

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктор философии» (PhD)
по специальности «6D060400 – Физика»

ЖАДЫРАНОВА АЛИЯ АМИРБЕКОВНА

ИССЛЕДОВАНИЕ СИММЕТРИИ И РЕШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННОГО МНОГООБРАЗИЯ

Диссертационная работа посвящена исследованию симметрии и решений нелинейных моделей теории поля для пространственно – временного многообразия.

Актуальность темы

В настоящее время исследование симметрии и решений нелинейных моделей теории поля для пространственно – временного многообразия даёт хорошие прорывы в изучении свойств и эволюции Вселенной. Динамика изменения Вселенной является одним из интересных и быстро развивающихся разделов физики и астрономии. Большой интерес представляет исследование влияния взаимодействия между тёмной энергией и тёмной материей на эволюцию Вселенной, особенно влияния различных форм взаимодействия на космологические параметры. Нынешнее ускоряющееся расширение Вселенной можно объяснить с помощью экзотической идеальной жидкости тёмной энергии с отрицательным давлением, которая удовлетворяет баротропному уравнению состояния. Отрицательное давление в логарифмической модели степенного закона становится доминирующим, когда объем Вселенной превышает определенное значение. Этот сценарий соответствует модели логотропной тёмной энергии. Существуют режимы, в которых логотропная тёмная энергия со степенным законом эквивалентна логотропной тёмной энергии. Взаимодействующая динамика предполагает непрерывный обмен энергией и тензором энергии импульса между тёмной энергией и тёмной материей. Современная Вселенная находится в стадии ускоренного расширения. Сейчас принято считать, что источниками такого расширения Вселенной выступает тёмная энергия, которая имеет большое отрицательное давление. В современной космологии для получения модели тёмной энергии и описания современной стадии эволюции Вселенной применяются различные обобщенные модели стандартной теории гравитации. Наблюдения космического микроволнового фонового излучения крупномасштабной структуры в хорошем приближении предсказывают, что наша Вселенная однородна и изотропна в самом большом масштабе, а в дальнейшем она почти пространственно плоская. Описание Вселенной настоящего времени на малом масштабе может быть выполнено с использованием логарифмически скорректированного степенного уравнения состояния в приближении Дебая в терминах логарифмически скорректированной жидкости со степенным законом.

Жидкость с логарифмической коррекцией по степенному закону обладает свойствами, аналогичными свойствам кристаллических твердых тел при изотропных деформациях, даже в случаях, когда давление отрицательное. Этот формализм позволяет моделировать модель и объяснять ускоряющееся расширение поздней Вселенной в терминах логотропной темной жидкости.

Текущая стандартная модель космологии - Λ CDM модель эффективно объясняет эволюцию и содержание Вселенной, добавляя к ее видимому содержанию два темных сектора: тёмную материю и тёмную энергию. Тёмная материя играет решающую роль в стабилизации галактик и скоплений, в то время как тёмная энергия необходима для описания ускорения Вселенной в последнее время. Однако, даже с этими дополнениями и замечательными усилиями, модель по-прежнему страдает от серьезных проблем, таких как проблемы с совпадением и космологической постоянной. К тому же появилась довольно новая проблема, которая выявляет еще одну проблему с физическим фоном Λ CDM – это напряженность H_0 . Понятие напряженность H_0 подразумевает разницу между ранними измерениями и поздними значениями постоянной Хаббла H_0 . Истинный источник разницы между ранними измерениями и поздними значениями постоянной Хаббла H_0 до сих пор неясен. Изрядное количество попыток решения проблемы напряженности основано на идее, что напряженность постоянной Хаббла H_0 – это не просто статистическое несоответствие или артефакт, а то, что оно на самом деле связано с физическими соображениями. Однако следует отметить, что, несмотря на очень серьезные попытки определить, как это бросает вызов пониманию Вселенной, до сих пор нет надежного намека на фактическое происхождение проблемы, и еще предстоит проделать большую работу. Для решения данной проблемы используется алгоритм Байесовского машинного обучения. Байесовское машинное обучение использует генеративные процессы на основе моделей для улучшения проблем с данными. Ограничение космологического сценария данными наблюдений является основным инструментом оценки того, применима модель или нет. Важно изучить и убедиться, что созданные модели прошли космологические и астрофизические испытания, особенно сейчас, когда работают различные наблюдательные миссии, предоставляющие многолетних данных. Более того, крайне важно ограничить параметры модели и изучить надлежащие последствия, потому что ограничения на фоновую динамику необходимы для понимания природы взаимодействующей тёмной энергии, формирования структуры и будущих проблем сингулярности. В этом отношении разработка и использование методов, которые позволяют получать реконструкции с помощью процедуры обучения независимым от модели способом, например, непосредственно из данных наблюдений, имеют большое значение.

