АННОТАЦИЯ

Диссертации на соискание степени доктора философии PhD
по специальности «6D060400 - Физика»

УМБЕТОВА ЖАНБАЛА СУНДЕТОВНА

АНИЗОТРОПНЫЕ МОДЕЛИ КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗД В МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕОРИЯХ ГРАВИТАЦИИ

Диссертационная работа посвящена исследованию анизотропных компактных звезд во Вселенной в модифицированных теориях гравитации.

Актуальность темы диссертации

Развитие области астрофизики и космологии привело к новому пониманию космоса и его загадочных компонентов. Несмотря на значительные достижения последних лет, все еще остается множество сложных проблем, которые побуждают ученых изучать различные характеристики, такие как звезды и сопутствующие им физические явления. Самый большой источник видимого света во Вселенной возникает в результате ядерного синтеза, происходящего в звездах. Взрывы сверхновых звезд приводят к образованию компактных звезд. Звезда коллапсирует под тяжестью своей массы, когда внешнее давление внутри звезды больше не может сопротивляться силе гравитации. Компактные звезды, такие как нейтронные звезды, белые карлики и черные дыры, создаются в результате окончательной гибели звезд. Компактные звезды имеют небольшой радиус, большую массу и структуру, на которую не влияют высокие температуры по сравнению с обычными звездами. За последние несколько десятилетий гравитационные теории проявили значительный интерес к изучению компактных звезд. Звездная эволюция, которая изучается через изотропные, а также анизотропные давления внутри звезд со стабильной конфигурацией нейтронных звезд, описывает природу, структуру, стабильность и жизненный цикл звезды.

Интерес к данной теме заключается в таких неразрешенных вопросах, как сущность темной материи и темной энергии. Модифицированные теории гравитации выступают с альтернативными подходами к объяснению этих явлений, избегая необходимости введения нестандартных форм материи. Анализ компактных звезд, обладающих сильнейшими гравитационными полями, в рамках данных теорий становится уникальной возможностью экспериментальной проверки предсказаний в условиях, недоступных для лабораторных исследований.

Кроме того, учет анизотропии давления внутри компактных звезд, когда радиальное и тангенциальное давление существенно различаются, влияет в их теоретическое моделирование. Традиционное предположение об изотропности давления является упрощением, не отражающим реальные физические процессы в этих объектах. Исследование анизотропии открывает перспективы

для более глубокого понимания внутренней структуры и стабильности компактных звезд.

Современные астрономические достижения, особенно в области детектирования гравитационных волн , предоставляют обширные и точные данные о компактных звездах. Параллельно с гравитационно-волновыми наблюдениями, электромагнитные наблюдения, проводимые с помощью таких миссий, как зонд внутреннего строения нейтронных звезд (NICER), радиоинтерферометр нового поколения (SKA) и космическая обсерватория для исследования экстремальных состояний материи (eXTP), позволяют проводить высокоточные измерения массы, радиуса и момента инерции нейтронных звезд. Эти измерения предоставляют независимую информацию, которую можно использовать для проверки и сопоставления предсказаний анизотропных моделей с реальными астрономическими наблюдательными данными. Высокая точность современных измерений позволяет обнаружить даже небольшие отклонения от стандартных моделей, что открывает путь к обнаружению новых физических явлений и уточнению понимания гравитации в экстремальных условиях. Эти данные служат ценным инструментом для подтверждения и уточнения теоретических моделей, включая анизотропные модели внутренней структуры компактных звезд в контексте модифицированных теорий гравитации.

Таким образом, исследования анизотропных свойств компактных звезд в модифицированных теориях гравитации могут привести к прорыву в понимании фундаментальных законов гравитации и структуры Вселенной.

Исходя из вышеизложенных современных проблем теоретической физики, диссертационная работа **«Анизотропные модели компактных звезд в модифицированных теориях гравитации»** посвящена исследованию анизотропных компактных звезд во Вселенной в модифицированных теориях гравитации.

