

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Прошкина Алексея Игоревича «Тепловые и магнитные свойства многовершинных моделей Поттса», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 — физика магнитных явлений.

Работа Прошкина А.И. посвящена теоретическому исследованию тепловых и магнитных свойств широкого класса магнитных соединений пниктидов и халькогенидов актиноидов и редких земель (USb, NpAs, USe, EuSe и др.) - магнетиков, которые при определённых температурах обладают кубической структурой NaCl. Известно, что данные материалы обладают уникальными свойствами, не находящими должного объяснения в рамках предлагаемых методов и подходов. К таким свойствам относится, прежде всего, наличие сильной магнитокристаллической анизотропии (не простого одноосного типа), значительно превосходящей обменное взаимодействие. Величины магнитного момента, определённые методами асимптотической намагниченности на поликристаллах и из нейтронографических экспериментов, не совпадают: по методу намагниченности эта величина всегда оказывается меньшей. Все это порождает довольно крупную проблему в физике конденсированного состояния и физике магнитных явлений, причём проблему теоретическую. Для её решения необходимо обновление существующих моделей взаимодействий. Именно такая попытка и была предпринята в диссертационной работе Прошкина А.И. Поставленные в начале работы над диссертацией цель и задачи, а также полученные результаты, несомненно, свидетельствуют о высокой актуальности исследования.

Для объяснения экспериментальных данных автором при построении исходного гамильтониана предлагается опираться не на сферически симметричную модель Гайзенберга, а на предельно анизотропные модели Изинга и Поттса. При таком подходе удаётся с самого начала учесть сильную магнитокристаллическую анизотропию рассматриваемого ряда материалов.

Диссертация состоит из введения, семи глав основного текста и заключения. Полный объем диссертационной работы составляет 139 страниц. Список литературы содержит 125 наименований. Материал изложен чётко и последовательно, логично распределён по главам, что свидетельствует о законченности работы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, описаны цель и задачи диссертационной работы, приведены выносимые на защиту положения.

Первая глава описывает современное состояние проблемы исследования тепловых и магнитных свойства ряда пниктидов и халькогенидов лантаноидов и актиноидов, приведены теоретические обоснования применимости моделей Изинга и Поттса, рассмотрены общие свойства фрустрированных систем. Также в этой главе на примере одномерной модели Изинга со спином $s=1/2$ достаточно подробно описан широко используемый автором метод трансфер-матриц Крамерса-Ваннье.

Вторая глава посвящена исследованию модели Изинга. В пунктах 2.1 и 2.2 работы описаны результаты исследования модели на одномерной цепочке спинов, в пункте 2.3 — на квадратной решётке.

В третьей главе приведены результаты изучения трёхвершинной модели Поттса на одномерной цепочке и на треугольной решётке. Автором построены фазовые диаграммы магнитное поле — отношение обменного взаимодействия вторых соседей к обменному

взаимодействию между ближайшими, проанализированы возникающие конфигурации, построены кривые намагничивания и температурные зависимости теплоёмкости.

В главах четыре и пять подробно исследованы четырех- и двенадцативершинная модели Поттса на одномерной цепочке спинов, проведено сравнение с экспериментальными данными.

Шестая глава диссертационной работы посвящена исследованию магнитокалорического эффекта в рассматриваемых магнетиках. Получен интересный результат — смена знака магнитокалорического эффекта при переходе через фрустрирующее поле в антиферромагнетике.

В седьмой главе диссертационной работы приведены результаты исследования поликристаллических моделей Поттса. Объяснено различие экспериментальных данных по определению магнитного момента в рассматриваемых магнитных системах.

В заключении перечислены основные результаты работы.

Научная новизна заключается в следующем. В работе детально исследованы термодинамические (теплоёмкость, энтропия, магнитокалорический эффект) и магнитные (намагниченность, магнитная восприимчивость) свойства материалов, описываемых в рамках моделей Изинга и Поттса. Установлены критерии существования фрустрации и фазовых переходов, получены точные аналитические формулы для точек и полей фрустраций. Впервые в мировой литературе исследована одномерная модель Изинга с произвольным значением спина, а также продемонстрировано, что фрустрации могут наблюдаться не только в отдельных точках и фрустрационных полях, но и в целых областях мультикомпонентного пространства обменных взаимодействий и внешнего магнитного поля.

Практическая значимость заключается в понимании природы магнетизма пниктидов и халькогенидов лантаноидов и актиноидов, условий возникновения фрустраций и их влияния на фазовые переходы. Результаты работы могут быть применены для создания магнетиков с высокой коэрцитивной силой.

Достоверность полученных результатов обеспечивается строгой обоснованностью принятых приближений и допущений, непротиворечивостью результатов, а также тем фактом, что полученные результаты находятся в согласии с теоретическими и экспериментальными работами других авторов. К тому же диссертационная работа прошла широкую апробацию — основные результаты докладывались на Российских и международных конференциях, по материалам работы опубликовано 11 статей в рецензируемых научных журналах. Работа представляет собой завершённое исследование.

