ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.022.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.А. СТЕКЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.09.2022 № 12

О присуждении **Кобялко Кириллу Владимировичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Геометрический подход к теории фотонных многообразий в гравитационных полях»** на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика, принята к защите «28» июня 2022 г., протокол № 9 диссертационным советом Д 002.022.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук (119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 8; приказ № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель Кобялко Кирилл Владимирович, 1994 года рождения, окончил в 2017 году физический факультет «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», а в 2021 г. там же - очную аспирантуру. С декабря 2021 г. работает в должности младшего научного сотрудника кафедры теоретической физики физического факультета «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической физики физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный руководитель - Гальцов Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры теоретической физики физического факультета Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (специальность - 01.04.02).

Официальные оппоненты:

Докучаев Вячеслав Иванович - доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейтринной астрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук

(специальность – 01.04.02);

Иващук Владимир Дмитриевич - доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела координации научных исследований и разработок Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (специальность – 01.04.02), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна) в своем положительном заключении, утвержденном директором объединенного института ядерных исследований, академиком РАН, доктором физико-математических наук, Трубниковым Григорием Владимировичем указала, что диссертационное исследование Кобялко Кирилла Владимировича закладывает основы новой геометрической теории фотонных многообразий и представляет собой полноценное, комплексное и актуальное научное исследование, результаты которого получены соискателем самостоятельно, являются новыми и не вызывают сомнений в своей достоверности.

Соискатель имеет 13 научных публикаций по тематике диссертации, в том числе 7 – в изданиях, входящих в перечень ВАК:

1. Kobialko K. V., Gal’tsov D. V. Completing characterization of photon orbits in Kerr and Kerr-Newman metrics Phys. Rev. D. — 2019. — Vol. 99, no. 8. — P. 084043.

2. Kobialko K. V., Gal’tsov D. V. Photon trapping in static axially symmetric spacetime Phys. Rev. D. — 2019. — Vol. 100, no. 10. — P. 104005.

3. Kobialko K. V., Gal’tsov D. V. Photon regions and umbilic conditions in stationary axisymmetric spacetimes: Photon Regions Eur. Phys. J. C. — 2020. — Vol. 80, no. 6. — P. 527

4. Kobialko K., Bogush I., Gal’tsov D. Killing tensors and photon surfaces in foliated spacetimes Phys. Rev. D. — 2021. — Vol. 104, no. 4. — P. 044009

5. Кобялко К. В., Гальцов Д. В. Гамма-метрики с параметром Ньюмена-Унти-Тамбурино Ученые записки физического факультета Московского Университета. — 2017. — Т. 4. — С. 1740901–1–1740901–7.

6. Кобялко К. В., Гальцов Д. В. Фотонные и поперечные улавливающие поверхности в стационарных пространствах Пространство-время и фундаментальные взаимодействия. — 2018. — Т. 24, № 4.

7. Кобялко К. В., Гальцов Д. В. Фотонная структура стационарных пространств Теоретическая и математическая физика. — 2021. — Т. 208, № 3. — С. 495–527.

По совместным публикациям имеются заявления от соавторов по разделению вклада.

Других отзывов на диссертацию и автореферат не поступало.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются известными и высококвалифицированными специалистами в области теоретической физики, в сферу научных интересов которых входит тематика диссертационного исследования, а также наличием у них большого числа работ по данной тематике. Ведущая организация является одной из самых авторитетных Российских научных организаций и имеет ряд международно признанных специалистов по тематике исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая геометрическая теория фотонных многообразий в гравитационных полях, обогащающая и дополняющая современными методами дифференциальной геометрии подмногообразий и потоков гиперповерхностей ранее используемые подходы и методы исследования оптических эффектов в сильных гравитационных полях. Новые аналитические методы и модели применимы, в том числе, для исследования неинтегрируемых хаотических

динамических систем, а также анализа общетеоретических проблем, таких как, гипотеза космической цензуры и отыскание скрытых симметрий пространства-времени;

предложены новые типы характеристических фотонных подмногообразий и поверхностей, новая классификация типов пространств по их фотонной структуре, а также новые методы генерации нередуцируемых тензорных полей Киллинга второго ранга;

доказана высокая эффективность применения новых методов и геометрических подходов для анализа механизмов возникновения гравитационных теней и релятивистских изображений в окрестности чёрных дыр и других ультракомпактных объектов, а также для исследования интегрируемости динамических систем, и построения неравенств типа Пенроуза;

введены и исследованы новые геометрические объекты, такие как частично омбилические подмногообразия и послойно редуцируемые тензорные поля Киллинга.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:

доказаны теоремы и утверждения, закладывающие основу геометрической теории фотонных многообразий, и находящие своё применение для анализа широкого спектра как общетеоретических вопросов (гипотеза космической цензуры, теоремы единственности) так и практических исследований сильного гравитационного линзирования;

применительно к проблематике диссертации результативно использован набор современных аналитических методов дифференциальной геометрии и численных компьютерных методов решения систем дифференциальных уравнений;

изложены ключевые положения теории фотонных многообразий, а также выдвинут ряд гипотез о применимости теории к новому спектру проблем, в частности, к описанию рассеяния массивных заряженных частиц в сильных гравитационных полях и образования массивных гравитационных теней;

изучена связь нового геометрического подхода со стандартными численными и аналитическими методами анализа геодезических уравнений.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

использование разработанной в диссертации теории для анализа конкретных гравитационных моделей в модифицированных теориях гравитации способствует поиску новой физики на основе анализа гравитационных изображений, полученных коллаборацией “Event Horizon Telescope”;

в работе представлены рекомендации для дальнейших теоретических разработок в контексте исследования фотонной структуры пространств общего вида и геометрического исследования рассеяния массивных заряженных частиц.

Оценка достоверности результатов исследования основана на:

высокой степени согласованности полученных в рамках новых геометрических подходов результатов с численными и аналитическими исследованиями с помощью классических методов анализа геодезических уравнений, формализма Гамильтона-Якоби и других численных алгоритмов;

на том, что теория построена путем геометрического переосмысления известных результатов, касающихся поведения изотропных геодезических в геометриях Керра и Шварцшильда (сферические фотонные орбиты и фотонные сферы);

на том, что идея базируется на обобщении нашедшей множество применений в литературе геометрической интерпретации фотонной сферы как полностью омбилической поверхности;

на том, что в ней установлено совпадение предсказаний новой геометрической теории с результатами исследований других высококвалифицированных специалистов, работающих в рамках стандартных методов исследования оптических эффектов сильных гравитационных полей;

а также на том, что в ней использованы современные методы дифференциальной геометрии и компьютерные методы численного анализа.

Личный вклад соискателя состоит в доказательстве и формулировке всех включённых в работу утверждений; определении и исследовании новых геометрических объектов; разработке и обобщении геометрических методов и подходов в теории фотонных многообразий; разработке оригинальных компьютерных программ для применения и визуализации разрабатываемых методов, а также подготовке всех публикаций по теме исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

некоторые части работы довольно математически абстрагированы, что может иногда затруднять понимание лежащих за ними физических результатов; в тексте диссертации отсутствуют упоминания о применении фотонных сфер при вычислении спектров квазинормальных мод различных тестовых полей в эйкональном приближении, а также оценки точности астрофизических наблюдений теней черных дыр, необходимых для проверки теоретических результатов диссертации.

Соискатель Кобялко К.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

некоторые части работы, действительно, излагались математически абстрактно, с целью полностью отойти от использования геодезических уравнений при описании фотонной структуры. Основной мотивацией при этом являлось необходимость обобщения используемых методов на случай неинтегрируемых динамических систем, в которых аналитическое описание с помощью геодезических уравнений невозможно. При этом заключительные главы текста содержат подробные физические иллюстрации абстрактных математических результатов первых глав на конкретных примерах пространств-времён, а также некоторые качественные оценки структуры гравитационной тени и её связь с фотонной структурой геометрии. Однако, основной целью диссертации было само развитие геометрического формализма, а его применение для поиска новой физики и тестирование новых астрофизических данных подразумевалось в качестве дальнейшего направления исследования. В частности, в статьях, опубликованных соискателем уже после завершения подготовки диссертации, методами диссертации были проанализированы характеристики гравитационной тени (форма, отклонение от окружности, средний радиус) в актуальных модифицированных теориях гравитации и сделаны предсказания о степени их согласованности с экспериментом. Помимо этого, рассматриваются также и возможности выхода за рамки геометрической оптики. Планируется проведение исследований квазинормальных мод и квантовых эффектов на фоне фотонных подмногообразий, а также возможность применения развитых методов к описанию массивных заряженных частиц.

На заседании 14 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Кобялко К.В. ученую степень кандидата физико-математических наук за решение научных задач, имеющих важное значение для развития теории гравитации.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 4 доктора наук по специальности 01.04.02, участвовавших в заседании, из 24 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за 16, против нет, недействительных бюллетеней 1.

Заместитель председателя диссертационного совета
Д 002.022.02 С.М. Асеев

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 002.022.02 Ю.Н. Дрожжинов

14 сентября 2022 года