

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

им. В. А. Стеклова
Российской академии наук
(МИАН)

“ОТЗЫВ УТВЕРЖДАЮ”

ВРИО Директора Математического
Института им. В.А. Стеклова РАН

доктор физ.-мат. наук

академик РАН

Д.В. Трещев

27.02.17

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Попова Федора Калиновича
“Нестационарные явления во внешних сильных полях”,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Диссертация Ф.К. Попова посвящена изучению нестационарных явлений на фоне сильных внешних гравитационных или электромагнитных полей. Исследование нестационарных явлений в физике высоких энергий в последнее время становится актуальной научной проблемой. Спектр задач, связанных с данной тематикой достаточно обширен, он включает в себя проблему информационного парадокса, космологию, рождение частиц внешним электрическим полем. Среди наиболее известных результатов в этой области стоит указать работу С. Хокинга, в которой было

показано, что в квантовой теории черные дыры ведут себя как термодинамические объекты, для которых можно ввести понятие температуры и энтропии. В работах Д. Швингера было установлено, что в сильном электрическом поле возможны процессы рождения частиц. Также можно упомянуть многочисленные работы по изучению пространства де-Ситтера, где квантовая теория поля рассматривалась на фоне внешнего гравитационного поля. В большинстве случаев эффекты, возникающие в сильных внешних полях, изучались в рамках гауссовой теории поля. Диссертация Ф.К. Попова посвящена исследованию петлевых поправок к данным эффектам.

В диссертации рассматривается кинетический подход к данным проблемам. В рамках этого подхода с помощью уравнения Дайсона–Швингера и диаграммной техники Келдыша–Швингера выводится некоторый аналог кинетического уравнения. Автор рассматривает ряд задач, в каждой из которых обнаруживаются эффекты, требующие для своего описания применения кинетического подхода. Это свидетельствует о фундаментальном характере вопросов, рассмотренных в диссертационной работе, а также об актуальности проведенных исследований.

Диссертация Ф.К. Попова, объемом в 127 страниц, состоит из пяти глав и списка цитированной литературы из 99 наименований.

Первая глава, одновременно являющаяся введением, содержит общую характеристику работы. В ней обоснована актуальность темы, поставлены задачи и сформулированы полученные результаты. Помимо этого данная глава содержит развернутое объяснение основных подходов, которые применяются автором на протяжении всей диссертации.

Во второй главе изучается поведение скалярного поля на фоне пространства де-Ситтера. При помощи диаграммной техники Келдыша–Швингера вычисляется двухпетлевая поправка к пропагатору Келдыша, который содержит информацию о состоянии системы. Данная поправка секулярно расходится в пределе больших времен, когда времена уходят в бесконечное будущее, но их разность остается постоянной, и ею можно пренебречь по сравнению с самими временами. Автор доказывает, что петлевые поправки к вершинам и остальным пропагаторам не содержат секулярно растущих вкладов. На основании этих вычислений делается предположение о форме анзаца, который может разрешить уравнение Дайсона–Швингера. Показано, что в инфракрасном пределе данное уравнение переходит в уравнение типа кинетического, которое имеет два решения — стационарное и взрывное. Последнее решение становится сингулярным за конечное время. Данное обстоятельство указывает на необходимость учета влияния скалярного поля на внешнее гравитационное поле.

В главе 3 изучается скалярная квантовая электродинамика на фоне сильного

внешнего электрического поля. Показано, что и в этом случае возникают секулярно растущие петлевые вклады, но только для фотонного пропагатора. Вычисления проведены для разного выбора калибровки внешнего электрического поля — темпоральной и пространственной. Оказывается, что механизм возникновения секулярно растущих вкладов различный зависит от выбора калибровки. Тем не менее окончательные ответы совпадают, и, следовательно, они являются калибровочно инвариантными. Также проделывается суммирование лидирующих инфракрасных расходимостей при помощи уравнения Дайсона–Швингера.

