

**Отзыв официального рецензента
на диссертацию
Цыбы Петра Юрьевича
«Исследование космологических моделей
в рамках общей и модифицированной теории гравитации»
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D060400-Физика**

1. Актуальность темы исследования и её связь с общенаучными и общегосударственными программами (запросами практики и развития науки и техники).

В течение последних лет явление ускоренного расширения Вселенной в позднюю эпоху ее развития стало привлекать внимание исследователей. Прямое доказательство космического ускорения было отражено в работах нобелевских лауреатов А. Рисса и С. Перлмуттера, благодаря наличию наблюдательных данных полученных при больших красных смещениях от сверхновых звезд типа Ia. Другими наблюдательными данными, такими как фон космического микроволнового излучения и наблюдения за крупномасштабной структурой Вселенной, были представлены косвенные доказательства ускоренного расширения Вселенной. Эти наблюдения заметно повлияли на представления о структуре и взаимодействиях во Вселенной. В настоящее время считается, что во Вселенной в процентном соотношении (по массе) темная материя и темная энергия составляют примерно 95%.

Для объяснения явления позднего ускоренного расширения Вселенной были предложены различные модификации общей теории относительности, телепараллель гравитации, обобщения со скалярными полями и различными их комбинации. Для описания моделей темной энергии, были сделаны интересные попытки основанные на обобщении скалярного поля, которое привело к так называемым моделям с не каноническим кинетическим членом или k -эссенции, впервые представленных в качестве модели для инфляции. Позже были введены фермионные модели темной энергии. В последнее время были предложены новые модели темной энергии, так называемые f -эссенции и g -эссенции.

Для решения проблемы темной энергии были рассмотрены некоторые обобщения, так называемой телепараллель теории гравитации. В телепараллель теории гравитации для построения гравитационного действия взамен связанности Леви-Чивиты предполагается применение связанности Вайтзенбока. В этом случае кривизна исчезает, в то время как скаляр кручения не будет нулевым, так, что действие, состоящее из линейных членов кручения приводит к эквивалентной теории ОТО. Следовательно, телепараллель теория гравитации приводит к тем же уравнениям, что и стандартная ОТО. Решения уравнений движения телепараллель теории гравитации описывающих темную энергию приводят к ускоренно расширяющейся Вселенной. Тем не менее, по аналогии с $f(R)$ теориями

были предложены некоторые обобщения телепараллель теории под названием $f(T)$ теории гравитации, которые способны воспроизводить эпоху темной энергии. Во многих работах, где были исследованы обычные космологические модели и их свойства в рамках $f(T)$ теории гравитации проведен анализ такой возможности. Целью $f(R)$ теории является воспроизведение эпохи темной энергии посредством гравитации без необходимости каких-либо дополнительных полей. Тем не менее, по сравнению с $f(R)$ теорией, в которой уравнения движения являются уравнениями четвертого порядка, уравнения гравитационного поля $f(T)$ теории являются уравнениями второго порядка, что их упрощает и приводит к таким же моделям гравитационных волн как в ОТО. К тому же были исследованы другие теоретические аспекты $f(T)$ теории гравитации, такие как проблема причинности, инфляция, поведение космологических возмущений, некоторые конформные симметрии в телепараллель теории или локальная лоренц-инвариантность теории.

С другой стороны, возможность воспроизводить темную энергию посредством спинорных полей. В этом смысле, любое космологическое решение может быть реконструировано соответствующим взаимодействующим членом спинорного поля в рамках ОТО или членами высшего порядка, таких как $f(R)$ теория так, что космологическая история могла бы объясняться такими источниками как дираковские поля. Кроме того были предложены некоторые модели инфляции со спинорными полями, а также модели, которые имитируют некоторые известные модели темной энергии – модели квинтэссенции с уравнением состояния типа газа Чаплыгина. Также были исследованы космологические решения со спинорными полями в гравитационных теориях с не нулевым кручением.

Работа выполнялась в соответствии с планами научно-исследовательских работ по следующим проектам:

1) Государственная программа фундаментальных исследований. Проект: «Исследование космологии темной энергии на базе модифицированных и обобщенных теорий гравитации, скалярных и фермионных полей» (2012–2014 гг.). № гос. регистрации 0112РК02230.

