

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 520.009.01 НА БАЗЕ
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ
ИНСТИТУТ» (ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ – ПРАВИТЕЛЬСТВО РФ) ПО
ДИССЕРТАЦИИ КОРШУНОВА АРТЁМА НИКОЛАЕВИЧА
«КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СПИНОВЫЙ ПОРЯДОК В
КВАЗИДВУМЕРНЫХ ОКСИДАХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С
СОТООБРАЗНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ» НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10.12.2020 г., № 12

О присуждении КОРШУНОВУ Артёму Николаевичу, гражданину РФ,
учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Кристаллическая структура и спиновый порядок в квазидвумерных оксидах переходных металлов с сотообразной геометрией» по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 19.03.2020 г. протокол № 4 диссертационным советом Д 520.009.01 на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»), 123182 г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1 (утвержден Приказом Минобрнауки России № 1925-1018 от 08.09.2009 г. и переутверждён приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012г.).

Соискатель Коршунов Артём Николаевич, 1991 года рождения.

Соискатель в 2015 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ) по специальности «Физика», специализация «Физическая оптика и лазеры», с присвоением квалификации (степени) «Магистр». Диплом о высшем образовании с отличием ОМА № 02670 выдан 10 июля 2015 года.

В период подготовки диссертации соискатель Коршунов А.Н. работал в Отделе исследования конденсированного состояния Отделения нейтронных исследований Федерального государственного бюджетного учреждения

«Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ) в должности исполняющего обязанности младшего научного сотрудника.

В настоящее время Коршунов А.Н. работает в Отделе исследования конденсированного состояния Отделения нейтронных исследований НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ в должности младшего научного сотрудника.

Соискатель в период с 1 сентября 2015 года по 1 июля 2019 года обучался в очной аспирантуре СПбГУ по направлению подготовки «Физика и астрономия». По окончании ему была присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Во время обучения Коршунов А.Н. сдал кандидатские экзамены и получил оценки: иностранный язык (английский) – «отлично», история и философия науки – «хорошо», физика конденсированного состояния (01.04.07) – «хорошо». Диплом об окончании аспирантуры АС № 00888 выдан СПбГУ 15 июля 2019 года.

Научный руководитель — Курбаков Александр Иванович, доктор физико-математических наук, руководитель Отделения нейтронных исследований НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ, г. Гатчина.

Официальные оппоненты:

- Ерёмина Рушана Михайловна, доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков Казанского физико-технического института им. Е. К. Завойского - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», г. Казань;

- Балагуров Анатолий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории нейтронной физики имени И. М. Франка Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ имени М. В. Ломоносова), г. Москва, в своём положительном заключении, подписанном профессором кафедры физики низких температур и сверхпроводимости Физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, доктором физико-математических наук Волковой О. С. и утвержденном проректором — начальником Управления научной политики МГУ имени М. В. Ломоносова, доктором физико-математических наук, профессором Федяниным А. А., указала, что представленная диссертационная работа обладает высокой актуальностью благодаря прояснению вопросов температурного фазового перехода из парамагнитной в магнитоупорядоченную фазу и процессов его сопровождающих на примере ряда новых сложных слоистых оксидов с сотообразным упорядочением магнитных атомов. Из наиболее важных научных результатов и достижений, полученных в диссертационной работе, в отзыве ведущей организации отмечают:

1. Прослежена температурная эволюция установления дальнего магнитного порядка в соединениях с сотообразной магнитной решеткой $\text{Li}_3\text{Ni}_2\text{SbO}_6$, $\text{Na}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$, $\text{Li}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ и $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ и сделаны выводы о механизмах его формирования.

2. По данным высокоразрешающей дифракции нейтронов и синхротронного излучения уточнены кристаллические структуры всех соединений и получена информация об их деталях. Установлено, что соединение $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ кристаллизуется в более симметричной пространственной группе $P6_3/mcm$, по сравнению с наблюдаемой для других родственных соединений структурного семейства $\text{Na}_2\text{M}_2\text{TeO}_6$.

3. Установлены основные магнитные состояния для всех соединений с использованием симметричного анализа неприводимых представлений. Изучены основные детали магнитной подрешетки (симметрия, направления и величины магнитных моментов).

4. 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.

Ведущая организация также отмечает, что диссертация Коршунова А. Н. 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.

В конце отзыва ведущей организации резюмируется: «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.»

Соискатель имеет 4 публикации по теме диссертации в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых WoS, Scopus и в действующем Перечне ВАК:

1. Kurbakov A.I., Korshunov A.N., Podchezertsev S.Y., Malyshev A.L., Evstigneeva M.A., Damay F., Park J., Koo C., Klingeler R., Zvereva E.A., and Nalbandyan V.B. Zigzag Spin Structure in Layered Honeycomb $\text{Li}_3\text{Ni}_2\text{SbO}_6$: A

Combined Diffraction and Antiferromagnetic Resonance Study // Phys. Rev. B. – 2017. – V. 96. – No. 2. – P. 024417.

