

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шишмарева Алексея Александровича «Некоторые вопросы квантовой электродинамики сильного электрического поля, заданного потенциалами ступенчатого типа», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Диссертация А.А. Шишмарева посвящена изучению ряда проблем квантовой электродинамики в сильных электрических полях, заданных потенциалами ступенчатого типа. Это направление исследований имеет приложения в различных областях физики: астрофизике, космологии, физике нейтрино, ядерной физике и физике наноструктур. В частности, при описании свойств графена во внешнем электромагнитном поле, практически любое электрическое поле может рассматриваться как сильное. Разработка непертурбативных методов описания квантово-полевых эффектов является важным направлением исследований в этой области. Другой областью возможного применения полученных результатов является теория квантовой информации. Учитывая интерес к использованию графена в качестве нового материала для создания квантовых компьютеров, можно ожидать, что квантовая электродинамика, учитывающая эффекты процессов рождения электрон-позитронных пар под действием электрических полей, окажется полезным инструментом для изучения вопросов, связанных с квантовой запутанностью.

В диссертационной работе получены результаты, которые могут быть интересны специалистам в области квантовой теории поля и теории квантовой информации. В рамках квантовой электродинамики с зависящими от времени электрическими полями построен явный вид матрицы плотности, редуцированной в результате измерения числа рожденных из вакуума пар, электронов или позитронов. При помощи энтропии фон Неймана исследуются вопросы квантовой запутанности и потерь информации для электронной и позитронной подсистем полной квантовой системы для различных начальных состояний такой системы. В рамках квантовой электродинамики с постоянными неоднородными электрическими полями вычислены дифференциальные и интегральные числа частиц, рождаемых из вакуума под действием сильного постоянного электрического пикового поля, заданного ступенчатым потенциалом, и исследованы характеристики системы, связанные с нестабильностью вакуума. Найдено условие унитарной эквивалентности начальных и конечных фоковских пространств и установлено, что для рассматриваемых полей данное условие всегда выполняется. Исследована эволюция начального вакуумного состояния дираковского поля под действием постоянного неоднородного внешнего поля, заданного потенциальной ступенью. Получен явный вид общей и редуцированной матриц плотности для электронной и позитронной подсистем. Для рассмотренных редуцированных матриц плотности найдена соответствующая энтропия фон Неймана.

Автореферат верно отражает содержание диссертационной работы, в нем последовательно описаны методы исследований и результаты, показана их теоретическая и практическая значимость, а также обоснована достоверность научных положений, выносимых на защиту.

У меня имеются следующие замечания:

1. Для случая рассматриваемого в диссертации равновесного начального состояния автор утверждает, что построенное выражение для энтропии фон Неймана электронной и позитронной подсистем справедливо для случая достаточно низких температур, поскольку при высоких температурах вклад от эффекта рождения частиц является пренебрежимо малым. Был бы уместен критерий того, какими именно температурами ограничивается область применимости используемой теории.
2. В автореферате на с. 3 автор пишет: «В диссертации в рамках специальной КЭД, позволяющей учитывать взаимодействие с внешним электрическим полем, ...». Что такое «специальная КЭД» и совпадает ли она со стандартной КЭД во внешнем поле?
3. В разделе «Степень разработанности» автореферата при обсуждении обобщения картины Фарри на случай полей, рождающих частицы из вакуума, упоминается только работа Фрадкина, Гитмана, 1981 г. Такое обобщение рассматривалось и в других работах, например, М.И. Широков, Яд. Физ. 7, 672 (1968).
4. В автореферате не обсуждается мотивация выбора  $in$ - и  $out$ -состояний (10) во внешнем стационарном электрическом поле. Число рожденных частиц, найденное в диссертации, зависит от этого выбора. Можно ли обобщить используемое в диссертации определение

in- и out-частиц на случай стационарных электромагнитных полей, отличных от нуля в ограниченной области пространства?

5. При обсуждении актуальности темы исследований (автореферат, с. 3) особый упор делается на применение разработанных методов в физике графена. Однако, насколько я понял, таких приложений в диссертации не рассматривается.

Тем не менее, эти замечания не умаляет ценности проделанной работы и полученных соискателем результатов.

Считаю, что работа соответствует требованиям «Положения ВАК о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика.

Казинский Петр Олегович

Профессор кафедры квантовой теории поля Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доцент, доктор физико-математических наук (диссертация защищена по специальности 01.04.02 - теоретическая физика)

Даю свое согласие на обработку персональных данных.

**Адрес:** 634050, Томск, пр. Ленина, 36

Тел.: (3822) 529585

Факс: (3822) 529585

e-mail: rector@tsu.ru

<http://www.tsu.ru/>

Подпись П.О. Казинского заверяю:

Ученый секретарь ученого совета ТГУ

Дата: 10.10.2018



Н.А. Сазонтова