

О Т З Ы В

официального оппонента о диссертации Коршунова Максима Михайловича
“ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МАГНЕТИЗМА И НЕОБЫЧНОЙ
СВЕРХПРОВОДИМОСТИ В МНОГООРБИТАЛЬНЫХ МОДЕЛЯХ СЛОИСТЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ”,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений — изучение высокотемпературной сверхпроводимости вот уже почти 30 лет является наиболее интенсивно развиваемым направлением физики твердого тела во всем мире. В течение многих лет эта работа была посвящена, в основном, изучению свойств оксидов меди, открытых в 1986 – 1987 годах, когда в этих системах были достигнуты рекордные значения критической температуры сверхпроводящего перехода. Постепенно стало даже создаваться впечатление о некой уникальности ВТСП купратов. Положение дел сильно изменилось в 2008 году, когда был открыт новый широкий класс высокотемпературных сверхпроводников на основе пниктидов и халькогенидов железа, что сильно стимулировало дальнейший интерес к этой области исследований и открыло совершенно новые перспективы. Именно в этой области вклад работ М.М. Коршунова оказался наиболее существенным.

Все это дает основание полностью утверждать, что научная проблематика, обсуждаемая в диссертации М.М. Коршунова, является абсолютно актуальной и своевременной.

В своей работе автор последовательно и корректно использовал известные методы теоретической физики, а также разработал новые оригинальные подходы, которые оказались очень эффективными, как при описании ряда свойств купратов, так и для развития теории новых сверхпроводников на основе железа.

Достоверность, полученных в диссертационной работе результатов, обеспечивается применением методов, широко апробированных для теоретического описания сверхпроводимости и магнетизма в сложных соединениях переходных металлов. Обоснованность положений, выдвинутых соискателем на защиту, основывается на согласованности его научных выводов с результатами целого ряда других теоретических работ, а также подтверждением ряда его результатов в прямых экспериментах. Кроме того, достоверность

теоретических результатов автора подтверждается их экспертизой, проведенной в авторитетных научных изданиях мирового уровня, где они были опубликованы.

Глава 1 диссертации представляет собой обзор литературы по купратам, кобальтитам и соединениям, на основе железа.

Главы 2-4 посвящены рассмотрению электронной структуры и ряда других физических свойств купратов и кобальтитов на основе развития метода LDA+GTB, предложенного в работах красноярских теоретиков (Овчинников, Гавричков, Коршунов и др.).

Главы 5-10 целиком посвящены новой физике, связанной со свойствами пниктидов и халькогенидов железа, и составляют, по моему мнению, основное содержание диссертации. Именно в них описан впечатляющий вклад автора в современную теорию новых сверхпроводников, основной особенностью которых является многозонный характер их электронного спектра. Материала, содержащегося только в этих главах, вполне достаточно для квалификации данной работы как полноценной и вполне неординарной докторской диссертации.

В числе основных научных результатов, полученных диссертантом, следует упомянуть следующие:

- Развитие многоэлектронного метода LDA+GTB для расчета электронной структуры систем с сильными электронными корреляциями, в применении к свойствам ряда ВТСП купратов и слоистых кобальтитов.
- Предсказание спинового резонанса в неупругом рассеянии нейтронов в многозонной модели сверхпроводника с $s^{\pm}$ -спариванием. Этот пионерский результат был быстро подтвержден в прямых экспериментах и является, в настоящее время, основным аргументом в пользу картины $s^{\pm}$ -спаривания в новых сверхпроводниках.
- Расчет, в рамках модели коллективизированных электронов, температурной зависимости параметра порядка SDW и величины эффективного магнитного момента в пниктидах железа. Результаты этих расчетов также находятся в хорошем согласии с имеющимися экспериментами.
- Объяснение, в рамках модели спиновых флуктуаций, аномальной (линейной) температурной зависимости магнитной восприимчивости в пниктидах железа.

