

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.075.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФИЦ КНЦ СО РАН) ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ «ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ИМ. Л.В. КИРЕНСКОГО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ИФ СО РАН), ФАНО ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело №\_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «21» апреля 2017 г. № 9

О присуждении Шустину Максиму Сергеевичу, гражданину России, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние эффектов кристаллического поля и фотоиндуцированных состояний на низкотемпературные свойства молекулярных магнетиков» по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния принята к защите 10.02.2017 г., протокол №.2 диссертационным советом Д 003.075.01 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) Обособленное подразделение «Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук» (ИФ СО РАН), ФАНО, 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, приказ Минобрнауки России № 1513/НК от 25.11.2016 г.

Соискатель Шустин Максим Сергеевич 1989 года рождения в 2012 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет». В 2016 году соискатель освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ). В настоящее время работает младшим на-

учным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) Обособленное подразделение «Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук» (ИФ СО РАН), ФАНО.

Диссертация выполнена на кафедре «Теоретической физики и волновых явлений» СФУ (Минобрнауки) и в лаборатории теоретической физики ИФ СО РАН, (ФАНО).

Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук, профессор Вальков Валерий Владимирович – зав. лабораторией теоретической физики ИФ СО РАН.

Официальные оппоненты: Михеенков Андрей Витальевич - доктор физ.-мат. наук, зав. теоретическим отделом Института физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина РАН;

Сыромятников Арсений Владиславович, доктор физ.-мат. наук, вед. научный сотрудник отделения теоретической физики Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ФГАУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (КФУ) в своём положительном заключении, подписанном доктором геолого-минералогических наук, профессором, проректором по научной деятельности КФУ Нургалиевым Данисом Карловичем и профессором кафедры Квантовой электроники и радиоспектроскопии д.ф.-м.н., профессором Ереминым М.В., отметила высокий уровень теоретических исследований, нацеленность проведенных расчетов на объяснение интересных (новых и еще необъясненных) экспериментальных фактов.

Соискатель имеет 5 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях: 1. В. В. Вальков, М. С. Шустин Модификация температурной зависимости магнитной восприимчивости 1D-магнетика под действием облучения // Письма в ЖЭТФ – 2014.–Т.100.– С. 510–517. 2) В. В. Вальков, М. С. Шустин Низкотемпературные спектральные свойства 1D-магнетика с чередующимися взаимно ортогональными плоскостями лег-

19 кого намагничивания // Известия РАН. Серия физическая – 2015.– Т. 79.– С. 817–819. 3) В. В. Вальков, М. С. Шустин Квантовые ренормировки в анизотропных многоподрешеточных магнетиках и модификация магнитной восприимчивости при облучении // ЖЭТФ– 2015.– Т. 148.– С. 985–1004 4) V. V. Val'kov, M. S. Shustin Quantum theory of strongly anisotropic two- and four-sublattice single-chain magnets // J Low. Temp. Phys.– 2016, V. 185, P. 564–570. 5) В. В. Вальков, М. С. Шустин Влияние эффектов межузельного отталкивания на корреляционные функции и термодинамику изинговской цепочки с отожженным магнитным беспорядком // Известия РАН. Серия физическая – 2016.– Т. 80. –С.1504-1506.

Объем публикаций – 5.1 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

*Ведущая организация.* Отзыв положительный. Замечания: 1) Влияние эффектов кристаллического поля на низкотемпературные магнитные свойства соединений  $[Fe^{II}(ClO_4)_2\{Fe^{III}(bpca)_2\}ClO_4$  и  $\{[Fe^{III}(Tr^*(CN)_3]_2 Fe^{II}(bpmh)\}2H_2O$  обсуждается исходя из экспериментальных фактов о наличии различных параметров магнитной одноионной анизотропии. Между тем уместно было бы пояснить источники причин отличия параметров D и их знаков у ионов  $Fe^{II}$  и  $Fe^{III}$  на основе данных о пространственной структуре этих ионов. 2) Модель фотоиндуцированных состояний освещена достаточно кратко. В частности, можно было бы обсудить роль полярного эффекта при перезарядке ионов железа под действием внешнего облучения и величины энергий переноса заряда. 3) слабо отражены возможные пути практического применения полученных результатов. 4) В третьей главе проводится сравнение спектральных свойств анизотропной гейзенберговской цепочки и одномерной модели Изинга. Затем в четвертой главе, с помощью точного численного анализа, проводится сравнение температурных зависимостей намагниченности данных двух моделей для цепочек конечной длины (шесть узлов). Интересным также было бы сопоставить результаты в термодинамических пределах.

*Д.ф.-м.н. Михеенков А. В. – официальный оппонент. Отзыв положительный.*

Замечания: 1) Значительную часть обзорной главы занимает детальное рассмотрение модели Глаубера, дающей обоснование особенностей медленной магнитной динамики в одноцепочечных магнетиках. Однако в трех последующих главах рассматривается влияние облучения и анизотропии на статические магнитные свойства спиновых цепочек. Без соответствующих обоснований не кажется очевидным, что влияние немагнитных центров, квантовых перенормировок и межузельного отталкивания будет сказываться на характеристиках магнитной динамики столь же сильно, как на статической магнитной восприимчивости 2) Во второй главе довольно размыто определяется физический смысл межузельного отталкивания между магнитными центрами, и, соответственно, диапазон значений, которые этот параметр может принимать в реальной физической системе.

