

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе **Лобановой Инны Игоревны**
«Электронный транспорт и квантовое критическое поведение
в твердых растворах замещения $Mn_{1-x}Fe_xSi$ ($0 \leq x < 0,3$)»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.07 - «физика конденсированного состояния».

В современной физике конденсированного состояния существуют два принципиально различных подхода к описанию магнитных явлений. Модель локализованных магнитных моментов Гейзенберга удачно дополняется концепцией зонного магнетизма Стонера, в рамках которой принято объяснять необычные магнитные свойства 3d-металлов, а также сплавов и интерметаллидов на основе переходных элементов. Типичным представителем зонных магнетиков считается моносилицид марганца, в котором сложная конкуренция взаимодействий различной природы (изотропного обмена, анизотропного взаимодействия Дзялошинского-Мории и спин-орбитального расщепления) определяет переход в основное состояние с геликоидальным магнитным порядком.

До недавнего времени интерес к этой системе с сильными электронными корреляциями ограничивался двумя направлениями. Во-первых, резкое уменьшение температуры перехода в состояние с дальним порядком вплоть до нулевых значений под воздействием внешнего давления или с ростом концентрации примеси замещения предоставляет возможность изучить различные аспекты квантовых фазовых переходов. Во-вторых, обнаружение решетки магнитных вихрей – скирмионов – стимулировало активные исследования связанных с ними аномалий транспортных и магнитных свойств $MnSi$, что в 2009 году позволило открыть топологический эффект Холла. Однако, общепринятое описание $MnSi$ в рамках зонного магнетизма не согласуется с недавними результатами исследований высокочастотного магнитного резонанса, которые указали на доминирующий вклад локализованных магнитных моментов гейзенберговского типа с чисто спиновым g-фактором. В такой ситуации принципиальное значение приобретает корректный учет взаимодействия электронов проводимости и локализованных магнитных моментов, которое, с одной стороны, определяет структуру и параметры магнитной фазовой H-T диаграммы, а, с другой стороны, приводит к аномалиям электронного транспорта в магнитоупорядоченной и парамагнитной фазах. Понимание фундаментальных аспектов взаимодействия зарядовых и спиновых степеней свободы оказывается крайне важным и для развития новых направлений физики, в частности, спинтроники, занимающейся изучением спин-поляризованного транспорта в твердотельных объектах и наноструктурах. Таким образом, тема диссертации И.И.Лобановой, посвященная исследованию электронного транспорта в сильно коррелированных электронных системах на основе моносилицида марганца, не только является актуальной, но и отвечает основным направлениям современной физики конденсированного состояния вещества.

В качестве объектов исследования автором выбран ряд твердых растворов замещения на основе моносилицида марганца $Mn_{1-x}Fe_xSi$ с концентрацией железа до 30 ат.%. Теоретический анализ зонной структуры моносилицидов затрудняет низкая точечная симметрия позиции 3d-иона в кубической решетке без центра инверсии. В такой ситуации экспериментальные исследования транспортных и магнитных свойств $Mn_{1-x}Fe_xSi$ позволяют исследовать в деталях эволюцию параметров зонной структуры и характеристик магнитной подсистемы при изменении соотношения марганца и железа. Исследования, выполненные

И.И.Лобановой, устраняют существующий пробел в литературе, поскольку до ее работы основное внимание научного сообщества было сконцентрировано на исследовании магнитоупорядоченных фаз моносилицида марганца и родственных систем, в то время как особенности рассеяния носителей заряда в парамагнитной фазе MnSi практически не анализировались. При этом, на мой взгляд, именно удачное сопоставление оригинальных и литературных данных и определило достоверность полученных результатов и успешное решение поставленных соискателем научных задач.

Диссертационную работу И.И.Лобановой выгодно отличает детальная проработка методических аспектов, включающая подробное описание экспериментальных установок и методик анализа экспериментальных данных. Соискателем разработан и реализован оригинальный способ исследования полевых и угловых зависимостей магнитосопротивления в А-фазе моносилицида марганца. Действительно, сопоставление транспортных и магнитных данных в широкой окрестности критической температуры позволило идентифицировать переход между различными состояниями скирмионной решетки и определить область температур и магнитных полей, отвечающую ядру А-фазы с изотропным магнитосопротивлением. Анализ литературных данных показывает, что это первое наблюдение двух состояний скирмионной решетки в моносилициде марганца.