Одним из наиболее популярных и широко используемых примеров таких методов в космологии являются гауссовские процессы, которые основаны на специфическом алгоритме машинного обучения, указывающем, как в целом машинное обучение можно использовать в космологии, астрофизике или в любой другой области науки, где данные анализов имеют решающее значение.

В последнее время в связи с проблемой тёмной материи и её возможным описанием в рамках скалярно-тензорной теории значительно вырос интерес к скалярным уравнениям. Для построения реалистичных моделей релятивистских квантово-механических систем используются точные решения уравнения Клейна-Гордона-Фока.

Исходя из перечисленных выше современных проблем космологии диссертационная работа: «**Исследование симметрии и решений некоторых нелинейных моделей теории поля для пространственно – временного многообразия**» посвящена исследованиям роли симметрии и нелинейных моделей в формировании структур Вселенной и ее ускоренном расширении.

Цель работы

Исследование логотропной модифицированной модели с вязкой жидкостью, космологических моделей $f(T)$ - гравитации, объясняющих ускоренное расширение Вселенной, а также исследование операторов симметрии для групп движений пространственно - временного многообразия.

Объектом исследования являются логотропная модифицированная модели с вязкой жидкостью, степенная космологическая модель Бенгочей и Ферраро, экспоненциальная космологическая модель Линдера, операторы симметрии для групп движений пространственно - временного многообразия.

Предмет исследования

Уравнение состояния темной энергии, параметр Хаббла, параметр замедления, плотность тёмной материи, красное смещение, космологические параметры.

Методы исследования

Аналитические и численные методы решения дифференциальных уравнений, метод Байесовского машинного обучения, метод максимального правдоподобия, метод Монте-Карло, метод Кульбак-Лейблера, нейронные сети, глубокое вероятностное обучение, алгебра операторов симметрии.

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

- 1 Описание динамической эволюции Вселенной настоящего времени с применением модифицированного степенного уравнения состояния с логарифмической поправкой при наличии объемной вязкости;
- 2 Ограничение космологических моделей, основанных на $f(T)$ гравитации, с использованием вероятностного подхода Байесовского машинного обучения;
- 3 Исследование уравнения Клейн-Гордона-Фока для заряженной пробной частицы в условиях транзитивности на двумерном подпространстве V_2 группы движений пространственно-временного многообразия G_3 , $r \leq 3$;

Новизна работы

Новизна и оригинальность диссертационной работы заключаются в том, что в ней **впервые**:

- 1 На основе логарифмически скорректированного степенного модифицированного уравнении состояния при наличии объемной вязкости определена модель Вселенной тёмной энергии.
- 2 С использованием Байесовского машинного обучения найдено решение

проблемы напряженности в гравитации.

3) Найдены условия существования алгебры операторов симметрии классического и квантового уравнений движения для заряженной скалярной пробной частицы во внешнем электромагнитном поле в условиях транзитивности.

Положения, выносимые на защиту:

1) Логарифмически скорректированное степенное модифицированное уравнение состояния при наличии объемной вязкости $\zeta(H, t)$ в однородном и изотропном пространственно-плоском пространстве-времени ФЛРУ описывает ускоряющееся расширение поздней Вселенной в терминах логотропной темной жидкости.

2) Ограничение космологических моделей, основанных на $f(T)$ гравитации, с использованием вероятностного подхода Байесовского машинного обучения устраняет проблему разницы между ранними измерениями и поздними значениями постоянной Хаббла.

3) Уравнение Клейн-Гордона-Фока с использованием метода полного разделения переменных правильно описывает взаимодействие аксионного поля с электромагнитным в условиях транзитивности на двухмерном подпространстве V_2 группы движений пространственно-временного многообразия G_3 .

