

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Лобановой Инны Игоревны
«Электронный транспорт и квантовое критическое поведение в твердых растворах
замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ ($0 \leq x < 0,3$)»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа И.И. Лобановой носит экспериментальный характер и посвящена комплексному исследованию транспортных и магнитных свойств монокристаллических образцов моносилицидов 3-d переходных металлов, направленному на изучение эффективных характеристик транспорта носителей заряда в магнитоупорядоченных и парамагнитной фазах, а также на выявление механизмов возникновения квантовой критичности в твердых растворах замещения на основе моносилицида марганца.

Проблема описания природы квантовых критических явлений в сильно коррелированных электронных системах занимает одно из центральных мест в современной физике твердого тела. При этом, несмотря на многолетний интерес к моносилициду марганца, являющемуся модельным объектом для описания свойств широкого класса магнетиков без центра инверсии, отсутствует достоверная информация как о структуре его магнитной фазовой диаграммы, так и об эволюции параметров электронного спектра в легированных соединениях, в частности.

Диссертационная работа И.И. Лобановой позволяет восполнить существующие пробелы в оценках параметров электронного транспорта для соединений ряда $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ ($0 \leq x < 0,3$). Предложенная методология исследования квантовых критических явлений в магнетиках со сложными типами магнитного порядка, а также полученные параметры электронной структуры и характеристики магнитной подсистемы моносилицидов переходных металлов могут быть использованы при разработке теоретических подходов к описанию физических свойств фрустрированных и киральных магнетиков. Результаты диссертационной работы могут найти применение при разработке способов получения и методик тестирования функциональных материалов для элементов магнитной памяти и устройств спинтроники. Таким образом, тема диссертации является весьма актуальной, имеет как научный, так и практический интерес, и соответствует современным тенденциям развития фундаментальных исследований по приоритетным направлениям науки, технологии и техники.

Достоверность и обоснованность положений, выводов и результатов, представленных в работе, в целом не вызывает сомнений. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах с высоким индексом цитирования. Положения и выводы, сформулированные в диссертации, получили квалифицированную апробацию на международных и российских научных конференциях.

Структура диссертационной работы И.И. Лобановой состоит из введения, 5 глав, заключения с основными выводами работы и списка цитированной литературы из 103 наименований. Работа представлена на 156 страницах машинописного текста и содержит 58 рисунков и 1 таблицу.

Во введении обоснована актуальность исследования и сформулированы основные цели и задачи диссертационной работы.

В первой главе подробно изложены и тщательно проанализированы имеющиеся литературные данные и сформулированы существующие проблемы исследований низкотемпературных транспортных и магнитных свойств в исследуемом классе соединений.

Во второй главе приводится детальное описание методик характеристики объектов исследования и экспериментальных установок, использованных при проведения измерений.

В третьей главе представлено подробное исследование магнитной фазовой диаграммы MnSi в сильных и слабых полях. Стоит отметить высокую точность проведенных измерений, позволившую обнаружить ряд уникальных научных результатов, включающих универсальную связь между магнитосопротивлением и намагниченностью в парамагнитной фазе, а также наличие двух типов скирмионных решеток в А-фазе моносилицида марганца.

В четвертой главе приведены результаты исследования транспортных и магнитных свойств твердых растворов замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ ($0 < x < 0,3$). На основе полученных данных восстановлена магнитная фазовая T - x диаграмма для данного ряда соединений и впервые экспериментально доказано наличие двух квантовых фазовых переходов, отвечающих подавлению дальнего и промежуточного магнитного порядка, соответственно. Кроме того, в работе предложена феноменологическая модель, объясняющая наблюдаемые аномалии в рамках перехода между режимами классических и квантовых флуктуаций. В главе 4 также приведены результаты исследований соединения $\text{Mn}_{0,89}\text{Fe}_{0,11}\text{Si}$, близкого к первой квантовой критической точке ($x \sim 0,12$), для которого впервые показано, что промежуточная фаза является аналогом спиновой жидкости, а

кривая «плавления» спиновое твердое тело – спиновая жидкость на магнитной фазовой подчиняется логарифмическому закону.

В пятой главе описываются результаты исследования эффекта Холла в твердых растворах замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ ($0 \leq x < 0,3$). К несомненному достижению соискателя следует отнести принципиально новый подход к разделению нормального и аномального вкладов в эффект Холла. Впервые с высокой точностью и достоверностью определены параметры электронного транспорта в исследуемом ряде соединений, что позволило оценить амплитуды и знак косвенного обменного РККИ взаимодействия. Результаты оценок свидетельствует о доминирующем вкладе эффектов фрустрации на особенности квантового критического поведения в ряду MnSi-FeSi , что должно учитываться при дальнейших подходах к теоретическому описанию квантовой критичности в схожих системах.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы. Список цитируемой литературы соответствует содержанию. Автореферат диссертации достаточно полно соответствует содержанию работы и отражает основные полученные в ней результаты. Работа изложена научным языком и снабжена информативными иллюстрациями. Все положения, выносимые на защиту, в полной мере отражены в текстах диссертации и автореферата.

Отмечу следующие недостатки представленной работы:

- 1) В литературном обзоре при обсуждении температурных зависимостей $\chi(T)$ и $\rho(T)$ следовало привести соответствующие рисунки, без которых изложенная информация плохо воспринимается (стр.26).
- 2) В литературном обзоре практически отсутствует описание литературных данных по микроскопическим методам исследования (ЯМР, ЭПР). Эти данные исключительно важны для анализа такой сложной спиновой структуры как скирмионы.
- 3) При анализе полевых зависимостей $\rho(H)$ в MnSi (Рис. 3.8) не объяснены критерии постановки стрелок (1) и (2) на панели (д). Кроме того, отсутствует анализ наблюдаемых значительных аномалий $\rho(H)$ в А-фазе (например, максимума на кривой $\rho(H)$ при 0.25 Т (панель (в)).
- 4) При анализе намагниченности в соединениях $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ (Рис 4.3) не приведены критерии выбора линейных участков для линейной экстраполяции.
- 5) В работе есть несколько неудачных фраз и формулировок, например: «киральная спиральная структура» (стр.10), «атомы имеют одинаковое направление вращения» (стр.10), «обменные энергии ферромагнитны» (стр.135) и др.
- 6) В работе имеется незначительное количество технических погрешностей и опечаток.

Сделанные замечания не снижают научную и практическую ценность диссертации, не влияют на достоверность полученных в ней результатов и не сказываются на общей положительной оценке диссертационной работы И.И. Лобановой.

Актуальность темы диссертации, практическая значимость полученных результатов и высокий уровень проведенных исследований являются неотъемлемыми достоинствами диссертации. Несомненно, что поставленные цели достигнуты, диссертация является самостоятельной и законченной научно-исследовательской работой, а полученные результаты актуальны и обладают научной новизной.

Тематика диссертационной работы соответствует пунктам 1, 3 и 5 паспорта специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния». По значимости полученных результатов и уровню проведенных исследований диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Лобанова Инна Игоревна, заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Профессор физического факультета
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова»
доктор физико-математических наук, доцент

Гиппиус Андрей Андреевич

Адрес служебный: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1, строение 2
Тел.: +7 (495) 939-2085
e-mail: gippius@mail.ru

Подпись проф. А.А. Гиппиуса, заверяю
Декан физического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова
профессор



Н.Н. Сысоев