе ток-токовых отношений. В параграфе 2.4 показано, что именно эти миноры ответственны за эффекты теории поглотителя Фейнмана–Уилера, в частности за возникновение тормозного электромагнитного излучения в уравнениях движения заряженных частиц. Интерпретируются результаты Фейнмана и Уилера по устранению опережающих взаимодействий и силе радиационного трения.

**Третья глава** посвящена обсуждению вопросов проявления принципа Маха в рамках бинарной предгеометрии, т. е. в рамках шестого этапа развития реляционной парадигмы. Необходимость перехода к бинарной предгеометрии обусловлена тем, что унарные системы отношений вытекают из бинарных

систем. В §3.1 приведены основные сведения из теории бинарных систем комплексных отношений, развитых в работах Ю.С.Владимирова. Эта теория строится на двух множествах элементов  $M$  и  $N$ , где любой паре элементов из этих множеств (например,  $i$  и  $k$ ) ставится в соответствие комплексное число  $u_{ik}$ , называемое парным отношением. Для любого набора  $r$  элементов из множества  $M$  и  $r$  элементов из множества  $N$ , выполняется закон бинарных систем комплексных отношений (БСКО) ранга  $(r, r)$ , представимый в виде равенства нулю определителя  $r \times r$ -матрицы парных отношений. Парное отношение выражается через параметры элементов в виде:

$$u_{i\alpha} = \sum_{l=1}^{r-1} i^l \alpha^l. \quad (10)$$

Бинарная предгеометрия опирается прежде всего на БСКО ранга  $(3, 3)$ . В рамках этой теории записываются 2-компонентные спиноры и производится определение массивных частиц.

Параграф §3.2 посвящен первой составляющей реляционного подхода в рамках бинарной предгеометрии. Продемонстрирован вторичный характер классического пространства-времени, в частности отмечено происхождение 4-мерности и сигнатуры пространства-времени из понятий теории бинарных систем комплексных отношений.

В §3.3 рассмотрена вторая составляющая реляционного подхода — описание электромагнитного взаимодействия в рамках концепции дальнего действия. Это осуществляется на основе теорий БСКО рангов  $(5, 5)$  или  $(4, 4)$ , позволяющих учесть прообразы как координатных, так и ток-токовых отношений. Прообразом фоккеровского действия электромагнитного взаимодействия выступают либо фундаментальные  $4 \times 4$ -отношения (в рамках теории БСКО ранга  $(5, 5)$ ), либо базовые  $4 \times 4$ -отношения (в рамках теории БСКО ранга  $(4, 4)$ ). Если две частицы описываются элементами  $(i, k, j, s) \in N$  и  $(\alpha, \beta, \gamma, \delta) \in M$ , то базовое  $4 \times 4$ -отношение имеет вид

$$\left\{ \begin{array}{cccc} \alpha\beta\gamma\delta \\ i k j s \end{array} \right\} \equiv - \left| \begin{array}{ccc|cc} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & u_{i\alpha} & u_{i\beta} & u_{i\gamma} & u_{i\delta} \\ 1 & u_{k\alpha} & u_{k\beta} & u_{k\gamma} & u_{k\delta} \\ \hline 1 & u_{j\alpha} & u_{j\beta} & u_{j\gamma} & u_{j\delta} \\ 1 & u_{s\alpha} & u_{s\beta} & u_{s\gamma} & u_{s\delta} \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cc|cc} 1 & 1 & 1 & 1 \\ i^1 & k^1 & j^1 & s^1 \\ \hline i^2 & k^2 & j^2 & s^2 \\ i^3 & k^3 & j^3 & s^3 \end{array} \right| \times \left| \begin{array}{cc|cc} 1 & 1 & 1 & 1 \\ \alpha^1 & \beta^1 & \gamma^1 & \delta^1 \\ \hline \alpha^2 & \beta^2 & \gamma^2 & \delta^2 \\ \alpha^3 & \beta^3 & \gamma^3 & \delta^3 \end{array} \right|. \quad (11)$$