2. Korshunov A., Safiulina I., Kurbakov A. Spin Correlations and Short-Range Magnetic Order in the Honeycomb-Layered $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ // Phys. Status Solidi B. – 2020. – T. 257. – №. 3. – С. 1900232.

3. Stratan M.I., Shukaev I.L., Vasilchikova T.M., Vasiliev A.N., Korshunov A.N., Kurbakov A.I., Nalbandyan V.B., and Zvereva E.A. Synthesis, Structure and Magnetic Properties of Honeycomb-Layered $\text{Li}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ With New Data on its Sodium Precursor, $\text{Na}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ // New J Chem. – 2019. – V. 43. – No. 34. – P. 13545–13553.

4. Kurbakov A.I., Korshunov A.N., Podchezertsev S.Y., Stratan M.I., Raganyan G.V., and Zvereva E.A. Long-Range and Short-Range Ordering in 2D Honeycomb-Lattice Magnet $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ // J. Alloys Compd. – 2020. – V. 820. – P. 153354.

По своему содержанию все опубликованные работы посвящены экспериментальным исследованиям низкоразмерного магнетизма на примере сложных слоистых оксидов с сотообразной магнитной решеткой, на основе данных методов рассеяния синхротронного и нейтронного излучения.

На автореферат поступило 2 отзыва. Все отзывы положительные.

1. Отзыв из Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна. Отзыв подписан доктором физико-математических наук, начальником Научно-экспериментального отдела нейтронных исследований конденсированных сред Лаборатории нейтронной физики имени И. М. Франка Козленко Д. П. Отзыв содержит замечания: «1) В подписи к рис. 2 (с) магнитное упорядочение в $\text{Li}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ описано как ферромагнитное сотообразное с антиферромагнитным взаимодействием между слоями. Это не совсем корректно. На самом деле данное соединение в целом имеет антиферромагнитное упорядочение, в котором присутствуют ферромагнитные слои с антиферромагнитной связью между ними. 2) Из рис. 2 б, иллюстрирующего магнитные структуры типа зигзаг, видно, что направления между соседними спинами внутри ферромагнитных цепочек и ближайших цепочек с АФМ связью неколлинеарны. Было бы полезно

привести в автореферате характерные углы, описывающие эту неколлинеарность. 3) В автореферате отмечено, что для $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ было получено значение характерного размера спиновых корреляций при отсутствии магнитного упорядочения. Было бы полезно привести в автореферате численное значение этого размера.».

2. Отзыв из Института физики металлов имени М. Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург. Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, заведующим лабораторией нейтронных исследований вещества Губкиным А. Ф. Замечаний не содержит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что Балагуров Анатолий Михайлович доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории нейтронной физики имени И. М. Франка Объединенного института ядерных исследований является одним из ведущих российских специалистов мирового уровня в области исследования кристаллов методом дифракции нейтронов и разработки нейтронных спектрометров. Значительная часть его работ посвящена нейтронным дифракционным исследованиям атомной и магнитной структуры вещества, что напрямую связано с тематикой диссертационной работы.

Ерёмина Рушана Михайловна доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского - обособленного структурного подразделения Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр РАН» является известным специалистом мирового уровня в области исследования низкоразмерных магнитных структур. Значительная часть ее работ посвящена изучению магнитных свойств вещества, что также полностью соответствует тематике диссертационной работы.

Ведущая организация — Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова в лице кафедры физики низких температур и сверхпроводимости Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова проводит фундаментальные и прикладные научные исследования в области физики низких температур и

функционального материаловедения. Научные исследования кафедры охватывают широкий круг материалов, включая спиновые жидкости, низкоразмерные/классические магнетики, сверхпроводники, мультиферроики, которые исследуются методами термодинамической и кинетической характеристики, а также с применением резонансных методик в широком интервале температур.

Диссертационный совет на основании выполненных соискателем исследований отмечает, что:

- 1) Экспериментально исследованы детали кристаллической структуры ряда слоистых соединений с сотообразной магнитной решеткой с использованием порошковой дифракции синхротронного излучения и нейтронов. Установлены пространственные группы симметрии, с высокой точностью получены значения межатомных расстояний и валентных углов.
- 2) Прослежена температурная эволюция формирования дальнего магнитного порядка в $\text{Li}_3\text{Ni}_2\text{SbO}_6$, $\text{Na}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$, $\text{Li}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ и $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ по данным низкотемпературной нейтронной порошковой дифракции.
- 3) На основе полнопрофильного анализа дифракционных данных с применением аппарата теоретико-группового симметричного анализа построены модели магнитной структуры исследуемых соединений. Установлены основные параметры магнитной подсистемы, включающие направления и величины магнитных моментов.
- 4) Зарегистрировано диффузное магнитное рассеяние нейтронов на $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ выше температуры Нееля с использованием XYZ-поляризационного анализа. Проведено исследование спиновых корреляций, и восстановлена парная спиновая корреляционная функция системы.

