

Заключение диссертационного совета МГУ.013.5
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «20» ноября 2025 г. № 45

О присуждении Столяренко Максиму Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние нестехиометрии по кислороду и замещения в кобальтовой подсистеме на магнитные и структурные фазовые переходы в редкоземельных кобальтитах $\text{RBaCo}_4\text{O}_{7+x}$ ($\text{R} = \text{Y}, \text{Dy}-\text{Lu}, -0.05 < x < 0.2$)» по специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений принята к защите диссертационным советом МГУ.013.5, протокол № 41 от 25.09.2025.

Соискатель Столяренко Максим Сергеевич 1997 года рождения с 01.10.2020 по 30.09.2024 освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

В настоящее время соискатель временно не трудоустроен.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и физики конденсированного состояния физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры общей физики и физики конденсированного состояния Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Казей Зоя Александровна.

Официальные оппоненты:

Волкова Ольга Сергеевна – доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова;

Аржников Анатолий Константинович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела теоретической физики

Физико-технического института Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения РАН;

Кугель Климент Ильич – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории теоретической электродинамики конденсированного состояния Института теоретической и прикладной электродинамики РАН

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их компетентностью в области физики магнитных явлений, в том числе в области исследований магнитных свойств фruстрированных и низкоразмерных материалов с конкурирующими взаимодействиями, подтвержденной наличием публикаций в высокорейтинговых журналах и рядом выполненных научно-исследовательских работ по данной тематике. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них 9 статей, опубликованных, в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений (физико-математические науки).

Список наиболее важных авторских публикаций по теме диссертации:

1. Казей З.А., Снегирев В.В., **Столяренко М.С.** Фазовые переходы в фрустрированных кобальтитах $\text{ErBaCo}_4\text{O}_{7+x}$ ($x = 0 - 0.06$) при небольшом отклонении от стехиометрии // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2021. – Т. 160. – №. 5(11). – С. 689-698 (Импакт-фактор 0,75 (РИНЦ). Объем 0,6 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: NOVHHX).
2. Kazei Z.A., Markina M.M., Snegirev V.V., **Stolyarenko M.S.**. Structural and magnetic transformations in the system $\text{YBaCo}_4\text{O}_{7+x}$ ($x = 0, 0.1, 0.2$) // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2024. – v. 603, p. 172251 (Импакт-фактор 3,0 (JIF). Объем 0,6 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: PYVZSF).

3. Казей З.А., Снегирев В.В., **Столяренко М.С.**, Камилов К.И., Ханов Л.Н. Особенности искажения структуры при фазовом переходе в разбавленных кобальтитах $\text{YBaCo}_4\text{-yZn}_y\text{O}_{7+x}$ ($y = 0, 0.3$) // Физика твердого тела – 2022. – Т. 64. – №. 11. – С. 1766-1773 (Импакт-фактор 0,61 (РИНЦ)). Объем 0,5 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: QMBWWM.
4. Казей З.А., Снегирев В.В., **Столяренко М.С.**, Редчиц П.Е. Структурные переходы в фruстрированных кобальтитах $\text{YBaCo}_{4-y}\text{Zn}_y\text{O}_{7+x}$ при разбавлении Со-подсистемы // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 162. – №. 5(11). – С. 767-777 (Импакт-фактор 0,75 (РИНЦ)). Объем 0,7 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: LBCBMR).
5. Казей З. А., Снегирев В. В., **Столяренко М. С.** Фазовые переходы в фрустрированном кобальтите $\text{TmBaCo}_4\text{O}_7$ // Физика твердого тела – 2023. – Т. 65. – №. 9. – С. 1586-1593 (Импакт-фактор 0,61 (РИНЦ)). Объем 0,8 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: QCERCI).
6. Казей З.А., Снегирев В.В., **Столяренко М.С.** Сравнительные исследования фрустрированных кобальтитов $\text{YBaCo}_{4\text{-}x}\text{O}_{7+x}$ и $\text{DyBaCo}_{4\text{-}x}\text{O}_{7+x}$ с небольших отклонением от стехиометрии по кислороду ($x \leq 0.2$) // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2020. – Т. 158. – №. 3(9). – С. 492-503 (Импакт-фактор 0,75 (РИНЦ)). Объем 0,8 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: CFJWYE).
7. Казей З.А., Снегирев В.В., **Столяренко М.С.**, Пигальский К.С., Козеева Л.П., Каменева М.Ю., Лавров А.Н. Поведение кобальтовой и редкоземельной подсистем в фрустрированных кобальтитах $\text{DyBaCo}_4\text{O}_{7+x}$ // Физика твердого тела. – 2019. – Т. 61. – №. 1. – С. 71-80 (Импакт-фактор 0,61 (РИНЦ)). Объем 0,8 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: OHQENP).
8. Казей З.А., Маркина М.М., Снегирев В.В., **Столяренко М.С.** Система YBaCo_4O_7 ($x = 0, 0.1$): от антиферро- к ферромагнетизму // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2023. – Т. 164. – №. 1(7). – С.

