

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Шустина Максима Сергеевича  
«Влияние эффектов кристаллического поля и фотоиндуцированных состояний на  
низкотемпературные свойства молекулярных магнетиков», представленную на соискание  
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 –  
физика конденсированного состояния

В последние несколько десятков лет в мире не ослабевает интерес к одномерным электронным и магнитным системам. Это связано с их необычными свойствами, возможностью получить точные решения во многих системах с сильными корреляциями и потенциальной возможностью использования одномерных систем в микроэлектронике.

В такой ситуации тему диссертационной работы М.С. Шустина, посвященной теоретическому изучению различных аспектов динамики одномерных молекулярных магнетиков, безусловно, следует признать **актуальной**. Злободневность тематики диссертации очевидна еще и потому, что исследуемые в ней объекты были открыты совсем недавно.

Не пересказывая содержания диссертации, перейду сразу к ее оценке. Первая особенность работы, которая бросается в глаза при ознакомлении с ней – это ясность и четкость постановки решаемых задач. Эти задачи родственны тематически, безусловно, интересны в чисто теоретическом плане, связаны с экспериментом, а их решение предполагает весьма высокую квалификацию исследователя. Отдельно отмечу в этой связи хороший обзор литературы по теме диссертации, являющейся неотъемлемой частью исследования высокого уровня.

Вторая сильная сторона диссертации – использование современных теоретических методов и подходов к решению поставленных задач: метод трансфер-матрицы, диаграммная техника операторов Хаббарда и численные расчеты.

Третья положительная черта работы, черта, безусловно, важнейшая, – наличие новых результатов приоритетного уровня. Наиболее интересными среди них мне представляются следующие.

1. В рамках простой и точно решаемой модели рассмотрены эффекты совместного влияния оптического облучения и межузельного отталкивания между магнитными центрами в легкоосных одноцепочечных магнетиках. Показано, что в условиях длительного облучения незначительные изменения параметров межузельного отталкивания и магнитного поля могут приводить к реализации в системе квантовых фазовых переходов, в окрестности которых существенно изменяется магнитная восприимчивость и наблюдается большой магнетокалорический эффект. Показано, что в окрестности таких фазовых переходов в системе может устанавливаться состояния типа «спиновой жидкости».
2. Теоретически было объяснено экспериментально наблюдаемое сходство между низкотемпературным поведением четырехподрешеточного одноцепочечного магнетика с чередующимися взаимно ортогональными плоскостями легкого

намагничивания и поведением легкоосного магнетика. При описании термодинамических свойств такого соединения в широком температурном интервале это позволило перейти к эффективной двухподрешеточной модели Изинга, статистическая сумма которой была вычислена точно методом трансфер-матрицы.

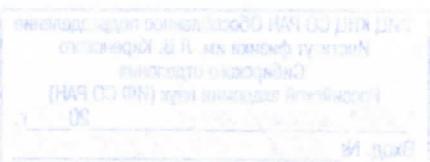
3. В рамках обобщенной двухподрешеточной модели Изинга при учете наличия в цепочках кроме ионов железа в исходных спиновых состояниях также ионов железа в фотоиндированных состояниях, удалось объяснить такое интересное явление, как сильное изменение температурной зависимости магнитной восприимчивости одноцепочечного магнетика. При этом параметры модели Изинга, которые дали наилучшее согласие между экспериментальными данными и результатами теоретических расчетов, оказались в хорошем согласии с известными данными об этом соединении.

Перечисленные результаты, безусловно, являются оригинальными. Таким образом, **новизна** этой работы **не вызывает сомнений**. Не вызывает сомнений и **достоверность** приведенных в ней результатов и выводов. Многие из них находятся в хорошем согласии с экспериментом и с известными решениями рассмотренных моделей в некоторых предельных случаях. Наконец, содержание диссертационной работы надежно апобировано путем обсуждения на крупных международных и национальных конференциях, а также в виде шести публикаций в реферируемых физических журналах из списка ВАК.

К сожалению, работа содержит некоторые не очень существенные недостатки. Прежде всего, следует отметить заметное количество опечаток, мелких стилистических и смысловых неточностей, орфографических, пунктуационных и речевых ошибок. Допущены неточности в терминологии. Например, система в термодинамическом равновесии при ненулевой температуре характеризуется, как система, находящаяся в основном состоянии (см., например, с. 18). К счастью, текст диссертации хорошо структурирован и логичен, а все объяснения достаточно подробны. Это позволяет каждый раз правильно понимать мысль автора и не терять нить повествования, несмотря на указанные недочеты.