В четвертой главе автор анализирует петлевые вклады для теории скалярного поля на фоне гравитационного коллапса. Здесь получены *in*-гармоники, которые диагонализуют гамильтониан в бесконечном будущем, а также исследовано их поведение в бесконечном будущем. При помощи полученных гармоник вычисляется поток энергии, который оказывается термальным, что обобщает результат, полученный Хокингом на случай массивных полей. Также анализируются двухпетлевые поправки в теории с взаимодействием. Показано, что данные поправки также секулярно растут со временем, что может указывать на разрешение информационного парадокса.

Пятая глава является заключением. В ней дается оценка полученных результатов и намечаются пути возможных дальнейших исследований.

К основным результатам диссертации следует отнести следующие:

- 1) установлено возникновение секулярно растущих петлевых поправок в скалярной электродинамике на фоне сильных электрических полей, а также в расширяющейся Пуанкаре карте в теории скалярного поля с взаимодействием $\lambda\phi^4$;
- 2) разработан метод суммирования лидирующих секулярных вкладов, основанный на уравнении Дайсона–Швингера;
- 3) в теории массивного скалярного поля излучение Хокинга получено из первых принципов; показано, что к древесному вкладу в излучение Хокинга имеются секулярно растущие петлевые поправки, которые модифицируют спектр излучения.

Оценивая диссертацию Ф.К. Попова в целом, следует подчеркнуть, что все проведенные им исследования являются актуальными и выполнены на высоком математическом уровне. Работа имеет теоретический характер. В ней используются методы кинетического уравнения, диаграммной техники Келдыша–Швингера, функционального интеграла. Работа содержит изложение всех необходимых предварительных сведений, что придает ей целостный характер. Результаты являются новыми и представляют большой научный интерес. К недостаткам работы следует отнести весьма скудное обсуждение обратного влияния скалярного поля на внешнее гравитационное или электромагнитное поле. Наличие данной проблемы упомянуто в диссертации, но обсуждено достаточно поверхностно. Нельзя также не отметить, что работа

изобилует англицизмами и другими языковыми погрешностями, что затрудняет ее адекватное восприятие.

Отмеченные недостатки, впрочем, не влияют на общую оценку диссертации Ф.К. Попова. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой решены важные задачи в области нестационарных явлений на фоне сильных внешних полей. Она вносит существенный вклад в развитие этого направления. Результаты диссертации представляют интерес для специалистов из Института теоретической и экспериментальной физики им. А. И. Алиханова, Объединенного института ядерных исследований в Дубне, Физического института им. П. Н. Лебедева РАН, Московского и Санкт-Петербургского университетов, Математического института им. В. А. Стеклова РАН.

Все основные результаты диссертации докладывались на многочисленных семинарах и конференциях, в том числе и международных, опубликованы в известных зарубежных физико-математических журналах, индексируемых и реферируемых в базах данных РИНЦ, Scopus, Web of Science. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Суммируя вышеизложенное, заключаем, что диссертационная работа Ф.К. Попова представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему современной теоретической физики. Диссертация удовлетворяет требованиям “Положения о порядке присуждения ученых степеней” ВАК. По своему содержанию результаты диссертации соответствуют п. 7 “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, а ее автор Ф.К. Попов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании отдела теоретической физики Математического института им. В.А. Стеклова РАН 25 января 2017 года.

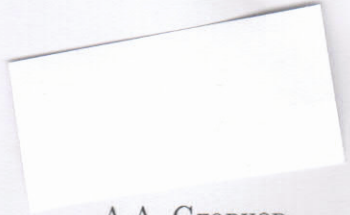
Отзыв составил

доктор физико-математических наук
ведущий научный сотрудник,
nslavnov@mi.ras.ru, +7 (495) 984 81 41



Н.А. Славнов
Никита Андреевич

Зав. отделом теоретической физики МИАН,
доктор физико-математических наук,
академик РАН
slavnov@mi.ras.ru, +7 (495) 984 81 46



А.А. Славнов
Андрей Алексеевич

Математический Институт им. В.А. Стеклова РАН,
119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 8