

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор — начальник
Управления научной политики
Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова

доктор физико-математических наук,
профессор А.А. Федянин


«21» сентября 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на диссертацию Коршунова Артёма Николаевича на тему «Кристаллическая структура и спиновый порядок в квазидвумерных оксидах переходных металлов с сотообразной геометрией», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Представленная диссертация посвящена экспериментальному изучению низкоразмерного магнетизма на примере ряда новых сложных слоистых оксидов с сотообразным упорядочением магнитных атомов. Современные исследования низкоразмерных систем представляют огромный теоретический и практический интерес ввиду обнаружения разнообразных магнитных свойств и явлений. Пониженная размерность, присутствие анизотропии и фрустраций, конкуренция обменных взаимодействий в таких соединениях часто приводит к необычному критическому поведению вблизи точки фазового перехода и экзотическим квантовым состояниям материи, таким как спиновый лед, спиновая жидкость и различные неколлинеарные и несоразмерные магнитные структуры. Наиболее интересные и значимые эффекты наблюдаются при изучении объектов при низких температурах, когда раскрывается квантовая природа материи, и магнитные взаимодействия начинают превалировать над

тепловыми колебаниями. При этом, важной задачей является изучение самого температурного фазового перехода из парамагнитной в магнитоупорядоченную фазу и процессов его сопровождающих. Диссертация Коршунова А.Н. направлена на прояснение вопросов данной тематики и, несомненно является **актуальной**.

Диссертация состоит из введения, четырех глав основного текста и заключения. Список литературы содержит 105 наименований и в достаточной мере отражает основные научные публикации по обсуждаемым в диссертации вопросам.

Во **введении** обосновываются актуальность и научная новизна полученных результатов, сформулированы цели и задачи работы, а также приводится информация об апробации исследований.

В **первой главе** диссертации приводится обзор научных исследований, посвященных низкоразмерным магнетикам. В ней рассмотрены исследуемые в настоящее время одномерные и двумерные магнитные системы с разнообразным упорядочением магнитных атомов. Представлено обсуждение магнитных взаимодействий и теоретических моделей, используемых для описания и проверки наблюдаемых магнитных явлений. Большое внимание уделяется описанию особенностей кристаллического строения и магнитных свойств известных на настоящее время квазидвумерных систем, представленных слоистыми оксидами с гексагональным упорядочением магнитных атомов.

Вторая глава посвящена используемым в работе экспериментальным методам и инструментам. Описаны детали проведенных экспериментов по рассеянию поляризованных и неполяризованных нейтронов и дифракции синхротронного излучения. Приведены особенности синтеза слоистых соединений щелочных и переходных металлов со структурными формулами $A_3M_2SbO_6$ и $A_2M_2TeO_6$ (где А – Li, Na, а М – Ni, Co).

В **Третьей главе** представлены результаты исследования физических свойств и деталей кристаллического и спинового упорядочения ряда соединений с сотообразной магнитной решеткой $Li_3Ni_2SbO_6$, $Li_3Co_2SbO_6$ и $Na_3Co_2SbO_6$. В результате прослежена температурная эволюция установления дальнего магнитного порядка и сделаны выводы о механизмах его формирования. По данным высокоразрешающей дифракции нейтронов и синхротронного излучения уточнены кристаллические структуры всех соединений и получена информация о ее деталях. Проведен анализ низкотемпературных данных нейтронной дифракции и установлены основные магнитные состояния для всех соединений с использованием симметричного анализа неприводимых представлений. Изучены основные детали магнитной подрешетки (симметрия, направления и величины магнитных моментов), а также ее температурная эволюция.

В Четвертой главе представлены результаты комплементарного исследования магнетизма на квазидвумерном представителе слоистых оксидов с сотообразной решеткой $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$. Установлено, что соединение $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ кристаллизуется в более симметричной пространственной группе $R\bar{6}_3/mc$, по сравнению с наблюдаемой для других родственных соединений структурного семейства $\text{Na}_2\text{M}_2\text{TeO}_6$. В результате полнопрофильного анализа установлена магнитная структура типа зигзаг в упорядоченном состоянии при низкой температуре. Проведен микроструктурный анализ уширения магнитных пиков и показано, что область когерентного магнитного рассеяния нейтронов имеет дискообразную форму, сжатую вдоль оси c , что указывает на двумерный характер магнитных корреляций в системе. Прослежена температурная эволюция спиновых корреляций в системе. Обнаружено, что установление дальнего магнитного порядка типа зигзаг в $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ предваряется постепенным формированием структуры с ближним спиновым упорядочением выше температуры фазового перехода.

В целом, диссертация представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком уровне. Основные представленные к защите результаты являются новыми и заслуживают общей положительной оценки работы. Материалы диссертации представляют интерес для исследователей, работающих в области низкоразмерного магнетизма; качественные и количественные результаты работы могут быть использованы при построении экспериментальной базы для теоретического обоснования общих механизмов и принципов формирования дальнего магнитного порядка в системах с пониженной размерностью, а также поиска новых систем низкоразмерных магнетиков с уникальными свойствами. Такого рода исследования проводятся во многих институтах и научных центрах, в том числе МГУ имени М.В. Ломоносова, НИЦ «Курчатовский Институт», СПбГУ, Объединенный институт ядерных исследований.

Основные результаты и выводы по работе достаточно надежно обоснованы, они подтверждены многократными экспериментами с использованием современного оборудования, а также расчетами и сопоставлением с уже имеющимися данными и, в силу этого, не вызывают каких-либо сомнений. Результаты диссертации своевременно опубликованы в виде четырех печатных работ в журналах, включённых в перечень ВАК и индексируемых базами данных "Web of Science" и "Scopus", и доложены на международных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертационной работе:

1. Описание экспериментальных методов во второй главе носит довольно формальный характер. Автору следовало бы уделить большее внимание

теоретическому обоснованию используемых подходов, а также их достоинствам и недостаткам.

2. В работе были получены температурные зависимости величины полного магнитного момента для различных соединений по результатам полнопрофильного анализа экспериментальных нейтронограмм, однако, никакого количественного анализа не было проведено. В то же время, значение критической экспоненты может являться дополнительным источником информации о спиновых корреляциях и их размерности.

Указанные замечания не снижают научной ценности полученных автором результатов и занижают общую положительную оценку работы. Таким образом, диссертация А.Н. Коршунова «Кристаллическая структура и спиновый порядок в квазидвумерных оксидах переходных металлов с сотообразной геометрией» соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утверждённом постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 с дополнениями от 21 апреля 2016 года № 335, а сам Артём Николаевич Коршунов, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Настоящий отзыв обсужден и одобрен на заседании Ученого совета №3 от 01.09.2020.

Отзыв составлен заведующим кафедрой физики низких температур и сверхпроводимости Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессором, доктором физико-математических наук Васильевым Александром Николаевичем;
e-mail: vasil@mig.phys.msu.ru



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова».
Почтовый адрес; 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1.

Тел: +7 (495) 939-10-00.

E-mail: info@rector.msu.ru.

Сайт: <http://www.msu.ru>