

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 02.10.2023 08:39:46
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:

Руководитель ООП

 А.В. Солнышкин

«30» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Критические явления и фазовые переходы в магнетиках

Направление подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

1 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., Карпенков А.Ю.



Тверь, 2023

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины является изучение общих представлений о механизмах магнитных фазовых переходов. Исследование магнитных фазовых переходов позволяет установить механизмы формирования магнитного упорядочения. В области перехода происходит контролируемое изменение намагниченности, электросопротивления, теплоемкости, объема и других параметров системы, что представляет практический интерес для использования в технических устройствах.

Данная дисциплина формирует необходимые профессиональные компетенции для успешного проведения научно-исследовательской работы в рамках производственной практики, преддипломной практики и для подготовки магистерских диссертаций.

Задачами освоения дисциплины являются:

- получение знаний о физической природе формирования магнитных свойств современных функциональных магнитных материалов на основе редкоземельных и 3d- переходных металлов;
- изучение экспериментальных методов исследования физических характеристик магнитных материалов;

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Критические явления и фазовые переходы в магнетиках» относится к модулю Физика магнитных явлений Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, полученные при изучении дисциплин «Физика конденсированных сред», «Магнетизм в конденсированных средах», «Статические и динамические свойства магнетиков».

Профессиональные компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, необходимы для успешной работы обучающегося при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины: 2 зачетных единицы, 72 академических часа, в

том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 30 часов;

самостоятельная работа: 42 часа.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<i>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине</i>
ПК-3. Способен выполнять проектирование и разработку продукции в части, касающейся разработки объемных нанометаллов, сплавов и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов.	ПК-3.1. Формулирует рекомендаций по изменению состава, структуры материалов, а также режимов и способов их обработки на основе анализа моделей, характеризующих связь между эксплуатационными, технологическими и инженерными свойствами и параметрами состава и структуры материала; ПК-3.3. Анализирует результаты испытаний образцов материалов.
ПК-5. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам.	ПК-5.3. Проводит анализ и теоретическое обобщение научных данных в соответствии с задачами исследования.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Зачет во 2 семестре.

6. Язык преподавания: русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		
		всего	в т.ч. III	
Общие представления о магнитных фазовых переходах	4	2		2
Параметр порядка. Теория Ландау фазовых переходов. Критические индексы. Методы определения температуры Кюри. Носители магнетизма. Система невзаимодействующих моментов. Парамагнетизм Ланжевена	4	2		2
Модель Гейзенберга. Приближение среднего поля. Фазовые переходы ферромагнетик — парамагнетик для локализованных моментов. Модель Поттса. Модель Изинга. Теория Нееля молекулярного поля многоподрешеточных магнетиков. Фазовый переход антиферромагнетик — парамагнетик	6	2		4
Фазовый переход ферримагнетик — парамагнетик. Слабый ферромагнетизм. Фазовый переход ферромагнетик — парамагнетик для коллективизированных моментов. Парамагнетизм Паули. Критерий Стонера.	6	2		4
Зонный метамагнетизм. Пирромагнетизм.	4	2		2
Индукцированные давлением фазовые переходы. Обменно-стрикционный механизм переходов 1-го рода. Теория Бина — Родбела. Квантовые фазовые переходы.	6	2		4
Спонтанные переходы ферромагнетик — антиферромагнетик. Обменно-стрикционная модель Киттеля. Индуцированные магнитным полем фазовые переходы в изотропных ферримагнетиках.	4	2		2
Индукцированные магнитным полем спин-переориентационные фазовые переходы.	4	2		2
Фазовые переходы, обусловленные конкуренцией обменных взаимодействий и анизотропии	4	2		2
Спиральные магнитные структуры	4	2		2
Мартенситные превращения. Магнитоуправляемый эффект памяти формы.	4	2		2
Магнитокалорический эффект в окрестности магнитных фазовых переходов.	6	2		4
Магнитные фазовые переходы, сопровождающиеся	4	2		2

изменением электронной структуры и электропроводности.				
Магнитные фазовые переходы в низкоразмерных структурах и нанокластерах: системы с изолированными спинами и димеры, одномерные цепочки спинов и спиновые лестницы.	6	2		4
Магнитные фазовые переходы в низкоразмерных структурах и нанокластерах: двумерные системы, нанокластеры	6	2		4
Итого	72	30		42

