

Отзыв научного руководителя

о работе Трунина Дмитрия Алексеевича над диссертацией на тему «Нестационарные квантовые системы с некинетическим поведением петлевых поправок», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика»

Диссертационная работа Трунина Дмитрия Алексеевича посвящена теоретическому исследованию нестационарных взаимодействующих квантовых систем, в частности, нелинейного динамического эффекта Казимира и модели Юкавы на фоне сильного скалярного поля. Несмотря на то, что указанные системы хорошо изучены в гауссовом приближении, роль взаимодействий в этих системах до сих пор остается неясной. Общепринятая точка зрения, сформировавшаяся в ходе изучения стационарной квантовой теории поля, гласит, что учет взаимодействий может привести только к ультрафиолетовым перенормировкам параметров теории и, возможно, к несущественным поправкам к выражениям, вычисленным в древесном приближении. Тем не менее, недавно было установлено, что в нестационарных системах петлевые поправки могут расти вместе со временем эволюции, поэтому пренебрегать ими нельзя даже в пределе бесконечно малой константы связи. Следовательно, разработка методов суммирования растущих во времени петель и оценка существенности поправок к наблюдаемым величинам в нестационарных квантовых системах позволяет не только уточнить теоретические модели подобных систем, но и пролить свет на фундаментальные свойства квантовой теории поля.

Структурно диссертация состоит из введения, трех основных частей, заключения и нескольких приложений. В первой части рассматривается «игрушечная» модель нестационарной квантовой теории поля — система N связанных осцилляторов с зависящей от времени частотой и квартичным $O(N)$ -симметричным взаимодействием. На примере этой системы иллюстрируются общие методы работы с нестационарными квантовыми системами, в которых секулярно растущие петлевые поправки нельзя просуммировать с помощью аналога кинетического уравнения. Так, в пределе большого числа осцилляторов подобные петлевые поправки просуммированы в лидирующем порядке по $1/N$ с помощью диаграммной техники Швингера — Келдыша; кроме того, в пределе малой константы связи и большого времени эволюции выведен эффективный гамильтониан теории, который проясняет физический смысл такого суммирования. Во второй части обсуждаются различные версии нелинейного динамического эффекта Казимира — а именно, теория безмассового скалярного поля с квартичным взаимодействием на фоне полупрозрачного зеркала и резонансной полости с идеально отражающими стенками, а также эффективная

нестационарная теория, которая возникает в квантовом сверхпроводящем контуре во внешнем магнитном поле. Во всех перечисленных случаях установлен секулярный рост петлевых поправок к корреляционным функциям и квантовым средним, который связан с нарушением конформной инвариантности членом взаимодействия и указывает на изменение квантового состояния теории. Оценивается характерное время, на котором подобные секулярно растущие поправки могут стать заметными в экспериментах по проверке динамического эффекта Казимира с помощью сверхпроводящих квантовых контуров. В третьей части рассматривается $(0+1)$ -мерная и $(1+1)$ -мерная теория Юкавы на фоне сильного классического скалярного поля (в качестве примера рассмотрено поле, линейно растущее во времени). В $(0+1)$ измерении теория является в некотором смысле тривиальной, поэтому решается точно вне зависимости от наличия внешнего классического фона. В $(1+1)$ измерении ситуация оказывается более интересной, однако существенно отличается от ситуации в сильном электрическом или гравитационном поле. Во-первых, в диссертации показано, что петлевые поправки к корреляционным функциям на фоне сильного скалярного поля не растут вместе со временем эволюции, если скалярное поле достаточно медленно изменяется. Во-вторых, вычисленное в этом приближении эффективное действие теории не содержит мнимой части. Стоит отметить, что ни один из перечисленных вопросов ранее не рассматривался с точки зрения нестационарной квантовой теории поля в такой полноте и с такой скрупулезностью, как в диссертации. Таким образом, все результаты, полученные в ходе работы над диссертацией, являются новыми и актуальными.

На основе проведенных исследований Дмитрий опубликовал пять статей в международных рецензируемых журналах. Помимо этого, он является автором еще одного препринта по теме диссертации, в настоящий момент находящегося на рассмотрении в рецензируемом журнале. Кроме того, Дмитрий написал обзорную статью, посвященную модели SYK и двумерной дилатонной гравитации, опубликованную в журнале «Успехи Физических Наук» и тепло принятую научным сообществом. С полученными результатами Дмитрий многократно выступал на конференциях и семинарах в России и за рубежом.

Также стоит отметить, что научная работа Дмитрия была несколько раз поддержана престижными стипендиями и грантами. Так, в 2019 году Дмитрий получил стипендию фонда Потанина, в 2020 году выиграл индивидуальный грант «PhD Student» фонда «БАЗИС», а в 2021 году прошел строгий отбор и стал одним из немногих получателей стипендии им. А.Д. Сахарова. Более того, по результатам этого отбора Дмитрий был приглашен выступить на общем собрании Отделения физических наук РАН с кратким докладом про свою научную работу.

В процессе работы над диссертацией Дмитрий показал глубокое понимание квантовой теории поля и математической физики, научился самостоятельно формулировать научные задачи и выбирать методы их решения. Таким образом, Дмитрий быстро превратился из ученика в коллегу, на равных работающего с более опытными соавторами.

Таким образом, тема исследования является актуальной, а все результаты новыми; они своевременно опубликованы в ведущих научных журналах и докладывались на многочисленных семинарах и конференциях. Текст диссертации написан простым и понятным языком и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автограферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Учитывая вышесказанное, считаю, что Трунин Дмитрий Алексеевич безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика».

Научный руководитель, д.ф.-м.н., профессор,
ведущий научный сотрудник Лаборатории физики высоких энергий МФТИ,
заведующий кафедрой теоретической физики МФТИ,

Ахмедов Эмиль Тофик оглы

«18» февраля 2022 г.

Почтовый адрес: 141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.

e-mail: akhmedov@itep.ru

тел.: +7 (903) 666-20-10

