ОТЗЫВ

на диссертацию Садекова Дамира Ильдаровича «Квантовая теория поля в неинвариантных состояниях», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — теоретическая физика.

Автор отзыва

ФИО: *Семенов Андрей Георгиевич*

Учёная степень: *кандидат физико-математических наук*

Учёное звание: *нет*

Год присуждения учёной степени и научная специальность, по которой присуждена учёная степень:

2010 год, 01.04.02 Теоретическая Физика

Место работы: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический Институт им. П.Н. Лебедева Российской Академии Наук*

Подразделение: *Отдел Теоретической физики им. И.Е. Тамма*

Должность: *старший научный сотрудник*

Контактная информация: *+7-(926)-237-92-86, semenovag@lebedev.ru*

Актуальность темы диссертации

Квантовая теория поля на фоне сильных внешних воздействий — электрических, гравитационных — и в условиях, далёких от термодинамического равновесия, остаётся одной из наиболее динамично развивающихся областей современной теоретической физики. Стандартный аппарат теории возмущений, построенный вокруг устойчивого вакуумного состояния, оказывается неприменим, когда система эволюционирует во времени, испытывает резкое возмущение или помещена в интенсивное внешнее поле: динамика начального квантового состояния, возникновение и накопление во времени квантовых поправок, а также сама постановка задачи о вычислении наблюдаемых величин требуют отдельного, неравновесного формализма.

Особую роль в этом контексте играют две модельные ситуации, исследуемые в диссертации Д.И. Садекова: рождение частиц и генерация токов в сильных однородных электрических полях и динамика квантовых

полей на фоне расширяющегося пространства де Ситтера — простейшей и наиболее изученной модели инфляционной космологии. Обе ситуации объединяет то, что стандартные равновесные методы КТП в них неприменимы напрямую, а физически содержательный ответ существенно зависит от выбора начального состояния квантовой системы и от аккуратного учёта секулярно растущих во времени петлевых вкладов.

Развитие методов, позволяющих контролируемо работать в подобных условиях, важно не только для физики ранней Вселенной и инфляционной космологии, но и для понимания квантовых эффектов вблизи горизонтов, в частности чёрных дыр, а также в лабораторных условиях сильных полей. Тема диссертации находится, таким образом, на переднем крае современных исследований по неравновесной квантовой теории поля и физике полей в искривлённом пространстве-времени, что определяет её несомненную актуальность.

Краткое содержание диссертации

Диссертация Д.И. Садекова состоит из введения, обзорной главы 1, четырёх глав с оригинальными результатами (главы 2–5), заключения и десяти приложений. Общий объём работы составляет 123 страницы, список литературы включает 163 источника. Основные результаты опубликованы в 4 статьях в рецензируемых международных журналах, индексируемых базами Web of Science и Scopus.

Во Введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, дан обзор литературы и приведены положения, выносимые на защиту.

Глава 1 носит вспомогательный характер и содержит необходимый математический аппарат: процедуру квантования скалярного поля в регионе Пуанкаре пространства де Ситтера, определение вакуумного состояния Банча–Дэвиса и краткое изложение диаграммной техники Швингера–Келдыша, используемой на протяжении всей работы для вычисления неравновесных корреляционных функций.

В Главе 2 рассматривается рождение пар заряженных фермионов в постоянном однородном внешнем электрическом поле и связанный с ним вакуумный электрический ток. Показано, что величина индуцированного тока чувствительна к выбору начального фоковского вакуума: обнаруживается состояние, при котором ток тождественно обращается в

нуль, тогда как для других допустимых состояний он неограниченно растёт со временем действия поля.

В Главе 3 строится техника описания эволюции двухточечных корреляционных функций свободного скалярного поля после «глобального квенча» — резкого унитарного возмущения равновесного начального состояния. Устанавливается, что в плоском пространстве-времени безмассовое поле не стремится к новому стационарному значению коррелятора на больших временах, тогда как для массивного поля это имеет место. В пространстве де Ситтера характер релаксации существенно зависит от массы поля.

В Главе 4 исследуются петлевые поправки, демонстрирующие секулярный рост, в модели скалярного поля с кубическим самодействием на фоне расширяющегося региона Пуанкаре пространства де Ситтера. Показано, что для лёгких полей в состоянии Банча–Дэвиса доминирующий вклад дают лестничные диаграммы. Для них выведено и частично решено уравнение Дайсона–Швингера, позволяющее пересуммировать растущие вклады.

В Главе 5 вычисляется однопетлевое эффективное действие Келдыша-Швингера для возмущений метрики, наведённое взаимодействием со скалярным квантовым полем на фоне де Ситтера. Показано обращение в нуль эффективной массы тензорных возмущений в состоянии Банча–Дэвиса. Отдельно обсуждается скалярный сектор возмущений метрики, включая явный расчёт для двумерного случая.

В Заключении сформулированы основные результаты и намечены возможные направления их дальнейшего развития. В приложениях собраны вспомогательные вычисления и технические детали, вынесенные из основного текста.

