

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:02

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 9

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

86

часов на контроль

45

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	51	34	51	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	68	85	68
Контактная работа	85	68	85	68
Сам. работа	86	103	86	103
Часы на контроль	45	45	45	45
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*дфмн, Профессор , Алексей Сергеевич Лилеев*

Рабочая программа

**Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 29.06.2023 г., №11-06

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также изучение студентами основных теоретических представлений о природе магнетизма, магнитных взаимодействиях и магнитных явлениях, научить основным представлениям о механизмах перемангничивания ферромагнитных материалов.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

	Блок ОП:	Б1.В.ДВ.25
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.1.2	Композиционные материалы	
2.1.3	Конструирование композиционных материалов	
2.1.4	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.1.5	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.1.6	Специальные сплавы	
2.1.7	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.1.8	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.1.9	Атомное строение фаз	
2.1.10	Биохимия наноматериалов	
2.1.11	Инженерия поверхности	
2.1.12	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.1.13	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.1.14	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.1.15	Наноматериалы	
2.1.16	Сверхтвердые материалы	
2.1.17	Технологии материалов с особыми физическими свойствами	
2.1.18	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.1.19	Физика магнитных явлений	
2.1.20	Физика полупроводниковых приборов	
2.1.21	Физика прочности	
2.1.22	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.1.23	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.1.24	Физические основы деформации и разрушения	
2.1.25	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.26	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.27	Коррозия и защита металлов	
2.1.28	Материаловедение	
2.1.29	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.30	Металловедение инновационных материалов	
2.1.31	Методы исследования материалов	
2.1.32	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.33	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.34	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.35	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.36	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.37	Разработка новых материалов	
2.1.38	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.39	Физика диэлектриков	
2.1.40	Физика металлов	
2.1.41	Физика полупроводников	
2.1.42	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.43	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.44	Компьютеризация эксперимента	
2.1.45	Материалы альтернативной энергетики	

2.1.46	Материалы наукоемких технологий
2.1.47	Основы дизайна металлических материалов
2.1.48	Планирование и организация научно-исследовательской работы
2.1.49	Планирование научного эксперимента
2.1.50	Современные проблемы материаловедения
2.1.51	Теория поверхностных явлений
2.1.52	Теория симметрии
2.1.53	Электроника
2.1.54	Введение в квантовую механику
2.1.55	Кристаллография
2.1.56	Математическая статистика и анализ данных
2.1.57	Методы математической физики
2.1.58	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.59	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.60	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.61	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.62	Физика
2.1.63	Физическая химия
2.1.64	Электротехника
2.1.65	Математика
2.1.66	Органическая химия
2.1.67	Химия
2.1.68	Аналитическая геометрия
2.1.69	Инженерная и компьютерная графика
2.1.70	Методы испытания магнитных материалов
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Биоорганическая химия
2.2.2	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.3	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.4	Квантовая теория твердого тела
2.2.5	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.6	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.7	Методы непараметрической статистики
2.2.8	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.9	Объемные наноматериалы
2.2.10	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.11	Структура и технологичность сплавов
2.2.12	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.13	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.14	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.15	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.16	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.17	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.18	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.19	Менеджмент качества
2.2.20	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.21	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.22	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.23	Методология научных исследований
2.2.24	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.25	Основы клеточной биологии
2.2.26	Оформление результатов научной деятельности

2.2.27	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.28	Симметрия наносистем
2.2.29	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.30	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.31	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.32	Управление коллективами
2.2.33	Управление проектами
2.2.34	Химические основы биологических процессов
2.2.35	Цифровое материаловедение
2.2.36	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.37	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.38	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.39	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.40	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.41	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.42	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.43	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.44	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Знать:**

ПК-1-31 Основы физики магнетизма и основные методы обработки и анализа результатов исследований в физике магнетизма

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Знать:**

ОПК-1-31 основы методов моделирования в области физики магнетизма

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Уметь:**

ПК-1-У3 Самостоятельно использовать современные представления наук о магнетизме при анализе влияния микро- и наномасштаба на магнитные и другие свойства материалов, изменения свойств материалов при взаимодействии с окружающей средой в процессе обработки, электромагнитными излучением и потоками