- Рассмотрение динамического рассеяния квазичастиц на спиновых флуктуациях в пниктидах железа, позволившее дать объяснение ряду аномалий кинетических свойств этих систем.
- Последовательное решение задачи о влиянии примесного рассеяния (немагнитные и магнитные примеси) в многозонной модели сверхпроводимости соединений на основе железа, открывающее новые перспективы исследования эффектов беспорядка в этих системах. Предсказание перехода от $s^{\pm}$ спаривания к картине s^{++} спаривания при росте интенсивности рассеяния на обычных (немагнитных) примесях.
- Построение сверхпроводящей фазовой диаграммы многозонных сверхпроводников типа пниктидов железа на основе спин-флуктуационной теории (в приближении главных угловых гармоник) для широкой области изменения концентрации носителей (электронов или дырок), на которой выявлены области с различными типами куперовского спаривания.

Все эти результаты являются оригинальными и вносят заметный вклад в физику новых сверхпроводников. Они приобрели широкую известность в сообществе теоретиков, занимающихся проблемой высокотемпературной сверхпроводимости. Особенно это относится к упомянутому предсказанию нейтронного резонанса и к формулировке общей картины влияния примесного рассеяния в новых сверхпроводниках.

В тоже время, нельзя не отметить ряд недостатков диссертации:

1. Во многих местах изложение в диссертации является излишне конспективным. Типичный пример — дискуссия вокруг уравнения (6.1), которая может привести к недоразумениям, когда речь идет об области температур ниже T_N .
2. В Главе 7, при обсуждении линейной по температуре зависимости магнитной восприимчивости ферропниктидов, автор не упоминает имеющиеся в литературе альтернативные объяснения такой зависимости, связанные не с антиферромагнитными флуктуациями, а с особенностями электронной структуры этих систем (работы Анисимова, Катанина, Скорнякова и Фолльхардта).
3. При обсуждении времени жизни квазичастиц в Главе 8 автор совершенно не упоминает возможную роль фононов, которые, с очевидностью, также играют роль при

определении температурных зависимостей затухания и кинетических коэффициентов.

4. В Главе 9 утверждается, что эксперименты по разупорядочению сыграли решающую роль при определении симметрии сверхпроводящего параметра порядка в купратах. Это конечно не так, тут основную роль сыграли чувствительные к изменению фазы эксперименты джозефсоновского типа, а роль разупорядоченности в купратах остается не до конца понятной даже в настоящее время¹. Замечу, что из обсуждения имеющихся экспериментов по разупорядочению в этой главе, становится ясным, что автор не знаком с работами по разупорядочению быстрыми нейтронами (Гощицкий, Карькин и др.), которые обеспечивают контролируемое разупорядочение образцов без изменения химического состава (что является основной трудностью при обычном введении примесей).
5. Довольно странным образом, практически во всех основных разделах диссертации отсутствуют прямые ссылки на оригинальные работы самого автора, которые перечислены совсем в других местах или общим списком. Это очень затрудняет чтение и отождествление излагаемых результатов с конкретными публикациями автора, в которых они были реально получены.
6. Русский язык в диссертации также оставляет желать лучшего. В частности, в тексте присутствуют совершенно новые и “оригинальные” выражения, типа “функция пикуется” или “поверхность Ферми зашелена”. Ясно, что эти новообразования возникли при “буквальном переводе” с английского выражений *peaked* и *gapped*, но пределы “англизации” текста все же должны существовать. Встречаются и чисто жаргонные выражения вроде “если мы не кладем в ноль” или “мы руками меняли величины...”.

Отмеченные недостатки, однако, практически не снижают высокое научное качество работы. В целом, диссертация М.М. Коршунова представляет собой вполне законченное и оригинальное научное исследование, решающее крупные научные проблемы, связанные с изучением широкого круга физических явлений в новых сверхпроводниках. Эта

¹ Автор, кстати, возможно просто по молодости лет, думает, что симметрия параметра порядка в купратах была выяснена достаточно быстро. На самом деле, для этого потребовалось более 10 лет и множество тонких экспериментов.