100-106 (Импакт-фактор 0,75 (РИНЦ). Объем 0,4 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: GEYXWK).

9. Казей З.А., Снегирев В.В., **Столяренко М.С.** Фазовые переходы в фruстрированных кобальтитах $\text{ErBaCo}_4\text{O}_{7+x}$ ($x = 0, 0.03$) при небольшом отклонении от стехиометрии // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2020. – Т. 112. – №. 3. – С. 189-195 (Импакт-фактор 0,39 (РИНЦ). Объем 0,4 п.л. Вклад автора: 0,5. EDN: BNTSBE).

На диссертацию и автореферат поступило 2 дополнительных отзыва, все отзывы положительные, замечаний не содержат.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены новые научно-обоснованные фундаментальные результаты, имеющие существенное значение для развития физики магнитных явлений.

В рамках данной работы было установлено влияние на структурные и магнитные фазовые переходы и основное магнитное состояние таких факторов, как отклонение от стехиометрии, искажение структуры, вносимая редкоземельным (РЗ) ионом магнитная анизотропия, беспорядок различной природы для серий $\text{YBaCo}_4\text{O}_{7+x}$, $\text{ErBaCo}_4\text{O}_{7+x}$, $\text{YBaCo}_{4-y}\text{Zn}_y\text{O}_7$ ($y = 0, 0.1, 0.2, 0.3$) и RBaCo_4O_7 ($\text{R} = \text{Dy}, \text{Tm}, \text{Yb}, \text{Lu}$). В частности, определены условия синтеза и дополнительной термообработки (состав шихты, температура и время отжига, процесс накислораживания и др.), существенно влияющие на получение однородных и однофазных образцов $\text{RBaCo}_4\text{O}_{7+x}$ с контролируемым отклонением x от стехиометрии. Установлено, что при небольшом отклонении от стехиометрии $x < 0.1$ характер и величина искажений структуры в серии слоистых кобальтитов $\text{RBaCo}_{4-x}\text{O}_{7+x}$ ($\text{R} = \text{Y}, \text{Dy}$) сохраняются такими же, как в стехиометрических образцах, тогда как при $x > 0.1$ структура остается неискаженной вплоть до гелиевых температур. Искажения кристаллической структуры в стехиометрических образцах $\text{YBaCo}_4\text{O}_{7+x}$ приводят к снятию фruстраций и