ПК-1-У2 Самостоятельно проводить сбор данных, анализ и обобщение научно-технической информации, основных нормативных документов на основе знаний физики магнетизма

ПК-1-У1 Самостоятельно использовать знания о физико-химических основах, принципах и методиках исследований, испытаний и диагностики магнитных материалов, имеет навыки комплексного подхода к исследованию магнитных свойств и магнитных характеристик

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Уметь:**

ОПК-1-У1 анализировать влияние различных факторов на формирование магнитных свойств материалов

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Владеть:**

ПК-1-В2 Навыком свободно пользоваться русским языком в профессиональной области, владеет терминологией в области физики магнетизма

ПК-1-В3 Навыками совершенствования своего профессионализма, развития и приобретения научного знания путем оценки, интерпретации и интегрирования знаний в области материаловедения и физики магнетизма

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Владеть:**

ОПК-1-В1 опытом решения задач профессиональной деятельности в области физики магнетизма и материаловедения и технологии материалов с особыми магнитными свойствами

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Владеть:**

ПК-1-В1 Навыками формирования и аргументации собственных суждений и научной позиции на основе знаний о типах современных достижения в физики магнетизма

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Введение. Развитие науки о магнетизме</b>							
1.1	Введение. Развитие науки о магнетизме /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.7Л2.1 Л2.11 Э1			
1.2	Магнитные характеристики /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.7Л2.1 Л2.11 Э1			Р3
1.3	Проработка лекционного материала /Ср/	9	8	ПК-1-31	Л1.1Л2.2 Л2.3			
	<b>Раздел 2. Атомный магнетизм</b>							
2.1	Орбитальный магнитный момент электрона. Связь между орбитальным магнитным моментом и моментом количества движения электрона. Магнетон Бора. Пространственное квантование. Проекция магнитного момента на направление поля. Опыты Штерна и Герлаха. Трактовка их результатов. Гироманитное отношение в металлах и сплавах. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Сложение механических и магнитных моментов переходных и редкоземельных элементов. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.9Л2.10 Э2			
2.2	Диамагнетизм и парамагнетизм атомов. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.6Л2.11			
2.3	Магнитные свойства атомов. Тонкая и сверхтонкая структура спектральных линий /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.1Л2.8			
2.4	Магнитные свойства атомов. Тонкая и сверхтонкая структура спектральных линий /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3	Л1.9Л2.11			Р4

2.5	Подготовка доклада на семинар /Ср/	9	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1	Л1.1			
	<b>Раздел 3. Диамагнетизм. Основные закономерности</b>							
3.1	Диамагнетизм. Происхождение и основные особенности /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.1Л2.8			
3.2	Диамагнетизм атомов и вещества. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.6Л2.10			
3.3	Аномальные диамагнетники. Диамагнетики в магнитном поле. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.7Л2.7			
3.4	Диамагнетизм и парамагнетизм /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.7Л2.7			Р5
3.5	Подготовка к контрольной работе № 1 /Ср/	9	8	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л2.2Л2.1			
3.6	Контрольная работа № 1 /Ср/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л2.2 Л2.3Л2.7		КМ2	
	<b>Раздел 4. Парамагнетизм. Энергетический спектр атомов</b>							
4.1	Закон Кюри. Функция Бриллюэна. Парамагнетизм свободных электронов. /Лек/	9	2	ПК-1-31	Л2.2 Л1.1Л2.8			
4.2	Взаимодействие d - и s-электронов в атоме. Влияние s-d взаимодействия на магнитный момент вещества. Электронный парамагнитный резонанс. Оптическая ориентация магнитных моментов атома. /Лек/	9	2	ПК-1-31	Л1.1Л2.10			
4.3	Немагнитная природа ферромагнитного состояния /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.1Л2.10			Р6
4.4	Подготовка к контрольной работе № 2 /Ср/	9	10	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.1 Л2.2Л1.1Л3.2			
4.5	Контрольная работа № 2 /Ср/	9	4	ПК-1-31	Л1.2Л2.2 Л2.4		КМ3	
	<b>Раздел 5. Теория спонтанной намагниченности</b>							
5.1	Немагнитная природа ферромагнитного состояния. Формальная теория ферромагнетизма. Теория Изинга. Идеи Розинга о молекулярном поле. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.1 Л2.3Л2.7			
5.2	Атомные магнитные моменты в ферромагнетиках, "s-d"-обмен в ферромагнетиках. Статические модели ферромагнетиков. Зонная теория ферромагнетизма /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.7Л2.8			