При несомненных достоинствах диссертационной работы, можно сделать ряд замечаний:

1. В работе уделено недостаточное внимание детальному сравнению теоретических результатов и известных из литературы экспериментальных данных по намагниченности и магнитокалорическому эффекту в соединениях пниктидов и халькогенидов актиноидов и редких земель. Во-первых, сравнение проведено только качественно, отсутствует детальное обоснование применимости использованной модификации модели Поттса к конкретному соединению. Модели Изинга и Поттса подразумевают, что величина магнитной анизотропии много больше величин обменных и зеемановских взаимодействий, так что направление магнитных моментов зафиксировано. Оценка соотношения этих параметров в работе не проведена. Во-вторых, иллюстрации теоретических результатов и экспериментальных данных в большинстве расположены в тексте диссертации далеко друг от друга. Так, например, теоретические зависимости (рис. 4.4) расположены на стр. 79, а экспериментальные данные

(рис. 4.9) – на стр. 86, что затрудняет сравнение. Кроме того, теоретические результаты и экспериментальные данные приведены в разных единицах измерения.

2. Для гамильтониана, описывающего модель Изинга на квадратной решетке, использованы формулы (1.8) и (2.39), содержащие скалярные произведения спиновых операторов по типу обменного взаимодействия модели Гайзенберга и зеемановский вклад также в виде скалярного произведения. Однако модель Изинга не предусматривает возможности разнообразия ориентации спинов относительно друг друга или относительно внешнего магнитного поля. Обоснования или комментарии в тексте Главы 2 по этому поводу отсутствуют.

3. В тексте диссертации встречается использование нетрадиционного обозначения элементарной функции (\arctan вместо \arctg на стр. 116, формула без номера). Кроме того, не везде приведены окончательные значения числовых выражений (формулы (2.10), (2.12)–(2.14), (2.19), (3.4), (3.5), (4.5), (4.8)).

Следует отметить, что указанные недостатки не снижают общей научной ценности работы. Автор показал, что хорошо ориентируется в современном состоянии исследований в данной области, им получены интересные и важные результаты, которые соответствуют поставленным целям и задачам. В диссертации адекватно процитированы использованные источники, указан личный вклад автора в выполненной работе.

Автореферат и диссертация написаны ясным и грамотным языком, рисунки и таблицы оформлены качественно. Содержание автореферата достаточно полно отражает содержание диссертации.

Содержание диссертации соответствует пункту 3: «исследование изменений различных физических свойств вещества, связанных с изменением их магнитных состояний и магнитных свойств» паспорта научной специальности 01.04.11 — физика магнитных явлений. Работа по своему научному уровню, знанию и достоверности полученных результатов полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям и удовлетворяет всем требованиям п. 9 «положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. Считаю, что Прошкин А.И. заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 — физика магнитных явлений.

Профессор кафедры конденсированного состояния и наноразмерных систем Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, д.ф.-м.н.

Никифоров А.Е.

«13» февраля 2017г.

Почтовый адрес: 620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Тел.: +7 (343) 261-67-80

e-mail: anatoliy.nikiforov@urfu.ru

Подпись Никифорова А.Е. заверяю

Вихренко Т.Е.

С автором согласован.
02.03.2017
Прошкин А.И.

Сведения об официальном оппоненте

Никифоров Анатолий Елеферьевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния, профессор кафедры физики конденсированного состояния и наноразмерных систем Института естественных наук и математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Уральского федерального университета имени первого президента России Б.Н. Ельцина, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48.
Тел.: +7 (343) 261-67-80
e-mail: anatoliy.nikiforov@urfu.ru

Никифоров А.Е. является специалистом в области физики конденсированного состояния и физики магнитных явлений и имеет следующие публикации в этой области:

1. Chernyshev, V.A., Nikiforov, A.E., Petrov, V.P., Serdtsev, A.V., Kashchenko, M.A., Klimin, S.A. Structure and lattice dynamics of rare-earth ferroborate crystals: Ab initio calculation // *Physics of the Solid State*. – 2016. – V.58, – Pp. 1642-1650.
2. Agzamova, P.A., Leskova, Y.V., Petrov, V.P., Chernyshev, V.A., Zakir'yanov, D.O., Nikiforov, A.E. Specific features of magnetic and electrical hyperfine interactions in titanates according to ab initio calculations / *Physics of Metals and Metallography*. – 2014. – V.115. – Pp. 1194-1199.
3. Gonchar, L.E., Nikiforov, A.E. Crucial role of orbital structure in formation of frustrated magnetic structure in BiMnO_3 // *Phys. Rev. B*. – 2013. – V.88. – P. 094401.

Не является членом экспертного совета ВАК.

Начальник отдела
аттестации НПК УрФУ



Т.Н. Стрехнина