

УТВЕРЖДАЮ

Заместителя декана  
Физического факультета СПбГУ

(должность)



А. В. Титов

(подпись)

(инициалы, фамилия)

« 25 » 01 20 24

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

По итогам рассмотрения и обсуждения  
диссертации Лезовой Ирины Евгеньевны  
(*фио соискателя ученой степени*)

представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

*Ученная степень*

по теме «Теплоемкость и магнитокалорические свойства ряда редкоземельных гранатов, алюминатов и пентафосфатов»

*(тема диссертации)*

по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния  
*шифр и наименование научной специальности (научных специальностей)*

и выполненной в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра квантовой механики, год представления 2024

*наименование организации и год представления*

а также представленных соискателем научных публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, приняты следующие решения, замечания и рекомендации:

---

**Представленная работа является актуальной** в силу больших перспектив практического применения исследованных объектов в качестве материалов, пригодных для решения задачи магнитного охлаждения. Такими материалами, в том числе, являются алюминаты, гранаты и пентафосфаты, которые были исследованы в работе. Релаксационный метод определения теплоемкости материалов был выбран как основной. Измерения проводились в диапазоне температур от 1,9 до 220 К в отсутствие и при приложении внешнего магнитного поля в диапазоне от 0 до 9 Т.

**Основной целью** работы являлось исследование влияния вида редкоземельных ионов и степени легирования на теплоемкость монокристаллов гранатов, алюминатов и пентафосфатов, а также стекол пентафосфатов в различных внешних магнитных полях. Анализ экспериментальных результатов температурных



зависимостей теплоемкости образцов проводили с использованием теорий Дебая, Эйнштейна и аномалий Шоттки. Для объяснения нестандартного поведения зависимости теплоемкости в низкотемпературной области учитывались магнитные поля, создаваемые соседними парамагнитными ионами. Параметрами аппроксимации для экспериментальных данных служили величина расщепление основного дублета и разность между низшим энергетическим уровнем и первым возбужденным крамерсовым дублетом. Автором диссертационного исследования были получены следующие **основные научные результаты**:

1. Измеренные значения теплоемкости исследованных кристаллических материалов и пентафосфатных стекол в широком интервале температур и их изменение при приложении постоянных магнитных полей.

2. Температурная зависимость теплоемкости чистого и легированного эрбием кристаллов галлий-гадолиниевого граната в диапазоне от 1,9 до 40 К может быть аппроксимирована суммой вкладов аномалий Шоттки, связанных с присутствием ионов гадолиния и эрбия, а также вкладов Дебая и Эйнштейна. Величины расщепления основного спинового мультиплета гадолиния имеют значения, на порядок выше их теоретических оценок. Введение ионов эрбия в решетку граната приводит к увеличению магнитокалорического эффекта.

3. Для кристаллов  $Dy_xY_{3-x}Al_5O_{12}$  с  $x$  от 0 до 3 при нулевом внешнем магнитном поле в диапазоне температур от 1,9 до 40 К величина теплоемкости может быть описана суммой вклада Дебая и вклада аномалий Шоттки. В серии смешанных диспрозий-иттриевых гранатов максимальный магнитокалорический эффект наблюдается для образца  $Dy_{2,25}Y_{0,75}Al_5O_{12}$ . Исследование граната  $Dy_1Y_2Al_5O_{12}$  при приложении различных магнитных полей показали, что измерения теплоемкости могут быть использованы для получения информации о кластеризации в твердых растворах.

4. Теплоемкость пентафосфатного стекла  $GdP_5O_{14}$  в области низких температур значительно превышает теплоемкость монокристалла соответствующего состава, что объясняется вкладом в теплоемкость двухуровневых систем.

5. Теплоемкость алюминатов  $Y_{1-x}Er_xAlO_3$  при  $x$  от 0 до 0,45 в диапазоне температур от 1,9 до 7 К определяются аномалиями Шоттки и вкладом Дебая.