Среди нескольких более серьезных недостатков отметим следующие.

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 (1987)).



- 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.
- 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.

Отмеченные недочеты, конечно, не снижают общей высокой ценности данной диссертационной работы. Эта работа представляет собой законченное фундаментальное исследование в актуальной области теоретической физики, приведшее к получению целого ряда новых важных результатов. Диссертант четко выделил свой личный вклад в совместно проведенных исследованиях. Я считаю, что диссертационная работа Шустина Максима Сергеевича удовлетворяет всем требованиям, которые предъявляются к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Автореферат и публикации достаточно точно и полно отражают содержание диссертации.

Официальный оппонент,  
доктор физ.-мат. наук (01.04.02),  
ведущий научный сотрудник НИЦ  
"Курчатовский институт" ФГБУ  
Петербургский институт ядерной физики  
им. Б.П. Константина,   
188300, Россия, Ленинградская область,  
г. Гатчина, Орлова роща, ПИЯФ.

Сыромятников  
Арсений Владиславович

Ученый секретарь ФГБУ ПИЯФ,  
кандидат физ.-мат. наук

Воробьев  
Сергей Иванович

22 марта 2017 года

**Сведения об оппоненте**

Фамилия, имя, отчество оппонента	Сыромятников Арсений Владиславович
Учёная степень	доктор физико-математических наук
Учёное звание	
Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация	01.04.02 – теоретическая физика
Полное наименование организации места работы	<u>Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт"</u> Федеральное государственное бюджетное учреждение <u>Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константина</u>
Структурное подразделение и должность	Ведущий научный сотрудник Отделения теоретической физики ПИЯФ
Индекс, почтовый адрес организации места работы	188300, Россия, Ленинградская область, г. Гатчина, Орлова роща, ПИЯФ.
Телефон	
Адрес электронной почты	asyromyatnikov@yandex.ru
Список основных публикаций работников структурного подразделения, составляющего отзыв, за последние пять лет по теме диссертации  (не более 15 публикаций).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. V. Syromyatnikov, «Spin nematic phase in one-dimensional and quasi-one-dimensional frustrated magnets in a strong magnetic field», Phys. Rev. B 86, 014423 (2012) [13 pages];</li> <li>2. A. V. Sizanov and A. V. Syromyatnikov, "Spin nematic states in spin-1 antiferromagnets with easy-axis anisotropy", Письма в ЖЭТФ 97 (2), 114 – 118 (2013) [5 pages];</li> <li>3. O. I. Utesov, A. V. Sizanov and A. V. Syromyatnikov, "Localized and propagating excitations in gapped phases of spin systems with bond disorder", Phys. Rev. B 90, 155121 (2014) [16 pages];</li> <li>4. O. I. Utesov, A. V. Sizanov and A. V. Syromyatnikov, "Spiral magnets with Dzyaloshinskii-Moriya interaction containing defect bonds", Phys. Rev. B 92, 125110 (2015) [15 pages];</li> <li>5. A. G. Yashenkin, O. I. Utesov, A. V. Sizanov, and A. V. Syromyatnikov, "Self-consistent T-matrix approach to Bose-glass in one dimension", J. Mag. Mag. Mat. 397, 11 – 19 (2016) [9 pages];</li> </ol>

- |  |  |
|--|--|
|  | <p>6. A. Yu. Aktersky and A. V. Syromyatnikov, "Low-energy singlet excitations in spin-1/2 Heisenberg antiferromagnet on square lattice", J. Mag. Mag. Mat. 405, 42 – 47 (2016) [6 pages];</p> <p>7. L. A. Batalov and A. V. Syromyatnikov, "Order-by-disorder effects in antiferromagnets on face-centered cubic lattice ", J. Mag. Mag. Mat. 414, 180 – 186 (2016) [7 pages];</p> <p>8. A. Yu. Aktersky and A. V. Syromyatnikov, "Low-energy singlet sector in spin-1/2 J1-J2 Heisenberg model on square lattice", ЖЭТФ 150 (6), 1191 – 1199 (2016).</p> |
|--|--|

ведущий научный сотрудник  
Отделения теоретической физики ПИЯФ,  
доктор физ.-мат. наук,

Ученый секретарь ФГБУ ПИЯФ,  
кандидат физ.-мат. наук

22 марта 2017 года

Сыромятников  
Арсений Владиславович

Воробьев  
Сергей Иванович

