

«УТВЕРЖДАЮ»:

Проректор МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук,
профессор А.А. Федянин

« 23 » сентября 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1) на диссертационную работу ИВАНОВОЙ Инны Дмитриевны на тему «Сингулярные гиперповерхности в квадратичной гравитации» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.3 – Теоретическая физика»

Несмотря на то, что общая теория относительности (ОТО) на сегодняшний момент является самой востребованной теорией гравитации, есть ряд причин и в астрономии, и при изучении квантовых процессов (в т.ч. аномальная динамика вращения галактик и наблюдаемое ускоренное расширение Вселенной, построение квантовой теории гравитации), которые делают актуальными ее модификацию. Теории, корректирующие ОТО, были предложены почти сразу после ее создания. Одна из наиболее популярных – это масштабнo-независимая (конформная) теория Вейля – квадратичная теория гравитации. Далее, А.Д. Сахаров, развивая идеи Вейля, в 1967 г. предложил построение обобщенных конформных теорий, для которых ОТО – первое приближение более сложных метрических теорий, а поправки служат коррекциями ОТО. Исследования космологических следствий такого подхода были проведены в работах А.А. Старобинского начиная с 1979 г., что дало начало теории инфляции – необходимой составляющей

современной Стандартной космологической модели. Конформная теория может также использоваться в квантовой гравитации.

Диссертация И.Д. Ивановой посвящена одному из **актуальных** направлений современных исследований по модифицированной гравитации, а именно поиску, анализу и физической интерпретации точных решений, получаемых в квадратичной гравитации. Рассматриваются сингулярные гиперповерхности, имеющие место как в ОТО, так и в квадратичной гравитации. Такое исследование представляется важным в силу исследования с помощью сингулярных гиперповерхностей сшивок пространств, обладающих различными метриками. Эта задача актуальна как для исследования космологических моделей, так и для локальных объектов, например, – кротовых нор и черных дыр, помещенных в различные метрические пространства. С помощью сингулярных гиперповерхностей можно давать описание многих физических явлений и процессов, например, гравитационных ударных волн, каустик, космологических фазовых переходов и др. С точки зрения теоретической физики сингулярные гиперповерхности возникают в моделях на бране, в теории струн и супергравитации.

Предложенный автором оригинальный формализм исследования сингулярных гиперповерхностей согласуется по ряду результатов с работами международного уровня других исследователей, а также может быть эффективно применен для других моделей модифицированной гравитации. Все представленные в диссертации результаты были получены лично автором.

Диссертационная работа И.Д. Ивановой состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Полный объем диссертации 156 страниц текста. Список цитируемой литературы состоит из 91 наименования.

Во **Введении** автором дана историческая справка по исследованию сингулярных гиперповерхностей, указаны их свойства, области применения, рассматриваются возможные физические процессы, связанные с существованием сингулярных гиперповерхностей, в том числе, – в важном

процессе рождения и аннигиляции частиц. Также в этом разделе сформулированы цель и задачи работы, научная новизна и практическая значимость.

В **главе 1** дана постановка задачи и вывод полевых уравнений в квадратичной гравитации для пространства-времени с сингулярной гиперповерхностью с помощью принципа наименьшего действия. Рассмотрен частный сферически симметричный случай, даны вакуумные решения и решения типа Вайдья.

Глава 2 посвящена анализу физического смысла «внешнего давления» и «внешнего потока» (равных нулю в ОТО), составляющих поверхностный тензор энергии-импульса для полей материи. Для этой цели рассматривается модель идеальной жидкости с переменным числом частиц. Рассматривается процесс рождения частиц – квантов скалярного поля в отсутствии внешних полей, а также процесс рождения частиц с дополнительным внешним скалярным полем.

Глава 3 посвящена подробному рассмотрению светоподобных сингулярных гиперповерхностей в квадратичной гравитации. Рассмотрены сшивки с помощью гиперповерхностей в виде двойного слоя (отсутствующего в ОТО) и тонкой оболочки различных сферически-симметричных решений данной модели гравитации. Указаны условия возникновения двойного слоя и тонкой оболочки. Проведена классификация сшивок.

В **главе 4** продолжено исследование сингулярных гиперповерхностей: дано описание времениподобных и пространственноподобных сингулярных гиперповерхностей. Дано техническое описание необходимой для целей исследования гауссовой системы координат, в них получены соответствующие уравнения движения. Аналогично **Главе 3**, исследованы сшивки двойных слоев и тонких оболочек. Указаны условия возникновения двойного слоя и тонкой оболочки. Проведена классификация сшивок. В рамках данной модели рассмотрены такие физические процессы как коллапс тонкой оболочки и горение вакуума.

В **Заключении** приведены основные результаты работы.

В **Приложениях** приведены подробные математические выкладки, не вошедшие в основной текст, но необходимые для понимания хода вычислений и получения уравнений.

К **замечаниям** следует отнести следующее. Чтение работы было затруднено многочисленными отсылками к выводам ниже по тексту (стр. 17, 18, 20, 37, 39, 43, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 71, 92, 125, 148), в том числе ошибочной отсылкой на главу неправильной нумерации (отсылка на главу 6 на стр. 28).

