

ОТЗЫВ

официального оппонента

о диссертации **Доронкиной Станиславы Валерьевны «Фазовая диаграмма систем с сильным электрон-фононным взаимодействием и высокой плотностью носителей заряда»**, представленную к защите на соискание ученой степени **кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния**

Диссертационная работа на тему: **«Фазовая диаграмма систем с сильным электрон-фононным взаимодействием и высокой плотностью носителей заряда»** Доронкиной С. В. посвящена построению фазовой диаграммы и исследованию свойств нормального состояния систем с сильным электрон-фононным взаимодействием и высокой плотностью носителей заряда на примере купратных высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Одна из основных проблем, рассмотренных в работе – это объяснение механизма спаривания носителей заряда в ВТСП. Несмотря большой интерес к данной проблеме и огромное количество посвященных ей научных работ на данный момент отсутствует универсальная теория, описывающая переход в сверхпроводящее состояние в различных купратных системах.

Еще одна проблема, рассматриваемая в диссертации, заключается в объяснении свойств нормального состояния ВТСП таких, как наличие так называемой «псевдощели» в спектре носителей заряда, зарядовое упорядочение, период которого имеет различную зависимость от уровня допирования в разных системах и другие. Данные проблемы занимают центральное место в теории ВТСП, в связи с чем тема диссертации является **актуальной**.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые для описания свойств высокодопированных систем с сильным электрон-фононным взаимодействием предложена двухжидкостная модель, включающая

жидкость биполяронов большого радиуса и ферми-жидкость делокализованных носителей заряда. На основе этой модели получена фазовая диаграмма в координатах “уровень допирования – температура” систем с сильным дальнедействующим электрон-фононным взаимодействием, включающие псевдощелевую фазу, фазу волны зарядовой плотности и сверхпроводящую фазу, а также определена зависимость температуры сверхпроводящего перехода, обусловленного конденсацией жидкости биполяронов большого радиуса, от уровня допирования.

Полученные в работе Доронкиной С. В. результаты имеют несомненную **теоретическую и практическую значимость**, поскольку позволяют прояснить некоторые важнейшие вопросы теории высокотемпературной сверхпроводимости.

Публикации. Основные результаты диссертации достаточно полно изложены в 2 статьях в международных научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus, 1 статье в журнале из Перечня ВАК и в 7 тезисах докладов в сборниках трудов конференций.

Содержание автореферата полностью отражает содержание диссертации.

Заявленный личный вклад автора в работу не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения и списка литературы из 91 наименования, изложенных на 102 страницах, включая 21 рисунок.

Во введении аргументирована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования. Отмечена научная новизна полученных результатов, обоснована их теоретическая и практическая значимость. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **первом** разделе приведен краткий литературный обзор экспериментальных и теоретических исследований высокотемпературных

сверхпроводников. В частности, рассматриваются результаты, полученные методами фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением (ARPES) и сканирующей туннельной микроскопии. Отмечается необходимость учета электрон-фононного взаимодействия (ЭФВ) при построении теоретической модели ВТСП. Обсуждаются различные подходы и приближения для учета ЭФВ.

Второй раздел посвящен исследованию влияния потенциала зарядового упорядочения, создаваемого биполяронами большого радиуса, на стационарные состояния носителей заряда в купратоподобных системах. Поиск решения стационарного уравнения Шредингера для носителей заряда в виде суперпозиции блоховских волновых функций методом конечных элементов приводит к получению алгебраических уравнений для квазиимпульса носителя заряда в каждом конечном элементе разбиения пространства, в котором дополнительный потенциал зарядового упорядочения считается постоянным. Рассчитываются спектры ARPES для носителей заряда с «купратоподобной» дисперсией, находящихся в дополнительном потенциале зарядового упорядочения. Показано, что при дырочно-подобной дисперсии носителей заряда в решении отсутствуют состояния со средними квазиимпульсами вблизи границы зоны Бриллюэна, что проявляется в экспериментальных спектрах ARPES как псевдощель.

В **третьем** разделе для описания свойств высокодопированных систем с сильным фреиховским ЭФВ предложена двухжидкостная модель, включающая жидкость биполяронов большого радиуса и ферми-жидкость делокализованных носителей заряда. Для данной модели вариационным методом получена фазовая диаграмма в координатах «уровень допирования – температура», включающая псевдощелевую фазу, фазу волны зарядовой плотности и сверхпроводящую фазу.

В **заключении** диссертации сформулированы основные результаты и выводы.

Диссертация Доронкиной С. В. производит хорошее впечатление. Имеет интересную постановку задачи и методы её решения. В ней получены важные результаты. Однако следует обратить внимание автора на ряд приведенных ниже **замечаний**.

1. Сделанное во втором разделе утверждение «стационарные состояния делокализованных носителей в дополнительном потенциале ... представляют собой распределенные в пространстве волновые пакеты блоховских волн с различными импульсами в областях с различными значениями дополнительного потенциала» кажется очевидным, поскольку является следствием того, что решение уравнения Шредингера для носителя в дополнительном потенциале ищется, как раз, в виде суперпозиции блоховских волновых функций. Считаю, что здесь необходимо было обосновать возможность разложения решения уравнения с дополнительным потенциалом по базису блоховских функций, соответствующих гамильтониану без учета дополнительного потенциала.

2. В подразделе 2.2. написано «Для решения такого УШ в настоящей работе разработан метод [11], подобный методу конечных элементов», где [11] – Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд, под ред. К. М. Рабе, Ч. Г. Ана, Ж.-М. Трискона. М.: БИНОМ. Лаб. знаний. 2011. – 440 с. Здесь вместо [11] скорее ожидается ссылка на работу автора диссертации, например [A1].

3. В подразделе 2.2 на стр. 29 и 35 для обозначения состояния носителя заряда в дополнительном потенциале зарядового упорядочения, используется словосочетание «новая квазичастица», которое, на мой взгляд, нуждается в дополнительном разъяснении.

4. В нумерации рисунков пропущен номер 3.3.

Указанные недостатки не являются критическими и не могут снизить научную и практическую ценность работы.

Заключение. Считаю, что диссертационная работа «**Фазовая диаграмма систем с сильным электрон-фононным взаимодействием и**

высокой плотностью носителей заряда» представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук соответствует всем требованиям п. 2 действующего «Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», а её автор, **Доронкина** Станислава Валерьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **1.3.8. Физика конденсированного состояния**.

21.08.2023

Я согласен на обработку моих персональных данных

Официальный оппонент  Чайников Александр Павлович, кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния; ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» НОЦ «Диагностика объектов инженерной инфраструктуры», старший научный сотрудник.

Адрес: 344038, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, РГУПС. Тел. +7 (863) 272-63-52; e-mail: chanikov.a.p@yandex.ru.

Подпись

Чайникова А. П.

УДОСТОВЕРЯЮ

Зач. Начальник управления делами
ФГБОУ ВО РГУПС

« 21. »

08



Э.Н. Кирсанова