5.3	Расчет кривых намагничивания и петель гистерезиса с учетом сил анизотропии. /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В2 ПК-1-В3 ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.8				Р7
	<b>Раздел 6. Термодинамика магнитных явлений</b>								
6.1	Температурная зависимость спонтанной намагниченности. Постановка задачи. Необходимость привлечения понятия квазичастиц для объяснения температурной зависимости намагниченности. Энергия системы упорядоченных спинов. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.4 Л1.5Л2.8				
6.2	Спиновые волны /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.4 Л1.5				
6.3	Сравнение расчетных петель гистерезиса при различных механизмах перемагничивания с экспериментальными данными /Пр/	9	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л2.4Л3.2				Р8
6.4	Подготовка доклада на семинар /Ср/	9	10	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л2.2 Л2.4Л1.1				
	<b>Раздел 7. Спиновые волны. Магнетоны.</b>								
7.1	Магنون. Движение магнона. Спиновые комплексы. Спиновые волны. Газ магнонов. /Лек/	9	2	ПК-1-31	Л1.2Л2.8				
7.2	Намагниченность ферромагнетика при низких температурах. /Лек/	9	2	ПК-1-31	Л1.7 Л2.11Л2.8Л3.2				
7.3	Теоретические основы формирования высоких значений намагниченности и высокой проницаемости в ферромагнетиках /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-У3	Л1.6Л2.8				Р9
7.4	Проработка лекционного материала /Ср/	9	10	ПК-1-31	Л2.2 Л2.3 Л2.4Л2.7 Л2.8				
	<b>Раздел 8. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм</b>								
8.1	Антиферромагнетизм. Теория Нееля. Магнитные и другие свойства антиферромагнетиков. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.7Л2.8				
8.2	Ферримагнетизм. Магнитные свойства ферримагнетиков. Ферриты, их структура и свойства. Решетка шпинели магнетита. Магнитный момент на атом. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.9				



8.3	Формирование высоких значений коэрцитивной силы и магнитной энергии в ферромагнетиках. /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В2 ПК-1-В3 ПК-1-У3	Л1.7 Л1.9			P10
8.4	Оценка значений коэрцитивной силы, рассчитанной по разным теориям /Пр/	9	1	ПК-1-31 ПК-1-У2 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.7Л2.8			P11
8.5	Проработка лекционного материала /Ср/	9	8	ПК-1-31	Л1.1 Л2.2 Л2.3Л2.1Л3.2			
	<b>Раздел 9. Кривая технического намагничивания. Основные виды энергии и типы взаимодействий, определяющие форму кривой намагничивания.</b>							
9.1	Кривая технического намагничивания (основные участки кривой и ее параметры). Основные виды энергии и типы взаимодействий, определяющие форму кривой намагничивания. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.3 Л1.7 Л1.8 Л1.11Л2.1 Л2.6Л2.11 Э3			
9.2	Освоение теоретического материала раздела /Ср/	9	1	ПК-1-31	Л1.7 Л1.11			
	<b>Раздел 10. Виды магнитной анизотропии</b>							
10.1	Магнитная кристаллическая анизотропия. Энергия кристаллической магнитной анизотропии для кубических, гексагональных и тетрагональных кристаллов. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.7 Л1.11Л2.6			
10.2	Энергия магнитоупругого взаимодействия. Спонтанная магнитострикция одного домена и многодоменного кристалла. Методы измерения магнитострикции. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.7 Л1.11			
10.3	Кривые намагничивания и их анализ /Пр/	9	3	ПК-1-31 ПК-1-У2	Л1.3 Л1.7 Л1.8 Л1.11Л2.6			P14
10.4	Петли гистерезиса магнитотвердых материалов /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У2 ПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.3 Л1.11Л2.6			P15
10.5	Проработка лекционного материала /Ср/	9	3	ПК-1-31 ОПК-1-31	Л1.3Л2.11			
	<b>Раздел 11. Доменная структура, процессы перемагничивания и их моделирование</b>							
11.1	Обменная (однонаправленная) А. Поверхностная МА. Энергия и константы наведенной МА. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.3 Л1.7			