III. Образовательные технологии

Учебная программа- наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
Общие представления о магнитных фазовых переходах	лекция	Традиционная лекция
Параметр порядка. Теория Ландау фазовых переходов. Критические индексы. Методы определения температуры Кюри. Носители магнетизма. Система невзаимодействующих моментов. Парамагнетизм Ланжевена	лекция	Традиционная лекция
Модель Гейзенберга. Приближение среднего поля. Фазовые переходы ферромагнетик — парамагнетик для локализованных моментов. Модель Поттса. Модель Изинга. Теория Нееля молекулярного поля многоподрешеточных магнетиков. Фазовый переход антиферромагнетик — парамагнетик	лекция	Традиционная лекция
Фазовый переход ферромагнетик — парамагнетик. Слабый ферромагнетизм. Фазовый переход ферромагнетик — парамагнетик для коллективизированных моментов. Парамагнетизм Паули. Критерий Стонера.	лекция	Традиционная лекция
Зонный метамагнетизм. Пирромагнетизм.	лекция	Традиционная лекция
Индукцированные давлением фазовые переходы. Обменно-стрикционный механизм переходов 1-го рода. Теория Бина — Родбела. Квантовые фазовые переходы.	лекция	Традиционная лекция
Спонтанные переходы ферромагнетик — антиферромагнетик. Обменно-стрикционная модель Киттеля. Индуцированные магнитным полем фазовые переходы в изотропных ферромагнетиках.	лекция	Традиционная лекция
Индукцированные магнитным полем	лекция	Традиционная лекция

спин-переориентационные фазовые переходы.		
Фазовые переходы, обусловленные конкуренцией обменных взаимодействий и анизотропии	лекция	Традиционная лекция
Спиральные магнитные структуры	лекция	Традиционная лекция
Мартенситные превращения. Магнитоуправляемый эффект памяти формы.	лекция	Традиционная лекция
Магнитокалорический эффект в окрестности магнитных фазовых переходов.	лекция	Традиционная лекция
Магнитные фазовые переходы, сопровождающиеся изменением электронной структуры и электропроводности.	лекция	Традиционная лекция
Магнитные фазовые переходы в низкоразмерных структурах и нанокластерах: системы с изолированными спинами и димеры, одномерные цепочки спинов и спиновые лестницы.	лекция	Традиционная лекция
Магнитные фазовые переходы в низкоразмерных структурах и нанокластерах: двумерные системы, нанокластеры	лекция	Традиционная лекция

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

ПК-3. Способен выполнять проектирование и разработку продукции в части, касающейся разработки объемных нанометаллов, сплавов и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов:

ПК-3.1. Формулирует рекомендаций по изменению состава, структуры материалов, а также режимов и способов их обработки на основе анализа моделей, характеризующих связь между эксплуатационными, технологическими и инженерными свойствами и параметрами состава и структуры материала;

ПК-3.3. Анализирует результаты испытаний образцов материалов.;

Для всех индикаторов одинаковые способ оценки.

Задание:

- Дайте определение правила фаз Гиббса для определения максимального числа одновременно сосуществующих фазовых состояний вещества. Используя правило фаз Гиббса, опишите в каком случае возможно существование трех фаз.

- Опишите основные методы определения температуры магнитного разупорядочения (температуры Кюри).

- Используя правила Хунда рассчитайте магнитные моменты свободных атомов Fe, Co, Ni, Nd, Gd.

-Изобразите ход температурных зависимостей обратной восприимчивости для основных классов магнитных материалов: парамагнетики, ферромагнетики, ферримагнетики и антиферромагнетики.

-Опишите явление зонного метамагнитного перехода в соединениях системы RCo_2 .

- Запишите критерий определения рода фазового перехода в рамках теории Ландау. Изобразите температурный ход зависимостей коэффициентов Ландау.

- Дайте определение магнитокалорического эффекта и опишите основные классы магнитных материалов, обладающих гигантскими значениями магнитокалорического эффекта.

Способ аттестации: устный или письменный

Критерии оценки:

- ответ целостный, верный, теоретически обоснованный. Ключевые понятия и термины полностью раскрыты. Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы –30 баллов;
- теоретическая аргументация неполная или смысл ключевых понятий не объяснен –20 баллов;
- допущены ошибки, приведшие к искажению смысла. терминологический аппарат раскрыт –10 баллов;
- допущены ошибки, свидетельствующие о непонимании темы. Терминологический аппарат не раскрыт –0 баллов;

ПК-5. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам.

ПК-5.3. Проводит анализ и теоретическое обобщение научных данных в соответствии с задачами исследования.

