

**Отзыв на магистерскую квалификационную работу Б. В. Пашинского
«Флуктуации локальной плотности состояний
ниже сверхпроводящего перехода в присутствии магнитных примесей»**

Дипломная работа Б. В. Пашинского посвящена изучению мезоскопической плотности состояний в сильно неупорядоченных сверхпроводниках с магнитными примесями. Одно из ключевых свойств сверхпроводников заключается в том, что ни спектр возбуждений, ни критическая температура материала не зависят от наличия примесей при условии, что в системе сохраняется инвариантность по обращению времени. Если же помимо потенциальных примесей в сверхпроводнике есть также магнитные примеси, они могут существенно изменить физические свойства сверхпроводника, понизив критическую температуру или вовсе подавив сверхпроводимость. Плотность состояний также существенно изменяется. В частности, кроме уменьшения сверхпроводящей щели, магнитные примеси могут создавать дополнительную примесную зону, состоящую из локализованных состояний на энергиях внутри щели.

Плотность одночастичных состояний в грязном сверхпроводнике с магнитными примесями хорошо описывается уравнением Узаделя в квазиклассическом приближении. В работе Б. В. Пашинского вычислены флуктуационные поправки к этому квазиклассическому результату. Основные изучаемые величины — средняя плотность состояний и ее средняя вариация. При энергиях близких к пороговому значению, там где средняя квазиклассическая плотность состояний обращается в ноль, флуктуации становятся особенно заметными и приводят к сильному отличию типичного значения случайной величины от ее среднего значения. В такой ситуации принято говорить, что данная величина не является самоусредняемой.

Общий объем дипломной работы составляет 29 страниц. Она состоит из вводной части, трех основных глав, заключения и списка литературы. Во введении формулируется задача и в общих чертах описывается репличная нелинейная сигма-модель для сверхпроводящих систем. Первая глава посвящена вычислению пропагаторов в рамках нелинейной сигма-модели — диффузонов и куперонов. Во второй главе вычислена флуктуационная поправка к средней плотности состояний, а в третьей главе — средний квадрат и вариация плотности. В заключении очень кратко перечислены полученные результаты.

Главным недостатком дипломной работы Б. В. Пашинского является ее исключительно низкое качество. Текст написан настолько плохо, что в большинстве случаев невозможно понять, что именно вычисляется, при каких условиях, в каком приближении. Даже собственно постановка задачи «объяснена» так кратко, что об истинных целях работы и методах их достижения можно догадаться, только изучая конкретные формулы и восстанавливая по ним намерения автора. В качестве иллюстрации этого факта можно сказать, что даже само количество текста в работе во много раз меньше, чем объем приведенных формул. Например, нигде не упоминается, что магнитные примеси предполагаются случайно распределенными по образцу при фиксированной средней концентрации. Такое пуассоновское распределение, среди прочего отвечающее за возможное возникновение примесной зоны, можно восстановить лишь постфактум из вида соответствующего члена в действии сигма-модели. Также нигде не сказано, какая размерность системы имеется в виду. Большинство вычислений относятся к двумерному сверхпроводнику (кроме раздела 3.1.1), но это можно определить только из формы интегралов. Единственная иллюстрация встречается только во вводной части и заимствована без всяких пояснений из работы других авторов. Сложная структура средней плотности состояний с возможным появлением примесной зоны внутри сверхпроводящей щели вовсе не упоминается, хотя именно к этой плотности состояний вычисляются поправки. Помимо прочего, из-за этого невозможно понять, где именно находится та пороговая энергия E_g , вблизи которой флуктуации становятся особенно важными.

Кроме вопиюще низкого качества изложения, стоит также отметить некоторые научные недостатки. Использованная в работе репличная нелинейная сигма-модель является чересчур общим методом. Задачу о квантовых поправках к квазиклассической величине можно было бы решить в рамках стандартной диаграммной техники. Подход сигма-модели также можно было бы сделать проще, если не включать в матрицу весь бесконечный набор мацубаровских энергий, а ограничиться только энергией, на которой наблюдается плотность состояний. Прделанное вычисление фактически сводится к обращению матрицы большого размера, но простой структуры (нахождение диффузонов и куперонов) и вычислению гауссового интеграла с этой матрицей. Несмотря на громоздкие формулы, из которых в основном и состоит дипломная работа, это довольно простое вычисление. Его можно было бы развить в нескольких интересных направлениях. Например, рассмотреть эффекты взаимодействия и их влияние на флуктуации плотности состояний. В этом случае как раз пригодилась бы использованная очень общая версия сигма-модели. Другой интересный и важный вопрос относится к мезоскопическим флуктуациям за пределами низшей пертурбативной квантовой поправки. Есть ли шанс получить конечную плотность состояний внутри квазиклассической щели? Какова может быть роль взаимодействия в таком явлении? В настоящем виде объем прделанных вычислений выглядит недостаточным для полноценной дипломной работы.

При всех указанных недостатках, в дипломной работе рассматривается интересная и важная задача, достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, а очень низкое качество, по-видимому, можно было бы заметно улучшить, если бы автор уделил больше времени научной работе и работе над текстом. Выпускная квалификационная работа удовлетворяет требованиям, установленным Положением о ВКР студентов МФТИ. С учетом сделанных замечаний я рекомендую оценить представленную работу оценкой «хорошо» (5) и присвоить Б. В. Пашинскому степень магистра.



с.н.с. ИТФ им. Л. Д. Ландау РАН
доктор физ.-мат. наук
Павел Михайлович Островский

11 июня 2021