**Научная и практическая значимость** данной работы заключается в следующем. На основе полученных в ней экспериментальных данных и их обработки в рамках современных теорий можно сделать выводы об особенностях теплоемкости и структуры легированных редкоземельными металлами гранатов, монокристаллов и стекол пентафосфатов, а также кристаллов алюминатов. Особое внимание в представленной работе было уделено анализу низкотемпературной области зависимости теплоемкости для рассматриваемых кристаллов. Исследования проводились в широком диапазоне приложенных магнитных полей, что позволило сделать выводы о его влиянии на теплоемкость исследованных кристаллов.

Полученные в работе данные могут найти применение при разработке различных приборов и элементов для широкой области прикладной физики и техники, в которой используются исследованные материалы. Полученные результаты о влиянии состава и вида парамагнитных ионов на теплоемкость открывают возможность дизайна систем с прогнозируемыми свойствами.

---



Исследования, проведенные в рамках работы, показали, что гранаты, пентафосфаты и алюминаты могут применяться при создании адиабатических магнитных рефрижераторов. Это способствует расширению набора материалов для использования в магнитных рефрижераторах.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждаются использованием строгих математических методов и проверенных численных алгоритмов, доказавших свою надежность в предыдущих исследованиях. Там, где это возможно, достоверность результатов проверяется сравнением с данными других авторов.

Личное участие автора в получении результатов заключается в самостоятельном изучении необходимой литературы по теме диссертации, выборе конкретных систем и процессов для проведения численного моделирования, написании и отладке компьютерных программ, анализе полученных результатов и формулировании выводов исследования. Все основные научные результаты были получены автором самостоятельно.

**Полнота изложения материалов диссертации в публикациях и апробация работы.** По материалам диссертации опубликованы 4 статьи в ведущих международных рецензируемых физических журналах, входящих в перечень ВАК и базы данных РИНЦ, Web of Science и Scopus. Все положения, выносимые на защиту, нашли отражение в публикациях. Результаты работы были доложены на 2 всероссийских и международных конференциях.

Диссертационное исследование Лезовой Ирины Евгеньевны **«Теплоемкость и магнитокалорические свойства ряда редкоземельных гранатов, алюминатов и пентафосфатов»** соответствует паспорту по научной специальности **1.3.8. «Физика конденсированного состояния»** и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Нарушения со стороны Лезовой Ирины Евгеньевны

ФИО соискателя

п. 11 Приказа СПбГУ от «19» ноября 2021 г. №11181/1

не выявлены

*не выявлены, выявлены*

и Приказа СПбГУ от 03.07.2023 № 9287/1

не выявлены

*не выявлены, выявлены*

Все основные выносимые на защиту научные материалы диссертацию опубликованы в предложенных соискателем статьях.

Коллектив сотрудников кафедры физики твердого тела

*наименование подразделения*

рекомендовал

*рекомендовал / не рекомендовал / рекомендовал при условии устранения замечаний*

диссертацию Лезовой Ирины Евгеньевны

*ф.и.о. соискателя*

по теме «Теплоемкость и магнитокалорические свойства ряда редкоземельных гранатов, алюминатов и пентафосфатов»

*тема диссертации*

к защите на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

*ученая степень*

по научной специальности \_\_\_\_\_

1.3.8. «Физика конденсированного состояния»

*шифр и наименование научной специальности (научных специальностей)*

При проведении голосования коллектива сотрудников подразделения ( протокол заседания № 44/12/15-02-7 от 24.11.2023) в количестве 14 человек, участвовавших в заседании из 20 человек штатного состава:

Проголосовали «за» : 14,

«против»: 0,

«воздержались»: 0.

Подписал: заведующий кафедрой

*(должность)*

физики твердого тела СПбГУ

*(наименование структурного подразделения)*

Доктор физ.-мат. наук,

*(ученая степень)*

профессор

*(ученое звание)*

*Свербин*

*(подпись)*

Вербин С.Ю.

*Расшифровка подписи, дата*

