

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Богуша Игоря Андреевича
на тему: «Ультракомпактные объекты в скалярно-тензорных
теориях гравитации, мотивированных теорией струн»
по специальности 1.3.3. – «теоретическая физика»

В основе современных моделей гравитации лежит общая теория относительности, которая хорошо согласуется с наблюдательными данными. Однако отсутствие квантовой теории гравитации стимулирует поиск и исследование новых моделей. В настоящее время важную роль в построении единых моделей всех взаимодействий играют модели теории струн и Калуцы—Клейна, которые приводят к эффективным моделям гравитации, представляющими собой общую теорию относительности с некоторым набором скалярных полей, включая поле дилатона, и набором абелевых калибровочных полей. Диссертация посвящена исследованию таких моделей и поэтому ее тема весьма актуальна. Кроме того, в настоящее время получены важные данные в гравитационно-волновой астрономии и радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой. Данные наблюдений необходимо сравнивать с теоретическими следствиями различных моделей. Поэтому в диссертации развиваются также методы получения новых решений в эффективных моделях для теорий струн и общие методы сравнения наблюдательных данных с теоретическими следствиями.

Диссертация Богуша И.А. состоит из введения, шести глав и заключения на 245 страницах, которые включают 25 рисунков и 6 таблиц. Список литературы включает в себя 385 наименований. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Во **введении** дано достаточно полное описание проблем, которым посвящена диссертационная работа, определены основные цели и задачи

работы, ее научная новизна, практическая значимость и достоверность. Также обозначены используемые методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, апробация результатов, личный вклад автора и краткое содержание. Основные результаты работы описаны в **заключении**.

В **первой** главе описаны рассматриваемые в диссертации модели. В их число входят: модель Эйнштейна-Максвелла с дилатоном, с дилатоном и аксионом, с минимально связанным скаляром, модель гравитации в высших размерностях с антисимметричной формой и полем дилатона. Рассматриваемые модели представлены в виде обобщенной модели с набором абелевых калибровочных полей и скаляров. Для выбора определенной модели в обобщенную модель необходимо подставить определенный вид матриц, которые зависят от набора скалярных полей.

Во **второй** главе описывается метод построения новых решений из уже известных путем редукции многомерных моделей к трехмерным сигма-моделям и использования симметрий последних. В частности, вводятся известные сигма-модели для стационарных решений четырехмерных моделей. В некоторых случаях эффективное трехмерное действие записывается в виде нелинейной сигма-модели в однородном фактор пространстве. Описан метод построения новых решений с помощью векторов Киллинга в пространстве-мишени соответствующей сигма-модели. Описывается преобразование Клемана для модели Эйнштейна-Максвелла, и его обобщения автором диссертации на модель со скалярным полем. Также, рассмотрены другие методы построения новых решений в моделях гравитации со скалярным полем.

В **третьей** главе построен ряд решений в рассмотренном классе моделей с помощью преобразований, описанных в предыдущей главе. При этом получены новые решения, например, вращающиеся обобщения решения Фишера в теории со скалярным полем с минимальной связью, а также сингулярные Фишер-браны. Для нескольких полученных решений проведен анализ геометрических свойств. Для модели с дилатоном и константой связи

$\alpha = \sqrt{3}$ все решения описывают либо черные дыры, либо кротовой норы или голые сингулярности как в четырех, так и в пяти измерениях. Показано, что ряд известных в литературе метрик с нетривиальным моментом вращения, полученных с помощью трюка Яниса-Ньюмена, не удовлетворяют уравнениям движения и поэтому не являются вращающимися обобщениями решения Фишера.

В **четвертой** главе рассматривается формализм распорок, и подход Комара-Томиматсу для получения термодинамической формулы Смарра. Автором диссертации предложено обобщение данного подхода на общий случай рассматриваемых моделей. Показано, что итоговая интегральная формула Смарра имеет тот же вид, что и в случае электровакуумной теории, если заряды не содержат скалярных вкладов. В качестве примеров рассмотрены решения гравитационных моделей с дилатоном и дилатоном/аксионом. Данные примеры включают решения с особенностями струн Дирака и Мизнера, которые возникают в решениях с магнитным и гравитомагнитным зарядами.

В **пятой** главе рассматриваются вопросы суперсимметрии для полученных ранее решений для р-бран и для стационарного сектора модели Эйнштейна-Максвелла с дилатоном в случае произвольной константы связи. В диссертации показано, что в первом случае полученные автором сингулярные р-браны не содержат новых суперсимметричных решений, за исключением уже известных в литературе. Во втором случае рассматриваются дилатинное и гравитинное уравнения «ложной» суперсимметрии для модели Эйнштейна-Максвелла с дилатоном. Из условия вырожденности части алгебраических уравнений, в работе были получены ограничения на заряды, параметризующие суперсимметричные решения. На пространственной бесконечности полученные ограничения на заряды обобщают известные ограничения на случай наличия гравитомагнитного заряда НУТ.

Шестая глава посвящена анализу геодезических и пробного скалярного поля. Кроме того, предлагается метод получения конформного тензора

Киллинга второго ранга из векторов Киллинга, заданных на гиперповерхностях, и с его помощью строятся общие формулы контура для тени ультракомпактных объектов. В рамках диссертации был построен численный алгоритм с использованием технологии параллельных вычислений CUDA для построения теней ультракомпактных объектов, и рассмотрен ряд примеров.

Соискатель обосновал достоверность полученных результатов и сделанных выводов. Основные научные результаты диссертации опубликованы в престижных рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web Of Science, Scopus, RSCI, и в изданиях из перечня, рекомендованного Минобрнауки России, по специальности 1.3.3. – «теоретическая физика» в соответствии с требованиями Диссертационного совета МГУ.

Отметим следующие недостатки работы:

1. В разделе 3.1 приведено доказательство отсутствия регулярных решений только в некотором подклассе решений при определенных ограничениях на заряды.
2. В главе 6 желательно проанализировать стабильность фотонных поверхностей более подробно.
3. Диссертант часто употребляет термины, которые не являются общепринятыми, например, «сингулярный горизонт», «сильная сингулярность», «мягкая физическая особенность» и другие, не давая им определения. Такие термины требуют пояснений в тексте диссертации.
4. Диссертант также злоупотребляет сокращением некоторых названий, которых более тридцати. Например, сокращения «БД», «ПК», «ЭГ» и некоторые другие используются без пояснений, несмотря на наличие словаря терминов в конце диссертации.

Указанные замечания носят пожелательный характер и касаются стиля изложения, что связано с большим объемом проделанной работы. Они не

умалют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает всем требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3. – «теоретическая физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Считаю, что соискатель Богуш Игорь Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – «теоретическая физика».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник, отдел Математической физики,
ФГБУН «Математический институт
им. В.А. Стеклова Российской академии наук»
Катанаев Михаил Орионович

Контактные данные:

тел.: +7(929)508-24-31, e-mail: katanaev@mi-ras.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.01.03 – математическая физика

Адрес места работы: 119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 8.

Подпись сотрудника Математического института им. В.А. Стеклова Катанаева М.О. удостоверяю: