

“УТВЕРЖДАЮ”

Зам. директора по научной работе
НИЦ «Курчатовский институт»
Петербургский институт ядерной
физики им. Б.П. Константинова
С. В. Саранцева

«__» октября 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» (НИЦ КИ ПИЯФ) на диссертацию Бельтюкова Ярослава Михайловича «Теория случайных матриц и колебательные свойства аморфных твердых тел», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Диссертация посвящена фундаментальной проблеме описания колебательных свойств аморфных диэлектриков и микроскопической природы теплопроводности в этих материалах.

Проведенные исследования являются весьма **актуальными**, поскольку вопрос о физическом механизме, отвечающем за перенос тепла в стеклах в диапазоне температур от 20 до 1000 К до сих пор остается открытым и широко обсуждается в литературе.

Целью работы является систематическое изучение колебательных свойств аморфных твердых тел с помощью случайных матриц и определение наиболее важных типов колебаний и их транспортных свойств.

Новизна работы заключается в предложенном способе описания аморфной среды с помощью случайных матриц. С одной стороны, такой способ позволяет варьировать степень беспорядка в широких пределах, с другой стороны, он гарантирует устойчивость полученной неупорядоченной среды.

Такой подход позволил строго обосновать концепцию, предполагающую существование в аморфных телах трех типов колебательных возбуждений: фононов, диффузонов и локализованных колебаний, а также определить критерии, разделяющие области существования этих типов колебаний. Разработанные методы теоретического и численного анализа позволили также изучить колебания в дисперсных средах и в аморфном кремнии.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы.

Во введении обоснованы актуальность и цели исследований, сформулированы положения, выносимые на защиту. Также во введении приведен обзор наиболее важной литературы по теме диссертации.

Первая глава диссертации посвящена описанию аморфного тела с помощью устойчивых (положительно определенных) случайных матриц. Опираясь на общие свойства динамической матрицы, описана неупорядоченная среда со случайными силами связей между атомами, которые расположены в узлах кубической решетки. Такая модель позволяет рассматривать произвольную силу беспорядка, включая такие предельные случаи, как крайне неупорядоченная мягкая среда без макроскопической жесткости или идеальный кристалл. Также в данной главе производится сравнение полученных результатов с классическими результатами теории случайных матриц.

Во второй главе в рамках предложенной модели случайных матриц исследуются транспортные свойства колебаний. С помощью численных методов получены динамический структурный фактор, частота Иоффе-Регеля и коэффициент диффузии энергии колебаний. Результатом данной главы стала температурная зависимость теплопроводности, которая хорошо согласуется с экспериментальными данными.

В третьей главе диссертации рассмотрена модель дисперсной среды Лиу-Нагеля. Свойства такой модели во многом совпадают со свойствами случайных решеток, рассмотренных в предыдущих главах. Основным результатом данной главы является представление динамической матрицы дисперсных сред в виде

$M = AA^T$, где столбцы матрицы A соответствуют упругим контактам между частицами, а строки матрицы A – степеням свободы отдельных частиц. Такое представление динамической матрицы позволяет определить плотность колебательных состояний с помощью теории случайных матриц. Полученная плотность колебательных состояний примерно постоянна в широком диапазоне частот, который определяется отношением числа степеней свободы к суммарному числу упругих контактов в системе, что находится в хорошем согласии с результатами численных экспериментов.

В четвертой главе диссертации рассмотрена численная модель аморфного кремния, которая описывает взаимодействие атомов с помощью потенциала Стиллинджера-Вебера. Показано, что свойства поперечных и продольных колебаний в аморфном кремнии существенно отличаются. Так, отличия в плотности колебательных состояний и частотах Иоффе-Регеля объясняют пик в коэффициенте диффузии энергии колебаний.

К недостаткам работы можно отнести следующие замечания:

1. Ряд рисунков (1.16, 1.18, 1.20, 1.23, 2.11, 2.12) приведен на страницу ранее упоминания в тексте, а на рис. 2.1 отсутствует ссылка в тексте.

2. В главе 3 приведена модель дисперсных сред Лиу-Нагеля, не учитывающая диссипацию энергии колебаний. Однако в реальных дисперсных средах диссипация может играть заметную роль.

3. В главе 4 использован оригинальный метод разложения плотности колебательных состояний на продольную и поперечную компоненту с помощью построения ячеек Вороного, однако подробности данного метода не вошли в текст диссертации.

Приведенные замечания не снижают общий высокий уровень диссертации. Представленные в ней результаты неоднократно докладывались на конференциях. Научные положения и результаты диссертации хорошо аргументированы и обоснованы. Подходы к решению задач тщательно продуманы. Полученные результаты вносят существенный вклад в развитие

теории неупорядоченных систем.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы к использованию в ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, МГУ, СПбГУ, ИТФ им. Ландау, ФИАН, НИЦ "Курчатовский институт".

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842 (ред. от 02.08.2016)», а её автор, Бельтюков Ярослав Михайлович, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Доклад Я.М. Бельтюкова заслушан и обсужден на научном семинаре по физике конденсированного состояния НИЦ КИ ПИЯФ, 6 октября 2016 г.

Отзыв утвержден на заседании Отделения теоретической физики НИЦ КИ ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» 20 октября 2016 года.

Ведущий научный сотрудник
НИЦ КИ ФГБУ ПИЯФ,
доктор физ.-мат. наук

А.В. Сыромятников

Директор Отделения теоретической физики
НИЦ КИ ФГБУ ПИЯФ,
академик РАН

Л. Н. Липатов

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
Федеральное государственное бюджетное учреждение
Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Орлова роща, г. Гатчина, Ленинградская обл., 188300
asyromyatnikov@yandex.ru, +7(81371)46968
Lev.Lipatov@thd.pnpi.spb.ru, +7(81371)46096