11.2	Закон Релея и перемагничивание ферромагнетиков. Обратимые и необратимые процессы вращения вектора намагниченности. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.7			
11.3	Материалы с анизотропией полей рассеяния /Пр/	9	4	ПК-1-31 ПК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3			P16
11.4	Доменная структура ферромагнетиков /Пр/	9	2	ПК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.7 Л1.11Л2.6			P22
11.5	Освоение теоретического материала раздела. Подготовка к контрольной работе /Ср/	9	8	ПК-1-31 ОПК-1-31	Л1.3 Л1.7 Л1.11Л2.6		КМ4	
	<b>Раздел 12. Особенности переходной доменной структуры и её реализация в материалах</b>							
12.1	Механизм задержки образования зародыша обратной намагниченности и его моделирование /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.3			
12.2	Механизм задержки смещения границ доменов и его моделирование /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.7			
12.3	Феноменологическая теория процессов перемагничивания высокоанизотропных ферромагнетиков /Пр/	9	2	ПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.3			P17
12.4	Освоение теоретического материала раздела /Ср/	9	4	ПК-1-31 ОПК-1-31	Л1.3 Л1.7 Э3			
	<b>Раздел 13. Механизмы процессов перемагничивания ферромагнетиков</b>							
13.1	Перемагничивание однодоменных частиц Коэрцитивная сила реальных ферромагнетиков /Лек/	9	2	ПК-1-31	Л1.10 Л1.11Л3.2			
13.2	Тонкие ферромагнитные пленки. Доменная структура и процессы перемагничивания. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.10Л2.1			
13.3	Работа с программой моделирования /Пр/	9	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.10 Л1.11			P18
13.4	Моделирование петель гистерезиса SmCo5 /Пр/	9	1	ПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.10 Л1.11			P19
13.5	Освоение теоретического материала раздела /Ср/	9	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.7 Л1.10 Л1.11 Э2 Э3			P12
	<b>Раздел 14. Магнитные материалы и особенности их намагничивания и перемагничивания</b>							

14.1	Высококоэрцитивные сплавы с анизотропией полей рассеяния с магнитной и кристаллической текстурой. /Лек/	9	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.10 Л1.11			
14.2	Высококоэрцитивные сплавы с одноосной кристаллической анизотропией и с различным лимитирующим звеном перемангничивания /Лек/	9	2	ПК-1-31	Л1.3 Л1.8 Л1.10 Л1.11			
14.3	Моделирование петель гистерезиса Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B /Пр/	9	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.10 Л1.11			P20
14.4	Моделирование петель гистерезиса сплава KC25 /Пр/	9	1	ПК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.10 Л1.11			P21
14.5	Подготовка к контрольной работе /Ср/	9	5	ПК-1-31 ПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.8 Л1.10 Л1.11Л3.2		КМ5	
14.6	Подготовка к экзамену по курсу /Ср/	9	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.1 Л1.8 Л1.10 Л1.11Л2.6 Л2.11Л3.2 Э1 Э2 Э3		КМ1	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ОПК-1-31	<p>Вопросы к самостоятельной подготовке Часть 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Магнитостатика. Поиск основного параметра, обуславливающего магнитные явления. Источники магнитных свойств вещества.</li> <li>2. Парамагнетизм. Постановка задачи. Энергетический спектр атомов, имеющих магнитный момент в поле H и при температуре T. Функция Ланжевена. Закон Кюри. Функция Бриллюэна.</li> <li>3. Магнитный гистерезис. Теории гистерезиса. Основные виды гистерезиса. Гистерезис, обусловленный задержкой образования зародыша перемангничивания.</li> <li>4. Орбитальный магнитный момент электрона. Связь между орбитальным магнитным моментом и моментом количества движения электрона</li> <li>5. Атомные магнитные моменты в ферромагнетиках, "s-d"-обмен в ферромагнетиках. Статические модели ферромагнетиков. Зонная теория ферромагнетизма</li> <li>6. Высокоанизотропные одноосные ферромагнетики. Трудность зародышеобразования. Влияние намагничивающего поля на поле зародышеобразования.</li> <li>7. Одноэлектронный атом во внешнем магнитном поле. Диамагнетизм электронов атома. Экспериментальное определение гиромагнитного отношения (гиромагнитные опыты). Сравнение с теорией.</li> <li>8. Магنون. Движение магнона. Спиновые комплексы. Спиновые волны. Газ магнонов. Намагниченность ферромагнетика при низких температурах.</li> <li>9. Фундаментальные характеристики, обуславливающие процесс перемангничивания в материалах, в которых гистерезис</li> </ol>

