

## УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке ФГАОУ ВО  
«УрФУ имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина», д.ф.-м.н.,  
доцент



Германенко Александр Викторович

«4» апреля 2025 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина»

Диссертация «Исследование упругих и магнитоупругих взаимодействий  
в магнетиках на основе 3d – переходных элементов» выполнена в Институте  
естественных наук и математики на кафедре теоретической и математической  
физики.

В период подготовки диссертации соискатель Терещенко Алексей  
Анатольевич работал в федеральном государственном автономном  
образовательном учреждении высшего образования «Уральский федеральный  
университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт  
естественных наук и математики, в должности ассистента кафедры  
теоретической и математической физики (с апреля 2022 г. по настоящее время).

Терещенко А.А. с 1 сентября 2020 г. по 31 августа 2024 г. обучался в  
очной аспирантуре ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия  
(направленность 1.3.8. Физика конденсированного состояния).

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2024 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Тема научно-квалификационной работы (диссертации) утверждена приказом № 743/05 от 02.11.2020.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук, доцент Овчинников Александр Сергеевич, профессор кафедры теоретической и математической физики Института естественных наук и математики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

По итогам обсуждения принято следующее **заключение**:

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Исследование упругих и магнитоупругих взаимодействий в магнетиках на основе 3d – переходных элементов» Терещенко Алексея Анатольевича является цельной завершенной работой, в которой содержится решение научных задач, имеющих важное значение для развития физики конденсированного состояния. В частности, рассматривается роль одноионного магнитоупругого взаимодействия в формировании магнитоупругих волн, распространяющихся вдоль хиральной оси гелимагнетика, и несоизмеримого магнитного порядка в одноосном хиральном гелимагнетике  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$  гексагональной симметрии в присутствии упругих напряжений. Представлено описание структурно-хиральной среды в рамках микрополярной теории упругости. Также обсуждается влияние двухионного магнитоупругого взаимодействия на магнитный гистерезис в ряде интеркалированных диалькогенидов переходных металлов и на процесс ослабления ультразвука в интерметаллиде  $\text{LuCo}_2$  в области кроссовера



«низкий спин – высокий спин», индуцированного сверхсильным внешним магнитным полем.

Все представленные в диссертации результаты **получены автором лично** или при его активном участии: определена дисперсия магнитоупругих волн в одноосном хиральном гелимагнетике для нескольких ориентаций внешнего магнитного поля, вычислен фоновый спектр нецентросимметричного кристалла в рамках микрополярной теории упругости, рассчитан контраст Френеля просвечивающей лоренцевской электронной микроскопии для магнитных несоизмеримых фаз модели двойного синус-Гордона, дано объяснение необычного температурного поведения формы петель магнитного гистерезиса для железосодержащих диалкогенидов переходных металлов, обнаружено изменение характера рассеяния фононов на магнонах с нерезонансного на резонансный в области кроссовера «низкий спин – высокий спин». Также автор принимал непосредственное участие в обсуждении и подготовке всех публикаций по теме диссертации.

**Достоверность результатов** диссертационного исследования обеспечивается использованием общеизвестных теоретических методов и подходов, а также согласием с экспериментальными наблюдениями и с известными литературными данными. Публикации в высокорейтинговых научных изданиях и доклады на престижных научных конференциях тоже свидетельствуют в пользу достоверности результатов.

**Научная новизна** диссертационной работы состоит в том, что:

- выявлен мультрезонансный характер дисперсии магнитоупругих волн, распространяющихся вдоль геликоидальной оси, для фазы хиральной магнитной солитонной решетки, наблюдаемой в одноосных хиральных гелимагнетиках;

- предложено описание упругой динамики нецентросимметричных кристаллов, учитывающее эффекты структурной хиральности, в рамках микрополярной теории упругости;
- вычислен контраст Френеля просвечивающей лоренцевской электронной микроскопии для каждого пространственно неоднородного решения стационарного уравнения двойного синус-Гордона, описывающего основное состояние одноосного хирального гелимагнетика при совместном действии внешнего магнитного поля и упругих растягивающих напряжений, приложенных перпендикулярно к геликоидальной оси;
- дано объяснение эволюции магнитного гистерезиса с ростом температуры от петель ферромагнитного типа к антиферромагнитному на основе различной температурной зависимости вкладов в молекулярные поля от обменных и магнитоупругих взаимодействий;
- показано, что в низкоспиновом состоянии рассеяние фононов на магнонах носит нерезонансный характер, тогда как резкий рост намагниченности при кроссовере «низкий спин – высокий спин» делает возможным резонансное поглощение фононов магнонной подсистемой за счет переходов между различными магнонными состояниями, что сопровождается резким ростом коэффициента ослабления ультразвука.

**Практическая значимость** результатов диссертационного исследования определяется тем, что:

- продемонстрирована возможность контролируемого управления внешним магнитным полем дисперсии магнитоупругих волн в одноосных хиральных гелимагнетиках;
- показано, что ротонны могут иметь классическую природу и существовать при комнатных температурах;
- предложен способ количественной оценки локальных упругих деформаций в пленках с неоднородным магнитным упорядочением;



- развитая в работе теория ферромагнитного поведения гистерезиса в антиферромагнитных железосодержащих диалькогенидах переходных металлов при низких температурах позволяет определить диапазон применимости этих соединений в качестве постоянных магнитов;
- аномальное полевое поведение коэффициента ослабления ультразвука в области кроссовера «низкий спин – высокий спин» делает ультразвуковые методы дополнительным инструментом исследования зонных метамагнитных переходов в ферромагнитных интерметаллидах.

