

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Университета ИТМО


В.О. Никифоров

_____ 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

КОЗЛОВА ГЛЕБА ГЕННАДЬЕВИЧА

**«ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ
НИЗКОРАЗМЕРНЫХ ТРАНСЛЯЦИОННО-НЕСИММЕТРИЧНЫХ
ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР»,**

представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности: 01.04.02 – теоретическая физика

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ РАБОТЫ

В связи с развитием технологий искусственного производства низкоразмерных твердотельных систем (квантовые ямы, квантовые проволоки, оптические волокна и т.д.) возникает необходимость анализа влияния случайных отклонений от однородности (отклонений от трансляционной симметрии) на свойства таких объектов. Необходимость такого рода анализа возникает также при изучении «естественных» низкоразмерных систем (сюда можно отнести, например, спектроскопию J -агрегатов или квазиодномерных атомных цепочек в трехмерных кристаллах). В диссертации Г.Г. Козлова предлагается подход к моделированию и расчету спектральных и локализационных свойств указанных систем при наличии в них беспорядка. Предложенные методы помогают понять механизмы формирования энергетического спектра, изучить природу собственных состояний и ее влияние на спектроскопические характеристики системы и процессы переноса возбуждений в низкоразмерных системах при наличии беспорядка. Особо следует отметить, что значительное место в диссертационной работе уделено

расчету энергетического спектра и локализации в коррелированных разупорядоченных системах, интерес к которым в последнее время заметно возрос. В силу указанных причин тема диссертационной работы может быть признана актуальной.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из Введения и 9 глав. Первая (обзорная) глава содержит сводку результатов, используемых автором в оригинальной части диссертационной работы. Во второй главе исследуются ограниченные системы с неслучайными границами и дается обоснование того, что гамильтониан [формула (4)] может быть использован для теоретического анализа подобных систем.

Основное оригинальное содержание диссертации изложено в главах с третьей по девятую и включает исследования локализационных и спектральных свойств разупорядоченных систем.

В третьей главе исследуются классические диагонально разупорядоченные модели с точки зрения расчета плотности энергетических состояний. Наиболее интересным результатом этой главы представляется точное решение коррелированной модели Ллойда. Полученное решение показывает, что для коррелированных случайных потенциалов определенного типа, усредненная плотность состояний соответствующего гамильтониана не зависит от радиуса корреляции и представляет собой сглаженную плотность симметричной модели. Этот результат важен для теории случайных матриц, в которой количество точных результатов невелико. Кроме того, возможно, этот результат окажется полезным для описания спектров J -агрегатов при наличии дипольного беспорядка, когда постановка задачи близка к той, что описана в диссертации. Наконец, этот результат важен с точки зрения общей теории разупорядоченных систем, поскольку может являться «опорным» при формулировке родственных задач.

В главах с 4-ой по 8-ю диссертант описывает оригинальный метод расчета «критерия Андерсона» (остаточной плотности на исходном узле). Несмотря на то, что эта задача является одной из классических в теории разупорядоченных систем, диссертанту удалось продемонстрировать эффективность предложенного им метода совместной статистики опережающей и запаздывающей функций Грина и получить ряд новых результатов. Предложенная диссертантом методика позволяет вычислять «функции участия», которые дают возможность судить о спектральной зависимости локализационных свойств случайного гамильтониана. Указанные функции рассчитаны диссертантом для весьма широкого круга случайных потенциалов – потенциал типа «набора дефек-

тов», слабо разупорядоченный некоррелированный потенциал общего вида, потенциал со «сложной структурной единицей», потенциал с бесконечной дисперсией, коррелированный случайный потенциал. Спектральный ход функции участия для указанных видов случайного потенциала может существенно различаться. Так, для случайного потенциала типа «дефектов» за пределами кристаллической зоны могут появиться особенности, соответствующие возникновению дефектных состояний. Спектральный ход функции участия в случае «сложной структурной единицы», напротив, демонстрирует «точки делокализации» и т.д. Такое поведение является важным и интересным для изучения транспорта возбуждений в разупорядоченных системах.

Материал диссертации изложен с единой точки зрения, предложенной и обоснованной автором, весьма логично и достаточно хорошим языком.

НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЯ И НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Следует отметить, что универсальных подходов к моделированию и расчету низкоразмерных разупорядоченных систем (подобных подходам, использующим теорему Блоха в теории трансляционно-симметричных моделей) в настоящее время не существует. Диссертант развивает предложенный Ф. Дайсоном метод анализа плотности состояний низкоразмерных разупорядоченных систем, основанный на изучении статистики функции Грина случайного гамильтониана. В предлагаемой диссертационной работе метод статистики гриновских функций применяется для изучения характера собственных состояний случайного гамильтониана, что потребовало существенного изменения предложенной Ф. Дайсоном схемы расчета. Соответствующая часть работы является новой и оригинальной как с методической точки зрения, так и с точки зрения полученных результатов. Новыми являются также результаты работы, относящиеся к исследованию плотности состояний, особенно это относится к полученному в диссертации точному решению коррелированной модели Ллойда.

ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЙ

Исследования, проведенные в диссертации, зиждутся на базе хорошо апробированных результатов физики разупорядоченных систем. Так, работа Ф. Дайсона 1958-го года по статистике функции Грина одномерной цепочке является к числу классических исследований. Достоверность полученных в работе результатов гарантируется связностью и подробностью математических выводов, а также тем, что все полученные в ра-

боте результаты опубликованы в рецензируемых журналах и доложены на научных семинарах, перечисленных в автореферате. О достоверности выполненных в диссертации исследований свидетельствует также целый ряд приведенных в работе компьютерных экспериментов.

НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные автором результаты, касающиеся плотности состояний диагонально разупорядоченных моделей, показывают, что вид этих функций может изменяться от совершенно гладких (в модели Ллойда) до функций фрактального типа, имеющих бесконечное число разрывов. В сочетании с предложенными в работе алгоритмами вычисления функций данного типа (для бинарного и однородного беспорядков), эти результаты представляют значительный интерес для физики разупорядоченных систем, где вычисление и анализ плотности состояний является одной из основных задач. То же можно сказать о полученном автором точном решении для усредненной функции Грина модели Ллойда с корреляциями. Предложенное в диссертации обобщение метода Дайсона для исследования локализации в случайной системе обладает известной универсальностью, поскольку автору удалось проанализировать целый ряд достаточно разнородных моделей, в том числе модель с корреляцией и модель с бесконечной дисперсией случайного потенциала. Все это свидетельствует о высокой значимости диссертационной работы Г.Г. Козлова для и дает основание оценить значимость для науки предлагаемой как высокую.

Результаты диссертационной работы Г.Г. Козлова могут быть использованы при исследованиях спектральных свойств и транспорта носителей тока в низкоразмерных систем, ведущихся в ряде организации в России и за рубежом, в т.ч., в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербургском отделении Математического института им. В.А. Стеклова РАН, Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете, Политехническом университете Петра Великого, Instituto de Fisica, Universidad de las Américas Puebla (Мексика), Zernike Institute for Advanced Materials, Groningen (Нидерланды).

НЕДОСТАТКИ РАБОТЫ

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания. В обзорной главе отсутствует упоминание ряда важных направлений и методов физики разупорядоченных систем. Так отсутствует сколько-нибудь подробное описание метода, осно-

ванного на исследовании так называемой «длины локализации», нет информации о методе «когерентного потенциала» и ряде других методов. Несмотря на то, что автор не использует упомянутые подходы в оригинальной части работы, их описание помогло бы проконтролировать результаты автора и понять связь методик анализа плотности состояний и локализации, предложенных автором, с известными методиками. К тому же, в приведенном в 9-ой главе анализе 0-состояния автор упоминает понятие длины локализации и даже, в какой-то степени, критикует его. Можно также указать на отсутствие сравнения предложенного автором рассмотрения задачи об отражении света при наличии пространственной дисперсии с классическими результатами С.И. Пекара.

Нельзя не упомянуть и некоторые недостатки оформления диссертации. В первую очередь, бросается в глаза странная нумерация разделов, несколько дезориентирующая читателя. Введение получает номер 0.1, первая глава – 0.2, вторая – 0.3 и т.д. При этом в автореферате нумерация глав работы вполне обычная. Список литературы почему-то не удостоился упоминания в оглавлении диссертации. Оформлен этот список тоже недостаточно аккуратно – отсутствует единообразие в оформлении отдельных ссылок. Трудно признать удачной сплошную нумерацию формул по всей диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доклад Козлова Г.Г. заслушан, и отзыв обсужден и одобрен на научном семинаре Центра «Информационные оптические технологии» Университета ИТМО, протокол № 2 от 25 февраля 2016 г. По результатам обсуждения диссертация получила положительную оценку, причем отмечены отдельные недостатки, которые не снижают общей положительной оценки работы. Основные результаты диссертации работы опубликованы в авторитетных отечественных и международных журналах, включенных в информационные системы Scopus и Web of Science, а также доложены на представительных научных семинарах в организациях, ведущих работы по тематике диссертации. Автореферат достаточно полно и вполне адекватно отражает содержание диссертации.

Считаем, что по научному уровню и объему выполненных исследований, актуальности решенных задач, научной новизне и значимости полученных результатов для дальнейших исследований диссертационная работа «Энергетическое и пространственное строение низкоразмерных трансляционно-несимметричных твердотельных структур» полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК России к докторским диссертациям, в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сен-

тября 2013 г. № 842 (ред. от 30.07.2014), и паспорту специальности 01.04.02 – «теоретическая физика».

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области теории низкоразмерных структур. Считаем, что ее автор, Козлов Глеб Геннадиевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «теоретическая физика».

Отзыв составили:

Директор Центра «Информационные оптические технологии», заведующий кафедрой «Оптическая физика и современное естествознание» Университета ИТМО
доктор физ.-мат. наук, профессор

Федоров А.В.

Главный научный сотрудник ЦИОТ, п
ры ОФиСЕ Университета ИТМО
доктор физ.-мат. наук, профессор

Перлин Е.Ю.

Адрес: 199034, Санкт-Петербург, Биржевая лин., 14,
Центр «Информационные оптические технологии»
Университета ИТМО
Тел./Факс: +7 (812) 457-18-80
E-mail: perlin@mail.ifmo.ru