

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сердитова Наталья Евгеньевна
Должность: проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 21.08.2025 10:37:47
Уникальный программный ключ:
6cb002877b2a1ea640fdebb0cc541e4e05322d13

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



Утверждаю:

Руководитель ООП

А.В. Солнышкин

«24» июня 2025 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, 2025

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.)		Самостоя тельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		
		всего	в т.ч. ПП	
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. Пиромагнетизм.	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. Пиромагнетизм.	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. Электричество и магнетизм : учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили, Е. В. Шалагина, Н. А. Каляева, Е. А. Попкова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-2430-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209804>

2. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 5 томах. Том 2. Электричество и магнетизм : учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 344 с. — ISBN 978-5-507-49436-1. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:
<https://e.lanbook.com/book/390626>

3. Магнитные фазовые переходы и кинетические свойства халькогенидов 3d-металлов : монография / С. С. Аплеснин, О. Б. Романова, О. Ф. Демиденко, К. И. Янушкевич. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2017. — 208 с. — ISBN 978-5-86433-713-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/269927>

4. 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.

5. 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.

б) дополнительная литература:

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

2. 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

3. 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>

2) Программное обеспечение

Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows

Adobe Acrobat Reader

Google Chrome

OpenOffice

Notepad++

Origin 8.1 Sr2

Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

VLC media player

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)	1. Лабораторные электронные весы с гирей M-ER 122ACF JR-600.01 LCD 2. Вольтметр АКИП-2101 3. Вольтметр АКИП-2101 4. Источник питания с опцией интерфейса USB АКИП-1141 5. Источник питания с опцией интерфейса USB АКИП-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	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows Adobe Acrobat Reader Google Chrome OpenOffice Notepad++ Origin 8.1 Sr2 Многофункциональный редактор ONLYOFFICE VLC media player

	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 ГЗ-102 (3 шт.) 19. Источник питания Б-5-8 (2 шт.) 20. Осциллограф С-1-65 21. Генератор ГЗ-34 (2 шт.) 22. Блок питания Б-5-21 23. Микроверметр Ф-190 24. Проектор BenQ MP777 25. Блок питания 26. Вольтметр В-7-23 27. Генератор ГЗ-109 28. Генератор Ф-578 29. Источник питания Б-5-21	
--	---	--

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

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