

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию КРАСНИКОВОЙ Юлии

Владимировны

«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПИНОВОЙ ДИНАМИКИ

МАГНЕТИКОВ ТИПА «СПИНОВАЯ ЛЕСТНИЦА»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-

математических наук (специальность 01.04.09- физика низких температур)

Актуальность темы. Физика конденсированного состояния является быстро развивающимся направлением физики. Одной из задач, привлекающих внимание, как теоретиков, так и экспериментаторов, является изучение различных физических явлений в системах с пониженной пространственной размерностью. В частности, активно изучаются одномерные и двумерные спиновые системы, в которых из-за понижения размерности возникают необычные виды основных состояний и возбуждений. Возникающие в таких системах явления характерны не только для задач физики магнетизма, но важны и для других электронных систем, например, для описания их статических и транспортных свойств. В последнее время с ростом возможностей по синтезу кристаллических веществ стало еще более доступным экспериментальное изучение одномерных магнитных систем. Диссертация Ю. В. Красниковой посвящена изучению свойств низкоразмерных магнетиков типа «спиновая лестница» на примере двух соединений: $(C_7H_{10}N)_2CuBr_4$ (DIMPY) и $(C_5H_{12}N)_2CuBr_4$ (BPCB). «Спиновые лестницы» привлекают большой интерес в связи с их одномерностью и схожестью со структурами, лежащими в основе высокотемпературных сверхпроводников. Оба соединения изучены методом электронного парамагнитного резонанса, который продемонстрировал высокую эффективность для изучения спиновой динамики и тонких эффектов, связанных с анизотропными спин-спиновыми взаимодействиями. Хотелось бы отметить уникальность, используемых автором экспериментальных режимов магнитного резонанса, которые охватывают широкий диапазон частот (0.5 – 140 ГГц), магнитных полей (0 – 12 Т) и температур (0.45 – 300 К).

Таким образом, актуальность темы диссертации не вызывает сомнений, а применяемые в работе методы весьма эффективны и дают значимые результаты, расширяющие понимание физики одномерных магнитных систем.

Структура диссертации. Диссертация Ю. В. Красниковой представляет собой цельное исследование, включающее в себя краткий обзор по предшествующим работам, теоретические выкладки, помогающие читателю лучше понять описанные в дальнейшем экспериментальные результаты. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и одного приложения. Полный объем диссертации составляет 118 страниц, включая 62 рисунка и 5 таблиц. Во введении содержится формальная часть, включающая в себя актуальность, значимость и апробацию изложенных трудов.

Первая глава посвящена опорному материалу и описанию физических моделей для трактовки экспериментальных данных, изложены основные свойства «спиновых лестниц», которые свидетельствует о хорошем знании диссертантом предмета исследований. Во второй главе приведено описание эксперимента и метода измерений с элементами теории. Третья, четвертая и пятая главы посвящены непосредственно выполненным автором экспериментальным исследованиям двух магнетиков, $(C_7H_{10}N)_2CuBr_4$ и $(C_5H_{12}N)_2CuBr_4$ типа «спиновая лестница». В этих главах представлен краткий обзор данных по изучаемым системам, новые экспериментальные данные и их интерпретация.

Научная новизна и достоверность изучаемых положений.

В диссертационной работе получены новые результаты, важные для развития физики одномерных магнитных систем. Большая часть экспериментальных данных прямым образом подтверждается теоретическими выкладками.

В третьей главе описана обнаруженная тонкая структура спектра ЭПР-поглощения в $(C_7H_{10}N)_2CuBr_4$ (DIMPY), ее появление связано автором с наличием однородного анизотропного спин-спинового взаимодействия Дзялошинского-Мория. Представлены экспериментальные данные для ширины линии ЭПР в широком диапазоне температур от 450 мК до 300 К и дано их качественное объяснение.

