

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Баган Виталий
Анатольевич

« 01 » августа 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» на диссертацию Вандеева Вячеслава Павловича «Пертурбативный анализ телепараллельной теории относительности Хаяши — Ширафуджи» представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.3. - «Теоретическая физика».

Общая теория относительности (ОТО) применима к описанию гравитационных эффектов на самых разных масштабах: от движения планет в Солнечной системе до динамики сверхскоплений галактик. Более того, регистрация гравитационных волн в экспериментах, анализ которых требует теоретического описания процесса слияния черных дыр и/или нейтронных звезд, демонстрирует применимость стандартного формализма ОТО и в этих режимах. Вместе с тем астрономические наблюдения показывают, что теория относительности испытывает трудности в описании как космологической эволюции Вселенной, так и движения звезд непосредственно в Галактике. Так, наблюдаемый угловой спектр мощности микроволнового фона и кривые скоростей звезд в Галактике не могут быть воспроизведены в моделях, основанных на ОТО и Стандартной модели физики частиц (СМ). Известен метод решения данной проблемы за счет модификации СМ, а именно, добавления сектора массивных частиц, называемого сектором (холодной) темной материи. При этом, помимо отсутствия более прямых подтверждений существования частиц темной материи, ограничения на их массу оказываются очень широкими (от 10^{-22} эВ до 10^5 масс Солнца), что позволяет рассматривать и другие модели генерации феноменологически реалистичных сценариев. Одним из наиболее популярных подходов является модификация самой теории гравитации таким образом, что

на масштабах, больших галактических, проявляются эффекты, схожие с эффектами от темной материи. Такие модификации рассматриваются и как полная замена введения сектора темной материи в Стандартную модель, так и как дополнительный эффект, позволяющий более точно воспроизвести наблюдательные данные.

Диссертация Вандеева Вячеслава Павловича, выполненная в ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», посвящена исследованию свойств одной из моделей модифицированной гравитационной теории, известной в литературе как телепараллельная теория относительности Хаяши-Ширафуджи или более кратко NGR (от англ. New general relativity). Рассматриваемая теория была представлена авторами в работе 1979 года в виде гравитационной теории, формулируемой в терминах тетрады и связности Вайценбёка, что позволяет ввести дополнительные константы, помимо ньютоновской гравитационной постоянной. В линейном режиме помимо гравитона возбуждениями теории оказываются безмассовые скалярные поля, а уравнения полной теории имеют решения в виде метрики Шварцшильда, воспроизводя результаты стандартной ОТО на планетарных масштабах. С начала 2000-х годов в связи с построением гамильтоновой формулировки для телепараллельной гравитации произвольного вида, интерес к теории Хаяши-Ширафуджи существенно возрос. На текущий момент оригинальная работа имеет более полутора тысяч цитирований, а работы по телепараллельной гравитации широко представлены в научной литературе. Таким образом, представленное в диссертации направление исследований, безусловно, является **актуальным**, а его развитие представляет интерес для научного сообщества.

Текст диссертации состоит из Введения, четырех глав, заключения, одного приложения и списка литературы, который содержит 61 наименование. В разделе «Введение» дан краткий обзор имеющихся сложностей в стандартном описании гравитационных и космологических явлений, среди которых прежде всего отмечается неясная природа темной материи, определены цели и задачи исследования, мотивированы его актуальность, научная новизна и практическая значимость, а также приведена краткая историческая справка основных идей телепараллельных модификаций общей теории относительности (ОТО). Основной задачей работы стало изучение совместимости теории NGR с общей теорией относительности Эйнштейна и выявление ограничений на параметры NGR при анализе известных гравитационных явлений и их динамических свойств.

В **первой** главе диссертант приводит математический аппарат метрико-аффинной геометрии. Вводит основные характеристики пространственно-временного многообразия, такие как кривизна, кручение и неметричность общей аффинной связности, а также кратко описывает базовые принципы тетрадного формализма. Все это используется для построения плотности

лагранжиана NGR, в которой основной и единственной геометрической характеристикой пространства-времени является кручение связности Вайценбёка, а динамической переменной - поле тетрад, обладающее большим, по сравнению с метрическим тензором, количеством степеней свободы. Из лагранжиана состоящего из трех скаляров кручения, квадратичных по производным от репера, получаются уравнения гравитационного поля, обобщающие уравнения Эйнштейна.