В этой главе показано, что для случая электромагнитно связанных состояний из двух массивных заряженных частиц базовое  $4 \times 4$ -отношение представля-

ется в виде

$$\left\{ \begin{matrix} i^* k^* j^* s^* \\ i k j s \end{matrix} \right\} = -4b^2 \left( \begin{array}{c|cccc|c} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & + \begin{bmatrix} i^* j^* \\ i j \end{bmatrix} & - \begin{bmatrix} i^* j^* \\ i s \end{bmatrix} & - \begin{bmatrix} i^* j^* \\ k j \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} i^* j^* \\ k s \end{bmatrix} & 0 \\ \hline 0 & - \begin{bmatrix} i^* s^* \\ i j \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} i^* s^* \\ i s \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} i^* s^* \\ k j \end{bmatrix} & - \begin{bmatrix} i^* s^* \\ k s \end{bmatrix} & 0 \\ \hline 0 & - \begin{bmatrix} k^* j^* \\ i j \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} k^* j^* \\ i s \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} k^* j^* \\ k j \end{bmatrix} & - \begin{bmatrix} k^* j^* \\ k s \end{bmatrix} & 0 \\ \hline 0 & + \begin{bmatrix} k^* s^* \\ i j \end{bmatrix} & - \begin{bmatrix} k^* s^* \\ i s \end{bmatrix} & - \begin{bmatrix} k^* s^* \\ k j \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} k^* s^* \\ k s \end{bmatrix} & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right). \quad (12)$$

Главным оригинальным результатом этой главы является показ того, что базовое  $4 \times 4$ -отношение представляется в виде квадрата инварианта, построенного из двух 2-компонентных спиноров, характеризующих две отдельные частицы:

$$\left( \begin{matrix} i^1 - k^1 \\ i^2 - k^2 \end{matrix} \right); \quad \left( \begin{matrix} j^1 - s^1 \\ j^2 - s^2 \end{matrix} \right). \quad (13)$$

Сам инвариант имеет вид

$$[(i^1 - k^1)(i^{*1} - k^{*1}) + (i^2 - k^2)(i^{*2} - k^{*2})] = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + y_4^2 = \tilde{\lambda}_1, \quad (14)$$

где использованы обозначения для произведений комплексных чисел на их сопряженные значения:

$$(i^1 - k^1)(i^{*1} - k^{*1}) = y_1^2 + y_2^2; \quad (i^2 - k^2)(i^{*2} - k^{*2}) = y_3^2 + y_4^2. \quad (15)$$

В итоге, из базового  $4 \times 4$ -отношения выводится уравнение

$$4b^2(y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + y_4^2)^2 = 4b^2\tilde{\lambda}_1^2 = \lambda_1^2, \quad (16)$$

которое является уравнением трехмерной гиперсферы в четырехмерном абстрактном пространстве.

Таким образом, в рамках БСКО ранга  $(4, 4)$  приводится обоснование  $O(4)$ -симметрии атома водорода. Такое представление базового  $4 \times 4$ -отношения возможно при наложении определенных условий на спинорные параметры элементов с номером 3. Этот результат используется в четвертой главе в реляционно-статистической теории атома водорода.

**Четвертая глава** посвящена обсуждению принципа Маха в рамках седьмого этапа развития реляционной парадигмы. Как уже отмечалось, он основан на идеях о макроскопической природе пространства-времени и об электромагнитном излучении, как о носителе пространственно-временных отношений.