В четвертой главе обсуждается влияние внесения немагнитных примесей цинка в $(C_7H_{10}N)_2CuBr_4$ (DIMPY). Замещение примесями ионов меди приводит к сужению линии ЭПР и эффективному подавлению взаимодействия Дзялошинского-Мория в окрестности примеси. Экспериментальные данные

диссертанту удалось описать в рамках модели спиновых кластеров, формирующихся в окрестности положения примеси.

В пятой главе описаны впервые полученные в магнетике типа «спиновая лестница» $(C_5H_{12}N)_2CuBr_4$ (ВРСВ) возбуждения солитонного типа и их связь с присутствием анизотропных спин-спиновых взаимодействий в системе. В отличие от ожидаемого линейного бесщелевого спектра энергий наблюдался щелевой и нелинейный. Точное теоретическое решение задачи, выполненное Ш. Фуруя в рамках модели жидкости Томонаги-Латтинжера с добавлением к гамильтониану анизотропного спин-спинового взаимодействия Дзялошинского-Мории, объясняет наблюдаемые в эксперименте эти необычные возбуждения.

Достоверность полученных данных подтверждается воспроизводимостью экспериментальных результатов, получаемых с различными образцами, на различных установках и при изменяемых условиях эксперимента (частоты, температуры), а также соответствием экспериментальных результатов и теоретических моделей.

Научная и практическая значимость работы.

Результаты и выводы диссертационной работы Ю. В. Красниковой могут быть использованы в ведущих научных центрах России, где ведутся исследования в области физики низкоразмерных систем, таких как ИФП им. П. Л. Капицы РАН, ИФТТ РАН, ИТФ им. Л. Д. Ландау, ИОФ РАН, ФИ РАН, КФТИ РАН, МГУ, Санкт-Петербургский государственный университет и др.

Вопросы и замечания.

1) При описании кристаллической структуры исследованных соединений, где элементарная ячейка содержит 4 иона меди, следовало бы более детально обсудить локальную симметрию g -фактора ионов меди в низкосимметричных позициях, максимальное возможное и реально наблюдаемое число резонансных линий при различных ориентация магнитного поля, а также возможный вклад в уширение линий в DIMPY при неполном разрешении всех резонансных компонент.

2) Учитывая необычный характер обнаруженных диссертантом спиновых возбуждений солитонного типа в магнетике $(C_5H_{12}N)_2CuBr_4$ ВРСВ было бы интересно и полезно изучить экспериментально условия их возбуждения не только от частоты (или величины приложенного магнитного поля), но и от взаимной

ориентации постоянного и переменного магнитных полей (ортогональная и параллельная) и сравнить с классической картиной, когда они ортогональны.

3) На ряде рисунков, иллюстрирующих литературные данные в магнитном поле (например, рис. 3.4б, 5.2, 5.4, 5.6)....., не указана его ориентация. Означает ли это, что эти результаты были получены на порошках или поликристаллах? Проявляется ли анизотропия в магнитных свойствах, учитывая ее наличие как в g-факторе ионов меди, так и в спин-спиновых взаимодействиях?

Указанные замечания не влияют на общую высокую оценку работы, работа выполнена на достойном научном уровне. Научные положения диссертации обоснованы, результаты опубликованы в четырех ведущих научных журналах: Physical Review Letters (1 статья), Physical Review B (2 статьи) и Journal of Physics Conference Series (1 статья) и доложены на российских и международных конференциях.

Диссертационная работа Ю. В. Красниковой является законченным научным исследованием, содержащим принципиально важные новые результаты в области низкоразмерных магнетиков. Диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям физико-математического профиля, Ю.В. Красникова безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.09. — физика низких температур.

Кандидат физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией диэлектрической спектроскопии магнитных материалов ИОФ РАН

Мухин А. А.
22 декабря 2020

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38, ИОФ им. А. М. Прохорова РАН
телефон: +74995038777 (доб. 1-75), +7916-018-31-70 (моб.), e-mail: mukhin@ran.gpi.ru

Подпись Мухина А.А. удостоверяю

Зам. директора ИОФ РАН по научной работе,
ВРИО ученого секретаря ИОФ РАН, д.ф.-м.н.



Глушков В.В.