Цель работы

Исследование влияния модифицированных теорий гравитации на структуру, свойства и устойчивость компактных звездных объектов, для расширения теоретических рамок описания астрофизических явлений в условиях сильной гравитации.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи:**

1. Построение точного решения для анизотропных компактных звезд в общей теории относительности с учетом параметра заряда.
2. Построение моделей анизотропных компактных звезд в модифицированной $F(R)$ гравитации с анализом распределений давлений и плотности энергии.
3. Построение моделей анизотропных компактных звезд с учетом влияния кручения и электрического заряда в $F(\tilde{T})$ гравитации.

Объект исследования – компактные астрофизические объекты и их поведение в условиях модифицированных теорий гравитации.

Предмет исследования

Уравнения гравитационного поля, структурные конфигурации компактных объектов, анализ устойчивости моделей с помощью критерия Харрисона-Зельдовича-Новикова, анализ равновесия с помощью уравнения Толмена-Оппенгеймера-Волкоффа, физическая приемлемость моделей и основные физические характеристики.

Методы исследования

Используются аналитические и численные методы для моделирования свойств исследуемых объектов, метрический формализм, анзац Дургапала-Фулории, анзац Бухдаля, а также для сопоставления теоретических предсказаний с доступными наблюдательными данными.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые:

1. Получено аналитическое решение с гравитационным потенциалом $B_0^2 = \left(1 + Sr^2\right)^2$, в котором влияние параметра заряда на основные характеристики исследовано при сохранении полной устойчивости модели, что позволяет описывать массивные компактные объекты.

2. Получено аналитическое решение уравнений гравитационного поля для анизотропных компактных звезд в теории $F(R)$ гравитации и проведена оценка параметров модели, в сравнении их с соответствующими наблюдательными данными.

3. Получено уравнение поля для анизотропного компактного объекта в $F(\tilde{T})$ гравитации с учетом анизотропии, параметра кручения и функцией заряда, которые позволяют более точно описывать внутреннюю структуру данных объектов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В модели анизотропной компактной звезды с учетом радиального электрического поля увеличение параметра заряда E_0 от 0 до $4 \cdot 10^{-6}$ приводит к снижению центрального давления с $1.136 \cdot 10^{35}$ Па до $6.350 \cdot 10^{34}$ Па и росту допустимой радиальной координаты от 0 до 10 км при сохранении устойчивости системы.

2. Решения полученные, в моделях модифицированной теории гравитации экспоненциального $F(R) = R + \alpha\left(e^{-\beta R} - 1\right)$ и обобщенного степенного $F(R) = R - (1-\delta)\gamma^2\left(R/\gamma^2\right)^{\delta}$ типа при диапазонах параметров α=11.112÷333.340, β=0.003÷0.090, γ=0.126÷0.327, δ=0.567÷0.697 удовлетворяют условиям причинности компактных объектов.

3. В теории модифицированной телепараллельной гравитации при увеличении параметра кручения ζ_1 в диапазоне 1.00-1.04 линейной функции $F(\tilde{T}) = \zeta_1 \tilde{T} + \zeta_2$ максимальная масса компактной звезды возрастает с 2.22 $M_\odot$ до 2.68 $M_\odot$ при радиусах 9.31-10.83 км, а момент инерции достигает $4 \cdot 10^{45}$ г·см^2, при этом система сохраняет устойчивое состояние, что согласуется с наблюдаемыми характеристиками нейтронных звезд.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты, полученные в диссертационной работе, вносят вклад в расширение теоретической базы для изучения компактных звезд, позволяя получить более реалистичное описание внутренней структуры и физических свойств с учетом заряда и анизотропии. Они могут быть использованы для моделирования эволюции компактных объектов и оценки их роли в формировании галактик. Кроме того, полученные результаты могут найти применение в смежных областях, таких как физика элементарных частиц и физика конденсированного состояния. Это помогает объяснить наблюдаемые данные и делать новые предсказания, подлежащие проверке наблюдениями.