Здесь главная роль принадлежит уравнению стационарности взаимодействия двух частиц. Основываясь на том, что различные точки 3-мерной гиперсферы соответствуют отдельным вкладам в отношения связанных частиц, как показано в работах Ю. С. Владимирова, для них запишем уравнение стационарности:

$$\pm 2b \left( \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_3^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_4^2} \right) \Psi(z_1, z_2, z_3, z_4) = \lambda_1 \Psi(z_1, z_2, z_3, z_4), \quad (17)$$

где слева стоит оператор Лапласа, действующий на функцию  $\Psi(z_1, z_2, z_3, z_4)$ , а  $\lambda_1$  — собственное значение оператора Лапласа. Функция  $\Psi(z_1, z_2, z_3, z_4)$  имеет смысл функции распределения вкладов фотонных матриц по трехмерной гиперсфере. Переход от алгебраического уравнения гиперсферы к дифференциальному уравнению стационарности осуществляется благодаря учету огромного множества вкладов фотонных матриц в прообраз действия двух взаимодействующих частиц. Фотонные матрицы определяются испущенным, но еще не поглощенным электромагнитным излучением.

При решении уравнения стационарности методом разделения переменных, получается три уравнения:

1) уравнение для сферических функций на двумерной сфере:

$$\left[ \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \operatorname{ctg} \theta \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \Lambda_2 \right] \Phi(\theta, \varphi) = 0, \quad (18)$$

где  $\Lambda_2$  — константа разделения переменных;

2) уравнение  $\left[ \frac{d^2}{dy^2} + \Lambda_1 \right] Y(y) = 0$ , имеющее решение

$$Y(y) = C_1 \exp(i\sqrt{\Lambda_1}y), \quad (19)$$

где  $\Lambda_1$  — константа разделения переменных;

3) уравнение

$$\left[ x \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d}{dx} - \frac{1}{4x} (1 + 4\Lambda_2) - x\Lambda_1 \pm x \frac{\lambda_1}{2b} \right] \psi(x) = 0, \quad (20)$$

которое очень напоминает уравнение Лагерра, являющееся радиальной частью уравнения Шредингера для атома водорода:

$$\left[ x \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d}{dx} - \frac{s^2}{4x} - \frac{1}{4}x + \lambda \right] \psi(x) = 0. \quad (21)$$

Для совпадения уравнений следует положить:

$$1 + 4\Lambda_2 = (2l + 1)^2 = s^2; \quad \Lambda_1 = \frac{1}{4}; \quad 2b = x; \quad \lambda_1 = \lambda. \quad (22)$$

Исходя из этих соотношений, собственные значения уравнения стационарности оказываются соответствующими собственным значениям уравнения Лагерра:

$$s = 2l + 1; \quad \lambda = n_r + \frac{1}{2}(s + 1) = n_r + (l + 1), \quad (23)$$

а уровни энергии атома водорода равны

$$E = -\frac{mZ^2e^4}{2\hbar^2n^2}. \quad (24)$$

Полученный результат сравнивается со стандартной квантовой теорией атома на основе уравнения Шредингера.

Далее в §4.3 произведено сопоставление реляционно-статистической теории атома с выводом  $O(4)$ -симметрии полученной в работах В. А. Фока и Е. А. Хиллерааса. Показано, что реляционный подход имеет ряд преимуществ. Также, демонстрируется связь полученной теории с 5-мерной теорией Калуцы и механизмом компактификации пятой координаты.

В **Пятой главе** показано наличие еще двух видов представления базового  $4 \times 4$ -отношения через инварианты. Второй случай представляется в виде

$$\left\{ \begin{array}{c} i^*k^*j^*s^* \\ i \ k \ j \ s \end{array} \right\} = -4a^2 \left( \begin{array}{c|ccc|c} + \begin{bmatrix} i^*k^* \\ i \ k \end{bmatrix} & +0 & + \begin{bmatrix} i^*k^* \\ i \ s \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} i^*k^* \\ k \ j \end{bmatrix} & +0 & + \begin{bmatrix} i^*k^* \\ j \ s \end{bmatrix} \\ \hline +0 & +0 & +0 & +0 & +0 & +0 \\ \hline + \begin{bmatrix} i^*s^* \\ i \ k \end{bmatrix} & +0 & + \begin{bmatrix} i^*s^* \\ i \ s \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} i^*s^* \\ k \ j \end{bmatrix} & +0 & + \begin{bmatrix} i^*s^* \\ j \ s \end{bmatrix} \\ + \begin{bmatrix} k^*j^* \\ i \ k \end{bmatrix} & +0 & + \begin{bmatrix} k^*j^* \\ i \ s \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} k^*j^* \\ k \ j \end{bmatrix} & +0 & + \begin{bmatrix} k^*j^* \\ j \ s \end{bmatrix} \\ \hline +0 & +0 & +0 & +0 & +0 & +0 \\ \hline + \begin{bmatrix} j^*s^* \\ i \ k \end{bmatrix} & +0 & + \begin{bmatrix} j^*s^* \\ i \ s \end{bmatrix} & + \begin{bmatrix} j^*s^* \\ k \ j \end{bmatrix} & +0 & + \begin{bmatrix} j^*s^* \\ j \ s \end{bmatrix} \end{array} \right). \quad (25)$$

