

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу И.С.Терехова
" ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ В ФИЗИКЕ
ТВЕРДОГО ТЕЛА И ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ВНЕ
РАМОК ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ",
представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Диссертация посвящена теории нелинейных полевых динамических систем, в которых прямое применение теории возмущений невозможно, однако степени свободы, требующие непертурбативного описания, могут быть отделены от остальных и исследованы точно. В качестве таковых систем И.С.Тереховым изучены заряженные примеси и донорские электроны в графене и оптические импульсы в волоконных линиях связи в режиме слабой дисперсии и при наличии фотонного шума.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и трех приложений. Во введении приводится обоснование актуальности диссертационной работы, формулируется цель и обсуждаются научная новизна и практическая значимость представляемой работы. Там же имеется список представленных к защите результатов.

В первой главе исследуется поляризация внешним потенциалом электронного газа в графене и следующее из этого экранирование внешних зарядов. При этом рассматривается случай вырождения Ферми-поверхности в точку (точнее, две точки, что учитывается введением псевдоспина). Для экранирования кулоновской примеси существенны эффекты дальнего действия, что видно в сравнении с экранированием локализованного потенциала, также рассмотренного в первой главе. Учет взаимодействия между зонными электронами проводится в приближении простого самосогласованного поля,

что представляется неплохим приближением по обратному числу локальных степеней свободы (их в задаче четыре). Результатом является определение критического заряда примеси, при котором система еще устойчива. Отмечу, что отклик существенно нелинейный, используются точные релятивистские кулоновские функции Грина и совершенно неочевидное свойство локализации индуцированного заряда на примеси, которое и позволяет решить задачу до конца.

Во второй главе исследуется взаимодействие электронной жидкости в графене с внешним магнитным полем, порождаемым непроницаемым или частично проницаемым соленоидом. Эта постановка физически реализуема, осмыслена и на языке физики высоких энергий показывает, что такое эффект Боме-Ааронова в случае безмассовых заряженных частиц — непосредственные измерения такого рода для элементарных частиц представляются затруднительными. Вообще стоит отметить свежесть взгляда диссертанта, нашедшего и решившего эту красивую задачу.

В третьей главе изучается взаимодействие двух электронов в графене с энергиями выше фермиевской. Многочастичность задачи требует привлечения довольно сложных методов квантовой теории поля, таких, как уравнение Бете-Солпитера, которое хоть и было сформулировано много лет назад, но последовательно решалось в весьма ограниченном числе случаев (например, для позитрона) и по теории возмущений. В диссертации рассматривается в некотором смысле предельный случай, обратный к разобранным ранее. Полученные результаты содержат, в том числе, загадочное явление долгоживущего локализованного состояния, возникающего в процессе электрон-электронного рассеяния. Мне представляется, что это интересно, но требует дополнительного анализа, который позволит понять качественную картину (роль эффективного релятивизма, статистики, точечности поверхности Ферми — что является определяющим фактором, что не слишком важно...).

В четвертой главе рассмотрена задача о примеси со спином, взаимодействующим с трехмерным антиферромагнетиком, с такими параметрами, что он находится вблизи точки перехода между антиферромагнитным порядком и димеризованной парамагнитной фазой. Спин примеси поляризует антиферромагнитную намагниченность вокруг примеси. Близость к точке квантового фазового перехода позволяет оставить в динамике антиферромагнетика только длинноволновые моды. В этом гидродинамическом приближении задача о пространственном распределении возмущения спиновой плотности может быть решена с помощью ренормгруппы, поскольку ведущие инфракрасные расходимости оказываются логарифмическими.

В пятой главе развивается теоретико-полевой формализм для исследования нелинейных каналов связи, динамика которых может быть описана нелинейным уравнением Шредингера. Для длинных оптоволоконных линий связи керровской нелинейностью пренебречь нельзя, а увеличение плотности передаваемой информации делает такой класс задач актуальным и востребованным. В солитонном и линейном секторах подходящий аппарат вместе с основными оценками был сформулирован ранее, однако предел нулевой дисперсии не рассматривался, притом что он может быть непосредственно реализован в оптическом волокне. В диссертации в этом пределе точно вычислены плотности условной вероятности, энтропия выходящего сигнала, условную энтропия и взаимная информация для нелинейных каналов связи с шумом. Данное исследование важно также с методической точки зрения, поскольку такого рода предельно нелинейные полевые системы с шумом ранее не изучались и результаты, полученные в диссертации, весьма поучительны. Для систем с шумом язык функционального интегрирования является наиболее адекватным, однако классические вопросы должны сначала на нем быть сформулированы. Даже развитие теории возмущений по нелинейности для величин типа условной вероятности может быть достаточно просто проведено только после

предварительного вывода функционального представления для данного объекта, что и было проделано в диссертации.

Диссертационная работа И.С.Терехова основана на статьях, опубликованных в ведущих международных журналах, её результаты признаны научным сообществом, написана она достаточно подробно и понятно. К дефектам изложения я бы отнес уже отмечавшееся выше недостаточное внимание к качественным пояснениям. Но это можно исправить в будущих обзорах.

Основные положения диссертации являются новыми, научный уровень не вызывает сомнений, подход автора может рассматриваться как новое направление в теоретической физике изучаемых им систем. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация И.С.Терехова удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Официальный оппонент,

ВРИО директора ИТФ РАН им. Л.Д.Ландау,

д.ф.-м. н.

Колоколов Игорь Валентинович

20 мая 2019 года

Институт теоретической физики РАН им. Л.Д.Ландау

142432, Московская обл., г. Черноголовка,

пр. академика Семенова 1а, тел. +7 (495) 702-93-17

e-mail: kolokol@itp.ac.ru

Подпись И.В.Колоколова удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого Совета ИТФ РАН им. Л.Д.Ландау

к. х.н.



С. А. Крашаков