Во **второй** главе решается задача о поиске статического сферически симметричного решения уравнений NGR. Автор показывает, что для данного анзаца тетрады, вакуумные уравнения гравитационного поля не имеют антисимметричной части и могут быть проинтегрированы в элементарных функциях без ограничения общности параметров теории.

Третья глава посвящена исследованию динамических свойств линеаризованных уравнений NGR над тривиальным решением вакуумных уравнений – пространством Минковского. Основной целью является классификация всех переменных теории на динамические, калибровочные и ограниченные связями, при всевозможных значениях параметров теории. Этот подход является альтернативой построения канонического гамильтонова формализма для исходной нелинейной теории с классификацией и анализом алгебры связей. В рамках этой главы диссертант выделил, при различных ограничениях на параметры теории девять моделей, в каждой из которых классифицировал переменные, выявив таким образом какие из моделей обладают свойствами ОТО, а также содержат дополнительные динамические моды и потому могут претендовать на ее разумное обобщение, а какие являются патологическим в силу отсутствия гравитационных волн или ньютоновского предела. В конце главы диссертант с помощью кинетической части лагранжиана определяет подмножество в пространстве параметров, которое задает модели, не обладающие духовыми модами.

В **четвертой** главе диссертационной работы автор обобщает третью, приводя анализ линеаризованных уравнений NGR над пространственно плоским однородным и изотропным космологическим фоном Фридмана-Робертсона-Уокера в случае, когда материя представлена идеальной жидкостью. Здесь также представлена классификация всех переменных во всех девяти моделях, после чего приведено сравнение характера всех мод над разными фонами. Это позволило выявить модели, обладающие так называемой «сильной связью», то есть нестабильным количеством калибровочных степеней свободы, что осложняет корректную поставку задачи Коши в этих моделях.

В **заклучении** диссертант подводит итоги проделанной в трех предыдущих главах работы, а в приложении описывает альтернативный способ вычисления космологических возмущений при вейлевских конформных преобразованиях тетрады.

Положения, выносимые В.П. Вандеевым на защиту, являются **обоснованными, новыми и актуальными**, и могут быть квалифицированы как научное достижение в данной области. Полученные в диссертации результаты обладают **научной значимостью** и представляют интерес для научного сообщества, как подробный анализ динамики гравитационных моделей, предлагающих альтернативное описание темной материи. Результаты представляют также и интерес в контексте проводящихся и планируемых экспериментов по поиску и изучению частиц темной материи, поскольку даже в случае обнаружения, их свойства могут препятствовать объяснению космологического расширения Вселенной исключительно за счет их динамики.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается детальным описанием всех этапов работы, их логической непротиворечивостью и согласованностью с работами других авторов в данном направлении. Результаты прошли **апробацию** на всероссийских и международных научных конференциях и на научных семинарах, а также опубликованы в журналах: Classical & Quantum Gravity и Journal of Cosmology and Astroparticle Physics. Данные издания являются высокорейтинговыми ведущими международными журналами в области гравитации и космологии, индексируются наукометрическими базами данных Web of Science и Scopus, входят в список ВАК и ядро РИНЦ, что подтверждает новизну и актуальность полученных результатов. Автореферат правильно и полно отражает результаты диссертации.

Текст диссертации хорошо структурирован и подробно освещает особенности работы. Помимо описания проделанной работы и полученных результатов в диссертации содержится достаточно вводной информации о тетрадном формализме и телепараллельном подходе к гравитации, что существенно облегчает чтение диссертации и восприятие представленных результатов.

Замечания по тексту диссертации:

1. В таблице 4.1 для теорий 4 и 8 указано, что динамическими модами теории является, в частности, половина дзета. Ранее в разделе 3.5.4 отмечено, что половинчатость в данном случае означает первый порядок уравнения связи. Полезно, во-первых, несколько подробнее пояснить, что это означает физически, а во-вторых, упомянуть это еще раз в разделе 4.6.
2. В разделе 4.6 приводится классификация теорий по количеству степеней свободы, которая фактически является расшифровкой Таблицы 4.1. При этом в самой таблице теории пронумерованы римскими цифрами, но в названиях соответствующих подразделов эта нумерация не указано. Такой подход несколько затрудняет восприятие данной классификации.
3. Некоторое количество опечаток в тексте, например «Диманические моды» в Таблице 4.1

Эти замечания, однако, не снижают ценности диссертационной работы, а замечания по содержанию носят в основном рекомендательный характер. Диссертация выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет требованиям к диссертационным работам, установленным ВАК, ее содержание соответствует специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика».

