

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности «8D05306-Физика» Серикболовой Альбины Аскаровны на тему «**Браны и монополи в модифицированных гравитациях и теориях Янга-Миллса**»

Общая характеристика работы

В диссертационной работе представлены результаты исследования массовой щели в энергетическом спектре монополеподобного объекта с нелинейным спинорным источником и гипотетических фундаментальных объектов в многомерном пространстве-времени – толстых бран (\mathcal{D} – браны) в рамках модифицированной теории гравитации.

Актуальность темы

В современной физике, для понимания и описания строения и эволюции Вселенной существует необходимость исследования моделей Вселенной в пространстве-времени более высоких измерений. Существует широкое применение многомерной теории в различных областях физики, таких как теория струн, теории великого объединения, космология, физика высоких энергий т. д.

Первая идея исследования пространства-времени более высоких измерений принадлежит Калуце и Клейну, создавшие 5-мерную теорию, которая представляет собой объединение гравитационного и электромагнитного взаимодействий. Позже, были созданы теории суперструн требующие дополнительных размерностей пространства.

Другим аргументом в пользу перехода к геометрии пространства более высоких измерений является возможность анализа и исследования различных гипотетических объектов: доменных стенок, толстых бран. Предполагается, что мы живем в бране, которая представляет собой n -мерные гиперповерхности, встроенные в многомерное пространство-время (bulk). В рамках моделей «мира на бране» можно закономерно описать иерархию масс элементарных частиц, а также решить ряд других задач теории элементарных частиц. \mathcal{D} – браны в теории струн – это гипотетические фундаментальные многомерные физические объекты, на которых открытые струны связаны с граничными условиями Дирихле.

Первая часть работы заключается в рассмотрении регулярных решений гравитационных уравнений, описывающих толстые браны в многомерном пространстве-времени в рамках $\mathcal{F}(R)$ модифицированной теории. Следует отметить, что модифицированные теории гравитации можно интерпретировать как альтернативу космологической постоянной (или темной энергии) для объяснения ускоренного расширения Вселенной. Это совершенно новый подход в описании ускоренного расширения Вселенной, так как мы не используем старые методы Общей теории относительности

(ОТО) и пытаемся их модифицировать. Одной из самых поразительных особенностей этих теорий является то, что плотность Лагранжа больше не является скалярной кривизной R (как в ОТО), но представляет собой некоторую нелинейную функцию скалярной кривизны $\mathcal{F}(R)$.

Вторая часть работы посвящена рассмотрению магнитных монополей в рамках неабелевых полей Янга-Миллса, взаимодействующих с нелинейным спинорным полем. Магнитный монополь – это гипотетическая элементарная частица с ненулевым магнитным зарядом. Реального физического подтверждения существования магнитного монополя пока нет. В 1931 году Дирак предположил, что из асимметричной КЭД может быть построена симметричная КЭД, путем включения магнитного заряда. Гипотетический магнитный заряд, предложенный Дираком, называется монополем Дирака. Позже, магнитные монополи в неабелевых калибровочных теориях были открыты независимо Герардом 'т Хоофтом и Александром Поляковым.

Прошло 90 лет, но проблема существования магнитного монополя попрежнему актуальна, и для ее решения проводится все больше экспериментов. Особую важность представляет исследование свойств магнитного монополя, таких как: напряженность магнитного поля, энергетический спектр. Они находят свое применение в огромном разнообразии областей физики, включая проблемы в стандартной модели, теории великого объединения, астрофизике и космологии.

В данной работе будут представлены монополеподобные решения в рамках $SU(2)$ (специальной унитарной группы) теории Янга-Миллса, содержащие дублет нелинейных спинорных полей. Особый интерес представляет исследование энергетического спектра таких частицеподобных объектов и получение глобального минимума в данном спектре. Такой минимум в энергетическом спектре можно рассматривать как массовую щель. Используя полученные результаты, можно попытаться понять природу массовой щели в более сложной ситуации- в Квантовой Хромодинамике (КХД). Таким образом, массовая щель Δ - масса наименее массивной частицы, предсказанной теорией, т.е это энергетическая щель между вакуумным и первым основным состоянием. Все эти моменты свидетельствуют об **актуальности проблемы** для развития фундаментальной науки, изученной в данной диссертационной работе.

Цель работы состоит в том, чтобы получить и исследовать регулярные решения бран (\mathcal{D} – браны) в многомерном пространстве-времени в рамках $\mathcal{F}(R) = -\alpha R^n$ модифицированных теорий гравитации и получить топологически тривиальные монополеподобные решения в рамках $SU(2)$ теории Янга-Миллса, содержащий нелинейный дублет спинорных полей и продемонстрировать наличие минимума в энергетическом спектре (массовая щель).

Для достижения этих целей необходимо решить следующие **задачи**:

- в рамках $\mathcal{F}(R)$ теорий гравитации получить плоско-симметричные решения, описывающие \mathcal{D} -браны в многомерном пространстве-времени и исследовать свойства таких объектов;
- получить топологически тривиальные монополеподобные решения в рамках $SU(2)$ теории Янга-Миллса, содержащий дублет нелинейных спинорных полей;
- изучить энергетический спектр этих решений и показать что он имеет глобальный минимум (массовая щель).

Объектом исследования являются модифицированная теория гравитации, $SU(2)$ теория Янга-Миллса, нелинейные спинорные поля и регулярные решения в них.

Предмет исследования: Браны в $\mathcal{F}(R)$ модифицированной теории и монополю Янга-Миллса с нелинейным спинорным источником.