работа существенным образом развивает новое научное направление, связанное с теоретическим описанием сверхпроводимости в многозонных системах. Она вносит заметный вклад в развитие современной теории сверхпроводимости и магнетизма в применении к общей проблеме высокотемпературной сверхпроводимости. Основные результаты диссертации опубликованы в 36 печатных работах в ведущих отечественных и международных журналах, они неоднократно обсуждались на различных конференциях, школах и симпозиумах и пользуются широкой известностью. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Выводы сформулированы вполне четко.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, все работы, на которых основана диссертация, своевременно опубликованы в ведущих физических журналах.

Таким образом, рассматриваемая диссертационная работа полностью отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, паспорту специальности "Физика конденсированного состояния (01.04.07)", а ее автор Коршунов Максим Михайлович несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент, академик



М.В. Садовский

13 марта 2015 г.

Институт электрофизики УрО РАН, 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена 106

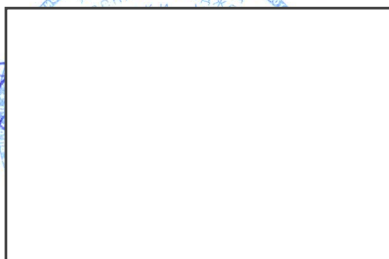
Тел: (343) 2678786

E-mail: sadovski@iep.uran.ru

Подпись Садовского М.В. заверяю,

и.о. ученого секретаря ИЭФ УрО РАН, кандидат физ. мат. наук

Болтачев Г.Ш.



Список публикаций по теме диссертации:

- E.Z. Kuchinskii, I.A. Nekrasov, M.V.Sadovskii. Anion Height Dependence of T_c and Density of States in Iron Based Superconductors. Письма ЖЭТФ т. 91, №10, 567-571 (2010)
- E.Z. Kuchinskii, M.V.Sadovskii. Electronic Structure and Possible Pseudogap Behavior in Iron Based Superconductors. Письма ЖЭТФ т. 91, №12, 729-733 (2010)
- I.A. Nekrasov, M.V.Sadovskii. Electronic Structure of Novel Multiple - Band Superconductor $SrPt_2As_2$. Письма ЖЭТФ т. 92, No.11, 833-836 (2010)
- I.A. Nekrasov, M.V.Sadovskii. Electronic Structure, Topological Phase Transitions and Superconductivity in $(K,Cs)_xFe_2Se_2$.
Письма ЖЭТФ т. 93, No.3, 182-185 (2011)
- I.A. Nekrasov, E.Z. Kuchinskii, M.V.Sadovskii. Pseudogap Phase of High- T_c Compounds Described within the LDA+DMFT+Sk Approach. J. Phys. Chem. Solids, v. 72, 371-375 (2011)
- M.V. Medvedev, I.A. Nekrasov, M.V.Sadovskii. Electronic and Magnetic Structure of Possible Iron Based Superconductor $BaFe_2Se_3$.
Письма ЖЭТФ т. 95, No.1, 37-41 (2012)
- I.A. Nekrasov, M.V. Sadovskii. Electronic Structure of New Multiple Band Pt-Pnictide Superconductor APt_3P .
Письма ЖЭТФ, т. 96, No.4, 243-246 (2012)
- M.V.Sadovskii, E.Z. Kuchinskii, I.A.Nekrasov. Iron Based Superconductors: Pnictides versus Chalcogenides.
JMMM, v. 324, 3481-3486 (2012)
- I.A. Nekrasov, N.S. Pavlov, M.V. Sadovskii. LDA'+DMFT investigation of Electronic Structure of $K_{1-x}Fe_2-ySe_2$ Superconductor.
Письма ЖЭТФ, т. 97, No.1, 18-23 (2013)
- И.А. Некрасов, М.В. Садовский. Электронная структура новых сверхпроводников на основе железа: от пниктидов к халькогенидам И.А. Некрасов, М.В. Садовский. Электронная структура новых сверхпроводников на основе железа: от пниктидов к халькогенидам и другим аналогичным системам другим аналогичным системам. Письма ЖЭТФ т. 99, №10, 687-703 (2014)

Академик

Садовский М.В.

Подпись Садовского М.В. заверяю,
и.о. ученого секретаря ИЭФ УрО РАН
кандидат физ.мат. наук

Г.Ш. Болтачев