Диссертация Вандеева В.П. «Пертурбативный анализ телепараллельной теории относительности Хаяши–Ширафуджи» удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — «Теоретическая физика».

Диссертация Вандеева В.П. заслушана на семинаре лаборатории физики высоких энергий МФТИ.. Диссертация была обсуждена и отзыв одобрен на расширенном заседании кафедры теоретической физики МФТИ, Физтех «б» июня 2025 г., протокол от «б» июня 2025 г.

Доктор физ.-мат. наук, профессор Ахмедов Эмиль Тофик оглы

10 июня 2025 года

Почтовый адрес: 141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер.,9

Телефон: 8 (495) 408-75-90,

Адрес электронной почты: akhmedov.et@mipt.ru

Организация – место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», Кафедра теоретической физики, Лаборатория физики высоких энергий

Должность: заведующий кафедрой теоретической физики МФТИ, ведущий научный сотрудник лаборатории физики высоких энергий, и. о. заведующего лабораторией физики высоких энергий

Web-сайт организации: <https://mipt.ru>

Сведения о ведущей организации

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	МФТИ
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.
Почтовый индекс, адрес организации	141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9.
Телефон справочной службы, канцелярии ФАКС	+7 (495) 408-45-54, +7 (495) 408-42-54 +7 (495) 408-68-69
Адрес электронной почты	info@mipt.ru
Вэб-сайт	https://mipt.ru/

Список основных публикаций работников организации по теме диссертации соискателя в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Holographic RG flows and boundary conditions in a 3D gauged supergravity Ksenia Arkhipova [et al.] Eur. Phys. J. C. — 2024. — Vol. 84, no. 6. — 560 P.
2. Gubarev Kirill, Musaev Edvard T., Petrov Timophei. Polyvector deformations of Type IIB backgrounds // Eur. Phys. J. C. — 2024. — Vol. 84, no. 10. — 1085 P.
3. Diakonov D., Morozov A. Banana diagrams as functions of geodesic distance // Phys. Lett.B. — 2024. — Vol. 858. — 139079 P.
4. Vergeles S. N. Alternative Idea About the Source of the Baryon Asymmetry of the Universe JETP Lett. — 2024. — Vol. 120, no. 7. — P. 461–469.
5. Akhmedov E. T., Anempodistov P. A., Bazarov K. V. Nontrivial self-consistent backreaction of quantum fields in 2D dilaton gravity // Phys. Rev. D. — 2024. — Vol. 109, no. 6. — 065026 P.
6. Musaev Edvard T., Petrov Timophei. Tri-vector deformations on compact isometries // Eur. Phys. J. C. — 2023. — Vol. 83, no. 5. — 399 P.
7. Diakonov Dmitrii. Is the Euclidean path integral always equal to the thermal partition function? // JHEP. — 2024. — Vol. 04. — 077 P.
8. Local term in the anomaly-induced action of Weyl quantum gravity / Andrei O. Barvinsky [et al.] // Phys. Rev. D. — 2023. — Vol. 108, no. 8. — 086018 P.
9. Generalizing eleven-dimensional supergravity / Ilya Bakhmatov [et al.] // Phys. Rev. D. — 2022. — Vol. 105, no. 8. — L081904 P
10. Akhmedov E. T., Kochergin I. V., Milovanova M. N. Isometry invariance of exact correlation functions in various charts of Minkowski and de Sitter spaces // Phys. Rev. D. — 2023. — Vol. 107, no. 10. — 105015 P.
11. Vergeles S. N. Domain wall between the Dirac sea and the ‘anti-Dirac sea’ // Class. Quant. Grav. — 2022. — Vol. 39, no. 3. — 038001 P.
12. Akhmedov E. T., Artemev A. A., Kochergin I. V. Interacting quantum fields in various charts of anti-de Sitter spacetime // Phys. Rev. D. — 2021. — Vol. 103, no. 4. — 045009 P.