

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 1.3.02.06  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «31» мая 2024 г. № 10

о присуждении Яковлеву Илье Александровичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Фазовая характеристика коррелированных систем с топологически-защищенными магнитными структурами при помощи методов машинного обучения и теории структурной сложности» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите диссертационным советом УрФУ 1.3.02.06 «10» апреля 2024 г., протокол № 4.

Соискатель, Яковлев Илья Александрович, 1995 года рождения,

в 2019 г. окончил ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика;

в 2023 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (Физика конденсированного состояния);

работает в должности инженера-исследователя кафедры теоретической физики и прикладной математики Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической физики и прикладной математики Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент, Мазуренко Владимир Владимирович, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Физико-технологический институт, кафедра теоретической физики и прикладной математики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

**Дмитриенко Владимир Евгеньевич** – доктор физико-математических наук, ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Курчатовский комплекс кристаллографии и фотоники (КККиФ), отделение «Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова», отдел кристаллофизики, лаборатория теоретических исследований, главный научный сотрудник;

**Рыльцев Роман Евгеньевич** – доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, отдел физической химии, лаборатория неупорядоченных систем, ведущий научный сотрудник;

**Сутурин Сергей Михайлович** – кандидат физико-математических наук, ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, лаборатория оптики конденсированного состояния, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ и входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 4,4 п.л., авторский вклад – 2,46 п.л.

Основные публикации по теме диссертации

*Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:*

1. **Iakovlev, I. A.** Bimeron nanoconfined design / **I. A. Iakovlev, O. M. Sotnikov, V. V. Mazurenko** // Phys. Rev. B. – 2018. – Vol. 97, – Iss. 18. – 184415; 0.47 п.л./ 0.38 п.л. (Web of Science, Scopus).

2. **Iakovlev, I. A.** Supervised learning approach for recognizing magnetic skyrmion phases / **I. A. Iakovlev, O. M. Sotnikov, V. V. Mazurenko** // Phys. Rev. B. – 2018. – Vol. 98, – Iss. 17. – 174411; 0.69 п.л./ 0.37 п.л. (Web of Science, Scopus).

3. **Iakovlev, I. A.** Profile approach for recognition of three-dimensional magnetic structures / **I. A. Iakovlev, O. M. Sotnikov, V. V. Mazurenko** // Phys. Rev. B. – 2019. – Vol. 99, – Iss. 2. – 024430; 0.8 п.л./ 0.4 п.л. (Web of Science, Scopus).

4. Bagrov, A. A. Multiscale structural complexity of natural patterns / A. A. Bagrov, **I. A. Iakovlev**, A. A. Iliasov, M. I. Katsnelson, V. V. Mazurenko // Proc. Natl. Acad. Sci. – 2020. – Vol. 117, – № 48. – PP. 30241–30251; 1.28 п.л./ 0.96 п.л. (Web of Science, Scopus).

5. Mazurenko, V. V. Estimating Patterns of Classical and Quantum Skyrmion States / V. V. Mazurenko, **I. A. Iakovlev**, O. M. Sotnikov, M. I. Katsnelson // J. Phys. Soc. Jpn. – 2023. – Vol. 92, – № 8. – 081004; 1 п.л./ 0.25 п.л. (Web of Science, Scopus).

На автореферат поступили отзывы:

1. **Максимова Павла Александровича**, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника научного отдела теории конденсированных сред, сектора № 1 теории твердого тела, лаборатории теоретической физики имени Н.Н. Боголюбова Международной межправительственной научно-исследовательской организации Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Московская обл. Содержит замечания об отсутствии в автореферате некоторых ссылок и наличии опечаток, а также вопрос касательно сравнения точности определения фазовых границ при помощи предложенной нейронной сети и термодинамических наблюдаемых.

**2. Потеряева Александра Ивановича**, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории оптики металлов ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит вопросы о причине выбора базовых методов машинного обучения, способах повышения точности работы нейронной сети, нюансах численной схемы расчета структурной сложности в случае, когда размер системы не кратен размеру фильтра, а также вопрос об особенностях моделирования исследуемых систем вблизи фазовых переходов при помощи метода Монте-Карло.

**3. Прудникова Павла Владимировича**, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника отдела материаловедения и физико-химических методов исследования Центра новых химических технологий ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук» (Омский филиал), г. Омск. Содержит вопросы о возможности появления новых фазовых состояний при увеличении размера рассматриваемой системы, способности предложенных подходов предсказывать появление ранее неизвестных состояний и фазовых переходов, о том, учитывались ли в работе эффекты анизотропии, причинах выбора порогового значения активации выходных нейронов и тонкостях процедуры настройки параметров нейронной сети, а также о нюансах алгоритма расчета структурной сложности магнитных конфигураций, стабилизированных в системе с треугольной кристаллической решеткой.

**4. Стрельцова Сергея Владимировича**, доктора физико-математических наук, профессора РАН, члена-корреспондента РАН, заведующего лабораторией теории низкоразмерных спиновых систем ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит вопросы о том, входили ли магнитные конфигурации, соответствующие области

параметров, при которых получена фазовая диаграмма, демонстрирующая возможности нейронной сети, в обучающий набор, а также о том, с чем связана низкая точность идентификации парамагнитных состояний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается известностью их научных достижений, большим научным вкладом и авторитетом в области физики конденсированного состояния.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи совершенствования методик построения и количественного описания фазовых диаграмм магнитных систем с взаимодействием Дзялошинского-Мории, имеющей значение для современной физики конденсированного состояния, а также для проектирования элементной базы электроники нового поколения (спинтроники).

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. Предложен универсальный по отношению к размерности и геометрии системы алгоритм, позволяющий определять фазу магнитной конфигурации на основе вектора намагниченности.

2. Продемонстрирована возможность количественного описания фазовых диаграмм систем с магнитными скирмионами, включая переходные области, при помощи полносвязной нейронной сети с одним скрытым слоем. Показано, что задача об автоматической идентификации состояний, принадлежащих чистым фазам, может быть решена с использованием базовых методов машинного обучения.

3. Предложен алгоритм количественной оценки структурной сложности объектов и исследована возможность его применения для детектирования фазовых переходов в магнитных системах.

Предложенные в диссертационной работе методы идентификации топологически-защищенных магнитных структур, а также переходных областей фазовых диаграмм рассматриваемых систем, представляют практический интерес для дальнейших исследований, направленных на разработку запоминающих устройств и логических элементов нового поколения, построенных на основе магнитных скирмионов. Сформулированный алгоритм расчета структурной сложности объектов открывает перспективы поиска ранее неизвестных состояний и фазовых переходов в магнитных системах, на основе как теоретических, так и экспериментальных данных.

На заседании 31 мая 2024 г. диссертационный совет УрФУ 1.3.02.06 принял решение присудить Яковлеву И.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 1.3.02.06 в количестве 20 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали за – 17 человек, против – 2, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета  
УрФУ 1.3.02.06



Огородников Игорь Николаевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

УрФУ 1.3.02.06



Ищенко Алексей Владимирович

31 мая 2024 г.