Теоретическая и практическая значимость исследования.

Результаты, полученные в диссертационной работе, вносят значимый вклад в изучение термодинамических аспектов эволюции Вселенной позднего времени, учет влияния теплового излучения на формирование сингулярности. Результаты могут быть использованы при интерпретации данных космического микроволнового фона и барионного акустического колебания. Рассмотренные метрики могут найти применение в космологии, особенно при изучении процессов, происходящих на ранних этапах эволюции Вселенной и при построении моделей взаимодействия аксионного поля с электромагнитным, что представляет интерес при изучении проблемы тёмной материи.

Достоверность и обоснованность полученных результатов прежде всего определяется тем, что они хорошо подтверждаются согласованностью с существующими наблюдательными данными. Кроме того, полученные результаты согласуются с выводами об ускоренном расширении Вселенной. Помимо этого, достоверность и обоснованность результатов подтверждаются наличием публикаций в журналах дальнего зарубежья с высоким импакт-фактором, в сборниках международных научно – практических конференции и в изданиях, рекомендуемых уполномоченным органом РК:

Brevik I., Myrzakulov K., Zhadyranova A. et al. Viscous coupled fluids in terms of a log-corrected equation-of-state // International Journal of Geometric Methods in Modern Physics.– 2021.– Vol. 18, №12. – P. 2150198,

Aljaf M., Elizalde E., Zhadyranova A. et al. Solving the H_0 tension in $f(T)$ gravity through Bayesian machine learning // The European Physical Journal C. – 2022.– Vol. 82, №12. – P. 1130,

Obukhov V.V., Myrzakulov K.R., Guselnikova U.A., Zhadyranova A.A. Algebras of

Symmetry Operators of the Klein–Gordon–Fock Equation for Groups Acting Transitively on Two-Dimensional Subspaces of a Space-Time Manifold // Russian Physics Journal.– 2021.–Vol. 64, №7.– P. 1320-1327,

Бахрам А.Ж., Жадыранова А.А. Хаббл шиеленісін тұтқыр кара сұйықтықты қолданып шешу // XVIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «GYLYM JANE BILIM - 2023» - 2023 - С. 72-76,

Өсербай Ж.Қ., Жадыранова А.А. F(T) модельдерінің фондық динамикасын зерттеу үшін Байес машиналық оқытуды қолдану // XVIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «GYLYM JANE BILIM - 2023» -2023- С. 123-128,

Жадыранова А.А. Использование программного обеспечения Python в космологии // Научный журнал «Доклады НАН РК» -2023 – Т. 346, № 2. – С. 5–18. К текущему моменту опубликованные соискателем результаты работы процитированы в 6 независимых реферируемых публикациях.

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

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликовано 6 печатных работ:

3 в журналах дальнего зарубежья с импакт-фактором, входящих в международный информационный ресурс Web of Science (Clarivate Analytics) и Scopus; 2 работы в материалах Международных научных конференций и 1 работа в изданиях, рекомендуемых уполномоченным органом РК.

Апробация диссертационной работы

Результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались:

– на семинаре кафедры физики Калифорнийского государственного университета г. Фресно, США по теме «Нелинейные модели теории поля для пространственно-временного многообразия»;

– на семинаре, организованном в рамках Декады науки в ЕНУ Л.Н. Гумилёва по теме: «Исследование симметрии и решений некоторых нелинейных моделей теории поля для пространственно-временного многообразия»;

– на казахско-узбекском семинаре по теме: «Исследование симметрии и решений некоторых нелинейных моделей теории поля для пространственно-временного многообразия»;

–на XVIII Международной научной конференции студентов и молодых ученых «GYLYMJANE BILIM - 2023» (ЕНУ, 2023);.

Диссертационная работа частично выполнена в рамках проекта 2020-2022 гг. по теме "Исследование интегрируемых моделей сильных гравитационных полей в рамках теории солитонов" и ИРН: AP08052034

Объем и структура диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка использованных источников из 234 наименований, содержит 116 страниц основного компьютерного текста, включая 19 рисунков, 302 формулы и 5 таблиц.