последующему установлению дальнего магнитного порядка в Со-подсистеме. При этом в упругих свойствах образца с $x = 0$ наблюдаются выраженные аномалии при температурах магнитных фазовых переходов T_{N1} и T_{N2} . При незначительном отклонении от стехиометрии по кислороду искажения структуры в образцах пропадают, а аномалии упругих характеристик в области T_{N1} быстро размываются. Это свидетельствует о подавлении структурного и магнитного переходов в нестехиометрических образцах и сохранении только близких корреляций параметров порядка. В стехиометрическом образце $\text{ErBaCo}_4\text{O}_7$ (РЗ ион с небольшой магнитной анизотропией) поведение Со подсистемы остается подобным Y-аналогу, и дальний магнитный порядок дополнительно не подавляется. При этом поведение РЗ подсистемы определяется кристаллическим полем, создаваемым соседними анионами, и эффективным обменным полем от частично упорядоченной (с дальним или близким порядком) Со подсистемы. Разбавление фрустрированной Со подсистемы в серии слоистых кобальтитов $\text{YBaCo}_{4-y}\text{Zn}_y\text{O}_7$ приводит к монотонному снижению температуры структурного перехода. При этом дальний магнитный порядок при низких температурах сохраняется, а его характерная температура T_{N1} понижается. В закаленных образцах системы $\text{YBaCo}_{4-y}\text{Zn}_y\text{O}_7$ структурные фазовые переходы размываются за счет дополнительного беспорядка, вносимого неоднородным распределением кислорода и диамагнитных ионов Zn. В стехиометрических кобальтитах RBaCo_4O_7 ($\text{R} = \text{Dy}, \text{Tm}, \text{Yb}, \text{Lu}$; РЗ ионы с ‘большой магнитной анизотропией’) характер и величина искажения структуры меняется мало. При этом дальний магнитный порядок дополнительно подавляется, так что на упругих и структурных характеристиках, видны только следы от магнитного перехода при $T_{N1} \sim 105$ К. Магнитный вклад от РЗ подсистемы с ионами Dy, Tm, Yb определяется кристаллическим полем от соседних анионов и эффективным обменным полем от частично упорядоченной Со подсистемы.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на

защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. В серии слоистых кобальтитов $\text{RBaCo}_4\text{O}_{7+x}$ ($\text{R} = \text{Y}, \text{Dy}$) со нестехиометрическими составами ($x < 0.1$) поведение и значение ромбического искажения $\varepsilon_0 \approx -4.0 \cdot 10^{-3}$ остаются схожими с соединениями при $x = 0$, в то время как при $x > 0.1$ структура остается неискаженной вплоть до гелиевых температур, что обуславливает различное магнитное поведение фрустрированной Со системы.

2. Стехиометрические образцы YBaCo_4O_7 обнаруживают два магнитных фазовых перехода при $T_{N1} = 105 \text{ K}$ и $T_{N2} = 70 \text{ K}$, которые отчетливо проявляются в упругих/магнитоупругих свойствах, а также в термоостаточной намагниченности (TMR ; наведенном магнитном моменте $M(T) = M_{FC} - M_{ZFC}$). При отклонении от стехиометрии $x \sim 0.1, 0.2$ переход при $T_{N1} = 105 \text{ K}$ быстро размывается, тогда как переход при $T_{N2} = 70 \text{ K}$ становится более выраженным и обнаруживает ферромагнитную компоненту и остаточный момент $\sim 10^{-3}$ и $10^{-2} \mu_B$, соответственно.

3. Разбавление фрустрированной Со подсистемы в образцах $\text{YBaCo}_4_x\text{Zn}_x\text{O}_7$ не приводит к изменению значения ромбического искажения $\varepsilon_0 \approx -4.0 \cdot 10^{-3}$, но при этом уменьшает температуры T_S и T_{N1} фазовых переходов. Вследствие беспорядка структурные и магнитные переходы в закаленных соединениях с фruстрациями обменного взаимодействия размыты, но отчетливо проявляются на образцах после отжига.

4. В стехиометрических кобальтитах RBaCo_4O_7 ($\text{R} = \text{Dy} - \text{Lu}$) вклад в магнитные свойства от редкоземельной подсистемы доминирует ниже 150 K и определяется кристаллическим полем и эффективным обменным полем от фрустрированной Со-подсистемы с дальним или ближним магнитным порядком. В кобальтитах с ионами Er и Y поведения фрустрированной Со-подсистемы подобны, тогда как магнитные ионы Dy, Tm, Yb обуславливают подавление дальнего магнитного порядка.

На заседании 20.11.2025 диссертационный совет принял решение присудить Столяренко М.С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета МГУ.013.5

Доктор физико-математических наук,

профессор

Перов Николай Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного совета МГУ.013.5

кандидат физико-математических наук

Шапаева Татьяна Борисовна

20.11.2025