Не оправдан пересказ частей из статей, не принадлежащих автору, в основном тексте диссертационной работы (например, Berezin V. A., Kuzmin V. A., Tkachev I. I. Dynamics of Bubbles in General Relativity // Phys. Rev. D. — 1987. — т. 36. — с. 2919, а также на стр. 83 о формализме построения координат для светоподобной гиперповерхности по книге Э. Пуассона); по этой причине непосредственно по тексту сложно отличить, когда заканчивается пересказ и когда начинается оригинальное изложение идей автора.

Комментарии автора очень неравнозначны: так, расписано очевидное обозначение частной производной, однако не указано, к примеру, определение консервативности тензора энергии-импульса и необходимость доказательства этой консервативности. Перед каждой главой было бы целесообразно давать краткое введение, что и зачем в ней предпринимается, для лучшей структуризации всей работы в целом.

Работа содержит ряд орфографических и пунктуационных опечаток. Дана сплошная нумерация уравнений, многие из которых не имеют ссылки в тексте.

Приложения по наполнению формулами практически не отличаются от основного текста.

Все сквозные обозначения и принимаемые автором сокращения целесообразно было вынести перед **Главой 1**.

Перечисленные замечания не умаляют научной ценности выполненных диссертантом исследовательских работ. Работа является значимой для развития теории квадратичной гравитации и ее приложений, в том числе, в

астрофизике с целью поиска экзотических объектов, таких как кротовые норы и топологические структуры.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в пяти печатных изданиях, в журналах, рекомендованных ВАК, а также прошли апробацию на девяти международных и отечественных конференциях и научных семинарах.

Автореферат верно отражает содержание диссертации.

Заключение ведущей организации по диссертации

Диссертационная работа И.Д. Ивановой «Сингулярные гиперповерхности в квадратичной гравитации» выполнена на высоком научном уровне, является значимой в своей области и соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.3 – Теоретическая физика».

Отзыв принят на заседании Координационного Совета по астрофизике Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова. На заседании присутствовало 16 членов Совета из 24. Результаты голосования: «за» – 16; «против» – 0; «воздержалось» – 0. Протокол № 24 от «11» сентября 2024 г.

Отзыв составила ведущий научный сотрудник Отдела релятивистской астрофизики ГАИШ МГУ доктор физико-математических наук О.С. Сажина.

Председатель Координационного совета

по астрофизике ГАИШ МГУ

доктор физико-математических наук

А.С. Гусев

Директор ГАИШ МГУ

доктор физико-математических наук, профессор

К.А. Постнов

Сведения о ведущей организации

по защите диссертации Ивановой Инны Дмитриевны
«Сингулярные гиперповерхности в квадратичной гравитации» на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.3.3 – Теоретическая физика.

Полное наименование организации в соответствии с Уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»
Сокращенное наименование организации в соответствии с Уставом	МГУ имени М. В. Ломоносова
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Почтовый индекс, адрес организации	119991, Российская Федерация, г. Москва, тер. Ленинские Горы, д.1.
Телефон	Тел. (495) 939-33-98
Адрес электронной почты	msu.international@rector.msu.ru
Веб-сайт	https://international.msu.ru

Список основных публикаций работников организации по теме
диссертации соискателя
в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15):

1. Bulygin I. I., Sazhin M. V. and Sazhina O. S. Theory of gravitational lensing on a curved cosmic string // Eur. Phys. J. C, 2023.– № 9. – 844.
2. Emtsova E.D., Petrov A.N., Toporensky A.V. On conservation laws in teleparallel gravity // Journal of Physics: Conference Series, 2020. – № 1. – 012017.
3. Emtsova E.D., Petrov A.N. On gauges for a moving black hole in TEGR // General Relativity and Gravitation, 2022.– № 10. – 114.
4. Chirkov D. M., Toporensky A.V., Stability Analysis of Compactification in 3rd Order Lovelock Gravity // Grav. Cosmol., 2023. – № 3. – 262-268.

5. Radosz A., Toporensky A.V., Zaslavskii O. B. On particle dynamics near the singularity inside the Schwarzschild black hole and T-spheres // Eur. Phys. J. C, 2023. – № 7. – 650.
6. Sazhin M.V., Sazhina O. S., Shatskiy A. A. Geodesics in the Wormhole Gravitational Field // J. Exp. Theor. Phys., 2022. – № 1. – 81-90.
7. Petrov A. N., Black holes of the Vaidya type with flat and (A)dS asymptotics as point particles // Eur. Phys. J. Plus, 2023– № 10. – 879.
8. Avdeev N. A., Toporensky AV. Inflation in Scalar-Tensor Theory with Nonminimal Kinetic Coupling // Phys. Part. Nucl. Lett., 2023. – №3. – 486-489.
9. Emtsova E. D., Petrov A. N., Toporensky A. V. The equivalence principle for a plane gravitational wave in torsion-based and non-metricity-based teleparallel equivalents of general relativity // Eur. Phys. J. C, 2024. – № 3. – 215.