

Отзыв официального оппонента на диссертацию
на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
01.04.02 - «теоретическая физика»
Фиткевича Максима Дмитриевича

Диссертация Фиткевича М.Д. «Двумерная дилатонная гравитация с динамической границей» посвящена исследованию упрощенных моделей квантовой гравитации в 2-мерном пространстве-времени. В рамках таких моделей можно попытаться ответить на ключевые открытые вопросы в более реалистичных ситуациях в 4-мерном пространстве-времени. Квантовой теории гравитации на настоящий момент не существует, несмотря на многочисленные попытки ее построения. В последние годы много внимания уделялось квазиклассическому подходу к теории квантовой гравитации, который позволяет изучать ключевые вопросы в относительно простом формализме. В частности, задача про излучение Хокинга на горизонте черной дыры допускает квазиклассическое описание, а проблема сохранения информации может быть сведена к квазиклассическому анализу взаимодействия излучения с черной дырой. Задача о сохранении информации была переинтерпретирована в терминах специального вклада в энтропию запутанности, что позволило предложить недавно новое качественное объяснение кривой Пейджа для энтропии. Данная область исследований развивается чрезвычайно быстро, но количество открытых вопросов велико, поэтому тематика диссертации представляется весьма актуальной.

Диссертация состоит из трех глав. В первой главе автор рассматривает модель КГХС для двумерной дилатонной гравитации с дополнительными скалярными полями материи в классическом приближении. Основная проблема в данной модели связана с наличием области сильной связи, в которой наивный классический анализ перестает работать. Для упрощения ситуации в диссертации была введена граница на линии постоянного дилатона, которая «закрывала» область сильной связи. При этом, граница рассматривалась как динамическая степень свободы. В рамках такой модели были найдены новые солитонные решения, существование которых, как оказалось, можно было связать с алгебраической структурой в точнорешаемой модели Годена. Связь

многосолитонных решений в 2-мерных теориях поля с конечномерными интегрируемыми системами встречалась и ранее в многочисленных примерах, поэтому найденное в диссертации соответствие является еще одним проявлением общего принципа. В рамках модели КГХС с границей изучены критические явления при образовании черных дыр и показано, что модель не обладает достаточным числом интегралов движения, чтобы быть интегрируемой.

Во второй главе диссертации изучается модель РСТ, которая включает в себя дополнительный однопетлевой вклад от полей материи. Изучена задача о рождении и испарении черной дыры в данной модели и найдено соответствующее решение, которое оказалось сингулярным. Таким образом, было явно продемонстрировано, что на однопетлевом уровне невозможно решить информационный парадокс в данной модели. Также проведено сравнение модели РСТ с моделью Джэкива-Тейтельбойма и было показано, что, в некотором приближении, они являются эквивалентными.

В третьей главе изучается непертурбативная амплитуда рассеяния точечной частицы в модели КГХС с границей. Для этого используется квазиклассический подход, сводящий вычисление амплитуды к вычислению действия на некотором решении уравнений движения в комплексном времени. Данный метод ранее использовался в многочисленных задачах, связанных с многочастичным рассеянием. В диссертации рассмотрены два режима: один с тривиальным отражением от границы, второй - с рождением черной дыры. При энергиях выше порога рождения черной дыры тривиальное отражение экспоненциально подавлено, поэтому процесс рождения черной дыры доминирует. В диссертации предложено интересное решение информационного парадокса в данном случае. Ключевую роль играет некоторый «фрагмент» полного решения, который расположен под горизонтом. Несомненно, этот момент требует дальнейшего исследования, в частности спектра возмущений на фоне такого решения.

В целом, диссертационная работа Фиткевича М.Д. выполнена на очень высоком уровне, автор продемонстрировал владение современными методами квантовой теории поля и теории гравитации. Результаты опубликованы в ведущих журналах и безусловно будут востребованы в исследованиях, посвященных проблеме сохранения информации в теории квантовой гравитации и физике черных дыр..

Стоит сделать два замечания относительно возможных дальнейших направлений исследований. В диссертации предложен изящный метод нахождения точных решений уравнений движения в двумерной дилатонной гравитации с помощью установления связи с интегрируемой моделью Годена. Но, при этом, не изучена возможная связь рассеяния солитонов в терминах квантовой версии модели Годена. Такая связь была ранее прослежена для широкого класса многочастичных интегрируемых систем и может быть полезна

в данном контексте.

Во-вторых, в диссертации предложена версия разрешения информационного парадокса для излучения черной дыры с помощью решения, включающего в себя специальный вклад от области под горизонтом. Представляет несомненный интерес вопрос о том, как этот вклад в 2-мерном случае связан с предлагающимися в литературе подходами к решению проблемы кривой Пейджа через «острова» в области под горизонтом.

С моей точки зрения, диссертация полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 - «Теоретическая физика», а Фиткевич М.Д. заслуживает присуждения ученой степени. Автореферат правильно передает содержание диссертации.

внс ИППИ РАН, профессор МФТИ, д.ф.-м.н.
Горский Александр Сергеевич

Подпись Горского А.С. заверяю

и.о. нач. отдела кадров

Шорохова О.А.

21.11.2020

Александр Сергеевич Горский

доктор физико-математических наук (01.04.02 – теоретическая физика),
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем
передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (г.
Москва), лаборатория № 5 "Квантовая физика и информация", ведущий
научный сотрудник.

+7 (495) 650-42-25

127051, г. Москва, Большой Каретный переулок, д.19 стр. 1.

gorsky@iitp.ru

Список основных публикаций оппонента по теме диссертации в рецензируемых
научных изданиях за последние 5 лет:

1. H. Wang, A.L. Chudnovskiy, A. Gorsky and A. Kamenev, Sachdev-Ye-Kitaev superconductivity: Quantum Kuramoto and generalized Richardson models, Phys. Rev. Res. 2 (2020) 033025.
2. A. Dymarsky and A. Gorsky, Quantum chaos as delocalization in Krylov space, Phys. Rev. B 102 (2020) 085137.
3. S. Alekseev, A. Gorsky and M. Litvinov, Toward the Pole, JHEP 03 (2020) 157.
4. A. Gorsky and A. Grekov, Flavored extended instanton in QCD, JHEP 01 (2020) 074.
5. A. Gorsky, O. Koroteeva, Peter Koroteev, and A. Vainshtein, On dimensional transmutation in 1+1D quantum hydrodynamics, J. Math. Phys. 61 (2020) 082302.
6. A. Gorsky and K. Selivanov, Threshold amplitudes in field theories and integrable systems, Mod. Phys. Lett. A 11 (1996) 1597.
7. A.S. Gorsky and D.E. Kharzeev, Tensor supercurrent in QCD, Phys. Rev. D 101 (2020) 114002.
8. A. Gorsky, The Toda system and solution to the $N = 2$ SUSY Yang-Mills theory, J. Phys. A 51 (2018) 303001.
9. A. Gorsky, E. Gubankova, R. Meyer and A. Zayakin, S-duality for holographic p-wave superconductors, Phys. Rev. D 96 (2017) 106010.