

ОТЗЫВ  
на выпускную квалификационную (бакалаврскую) работу  
Даниила Константиновича Карузина  
"Свойства состояний, локализованных в коре вихря  
в сильно неупорядоченном сверхпроводнике"

Дипломная работа Даниила Карузина посвящена изучению квантовых поправок к плотности состояний в коре абрикосовского вихря в двумерном грязном сверхпроводнике. Стандартный способ описания таких локализованных состояний основывается на нелинейной сигма-модели класса  $C$  и приводит к универсальной зависимости средней плотности состояний от энергии. Единственным аргументом этой универсальной зависимости является безразмерная энергия, измеренная в единицах среднего расстояния между уровнями в коре вихря. Такой результат получается в нульмерном пределе, когда пространственная зависимость квазиклассической функции Грина зафиксирована решением уравнения Узаделя на нулевой энергии. В представленной работе изучаются малые поправки к универсальной плотности состояний по параметру обратного безразмерного кондактанса на квадрат пленки в нормальном состоянии. Эти поправки происходят от учета массивных мод сигма-модели, связанных с флуктуациями на фоне решения уравнения Узаделя, и требуют учета всех степеней свободы ортогонального класса.

Дипломная работа Даниила Карузина впечатляет очень большим объемом проделанных вычислений с использованием разнообразных подходов. Несмотря на простоту идеи, лежащей в основе задачи, в ходе решения возникают существенные технические трудности. В начале требуется правильный выбор параметризации, позволяющей, во-первых, разделить переменные при описании флуктуаций и, во-вторых, аккуратно выделить нулевую моду, ответственную за универсальный результат. Однако на этом трудности в решении задачи отнюдь не заканчиваются. После разделения переменных возникает четыре различных оператора, описывающих пространственное поведение флуктуаций. Обращение этих операторов оказывается возможным только численно, и то лишь после подробного анализа их асимптотического поведения. И наконец, окончательный результат для поправки к плотности состояний собирается из шести диаграмм, имеющих, на первый взгляд, разную природу, однако приводящих в итоге к одинаковой зависимости поправки от энергии. Среди этих поправок есть логарифмические, связанные с эффектами слабой локализации, и инфракрасные, приводящие к конечным вкладам. В итоге полный ответ, включающий все диаграммы, можно свести к перенормировке единственного параметра – среднего расстояния между уровнями в коре вихря.

С одной стороны, полученный результат можно было бы считать недостаточно интересным, поскольку найденные поправки приводят лишь к количественному, но не качественному изменению плотности состояний. С другой же стороны, кажется удивительным, как такое сложное вычисление с таким набором различных по структуре вкладов приводит к настолько простому по форме результату.

Выпускная квалификационная работа Даниила Карузина полностью удовлетворяет всем требованиям, установленным Положением о ВКР студентов МФТИ, а ее автор заслуживает присуждения степени бакалавра с отличной оценкой (10).

Островский Павел Михайлович,  
доктор физ.-мат. наук, приглашенный исследователь  
Института физики твердого тела им. Макса Планка  
Штутгарт, Германия  
25 июня 2024 г.

