

ОТЗЫВ

официального оппонента 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

1. Актуальность избранной темы

Использование различного рода симметрии при построении математических моделей в физике твердого тела является типичным и существенно облегчает моделирование. Между тем часто возникает необходимость создания математических моделей твердотельных систем, не имеющих определенной симметрии. Это малые фрагменты кристаллов, дефектные системы, стеклообразные системы, системы в случайном поле и т.п. Математические трудности при таком моделировании общеизвестны. В диссертации рассматриваются простейшие низкоразмерные системы подобного рода, и делается попытка развить подходы, претендующие на универсальность. В этом смысле задачи, поставленные в диссертационной работе, являются актуальными.

Все многообразие возможных постановок задач, связанных трансляционно-несимметричными и разупорядоченными системами, автор сводит к исследованию гамильтониана (4) (нумерация, введенная в диссертационной работе). Несмотря на подобное ограничение, Козлов Г.Г. показывает, что целый ряд свойств простой модели (4) имеет общий характер и математические трудности, возникающие при исследовании спектральных и локализационных свойств гамильтониана (4), могут встретиться и при другой постановке задачи. Поэтому указанное ограничение можно признать конструктивным, тем более что модель (4) очень популярна среди исследователей и является одной из основных.

2. Содержания и апробация работы

Диссертационная работа включает 237 страниц, в том числе 30 рисунков. Она состоит из введения, 9 глав, заключения и списка используемой литературы из 112 наименований.

Главное оригинальное содержание диссертации относится к исследованию низкоразмерных однородно разупорядоченных (случайных) систем и изложено в главах с третьей по девятую включительно. В третьей главе исследуются спектральные свойства гамильтониана (4) при наличии диагонального беспорядка различного типа. Наиболее важным результатом является приведенное в этой главе точное решение коррелированной модели Ллойда. В связи с математической трудностью теории случайных систем в ней часто применяются приближенные методы решения, причем корректность применяемых приближений часто сложно проконтролировать. Точное решение спектральной задачи для какой-либо случайной матрицы представляет, во-первых, чисто математический интерес, а во-вторых, позволяет апробировать приближенные методы для родственных задач.

В главах 4 – 8 автор описывает разработанный им метод исследования локализации в одномерных случайных системах. Метод представляет собой развитие подхода Дайсона, в котором вычисляется статистика краевой функции Грина случайной системы, и с ее помощью находится плотность состояний. Автор, по сути, применяет метод Дайсона для исследования локализации. Для этого, как известно, требуется знание одновременно опережающей и запаздывающей функций Грина, что приводит к существенному усложнению задачи. Автор формулирует уравнения на совместную статистику двух функций Грина и развивает приближенные методы его решения при разнообразных параметрах малости (разброс узельных энергий, концентрация дефектов, радиус корреляции случайного потенциала) и различных видах случайного потенциала. В этих главах наиболее важными являются выполненные автором расчеты степени локализации для систем с бесконечным вторым моментом случайного потенциала. В этом случае возникает необходимость переопределения малого параметра (дисперсия случайного потенциала уже не может считаться таковым), и предложенная Козловым Г.Г. схема решения уравнения для совместной статистики функций Грина, возможно, может быть применена для задач, выходящих за рамки диссертационной работы.

Кроме этого, интересным является применение метода совместной статистики функций Грина к коррелированным системам. В этом случае, как показано в диссертации, парамет-

ром малости может служить обратный радиус корреляции случайного потенциала. Это позволяет применить результаты автора к коррелированным системам с сильным беспорядком. Представляет интерес установленное Козловым Г.Г. значительное отличие спектральной зависимости степени локализации (функции участия) коррелированных и некоррелированных систем. В последнее время наблюдается возрастание интереса к коррелированным разупорядоченным системам, и исследования автора следует признать актуальными.

В целом, содержание глав 4 – 8 показывает, что Козлову Г.Г. удалось продемонстрировать известную универсальность разработанного им в диссертационной работе метода совместной статистики функций Грина для анализа локализации в низкоразмерных системах.

Диссертационная работа прошла апробацию на научных семинарах в ведущих научных институтах Санкт-Петербурга. Список публикаций, в которых изложено основное содержание работы, включает 12 наименований (все из перечня ВАК), в основном опубликованных Г.Г. Козловым без соавторов.

3. Достоверность результатов исследования

Результаты, полученные в диссертационной работе, имеют высокую степень обоснованности. Это гарантируется внутренней связностью работы и перепроверкой приведенных расчетов. Так, приведенное в главе 4 выражение для степени локализации слаборазупорядоченной системы общего вида и демонстрирующее стандартную теорию возмущений по конечному малому параметру находится в полном соответствии с выражением для степени локализации систем с бесконечной дисперсией (формулы (296) и (494) диссертационной работы). Другим (и не единственным) примером может служить материал 9 главы, в которой предложенным Козловым Г.Г. методом манипуляции диаграммами решаются известные задачи теории разупорядоченных систем, и только после этого метод применяется для решения оригинальной задачи. Многочисленные компьютерные эксперименты также гарантируют достоверность полученных в работе результатов.

4. Значимость полученных результатов

Как отмечается в диссертационной работе, в настоящее время отсутствует универсальный математический аппарат для анализа разупорядоченных твердотельных систем. Подход к исследованию одномерной локализации, предложенный Козловым Г.Г., удачно дополняет существующие (например, анализ так называемой длины локализации). Исследование спектральных свойств случайных матриц, возникающих в теории разупорядоченных твердотельных моделей, также представляется значимым. В этом аспекте особенно важным является полученное Козловым Г.Г. точное решение модели Ллойда с коррелированным случайным потенциалом. Среди значимых вспомогательных результатов можно отметить введенную Козловым Г.Г. систему специальных функций. Указанная система функций представляет математический интерес и, возможно, найдет применение и для задач, выходящих за рамки диссертационной работы.

5. Практическая значимость результатов проведенных исследований

Результаты, полученные в диссертационной работе, относятся к физике разупорядоченных систем и могут быть использованы наряду с уже имеющимися методами анализа локализации состояний и спектральных свойств таких систем. Так, предложенный автором метод совместной статистики функций Грина может использоваться для расчета характеристик локализованных состояний вместе с расчетами длин локализации таких состояний. Точное решение и своеобразная масштабная инвариантность модели Ллойда, описанные в работе, могут использоваться для апробации приближенных решений родственных задач. Описанный автором эффект антизеркального отражения может быть использован для построения моделей квазидвумерных систем типа квантовых ям, например для исследования роли пространственной дисперсии в спектроскопии таких объектов.

6. Замечания по диссертационной работе

По главе 2. Спектроскопия конечных одномерных систем, квантовых точек и квантовых ям очень популярна, и поэтому, например, не очень ясно, чем метод анализа дополнительных волн автора лучше классических добавочных условий Пекара.

По главе 5. Полученная Козловым Г.Г. спектральная зависимость функции участия для случая дискретного кусочно-постоянного случайного потенциала (в терминах диссертации – потенциал со сложной структурной единицей) демонстрирует «точки делокализации». В диссертации следовало хотя бы качественно объяснить это явление, которое, возможно, могло бы понять также появление чрезвычайно узких максимумов полученной численно функции участия в этих точках. Автор диссертации ограничился только демонстрацией того факта, что его теория возмущений расходится в указанных точках.

Материал 9 главы стоит несколько в стороне от темы диссертации и нигде не опубликован. С другой стороны этот материал (во всяком случае, частично) является оригинальным и его апробация в рецензируемых изданиях была бы желательна.

В диссертации очень мало ссылок на экспериментальные работы по низкоразмерным разупорядоченным системам. Автор иллюстрирует теоретические результаты лишь численными расчетами - компьютерными экспериментами.

7. Заключение

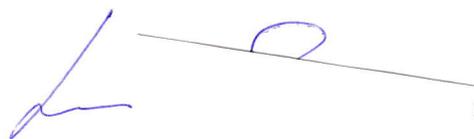
Представленные Козловым Г.Г. результаты работы имеют важное значение для понимания физики процессов, происходящих в низкоразмерных структурах.

Автореферат диссертации оформлен в соответствии с требованиями и максимально полно отражает содержание диссертации.

Хотя список публикаций, в которых изложено основное содержание работы, насчитывает 12 наименований, по данным Web of Science на 2016 г. автор диссертации опубликовал 49 статей (в том числе обзор в УФН, 1999, т. 169, с. 909), которые цитировались более 200 раз; h-индекс автора равен 9. Козлов Г.Г. является не только высококвалифицированным физиком в теории разупорядоченных низкоразмерных структур, но и в области магнито-оптических эффектов (обзор в УФН). Он также автор работ по шумовой спектроскопии спиновых систем и медленному свету.

Таким образом, диссертация Козлова Г.Г. на соискание ученой степени доктора физико-математических наук отвечает требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» № 842 предъявляемым к докторским диссертациям: является законченной научно-квалификационной работой, в которой сформулированы теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в физике низкоразмерных трансляционно-несимметричных структур. Считаю, что автор диссертации – Козлов Глеб Геннадьевич – заслуживает присвоения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Официальный оппонент
Евгений Николаевич Бодунов,
доктор физ.-мат. наук, профессор,
заведующий кафедрой «Физика»



ЮВ

Петербургский государственный университет путей
190031, Санкт-Петербург,
Московский пр., 9
тел. (812) 314-98-68
evgeny.bodunov@inbox.ru

ра Александра I,