

УТВЕРЖДАЮ
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау
Российской академии наук
142432, Россия, Московская обл.
г. Черноголовка, ул. акад. Семенова, 1а
док. физ.-мат. наук, И.В. Колоколов



16 февраля 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Гранта Топчяна (Hrant Topchyan)
“Edge states in quantum Hall effect and in topological insulators”,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 - теоретическая физика

Актуальность темы. Диссертационная работа Г. Топчяна посвящена изучению краевых состояний в топологических изоляторах. Хорошо установлено, что структура краевых состояний, с одной стороны, характеризует топологический порядок в объеме, а, с другой стороны, определяет транспортные характеристики топологического изолятора, актуальность темы исследований не оставляет сомнений. Отметим, что если для целочисленного квантового эффекта Холла структура краевых состояний надежно установлена (в отсутствие межэлектронного взаимодействия), то для топологических фаз, защищенных симметрией, структура краевых состояний требует теоретического изучения, в частности, построения гамильтонианы, описывающих краевые состояния.

Структура диссертации. Диссертация состоит из Введения, двух глав, заключения, и списка литературы, изложена на 118 страницах, 43 рисунках и 135 наименований цитируемой литературы. Во введении обсуждается постановка задач, решаемых в диссертации, их актуальность и значимость.

В **первой** главе диссертации обсуждается задача о вычислении критического показателя локализационной длины в расширенной модели Чалкера-Коддингтона. Сначала в этой главе дается описание стандартной модели Чалкера-Коддингтона, в которой частица движется по ребрам квадратной решетки в определенную сторону (задаваемую направлением магнитного поля), набирая случайную фазу и испытывая квантово-механическое рассеяние в узлах. Затем вводится модифицированная модель Чалкера-Коддингтона, в которой в случайных узлах с вероятностью p амплитуда туннелирования заменяется на единицу или нуль. Так как это эффективно исключает узел и решетки, то в модели возникает структурный беспорядок. Далее в первой главе обсуждается как параметр p можно связать с характеристиками случайного потенциала в задаче о движении электронов в

магнитном поле в случайном потенциале. Затем с помощью подхода матрицы рассеяния численно рассчитывается показатель длины локализации при $p=0$ и $p=1/3$.

Во **второй** главе диссертации строится теория краевых состояний для нескольких моделей топологических фаз, защищенных симметрий. В начале главы приводятся краткие сведения по когомологии конечных групп. Затем рассматриваются $(Z_3)^3$ и Z_3 парамагнитные модели, для которых строятся краевые теории и обсуждаются их конформная инвариантность. Затем предлагается общий метод построения краевых теорий, который применяется к Z_2 ферромагнитной модели Изинга.

Научная новизна и достоверность результатов. Научная новизна диссертационной работы подтверждается публикацией результатов работы в ведущих мировых рецензируемых журналах, Physical Review B и Journal of High Energy Physics. Достоверность результатов, представленных в диссертации, определяется использованием современных методов теоретической физики и известных численных методов расчетов.

Научная и практическая значимость работы. Результаты первой главы диссертации относятся к начальной стадии исследований более реалистичных расширений модели Чалкера-Коддингтона и ревизии общепринятого значения критического показателя длины локализации в целочисленном эффекте Холла. Результаты, представленные в диссертации, показывают, что возможно вместо одной критической точки, целочисленный эффект Холла имеет целую линию фиксированных точек. Результаты второй главы показывают, что математически сложные модели топологических фаз, защищенных симметрией, могут быть переформулированы как более простые модели краевых состояний. Практическая значимость работы состоит в том, что транспортные характеристики топологических изоляторов, определяются краевыми состояниями, поэтому необходимо их изучение.

Вопросы и замечания. По диссертации можно высказать следующие вопросы и замечания.

1. Как известно, стандартная модель Чалкера-Коддингтона в непрерывном пределе отображается на нелинейную сигма-модель с топологическим членом (см. D.-H. Lee, Phys. Rev. B 50, 10788 (1994) и M.R. Zirnbauer, J. Math. Phys. 38, 2007 (1997)). Было полезно произвести аналогичный вывод для рассматриваемой в первой главе обобщенной модели Чалкера-Коддингтона. Возможно это дало бы ответ на то откуда может взяться зависимость критического индекса локализационной длины от p .
2. В разделе 1.2.2 обсуждается как модельный параметр p связан с физическими характеристиками полупроводника с некоторым числом доноров и акцепторов. А на какой энергии в этой физической модели находится делокализованное состояние, которое соответствует расходящейся длине локализации в модели Чалкера-Коддингтона?
3. Как реализуется соответствие граница-объем (bulk-boundary correspondence), в рассмотренных во второй главе моделях топологических фаз, защищенных симметрий? Есть ли какая-то специфика по-сравнению с простым случаем целочисленного эффекта Холла, изучаемого в первой главе?

Сформулированные выше замечания и вопросы не снижают качества представленной диссертации. Диссертация Г. Топчяна содержит результаты, являющиеся важными для развития теории топологически нетривиальных фаз. Диссертация Г. Топчяна "Edge states in quantum Hall effect and in topological insulators" отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата физико-математических наук по

специальности теоретическая физика, а Грант Топчян заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертационная работа была доложена и обсуждена на семинаре сектора “Квантовой мезоскопии” ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН” 9 февраля 2024 г.

Заведующий сектором “Квантовой мезоскопии”

ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН

док. физ.-мат. наук, доцент

Скворцов Михаил Андреевич

e-mail: skvor@itp.ac.ru



Подпись М.А. Скворцова заверяю
ученый секретарь ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН
канд. хим. наук, С.А. Крашаков