Установлено, что:

- 1) Кристаллическая структура соединений $\text{Li}_3\text{Ni}_2\text{SbO}_6$, $\text{Na}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$, $\text{Li}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ описывается в рамках моноклинной пространственной группы $C2/m$, а $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ кристаллизуется в более симметричную пространственную группу $R\bar{6}_3/mcm$. Все соединения демонстрируют жесткое сотообразное упорядочение магнитных

атомов, при этом отдельные магнитоактивные слои отделены друг от друга слоями из атомов щелочи.

2) Наблюдаемое спиновое упорядочение в исследуемых системах крайне чувствительно к исходному атомному составу. В результате полнопрофильного анализа нейтронограмм предложены модели спиновой структуры типа «зигзаг» для $\text{Li}_3\text{Ni}_2\text{SbO}_6$, $\text{Na}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ и $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$, но с существенными отличиями в типе зигзага. В частности, основное состояние магнитной подсистемы в $\text{Na}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ является суперпозицией двух векторов распространения и соответствует сложной неколлинеарной магнитной структуре. Для соединения $\text{Li}_3\text{Co}_2\text{SbO}_6$ спиновая структура не является зигзагообразной и может быть представлена как ферромагнитные сотообразные слои, антиферромагнитным образом связанные друг с другом, что наблюдается впервые для сотообразных соединений.

3) Для никель-содержащих соединений характерно спиновое упорядочение с преимущественным направлением магнитных моментов вдоль нормали к сотообразным плоскостям. С другой стороны, кобальтовые соединения демонстрируют плоскостную анизотропию, когда магнитные моменты лежат в плоскости ab .

4) Магнитный фазовый переход в $\text{Na}_2\text{Ni}_2\text{TeO}_6$ сопровождается постепенным формированием структуры с ближним спиновым упорядочением. По характеру парной спиновой корреляционной функции и восстановленных карт обратного пространства сделан вывод о симметрии ближнего порядка, и получено значение характерного радиуса спиновых корреляций.

Научная и практическая значимость диссертации заключается в том, что полученные в ходе исследования результаты изучения кристаллической структуры и спинового упорядочения соединений с сотообразной геометрией представляют значительный интерес для развития теоретических моделей формирования магнитного порядка в системах с пониженной размерностью. Успешное применение методов рассеяния синхротронного излучения, поляризованных и неполяризованных нейтронов свидетельствует об их эффективности для получения значимых результатов даже для порошковых образцов, что должно стимулировать

исследование новых объектов. Качественные и количественные результаты работы могут быть использованы при построении эмпирической базы для теоретического обоснования общих механизмов и принципов формирования дальнего магнитного порядка в системах с пониженной размерностью, а также поиска нового типа низкоразмерных магнетиков с уникальными свойствами.

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы подтверждается использованием развитых и надежных методов, зарекомендовавших себя в физике конденсированного состояния. Полученные результаты находятся в соответствии с исследованиями, проведенными ранее другими авторами с использованием других экспериментальных и теоретических методов на подобных системах. Сформулированные в работе основные научные положения и выводы непротиворечивы и согласуются с фундаментальными физическими принципами.

Личный вклад автора

Все включенные в диссертацию результаты получены автором лично или при его непосредственном участии. Автор вел работы по подготовке и проведению экспериментов, обработке и интерпретации экспериментальных данных. Автор принимал непосредственное участие в подготовке всех публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Коршунова А.Н. «Кристаллическая структура и спиновый порядок в квазидвумерных оксидах переходных металлов с сотообразной геометрией», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции.

На заседании 10 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Коршунову Артёму Николаевичу ученую степень кандидата физико-

математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 21 человека (в том числе присутствовали удаленно 8 человек), из них 8 докторов наук по специальности диссертации 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовал:

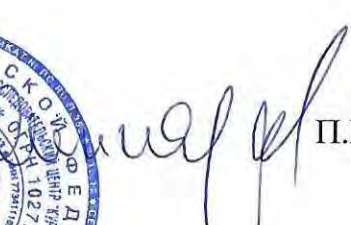
за присуждение ученой степени – 21,

против присуждения ученой степени – нет,


не голосовавшие члены совета – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета, д.ф.-м.н. проф.



 П.К. Кашкаров

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.ф.-м.н.

 В.А. Демин

10.12.2020 г.