

Питтсбург, 6 Июня 2022

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Лункина Алексея Владимировича
“Структура не-фермижидкостного отклика в модели Сачдева-Йе-Китаева с возмущением”,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 – “Теоретическая физика”

Диссертационная работа **Лункина Алексея Владимировича** является качественной и систематической работой, в важной и актуальной области физики исследующей модели сильно-взаимодействующих фермионов. Работа очень хорошо написана, дает явное представление оригинальных результатов, полученных автором, а также содержит большой обзор результатов, полученных в этой области ранее. Стиль изложения материала демонстрирует глубокое понимание предмета автором. Изложение оригинальных, а также известных результатов написано доступным и понятным языком.

Практическая значимость: на данный момент не существует полного теоретического описания электронных систем с сильным взаимодействием. Известно, что многие такие системы не описываются обычной теорией Ферми-жидкости. В этой связи была сформулирована модель Сачдева-Йе-Китаева, которая представляет из себя систему сильно связанных Майорановских фермионов, взаимодействующих друг с другом через случайные константы связи. Было показано, что в данной модели возникает не-фермижидкостное поведение. Тем самым эта модель является замечательным объектом для изучения и понимания не-фермижидкостного поведения в общем и, в частности, в других электронных системах с сильным взаимодействием.

Теоретическая значимость: теоретически изучаемые квантовые системы многих частиц со случайными константами связи и гигантской размерностью Гильбертова пространства удается свести к функциональным интегралам с действием, для которого седловые решения вносят наибольший вклад. Тем не менее, благодаря разным появляющимся симметриям, в таких теориях, помимо седловых решений, действие содержит мягкие моды, которые могут существенно изменить поведение системы и, в частности, приводят к не-фермижидкостным свойствам. Таким образом, тема исследования в данной работе представляет высокий интерес с точки зрения фундаментальных исследований.

Основные результаты: глава 1 имеет вводный характер и представляет собой описание модели Сачдева-Йе-Китаева. Приводится Гамильтониан системы и вычисляется эффективное действие. Описываются седловые уравнения эффективного действия и обсуждается их симметрия. Вычисляется функция Грина при нулевой температуре. Показывается, что модель Сачдева-Йе-Китаева демонстрирует не-фермижидкостное поведение.

Глава 2 описывает модификацию модели Сачдева-Йе-Китаева, к гамильтониану которой добавлено квадратичное возмущение. Выводится, что модель с квадратичным возмущением может быть описана в рамках самосогласованного решения седловых уравнений. При умеренном возмущении седловые уравнения становятся применимы в большей области параметров. Показано, что функциональный интеграл по мягким модам можно свести к вычислению спектра уравнения Шредингера с определенным потенциалом.

Автор показывает, что при температуре ниже критической происходит кроссовер в фермижидкостное поведение, тогда как при температуре выше критической возмущенная модель имеет не-фермижидкостное поведение.

Глава 3 изучает модель Сачдева-Йе-Китаева с квадратичным возмущением, модулированным по времени. Автор показывает, что несмотря на малость квадратичного возмущения при больших температурах, оно существенно меняет поведение флуктуаций на малых температурах. Показано, что флуктуации мягкой моды имеют резонанс с максимумом на частоте, которая соответствует расстоянию между первым и вторым уровнями уравнения Шредингера, выведенного в Главе 2. Таким образом автор аргументирует, что спектр эффективного уравнения Шредингера может быть обнаружен при изучении свойств поглощения такой системы. Далее изучается диссипация в системе при накачке на частоте резонанса.

Глава 4 посвящена изучению системы квантовых точек с туннелированием. Динамика каждой квантовой точки описывается Гамильтонианом модели Сачдева-Йе-Китаева с комплексными фермионами, а также с квадратичным возмущением. Автор вычисляет кинетические коэффициенты как функции частоты и импульса. В частности, вычисленное число Лоренца оказывается сильно зависящим от исходных параметров модели и температуры, что является существенным отличием от Ферми-жидкостного поведения. Также показывается, что в такой системе есть два режима поведения: низкочастотный и высокочастотный. При низкочастотном режиме распространение заряда и энергии имеет диффузионный характер. Тогда как высокочастотный режим обладает линейным законом дисперсии. В заключение показывается наличие резонанса в поведении теплопроводности.

Глава 5 исследует поведение anomalно упорядоченного во времени коррелятора четырех фермионных операторов в модели, рассмотренной в Главе 4, но содержащей Майорановские фермионы вместо комплексных. Такой коррелятор содержит информацию о характеристиках квантового хаоса в данной системе. Автор показывает, что Ляпуновская экспонента данной системы имеет свое максимально возможное значение, что аналогично чистой модели Сачдева-Йе-Китаева. Выводится что квантовый хаос

рассматриваемой модели с квадратичным возмущением распространяется со скоростью, зависящей от температуры и от параметров системы. Это является совершенно новым результатом.

Вывод. Обзор основных результатов глав 3-5 показывает, что диссертационная работа **Лункина Алексея Владимировича** является весомым вкладом в теорию моделей сильно-взаимодействующих фермионов в целом, и в частности в изучение модели Сачдева-Йе-Китаева. Решение поставленных задач выполнено с использованием передовых теоретических методов и их улучшений и весьма оригинально. Диссертационная работа написана понятным и доступным языком, что делает ее также прекрасным обзором затрагиваемой научной области. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Я считаю, что диссертационная работа Лункина А.В. “Структура не-фермижидкостного отклика в модели Сачдева-Йе-Китаева с возмущением” сделана на высочайшем уровне, удовлетворяющем всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, и автор, несомненно, заслуживает присуждения ему искомой учёной степени по специальности 01.04.02 “Теоретическая физика”.

Доцент, кандидат физ.-мат. наук,
Григорий Михайлович Тарнопольский,
Факультет физики
Университет Карнеги Меллон
Питтсбург, США



06.06.2022