

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Яковлева Ильи Александровича «Фазовая характеристика коррелированных систем с топологически-защищенными магнитными структурами при помощи методов машинного обучения и теории структурной сложности», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния.

Построение фазовых диаграмм магнитных систем является одной из фундаментальных задач физики конденсированного состояния. Их работ, посвященных изучению перспективных материалов, наиболее ценными являются те, в которых определяется диапазона параметров, при котором возможно их технологическое применение. Богатство фазовых состояний магнитных систем и нетривиальность их структуры стимулирует исследования, направленные на улучшение точности определения их границ, а также снижение требуемых вычислительных затрат, по сравнению с уже существующими методиками. Именно решению таких задач посвящена диссертационная работа Яковлева И. А.

В работе предложены несколько методов, позволяющих проводить идентификацию фазовых состояний в ферромагнитных системах с анизотропным взаимодействием Дзялошинского-Мории. Стабилизируемые в них магнитные скирмионы являются перспективным объектом исследований в спинтронике, о чем свидетельствует большое число научных работ в данном направлении. Автором было показано, что данные структуры можно отличать на базовом уровне при помощи визуализации вектора, составленного из проекций намагниченности атомов системы. Кроме этого, использование машинного обучения позволяет количественно описывать смешанные фазовые состояния, встречающиеся в таких системах, что недоступно для других, использованных ранее методик.

Отдельное внимание хотелось бы уделить предложенному алгоритму оценки структурной сложности магнитных систем. Простота реализации численной схемы, точность определения фазовых переходов, а также продемонстрированная возможность работы с различным представлением данных, открывают перспективы ее применения не только в теоретических, но и в экспериментальных исследованиях.

В ходе чтения автореферата возникли следующие вопросы и замечания:

- 1) Из текста автореферата не очевидно, входили ли конфигурации, соответствующие фазовой диаграмме на Рис. 5 в обучающий набор или



она представляет собой демонстрацию работы нейронной сети на неизвестных данных?

- 2) С чем связана низкая точность определения парамагнитных конфигураций при помощи нейронной сети? Казалось бы, в данном случае тип кристаллической решетки не должен играть никакой роли.

Упомянутые замечания не снижают общую положительную оценку работы. Основные результаты опубликованы в престижных научных журналах и хорошо цитируются, что говорит о их важности для научного сообщества.

Диссертационная работа выполнена на достойном уровне, соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук. Считаю, что Яковлев Илья Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния.

Стрельцов Сергей Владимирович,  
доктор физико-математических наук,  
профессор РАН, член-корреспондент РАН,  
главный научный сотрудник,  
заведующий лабораторией теории  
низкоразмерных спиновых систем  
ФГБУН Институт Физики Металлов  
имени М.Н. Михеева Уральского отделения  
Российской академии наук,

« 03 » мая 2024 г.

620108, г. Екатеринбург,  
ул. Софьи Ковалевской, д. 18  
Тел.: +7 (495) 378-36-65  
e-mail: streltsov@imp.uran.ru