Задание:

- имея графики температурных зависимостей удельной намагниченности и обратной восприимчивости, определить класс магнитного упорядочения в образцах.

- по экспериментальным зависимостям полевых зависимостей намагниченности в рамках теории Ландау определить род фазового перехода.

- используя уравнения Максвелла и полевые зависимости намагниченности построить температурные кривые изотермического изменения энтропии.

Способ аттестации: устный или письменный

Критерии оценки:

- ответ целостный, верный, теоретически обоснованный. Ключевые понятия и термины полностью раскрыты. Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы –30 баллов;
- теоретическая аргументация неполная или смысл ключевых понятий не объяснен –20 баллов;
- допущены ошибки, приведшие к искажению смысла. терминологический аппарат раскрыт –10 баллов;
- допущены ошибки, свидетельствующие о непонимании темы. Терминологический аппарат не раскрыт –0 баллов;

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Мушников Н. В. Магнетизм и магнитные фазовые переходы : учеб. пособие /Н. В . Мушников ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 168 с.

https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/48961/1/978-5-7996-2049-3_2017.pdf

2. Карпенков А.Ю., Карпенков Д.Ю., Ракунов П.А. Магнитные 3d-моменты и спиновые флуктуации в интерметаллических соединениях РЗМ-3d переходный металл. Часть 1. Теория зонного магнетизма. Зонные парамагнетики. Тверь: Тверской государственный университет, 2021. 84 С.

3. Карпенков А., Карпенков Д., Дунаева Г.Г. Магнитные 3d-моменты и спиновые флуктуации в интерметаллических соединениях РЗМ-3d переходный металл. Часть 2. Зонные ферро- и ферримагнетики. Тверь: Тверской государственный университет, 2021. 112 С.

4. Боровик Е. С. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 510 с. —[Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475>

б) дополнительная литература:

1. Боков В. А. Физика магнетиков:[Учеб. пособие]. – 2003.

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

Microsoft Windows 10 Enterprise

Origin 8.1 (OriginLab® Network License Certificate. Issued Date: December 3, 2009.

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

Google Chrome – бесплатно

Adobe Acrobat Reader DC – бесплатно

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» www.znanium.com;

2.ЭБС «Университетская библиотека онлайн»<https://biblioclub.ru/>;

3.ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Microsoft Teams

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Электронные ресурсы в виде презентаций и видео-лекций размещены в электронной образовательной среде ФГБОУ ВО Тверской государственный университет.

VII. Материально-техническое обеспечение

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебно-научная лаборатория магнитных и электрических измерений № 40 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Лабораторные электронные весы с гирей M-ER 122ACF JR-600.01 LCD 2. Вольтметр АКПП-2101 3. Вольтметр АКПП-2101 4. Источник питания с опцией интерфейса USB АКПП-1141 5. Источник питания с опцией интерфейса USB АКПП-1141 6. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S 7. Компьютер с монитором 940N Core 6550 Vox/Asus P5KSE/2*1024DDRII/160/7200/DVDRW/ 8. Экран настенный ScreenMedia 153*203 9. Мультиметр цифровой высокой точности UT804 10. Установка импульсного намагничивания "Мишень" 11. Мультиметр цифровой высокой точности UT804 (2 шт.) 12. Электромагнит (3 шт.) 13. Электромагнит ЭМ-1 14. Осциллограф С-1-68 15. Ферротестер 16. Блок питания Б5-9 17. Вольтметр В7-27А (2 шт.) 18. Генератор Г3-102 (3 шт.) 19. Источник питания Б-5-8 (2 шт.) 20. Осциллограф С-1-65 21. Генератор Г3-34 (2 шт.) 22. Блок питания Б-5-21 23. Микровеберметр Ф-190 24. Проектор BenQ MP777 25. Блок питания 26. Вольтметр В-7-23 27. Генератор Г3-109 28. Генератор Ф-578 29. Источник питания Б-5-21 	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г.</p> <p>MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г</p> <p>Kaspersky Endpoint Security для Windows - Акт на передачу прав №1842 30.11.2020</p> <p>Архиватор 7-Zip - бесплатно</p> <p>Acrobat Reader DC - бесплатно</p> <p>Google Chrome – бесплатно</p> <p>Почта Outlook – бесплатно</p> <p>Origin 8.1 Sr2 - договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»;</p> <p>NI MAX Measurement & Automation Explorer – бесплатно</p> <p>Microsoft Visual Studio 2019 - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.</p> <p>Mozilla Firefox - бесплатно</p>

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			