ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Садекова Дамира Ильдаровича

«Квантовая теория поля в неинвариантных состояниях»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. - Теоретическая физика.

Актуальность темы диссертации

Квантовая теория поля (КТП) во внешних полях и нестационарных условиях — одно из ключевых направлений современной теоретической физики. Оно критически важно для анализа процессов в ранней Вселенной, а также в сильных гравитационных и электромагнитных полях. В таких системах стандартные равновесные подходы неприменимы. Здесь на первый план выходят эффекты неравновесной динамики, выбор начального квантового состояния и рост квантовых поправок во времени.

Особый интерес для исследователей представляют расширяющиеся пространства (прежде всего, пространство де Ситтера) и модели сильных внешних электрических полей. Они служат идеальными полигонами для изучения инфракрасных эффектов и петлевых поправок, а также их влияния на физические величины. Работа в этом направлении критически важна для развития неравновесной КТП, физики в искривлённом пространстве-времени и определения границ применимости фундаментальной теории.

Диссертационное исследование Д.И.Садекова посвящено квантовой теории поля в нестационарных условиях и на фоне сильных внешних полей, а именно решаются следующие задачи

- **Анализ фермионного тока** на фоне сильного постоянного электрического поля с учетом различных начальных состояний квантовой материи.
- **Изучение динамики корреляторов** в свободной скалярной теории поля (как в плоском пространстве, так и в пространстве де Ситтера) после квантового квенча — возмущения равновесной матрицы плотности.
- **Вычисление и суммирование петлевых поправок**, демонстрирующих секулярный рост, в модели с кубическим самодействием в пространстве де Ситтера.
- **Исследование индуцированного массивного слагаемого** в эффективной теории космологических возмущений метрики (в тензорном секторе гравитации), возникающего из-за взаимодействия со скалярным квантовым полем на фоне пространства де Ситтера.

Содержание работы.

Диссертация Садекова Д.И. состоит из Введения, обзорной **главы 1**, четырёх глав основного текста (**главы 2–5**), Заключения и десяти приложений. Общий объём работы — 123 страницы, включая 11 рисунков, список литературы содержит 163 наименования. По теме диссертации опубликовано 4 статьи в рецензируемых международных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

Во **Введении** обосновывается актуальность темы, формулируются цель и задачи исследования, излагается научная новизна и практическая значимость полученных результатов, а также приводятся положения, выносимые на защиту.

В **главе 1** изложены необходимые предварительные сведения из квантовой теории поля в нестационарном пространстве-времени: квантование скалярного поля в пуанкаре-регионе пространства де Ситтера, определение состояния Банча–Дэвиса, а также формализм Келдыша–Швингера для вычисления корреляционных функций на нестационарном фоне.

В **главе 2** рассматривается задача об электрическом токе, вызванном рождением пар заряженных фермионов на фоне постоянного и однородного внешнего электрического поля. В диссертации обсуждаются решения уравнений движения и выбор мод при квантовании фермионного поля, удовлетворяющих корректному адамарову поведению, после чего вычисляется вакуумное среднее электрического тока на древесном уровне. Показано, что величина тока зависит от выбора начального состояния из определённого класса фоковских вакуумов: для одних состояний ток линейно расходится с ростом времени действия поля, тогда как в этом классе существует состояние, для которого ток обращается в ноль.

В **главе 3** развивается техника вычисления неравновесной динамики корреляторов после глобального квенча — возмущения равновесной матрицы плотности действием унитарного оператора. Для свободного скалярного поля в плоском пространстве-времени показано отсутствие релаксации двухточечной функции безмассового поля на больших временах, в то время как для массивного поля релаксация имеет место. Аналогичный анализ проводится в пуанкаре-регионе пространства де Ситтера, где характер релаксации коррелятора после квенча оказывается существенно зависящим от массы поля. Отдельно рассмотрено построение негауссова начального состояния на примере двумерного пространства-времени.

В **главе 4** исследуются секулярно растущие вклады петлевых поправок в теории скалярного поля с кубическим самодействием в расширяющемся пуанкаре-регионе пространства де Ситтера. Показано, что для лёгких полей при начальном состоянии Банча–Дэвиса в поправках к пропагатору Келдыша доминируют лестничные диаграммы, тогда как более сложные диаграммы (типа «пузырь внутри пузыря») оказываются подавленными. На основе этого анализа получено уравнение Дайсона–Швингера, пересуммирующее ведущие петлевые вклады, и найдено его частное решение. Обсуждается также случай сжимающегося пуанкаре-региона.

В **главе 5** вычисляется однопетлевое эффективное действие Келдыша-Швингера для космологических возмущений метрики, индуцированное взаимодействием со скалярным квантовым полем в пространстве де Ситтера. На основе полученного действия показано, что эффективная масса поперечно-бесследовых (тензорных) возмущений в состоянии Банча–Дэвиса равна нулю. Для скалярного сектора возмущений обсуждаются возникающие ультрафиолетовые особенности в эффективном действии, а в двумерном случае вклад в эффективную массу скалярной моды вычислен явно.

В приложениях собраны детали вычислений и вспомогательные выводы и соотношения.

Достоверность и обоснованность результатов.

Достоверность результатов диссертации не вызывает сомнений. Она надежно обеспечивается как выступлениями автора на отечественных и международных

конференциях и семинарах, так и 4 публикациями в международных реферируемых журналах. К тому же подробности вычислений приведены как в тексте диссертации, так и в многочисленных приложениях. Поэтому правильность вычислений и справедливость выводов могут быть прямо проверены.