*Д.ф.-м.н. Сыромятников А. В. – официальный оппонент. Отзыв положительный.* Замечания: 1) Выбор диаграммной техники в главе 3 выглядит не вполне оправданным. Для исследования квантовой модели (3.37) в квазиклассическом приближении используется переход от операторов спина к операторам Хаббарда. При этом и те, и другие коммутируют не на с-число, а на другой оператор. Это делает диаграммные техники как для спиновых операторов, так и для операторов Хаббарда очень громоздкими по сравнению с диаграммной техникой для ферми- и бозе- частиц. Стандартной процедурой в этом случае является переход от операторов спинов к бозе-операторам при помощи хорошо известных преобразований. Этим путем результаты главы 3 можно было бы получить гораздо проще. Особенности работы в этом подходе с моделями, содержащими одноионную анизотропию, хорошо известны (см., например, Каганов, Чубуков, "Взаимодействующие магноны" УФН 153, 537–578 (1987)). 2) Выражение (3.76) неверно. Члены в спектре, содержащие  $D_{\text{eff}}$ , должны исчезать при  $S_A=1/2$  и произвольном  $S_B$ , поскольку в этом случае член с одноионной анизотропией в гамильтониане (3.75) превращается в константу. 3) Требует обоснований применимость результатов, полученных в рамках квазиклассического приближения

в главе 3 для квантового одномерного магнетика со спинами 1/2 и 2. Опыт анализа более простых одномерных спиновых систем говорит о том, что спиновые волны далеко не всегда являются элементарными возбуждениями, а дальний магнитный порядок далеко не всегда возникает даже при нулевой температуре (см., например, H.-J. Mikeska and A.K. Kolezhuk, One-Dimensional Magnetism, Lect. Notes Phys. 645, 1–83 (2004)). Утверждение автора о том, что результаты для средней намагниченности на узле верны при  $T \ll J$  (см. рис. 3.8), выглядит еще более смелым.

*Д.ф.-м.н. Фридман Ю. А.* Отзыв положительный, критических замечаний нет. *Д.ф.-м.н. Кассан-Оглы Ф. А.* Отзыв положительный. Критическое замечание: при анализе магнетокалорического эффекта (МКЭ), автор приводит эволюцию полевой зависимости параметра Грюнайзена при различных температурах, который хотя и несет значительную информацию о магнитных фазовых переходах, но все-таки не является извлекаемым из эксперимента эффектом, а представляет собой отношение МКЭ к температуре. Поэтому анализ полевой зависимости именно величины МКЭ был бы более презентативным. *Д.ф.-м.н. Кудасов Ю. Б.* Отзыв положительный. Замечание: отношение константы обменного взаимодействия к константе анизотропии  $J/D$  оказывается довольно большим ( $>1$ ), т.е. взаимодействие сильное. Тогда возникает вопрос о том, насколько корректно использование простейшего приближения для уравнения движения функций Грина при вычислении квантовых поправок (последующие поправки за счет расширения системы зацепляющихся уравнений для функций Грина могут оказаться большими).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен тем, что оппоненты и сотрудники ведущей организации являются ведущими, как в России, так и в мире специалистами в области физики магнитных явлений, в частности экспериментальных и теоретических исследований новых магнитных материалов.

*Диссертационный совет отмечает*, что на основании выполненных соискателем исследований: 1) сформулирована и точно решена модель ансамбля

изинговских цепочек с равновесно распределенными немагнитными вакансиями и межузельным отталкиванием между магнитными центрами. **2)** Рассчитаны низкотемпературные спектральные свойства и квантовые ренормировки в 1D магнетике с чередующимися, взаимно ортогональными плоскостями легкого намагничивания и показано, что спектр возбуждений такой системы аналогичен спектру легкоосного 1D магнетика. **3)** Описана экспериментально наблюдаемая модификация температурной зависимости статической магнитной восприимчивости органических одноцепочечных магнетиков на основе железа при приложении внешнего оптического облучения.

**Теоретическая значимость** обоснована тем, что применительно к проблематике исследования успешно использован комплекс существующих квантовой теории магнетизма и проведено развитие квантовой теории сильно анизотропных двух- и четырехподрешеточных гейзенберговских магнетиков. Для теоретического описания влияния оптического облучения на магнитные свойства спиновых цепочек с анизотропией типа «легкая ось» введен специальный статистический ансамбль изинговских цепочек, в каждом угле которых могут находиться ионы как в магнитном, так и немагнитном состояниях.

Значение полученных соискателем результатов исследования **для практики** заключается в том, что результаты теоретических исследований влияния фотоиндуцированных состояний на магнитные свойства органических одноцепочечных магнетиков могут быть использованы при создании таких магнетиков с фотоиндуцированными состояниями, которые способны демонстрировать значительную модификацию температурной зависимости магнитной восприимчивости и магнетокалорического эффекта при незначительном изменении внешних параметров.

**Достоверность** результатов исследования подтверждается тем, что в работе были использованы современные методы квантовой теории магнетизма, успешно апробированные во множестве работ, а также сравнением полученных результатов с известными в литературе предельными случаями и экспериментальными данными.

**Личный вклад автора** заключается в обзоре литературы, участии в постановке задач, их решении, интерпретации полученных результатов, написании научных статей, представлении результатов на научных конференциях.

На заседании 21 апреля 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Шустину Максиму Сергеевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» и 10 по специальности 01.04.11 – «Физика магнитных явлений», участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 18, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Зам. председателя диссертационного совета Д 003.075.01  
д.ф.-м.н., профессор

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 003.075.01  
д.ф.-м.н., с.н.с.



Игнатченко В.А.

Втюрин А.Н.

24.04.2017?