Практическая значимость

Работа носит теоретический характер, и её значимость определяется прежде всего развитием методов неравновесной квантовой теории поля. Полученные результаты и построенная техника могут быть использованы при анализе наблюдаемых эффектов в сильных электрических и гравитационных полях, в том числе в задачах физики ранней Вселенной и вблизи горизонтов чёрных дыр. Развитые в диссертации подходы носят

достаточно общий характер и могут быть перенесены на другие модели квантовой теории поля на нестационарных и сильно неравновесных фонах.

Обоснованность и достоверность результатов

Основные научные результаты диссертации, включая промежуточные и итоговые результаты, отражены в 4 публикациях в международных рецензируемых изданиях. Кроме того, все выводы исследования прошли апробацию на российских и зарубежных конференциях и семинарах.

Замечания по диссертации

В целом диссертация производит очень хорошее впечатление, но тем ни менее хотелось бы сформулировать ряд небольших замечаний и вопросов.

1. К небольшим недочетам диссертации можно отнести периодическое использование термина «релаксация» в применении к гауссовым теориям, когда происходит затухание некоторой локальной наблюдаемой. Тут следует быть немного более аккуратным.
2. В разделе 3.3 постулируется, что при построении оператора квенча следует использовать процедуру нормального упорядочения, которая в некотором смысле зависит от состояния системы через Келдышевский пропагатор в совпадающих точках. В этом месте кроется некоторая несостывка, поскольку оператор квенча не должен ничего знать о состоянии системы, на которое он действует.
3. В главе 4 при решении интегральных уравнений (4.15), (4.17) используются простые анзацы. Хотелось бы увидеть более детальный анализ их применимости и, возможно, сравнение с численным решением соответствующих уравнений.
4. В главе 5 делается вывод о том, что эффективная масса тензорной гравитонной моды обращается в ноль даже в присутствии скалярного поля, или, иными словами, скалярное поле не может экранировать гравитацию в dS. При этом рассматривается массивное поле. Что будет в случае безмассовых полей, когда с самого начала M=0? Нельзя ли объяснить экранировку в AdS4 эффективно тем что «присутствуют» такие безмассовые поля (их роль играют Голдстоуновские бозоны)?

Все эти замечания носят частный характер и никак не влияют на результаты, полученные в диссертации. Они скорее указывают на возможные направления дальнейших исследований.

Заключение

В диссертации Д.И. Садекова решены важные научные задачи, которые были четко сформулированы, а используемые автором методы были аккуратно обоснованы. Полученные результаты имеют высокую научную ценность, были опубликованы в журналах и апробированы на конференциях высокого уровня

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация Садекова Дамира Ильдаровича соответствует всем требованиям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утверждённом Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика».

Дата

10.09.2026 [redacted] / Семенов А.Г.

Подпись Семенова А.Г. заверяю [redacted]

Список публикаций официального оппонента по теме диссертации

1) Radovskaya, A. A. and Semenov, A. G. Local Quench within the Keldysh Technique. JETP Lett. 118 (2023) 12, 922-928
2) Radovskaya, A. A. and Semenov, A. G. Shear Viscosity of Nonequilibrium Scalar Field Theory. Phys.Part.Nucl. 52 (2021) 4, 564-568, Fiz.Elem.Chast.Atom.Yadra 52 (2021) 4
3) Radovskaya, A. A. and Semenov, A. G. Semiclassical approximation meets Keldysh–Schwinger diagrammatic technique: scalar φ^4. Eur.Phys.J.C 81 (2021) 8, 704
4) Lopatin, D.V., Radovskaya, A.A. & Semenov, A.G. Local Quench Within the Keldysh Technique: the Role of Interaction. Jetp Lett. 124, 138–145 (2026).
5) Mikhaylenko, A.G., Semenov, A.G. Keldysh diagram technique with non-Gaussian initial correlations. Theor Math Phys 227, 680–704 (2026).
6) Semenov, Andrew G. and Latyshev, Alex and Zaikin, Andrei D. Fluxon cotunneling in coupled Josephson junctions: Perturbation theory. Phys. Rev. B 112 (2025), 144501
7) Latyshev, A., Semenov, A.G. & Zaikin, A.D. Quantum Coulomb Drag for Cooper Pairs. Jetp Lett. 122, 846–850 (2025).
8) Semenov, Andrew G. and Latyshev, Alex and Zaikin, Andrei D. Quantum Coulomb Drag Mediated by Cotunneling of Fluxons and Cooper Pairs. Phys. Rev. Lett. 134 (2025), 086001
9) Andrey Leonidov, Alexey Savvateev, Andrew G. Semenov. Ising game on graphs. Chaos, Solitons & Fractals, Volume 180, 2024, 114540
10) Semenov, A.G. Pairing and Collective Excitations in Ising Superconductors. Jetp Lett. 119, 46–52 (2024)
11) Radkevich, A. A. and Semenov, A. G. Nonlinear microwave response of clean superconducting films. Phys. Rev. B 106 (2022), 094505
12) Antonov, A. and Leonidov, A. and Semenov, A. Transition between metastable equilibria: Applications to binary-choice games. Phys. Rev. E 108 (2023), 024134