Научная и практическая значимость результатов.

Изучаемые в диссертации проблемы представляют глубокий научный интерес в области теоретической и математической физики, а развитые автором методы обладают широким потенциалом применимости в других моделях квантовой теории поля и космологии.

Замечания В целом диссертация написана ясно, обладает внутренним единством. Останавливаясь на недостатках, отметим следующее. Задачи, поставленные и решенные в диссертации, требуют для понимания весьма серьезную подготовку в разных разделах современной физики. Поэтому было бы уместно в конце наиболее важных разделов (а не в начале!) добавить пояснения, более понятные для широкого круга читателей, относительно значимости и приложений полученных результатов для других разделов теоретической физики. Так, в частности утверждение о существовании ситуации с нулевым током никак толком не комментируется, так что не понятно это хорошо или не очень. Диссертация практически свободна от опечаток, однако время от времени встречаются несуразности. Так встречаются функции Ханкеля и Ганкеля, при описании приложений обнаруживаем 2 приложения F, как-то режет глаз фраза о «полях, сидящих в операторах» и т.д. В принципе, ничего серьезного, но впечатление смазывается. Что меня несколько удивило так это ситуация с квенчем от плоского пространства в де Ситтеровское. К счастью, этот случай не рассматривается в диссертации, но представить себе такие метаморфозы я не могу. Ну и результат, в корне отличающийся от уже описанных – отсутствие релаксации безмассовых корелляторов при квадратичных квенчах – хотелось бы иметь более полное описание и объяснения такого поведения.

Заключение

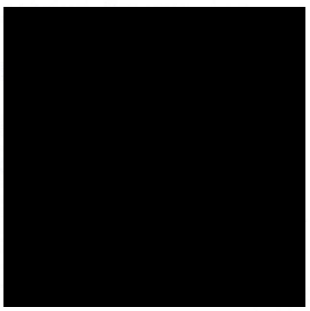
Диссертация Садекова Дамира Ильдаровича **«Квантовая теория поля в неинвариантных состояниях»,** представленная к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 «Теоретическая физика», по своей актуальности, научной новизне, достоверности результатов является завершенным научным исследованием. Автор внес значительный вклад в развитие методов квантовой теории поля и космологии.

Материалы диссертации своевременно опубликованы в ведущих научных журналах, неоднократно докладывались на научных конференциях. Результаты работы могут быть непосредственно использованы в научно-исследовательской деятельности таких ведущих центров, как ИТЭФ, ФИАН, ОИЯИ, ПОМИ РАН, ИЯИ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау и др.

Диссертация Д.И. Садекова **«Квантовая теория поля в неинвариантных состояниях»** отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.3 – теоретическая физика, а ее автор Садеков Дамир Ильдарович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Официальный оппонент Сергей Олегович Кривонос



Начальник отдела Современной математической физики

Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова

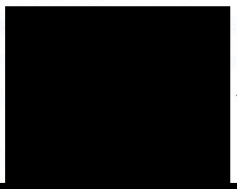
Объединенного Института Ядерных Исследований

доктор физико-математических наук

e-mail: krivonos@theor.jinr.ru

тел.: +7 49621 63394

Подпись С.О. Кривоноса «удостоверяю»



Ученый секретарь ЛТФ ОИЯИ, А.В.Андреев

Кандидат физико-математических наук



25 августа 2026 г.

Список публикаций официального оппонента по теме диссертации

1) Krivonos, S., Nersessian, A. Note on Supersymmetric Mechanics with Spin–Orbit Interaction. Phys. Part. Nuclei Lett. 22, 1322–1327 (2025).

2) Krivonos, Sergey and Nersessian, Armen. Two faces of $\mathcal{N}=7$, 8 superconformal mechanics. Phys. Rev. D 111 (2025) 12, 125025

3) Khastyan, Erik and Krivonos, Sergey and Nersessian, Armen. Note on $\mathcal{N}=8$ supersymmetric mechanics with dynamical and semi-dynamical multiplets. International Journal of Modern Physics A Vol. 40, No. 02, 2450165 (2025)

4) Khastyan, E., Krivonos, S. & Nersessian, A. Note on Ruijsenaars–Schneider Model. Phys. Part. Nuclei 55, 630–633 (2024).

5) Krivonos, S. Origin of higher Schwarzians. Phys. Rev. D 109 (2024), 065029

6) Isaev, A. P. and Krivonos, S. O. and Provorov, A. A. Split Casimir operator for simple Lie algebras in the cube of ad-representation and Vogel parameters. International Journal of Modern Physics A Vol. 38, No. 06n07, 2350037 (2023)

7) Kozyrev, Nikolay and Krivonos, Sergey. Generalized Schwarzians. Phys. Rev. D 107 (2023), 026018

8) Khastyan, Erik and Krivonos, Sergey and Nersessian, Armen. Euler top and freedom in supersymmetrization of one-dimensional mechanics. Phys.Lett.A 452 (2022) 128442

9) Krivonos, Sergey and Lechtenfeld, Olaf and Sutulin, Anton. Integrability of supersymmetric Calogero–Moser models. Phys.Lett.B 831 (2022) 137184

10) Kozyrev, Nikolay and Krivonos, Sergey. $\mathcal{N}=4$ supersymmetric Schwarzian with $D(1,2;\ensuremath{\alpha})$ symmetry. Phys.Rev.D 105 (2022) 8, 085010