2) Государственная программа фундаментальных исследований. Проект: «Исследование ускоренного расширения Вселенной в рамках бранной и струнной космологии». Приоритет развития науки: интеллектуальный потенциал страны, фундаментальные исследования в области естественных наук (2013-2015 гг.). № гос. регистрации 0113РК00463.

3) Программно-целевое финансирование научных исследований на 2015-2017 гг. Наименование программы: «Некоторые проблемы нелинейных теорий гравитационного и сильного взаимодействий, и их космологическое приложение» Приоритет развития науки: фундаментальные исследования в области естественных наук (2015-2017 гг.). № гос. регистрации 0115РК02110.

2. Научные результаты в рамках требований к диссертациям.

В диссертации содержатся новые, научно обоснованные теоретические результаты, являющиеся итогом достижения основной цели и решения поставленных задач, совокупность которых имеет значение в развитии и решении проблемы наблюдаемого ускоренного расширения Вселенной на современном этапе.

Наиболее важными результатами приведенного исследования являются:

1. Реконструированные периодические и квазипериодические обобщения моделей газа типа Чаплыгина с применением $\wp(t)$ эллиптической функции Вейерштрасса. Изучена космологическая эволюция уравнения состояния для темной энергии в пространстве-времени ФЛРУ. В частности показано, что используя вырожденные свойства эллиптических функций, могут быть реконструированы модели газа Чаплыгина.

2. Восстановленные взаимодействующие члены спинорного поля для моделей газа Чаплыгина, обобщенного газа Чаплыгина и модифицированного газа Чаплыгина, которые хорошо описывают эволюцию Вселенной. Показано, что каждая модель газа Чаплыгина, которая может быть реконструирована посредством спинорного потенциала, приводит к альтернативному описанию указанных моделей, которые, как правило, выражаются в терминах скалярных полей, через другие поля.

3. В рамках $F(T)$ теории гравитации с f-эссенцией методом симметрии Нетер получено космологическое решение, описывающее ускоренно расширяющуюся Вселенную. Получены соответствующие генераторы преобразований векторного поля.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного положения), выводов и заключения соискателя-докторанта, сформулированных в диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выносимых на защиту, выводов и заключения соискателя подтверждается методами исследования и публикациями полученных результатов автора. Диссертантом использовались известные и проверенные математические методы исследования при получении результатов диссертации и выводы, основанные на этих результатах, согласуются с наблюдательными данными. Результаты исследований прошли рецензирование в рейтинговых международных научных журналах и журналах из Перечня ККСОН МОН РК, и были представлены на международной конференции.

4. Степень новизны каждого научного результата (научного положения) и вывода соискателя-докторанта, сформулированных в диссертации.

Научная новизна результатов диссертации Цыбы П.Ю. не вызывает сомнений.

1. Реконструированы периодические и квазипериодические обобщения моделей газа типа Чаплыгина с применением $\wp(t)$ эллиптической функции

Вейерштрасса. Изучена космологическая эволюция уравнения состояния для темной энергии в пространстве-времени ФЛРУ. В частности показано, что используя вырожденные свойства эллиптических функций, могут быть реконструированы модели газа Чаплыгина.

2. Рассмотрена модель классической гравитации Эйнштейна. В рамках фантомной модели сделана реконструкция космологических моделей обладающих периодическим и квазипериодическим параметром уравнения состояния.

3. Рассмотрена модель классической гравитации Эйнштейна. В рамках модели эффективной k -эссенции сделана реконструкция космологических моделей обладающих периодическим и квазипериодическим параметром уравнения состояния.

4. Исследованы космологические модели, возникающие из редукций эллиптической функции Вейерштрасса. Данные модели исследованы относительно изменения одного из аргументов эллиптической функции Вейерштрасса – ее периодов. Показано, что данные модели способны описывать ускоренное расширение Вселенной в позднюю эпоху ее существования.