Методы исследования. Аналитические и численные методы исследования нелинейных дифференциальных уравнений модифицированных теорий гравитации, $SU(2)$ теорий Янга-Миллса, содержащих дублет нелинейных спинорных полей.

Научная новизна. Новизна и оригинальность исследования заключается в том, что:

- получены плоско-симметричные решения в модифицированных теориях гравитации, описывающие толстые браны с коразмерностью=1 имеющие антидесситоровскую (AdS) асимптотику;
- получены новые монополеподобные объекты Янга-Миллса с источником нелинейных спинорных полей, особенность которых заключается в наличии массовой щели в энергетическом спектре.
- показано, что основной причиной существования регулярных монополеподобных решений и появления массовой щели в такой теории было наличие дублета нелинейных спинорных полей.

Положения, выносимые на защиту:

1. В теории гравитации с модифицированным лагранжианом $\mathcal{F}(R) = -\alpha R^n$ существуют толстые браны (thick branes) с антидесситоровской асимптотикой (AdS), а также с особой точкой, расположенной в центре браны и существующую в следующем диапазоне параметра n : $1 < n < 2$.

2. $SU(2)$ теория Янга-Миллса с источником в виде дублета нелинейных спинорных полей приводит к существованию топологически тривиальных монополеподобных объектов с $H \sim M/r^3$ асимптотическим поведением $SU(2)$ магнитного поля.

3. Монополю Янга-Миллса с источником в виде нелинейного спинорного поля имеет минимум в энергетическом спектре (массовую щель) – $(\tilde{W}_t)_{min} = 5.812$ и 53.748 для основного и первого возбужденного состояния при $\tilde{E} = 0.955$, появление которой является следствием нелинейности поля Дирака.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Результаты полученные в данной диссертации, будут способствовать более глубокому пониманию модели нашей Вселенной как мира на бране. Помимо этого полученные регулярные решения в гравитационных теориях являются интересной и необходимой задачей для понимания гравитационного взаимодействия. Толстые браны являются гипотетическими объектами, которые в хорошей перспективе могут быть обнаружены в будущем, поэтому изучение их свойств является важной задачей в теоретической физике. Что касается второй части работы, то полученные новые монополеподобные решения в теории $SU(2)$ Янга-Миллса направлены на то, чтобы дать всесторонний ответ для понимания природы и свойств магнитного монополя. Магнитные монополи – это гипотетические частицы, которые долгое время активно исследуются и ищутся. Исследование их свойств может пролить свет на проблему симметрии Квантовой Электродинамики (КЭД). Более того, данные решения могут дать возможность в более глубоком исследовании концепции «массовой щели», которая является одной из 7 проблем тысячелетия.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждаются публикациями в журналах дальнего зарубежья с высокими импакт-факторами и в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, и в трудах международных научных конференций ближнего и дальнего зарубежья.

Личный вклад автора заключается в том, что весь объем диссертационной работы, выбор метода исследования, решение задач и численные расчеты выполняются автором самостоятельно. Постановка задач и обсуждение результатов осуществлялись совместно с научными руководителями.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ: 2 -публикации в казахстанских журналах, рекомендованные Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (ККСОН МЭС РК) и 3 статьи в журналах зарубежных стран с высокими импакт-факторами, включенных в международный информационный ресурс Web of Knowledge (Thomson Reuters, США) и Scopus (Эльзевир, Нидерланды); 3 работы в сборниках Международных научных конференций.

Апробация диссертационной работы. Результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались:

– на второй Международной научно-практической онлайн-конференции «Актуальные вопросы современных исследований» (2019, Нур-Султан, Казахстан).

– на Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Алемі» (2019, 2020, Алматы, Казахстан);

– на 1-й Электронной конференции по Вселенной (Онлайн, 22-28 февраля 2021, Китай)

– в Республиканском конкурсе исследований среди вузов Республики Казахстан, проводимом Актюбинским областным университетом имени К. Жубанова (1 место, 2021 г., г. Актобе, Казахстан);

– а также обсуждались с профессором Юттой Кунц в рамках международного сотрудничества и стажировки (с ноября 2021 года по февраль 2022 года, Ольденбург, Германия).

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка использованных источников из 161 наименований, содержит 112 страниц основного компьютерного текста, включая 54 рисунков и 2 таблиц.

Основными результатами данной работы являются следующие:

– Были получены регулярные плоско-симметричные решения в $f(R) = -\alpha R^n$ теории гравитации. С физической точки зрения эти решения представляют модель нашей Вселенной в виде толстой браны с $\text{codim}=1$. Свойства этих бран зависят от следующих параметров: γ и δ , описывающих свойства решения в центре браны и параметров α и n , описывающих тип модифицированной теории гравитации.

– Для анализа полученных решений построены фазовые портреты соответствующих автономных дифференциальных уравнений. Результаты показывают, что бранные решения имеют AdS асимптотику.

– Показано, что эффективная плотность энергии T_0^0 является отрицательной и была исследована ее зависимость от значений параметров $\gamma, \delta, \alpha, N$.

– Также были получены регулярные, конечные монополеподобные решения в рамках $SU(2)$ теории Янга-Миллса, содержащие дублет нелинейных спинорных полей. Важнейшим результатом исследования является то, что энергетический спектр обладает глобальным минимумом, который можно интерпретировать как массовую щель, появление которой обусловлено нелинейным спинорным полем.

– В дополнении были проанализированы типичные поведения собственных функций задачи, распределения цветных магнитных полей, плотности энергии и энергетический спектр системы. Важнейшим результатом исследования является то, что асимптотическое поведение радиального магнитного поля принципиально отличается от кулоновского поведения монополя 'т Хоофта-Полякова.