При этом, базовое  $4 \times 4$ -отношение представляется в виде квадрата инварианта построенного из следующих 2-компонентных спиноров во втором случае

$$\left( \begin{array}{c} i^1 - j^1 \\ i^2 - j^2 \end{array} \right); \quad \left( \begin{array}{c} k^1 - s^1 \\ k^2 - s^2 \end{array} \right), \quad (26)$$

и в третьем случае

$$\begin{pmatrix} i^1 - s^1 \\ i^2 - s^2 \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} k^1 - j^1 \\ k^2 - j^2 \end{pmatrix}. \quad (27)$$

В этой главе после изложения основных сведений из модели электрослабых взаимодействий Вайнберга–Салама–Глешоу, рассмотрена дальнедействующая версия модели Вайнберга–Салама–Глешоу предложенная в работах Ю. С. Владимирова. Поскольку в этих теориях, используется заданный фон пространства-времени, и взаимодействие записывается для свободных, не связанных частиц, то можно ограничиться диагональными слагаемыми в базовом  $4 \times 4$ -отношении. В реляционном варианте теории коэффициенты перед диагональными слагаемыми одинаковы, тогда как в теории Вайнберга–Салама–Глешоу левые и правые компоненты частиц взаимодействуют с промежуточным бозоном с разными коэффициентами. Показано, что эту проблему можно устранить учитывая левые компоненты нейтрино, обязательно участвующие в слабом распаде. Благодаря этому, становится возможным описывать упрощенную модель слабого взаимодействия через  $Z$ -бозон, используя второй вариант записи базового  $4 \times 4$ -отношения.

В **Заключении** сформулированы **основные положения, выносимые на защиту**:

1. **Выявлены семь основных стадий развития реляционной парадигмы**, в рамках которых рассматривались и обосновывались проявления принципа Маха.
2. **Предложено трактовать как проявления принципа Маха эффекты скаляризма в 5-мерной геометрической модели электромагнитных и гравитационных взаимодействий** типа теории Калуцы. Показано, что геометрический скаляризм приводит к зависимости масс тел от близко расположенных массивных объектов. Приведена формула, уточняющая формулу, предложенную Эйнштейном на ранней стадии построения ОТО.
3. В рамках пятой стадии развития реляционной теории **продемонстрировано, что в последовательном реляционном подходе теория поглотителя описывается третьим  $2 \times 2$ -минором в законе токовых отношений**.
4. В рамках шестой стадии развития реляционной теории **показано, что прообраз действия, описываемый базовым  $4 \times 4$ -отношением в рамках бинарных систем комплексных отношений ранга  $(4, 4)$ , представляется в виде квадрата инварианта**, построенного из двух спиноров, соответствующих двум частицам, составляющим водородоподобный атом. Этот результат позволил строго обосновать  $O(4)$ -симметрию в задаче атома водорода, открытую в 30-х годах В. А. Фоком и Хиллераасом в рамках стандартной квантовой механики. Этот результат является весомым доводом в пользу перехода к седьмой стадии развития реляционной парадигмы, наиболее соответствующей идеям принципа Маха.
5. В рамках шестой стадии развития реляционной парадигмы **найжены еще два способа построения из базового  $4 \times 4$ -отношения квадрата спинорного инварианта**, что предложено применить для описания связанных состояний частиц, удерживаемых короткодействующими взаимодействиями. Следует подчеркнуть, что данный результат следует рассматривать как затравочный для более корректного построения теорий на базе бинарных систем комплексных отношений более высокого ранга  $(6, 6)$ .



## Публикации автора по теме диссертации

### Публикации в журналах, входящих в список ВАК:

1. Владимиров Ю. С., Терещенко Д. А. Реляционно-статистическое обоснование  $O(4)$ -симметрии атома водорода // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. 2016. № 1 (14). С. 43–53.
2. Владимиров Ю. С., Терещенко Д. А. Принцип Маха в геометрической парадигме // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. 2017. № 1 (18). С. 66–76.
3. Владимиров Ю. С., Терещенко Д. А. Реляционное описание электрослабых взаимодействий // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. 2018. № 1 (22). С. 54–64.
4. Терещенко Д. А. Анализ оснований реляционной теории атома // *Метафизика*, 2018. № 1 (27). С. 31–35.

### Публикации в материалах научных конференций:

5. Владимиров Ю. С., Терещенко Д. А. Реляционно-статистическая теория атома / *Материалы XV-й Российской гравитационной конференции — «Международной конференции по гравитации, космологии и астрофизике»*, Казань, 2014. С. 23–24.
6. Vladimirov Yu. S., Tereshchenko D. A. Relational statistical nature of the metric / *Abstracts of XIIth International Conference on Gravitation, Astrophysics and Cosmology*. PFUR. Moscow, 2015. P. 61–62.
7. Терещенко Д. А. Принцип Маха в 5-мерной теории Калуцы со скаляризмом / *Материалы XVI-й Российской гравитационной конференции — «Международной конференции по гравитации, космологии и астрофизике»*, Калининград, 2017. С. 30–31.

## Аннотация

Терещенко Дмитрий Александрович

### Принцип Маха в геометрической и реляционной парадигмах

Исследована роль принципа Маха в геометрической и реляционной парадигмах теоретической физики. Выделены семь этапов развития представлений о принципе Маха. Показано, что принцип Маха в понимании Эйнштейна может быть реализован в рамках 5-мерной теории Калуцы со скаляризмом, однако в самом широком смысле принцип Маха присущ именно реляционной парадигме. Обсуждены проявления принципа Маха в унарной (на одном множестве элементов) теории вещественных отношений.

В рамках бинарной предгеометрии, основанной на бинарных системах комплексных отношений, обоснована  $O(4)$ -симметрия водородоподобных атомов без привлечения понятий классического пространства-времени. На основе принципа Маха развита реляционно-статистическая теория водородоподобных атомов. Произведено сопоставление полученных результатов со стандартной теорией на основе уравнения Шредингера, с подходом Фока, и с 5-мерной теорией Калуцы. Показана возможность применения реляционного подхода для описания тесно связанных состояний элементарных частиц.

## Abstract

Tereshchenko Dmitry Aleksandrovich

### Mach's principle in geometrical and relational paradigms

The role of Mach's principle in the geometrical and relational paradigms of theoretical physics is studied. Seven stages of development of Mach's principle ideas are identified. It is shown that Mach's principle can be implemented in the framework of 5-dimensional Kaluza theory with scalar field. However, it is the relational paradigm that Mach's principle is inherent in. Effects of Mach's principle in unary theory (on one set of elements) of real relations are discussed.

The  $O(4)$ -symmetry of hydrogen-like atoms is substantiated within the framework of the binary pregeometry based on binary systems of complex relations without involving the concepts of classical space-time. The relational statistical theory of hydrogen-like atoms is developed on the basis of Mach's principle. The results obtained are compared with the standard theory based on the Schroedinger equation, with Fock's approach, and with Kaluza's 5-dimensional theory. The possibility of using the relational approach to describe electroweak interactions is shown.