**Ценность научных работ** соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук заключается в том, что основные результаты диссертационного исследования изложены в научных статьях, трудах международных конференций, а также докладывались на научных конференциях и семинарах, что обеспечивает их достаточную апробированность. По теме диссертации соискателем в соавторстве опубликовано **6 статей** в рецензируемых научных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, получено **1 свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ. Авторский вклад соискателя составляет от 35 до 85%.

**Список основных публикаций** автора по материалам диссертационной работы в изданиях, рекомендованных ВАК и приравненных к ним:

1. Tereshchenko, A.A. Emergent elasticity and wavelike to particle-like crossover in a magnetic chiral soliton lattice / A.A. Tereshchenko, Vl.E. Sinitsyn, I.G. Bostrem, P.V. Prudnikov, A.S. Ovchinnikov, J. Kishine // Physical Review B. – 2024. – Vol. 110. – P. 144426. (авторский вклад 85%)
2. Tereshchenko, A.A. Theory of ultrasound propagation in  $\text{LuCo}_3$  near the low-spin-high-spin crossover / A.A. Tereshchenko, A.S. Ovchinnikov, D.I. Gorbunov, D.S. Neznakhin // Physical Review B. – 2022. – Vol. 106. – P. 054417. (авторский вклад 70%)

3. Kishine, J. Chirality-induced phonon dispersion in a noncentrosymmetric micropolar crystal / J. Kishine, A.S. Ovchinnikov, A.A. Tereshchenko // Physical Review Letters. – 2020. – Vol. 125. – P. 245302. (авторский вклад 35%)
4. Paterson, G.W. Tensile deformations of the magnetic chiral soliton lattice probed by Lorentz transmission electron microscopy / G.W. Paterson, A.A. Tereshchenko, S. Nakayama, Y. Kousaka, J. Kishine, S. McVitie, A.S. Ovchinnikov, I. Proskurin, Y. Togawa // Physical Review B. – 2020. – Vol. 101. – P. 184424. (авторский вклад 50%)
5. Baranov, N.V. Magnetic phase transitions, metastable states, and magnetic hysteresis in the antiferromagnetic compounds  $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$  / N.V. Baranov, N.V. Selezneva, E.M. Sherokalova, Y.A. Baglaeva, A.S. Ovchinnikov, A.A. Tereshchenko, D.I. Gorbunov, A.S. Volegov, A.A. Sherstobitov // Physical Review B. – 2019. – Vol. 100. – P. 024430. (авторский вклад 35%)
6. Tereshchenko, A.A. Theory of magnetoelastic resonance in a monoaxial chiral helimagnet / A.A. Tereshchenko, A.S. Ovchinnikov, I. Proskurin, E.V. Sinitsyn, J. Kishine // Physical Review B. – 2018. – Vol. 97. – P. 184303. (авторский вклад 50%)

Содержание диссертационной работы **достаточно полно** представлено в работах, опубликованных соискателем.

**Перечень свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ:**

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669066 от 07 сентября 2023 г.: Программа для численного определения коэффициента упругости магнитной киральной солитонной решетки: дата поступления 01 сентября 2023 г., дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 07 сентября 2023 г. / Вл.Е. Синицын, А.А. Терещенко. (авторский вклад 50%)



Диссертационная работа «Исследование упругих и магнитоупругих взаимодействий в магнетиках на основе 3d – переходных элементов» Терещенко Алексея Анатольевича, представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, **соответствует требованиям**, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней. Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования. Диссертационное исследование не содержит результатов научных работ, выполненных в соавторстве, без ссылок на соавторов. Содержание диссертации **соответствует** научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния и **удовлетворяет** требованиям следующих пунктов паспорта специальности (отрасль науки – физико-математические):

п. 1 «Теоретическое и экспериментальное изучение ... свойств неорганических ... соединений ... в кристаллическом ... состоянии ... в зависимости от их ..., температуры ...»;

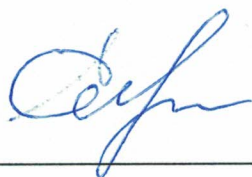
п. 3 «Теоретическое и экспериментальное изучение свойств конденсированных веществ в экстремальном состоянии (... , сильные магнитные поля, ... низкие ... температуры), фазовых переходов в них ...»;

п. 5 «... прогнозирование изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения»;

п. 7 «Теоретические расчеты ... динамики решетки ... твердых тел».

Диссертация «Исследование упругих и магнитоупругих взаимодействий в магнетиках на основе 3d – переходных элементов» Терещенко Алексея Анатольевича **рекомендуется** к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

**Заключение принято** на заседании кафедры теоретической и математической физики Института естественных наук и математики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Присутствовало на заседании 21 чел. Результаты голосования: «за» - 21 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 100.089-06/04 от 1 апреля 2025 г.



Елфимова Екатерина Александровна,  
д.ф.-м.н., доцент, заведующий  
кафедрой теоретической и  
математической физики Института  
естественных наук и математики

ПОДПИСЬ  
ЗАВЕРЯЮ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ УРФУ  
МОРОЗОВА В.А.

*Елфимовой Е.А.*



федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; 620062, Екатеринбург, ул. Мира, 19; (343) 375-44-44; [contact@urfu.ru](mailto:contact@urfu.ru); [www.urfu.ru](http://www.urfu.ru)