Остановившись на научных результатах, мне хотелось бы выделить три основных достижения диссертационной работы И.И.Лобановой. Во-первых, исключительно важным фактом является обнаружение универсальной линейной связи между магнитосопротивлением и квадратом намагниченности в парамагнитной фазе $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$. Данное наблюдение позволило, с одной стороны, идентифицировать вертикальную границу между спин-поляризованной и парамагнитной фазами моносилицида марганца и, с другой стороны, доказать доминирующий вклад магнитного рассеяния зонных электронов на локализованных магнитных моментах марганца. Во-вторых, совместный анализ транспортных и магнитных свойств твердых растворов замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ позволил определить положение двух квантовых фазовых переходов и разработать феноменологическую модель, связывающую сложную структуру магнитной фазовой Т-х диаграммы с конкуренцией корреляционных радиусов классических и квантовых флуктуаций. Наконец, предложенная автором оригинальная процедура разделения нормального и аномального холловского сопротивления позволила не только обнаружить смену режимов аномального эффекта Холла при переходе в парамагнитную фазу, но и впервые количественно охарактеризовать изменение эффективных концентраций и подвижностей электронов и дырок при замещении марганца железом.

Перечисленные выше результаты не означают, что остальные разделы диссертации И.И.Лобановой написаны хуже. Автора отличает тщательность обсуждения экспериментального материала и научная эрудиция, проявляющаяся в анализе существующих теоретических моделей и обосновании феноменологических подходов для описания свойств исследуемых моносилицидов переходных металлов. Следует особо отметить добросовестность и скрупулезность, проявленные соискателем при отработке экспериментальной методики измерения магнитосопротивления. Лично И.И.Лобановой были выполнены работы по модернизации установки для исследования гальваномагнитных свойств, которые позволили реализовать высокую точность измерений магнитосопротивления (до 0,01%) в окрестности магнитных фазовых переходов с предельно высокой точностью стабилизации температуры (на уровне 1-2 мК) и, как следствие,

определить положение границ различных состояний решетки скирмионов на магнитной фазовой H-T диаграмме моносилицида марганца.

Оценивая диссертационную работу И.И.Лобановой в целом, можно утверждать, что по актуальности темы, новизне и достоверности полученных результатов, уровню теоретического анализа и стилю изложения материала диссертация полностью соответствует как требованиям ВАК, так и современным критериям физических исследований высокого уровня. Автор продемонстрировал прекрасную теоретическую подготовку и уверенное владение методами низкотемпературного эксперимента. Подчеркну, что реализация ряда трудоемких экспериментов, выполненных И.И.Лобановой, была бы невозможна без таких личных качеств соискателя, как целеустремленность и настойчивость. По моему мнению, И.И.Лобанова является сложившимся исследователем в области низкотемпературной физики конденсированного состояния вещества и безусловно заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «физика конденсированного состояния».

Научный руководитель,
заведующий лабораторией
низких температур ИОФ РАН,
д.ф.-м.н., доцент

В.В. Глушков

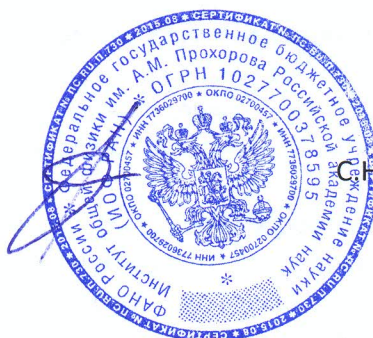
14.09.2016

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт общей физики им. А.М.Прохорова
Российской академии наук (ИОФ РАН),
119991, Москва, ГСП-1, ул.Вавилова, д.38

телефон: +7(499)503-8253
факс: +7(499)135-8129
e-mail: glushkov@lt.gpi.ru

Подпись Глушкова В.В. заверяю,

Ученый секретарь ИОФ РАН, д.ф.-м.н.



С.Н. Андреев