5. Исследовано дираковское поле в рамках $f(T)$ теории гравитации. Выполнена реконструкция некоторых частных решений. Показано, что для метрики ФЛРУ с членом $\sqrt{-T}$ в действии, уравнения движения модифицированной телепараллель теории гравитации, сводятся к обычным уравнениям движения телепараллель теории гравитации или эквивалентным уравнениям Фридмана в ОТО. Восстановлены взаимодействующие члены спинорного поля для моделей газа Чаплыгина, обобщенного газа Чаплыгина и модифицированного газа Чаплыгина, которые хорошо описывают эволюцию Вселенной.

6. Исследованы спинорные модели с произвольными функциями $F(T)$ в действии. Было исследовано Λ CDM решение для параметра Хаббла, где показано, что плотность энергии спинора ведет себя как жидкость без давления, в то время как $F(T)$ действие приводит к телепараллель теории гравитации с космологической константой. Исследована степенная зависимость параметра Хаббла, где в действии содержатся дополнительные члены в соответствующей функции $F(T)$.

7. В рамках $F(T)$ теории гравитации с f -эссенцией методом симметрии Нетер получено космологическое решение, описывающее ускоренно расширяющуюся Вселенную. Получены соответствующие генераторы преобразований векторного поля.

5. Оценка внутреннего единства полученных результатов.

Рассматриваемая диссертация обладает внутренним единством и целостностью, что позволило соискателю подготовить завершённое научное исследование.

Положения диссертации направлены на исследование проблемы ускоренного расширения Вселенной.

Полученные результаты исследования обладают внутренней связанностью и целенаправленностью на решение поставленной проблемы. Логическим завершением диссертационной работы является заключение по диссертации, которое вытекает из проведенного исследования.

Научные результаты, полученные автором в диссертации, соответствуют существующим требованиям Правил присуждения степени PhD, а работа соответствует специальности 6D060400-Физика.

6. Направленность полученных соискателем результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической или прикладной задачи.

Проведенное исследование является актуальным в современной космологии, теоретической физике и имеет теоретическую значимость. Исследована проблема ускоренного расширения Вселенной в позднем этапе ее развития.

Результаты диссертационной работы могут быть применены для построения моделей темной энергии и объяснения современных наблюдательных данных, косвенно демонстрирующих явление ускоренного расширения Вселенной. Полученные в диссертации точные решения могут быть использованы для дальнейших исследований в современной космологии.

Также результаты диссертационной работы могут быть применены в учебном процессе для чтения элективных курсов магистрантам и докторантам специальности «Физика».

7. Подтверждение опубликованных основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации.

Основные положения, выводы, результаты и заключения диссертации нашли отражение в двадцати научных публикациях автора, в том числе: 2 статьи в зарубежных журналах с высоким импакт-фактором, входящие в базу данных Thomson Reuters и Scopus; 5 статей в периодических изданиях Республики Казахстан, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК; 1 статья в материалах зарубежной международной конференции; 4 статьи и 2 тезиса в материалах международных конференций (труды 1 конференции опубликованы в зарубежном журнале); 1 монография.

8. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации.

Содержание и оформление полностью соответствует предъявляемым требованиям к докторским диссертациям. По содержанию имеются следующие замечания и рекомендации:

1. В первом разделе полезным было бы подробно описать свойства эллиптической функции Вейерштрасса. Это позволит глубже понять, отличие полученных решений, от уже известных решений.

2. В работе встречаются повторяющиеся формулы. Необходимо заменить повторы ссылками на выше используемые формулы.

Однако эти замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

9. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям «Правил присуждения ученых степеней».

Диссертационное исследование Цыбы П.Ю. полностью соответствует всем современным требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям PhD. Диссертация на тему «Исследование космологических моделей в рамках общей и модифицированной теории гравитации» представляет собой самостоятельное научное исследование, выполненное на высоком научно-теоретическом уровне, отличается актуальностью и новизной. Ее автор, Цыба Петр Юрьевич, заслуживает присуждения степени доктора философии PhD, по специальности 6D060400-Физика.

Официальный рецензент:
Заведующий кафедрой физики
и нанотехнологий,
РГП на ПХВ «Карагандинский
государственный университет
им. Академика Е. Букетова»,
к.ф.-м.н.

Ахмет

Кудусова А.С.