Личный вклад автора

Весь объем диссертационной работы и основные результаты получены автором. Численные расчеты и графики найдены автором самостоятельно. Постановка задач и выбор метода проводились совместно с научными руководителями.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность научных результатов подтверждается ссылками зарубежных ученых на работы, опубликованные в зарубежных журналах с высоким импакт-фактором.

Публикации по теме диссертации

По результатам диссертационной работы опубликовано 8 научных работ. Из них 6 статьи в зарубежных журналах с высоким импакт-фактором. Опубликовано 1 статья в журнале, входящих в список журналов, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК, и 1 работа на международной конференции.

1 Maurya S. K., Errehymy A., Singh K. N., Jasim M. K., Myrzakulov K., & **Umbetova Z.** Modeling self-bound binary compact object with a slow rotation effect and effect of electric field gradient on the mass-radius limit and moment of inertia // Journal of High Energy Astrophysics. – 2024. – Vol. 44. – P. 45-59.

2 Kumar J., Maurya S. K., Chaudhary S., Errehymy A., Myrzakulov K., & **Umbetova Z.** Physically viable and stable charged perfect fluid solution within F(Q) gravity // Physics of the Dark Universe. – 2024. – Vol. 46. – P. 101593.

3 Maurya S. K., Errehymy A., Daoud M., Myrzakulov K., & **Umbetova Z.** Effect of torsion and electric charge parameters on the configuration of anisotropic compact stars in f(T) gravity // Physics of the Dark Universe. – 2024. - Vol. 46. - P. 101586.

4 Kumar R., Maurya S. K., Errehymy A., Myrzakulov K., **Umbetova Z.**, & Pathak V. N. Anisotropic model of stellar objects in modified f(R) gravity // Chinese Journal of Physics. – 2024. – Vol. 92. – P. 1-22.

5 Kumar J., Maurya S. K., Kiroriwal S., Errehymy A., Myrzakulov K., & **Umbetova Z.** Dynamics of relativistic wormholes in the presence of dark matter density profile within f(Q, T) gravity // Physics of the Dark Universe. – 2024. – Vol. 46. – P. 101636.

6 Maurya S. K., Errehymy A., **Umbetova Z.,** Myrzakulov K., Ibragimov I., Dauletov A., & Rayimbaev J. Implication of f(Q, T) gravity on the formation of the

charge compact stars and constraining their mass-radius relations in lower mass gap region // Journal of High Energy Astrophysics. – 2025. –Vol.47. - P. 100391.

7 Абдижалилова У.У., **Умбетова Ж.С.** Сфералық-симметриялық анизотропты жұлдыз үшін телепараллель гравитациясындағы f(τ) ширату скалярын анықтау // XXI Международная научно-практическая конференция «Молодежь, наука и инновации» – Актобе: Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, 2025 - С. 406-409.

8 **Умбетова Ж.С.,** Абдижалилова У.У. f(τ) - телепараллель гравитациясындағы анизотропты компактты жұлдыздардың эволюциясының динамикасы // Научный журнал «Доклады НАН РК» - 2025 – Т. 354, № 2. – С. 105-120.

Апробация работы.

Научные результаты и положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующей конференции:

– на XXI Международной научно-практической конференции «Молодежь, наука и инновации» Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, 14 апреля 2025 г.;

– на научных семинарах кафедры общей и теоретической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева.

Связь темы диссертации с планами научной работы

Диссертационная работа выполнена в рамках проектов: по грантовому финансированию по научному и (или) научно-техническому проекту 2024-2026 гг. ИРН: AP23487178 "Исследование некоторых проблем современной космологии в модифицированных теориях гравитации с применением методов Байесовского машинного обучения"; по грантовому финансированию молодых ученых «Жас ғалым» 2025-2027 гг. ИРН: AP25794707 «Исследование анизотропных компактных звезд в рамках теории гравитации».

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 3 разделов, заключения и списка использованных источников. Работа изложена на 103 страницах, иллюстрируется 41 рисунками, приведены 160 формул, 9 таблиц, список использованных источников содержит 150 наименований.