		<p>определяется трудностью зародышеобразования.</p> <p>10. Магнетон Бора. Пространственное квантование. Проекция магнитного момента на направление поля. Опыты Штерна и Герлаха. Трактовка их результатов.</p> <p>11. Ферромагнитное состояние как упорядоченное состояние спинов. Дальний и ближний магнитный порядок. Кривая Бетта - Слейтера. Критерий ферромагнетизма.</p> <p>12. Неколлинеарное расположение магнитных моментов в ферромагнетиках. Геликоидальные (спиральные) магнитные структуры. Косвенное обменное взаимодействие.</p> <p>13. Тонкая структура спектральных линий. Эффект Зеемана. Спиновой магнитный момент электрона. Спиновой магнитный момент атома. Фактор Ланде. Аномальный эффект Зеемана. Эффект Пашена – Бака.</p> <p>14. Энергия магнитной анизотропии. Теория магнитной кристаллографической анизотропии. Константы кристаллографической анизотропии. Константы магнитной анизотропии металлов. Температурная зависимость констант.</p> <p>15. Моделирование процессов перемагничивания материалов, в которых процесс перемагничивания определяется трудностью зародышеобразования.</p> <p>16. Антиферромагнетики. Теория Нееля. Магнитные и другие свойства антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитные свойства ферримагнетиков. Температурная зависимость намагниченности двухподрешеточного ферримагнетика.</p> <p>17. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Сложение механических и магнитных моментов.</p> <p>18. Гистерезис, обусловленный задержкой смещения доменной границы.</p> <p>19. Гистерезис, обусловленный необратимым вращением.</p> <p>20. Диамагнетизм. Происхождение и основные особенности. Диамагнетизм атомов и вещества. Аномальные диамагнетки. Диамагнетики в магнитном поле.</p> <p>21. Обратимые и необратимые процессы при намагничивании.</p> <p>22. Однодоменные структуры. Некогерентное перемагничивание областей в реальных ферромагнетиках.</p> <p>23. Парамагнетизм свободных электронов. Взаимодействие d - и s-электронов в атоме. Влияние s-d взаимодействия на магнитный момент вещества. Электронный парамагнитный резонанс.</p> <p>24. Энергия магнитных полей рассеяния. Причины возникновения полей рассеяния в образце ферромагнетика. Размагничивающий фактор.</p> <p>25. Магнитострикция. Природа магнитострикции. Спонтанная магнитострикция. Анизотропная и изотропная составляющие спонтанной магнитострикции. Магнитострикция монокристаллов. Магнитострикция поликристаллических ферромагнетиков.</p> <p>26. Парамагнетизм свободных электронов. Взаимодействие d - и s-электронов в атоме. Влияние s-d взаимодействия на магнитный момент вещества. Электронный парамагнитный резонанс.</p> <p>27. Спиновые волны (температурная зависимость спонтанной намагниченности). Постановка задачи. Необходимость привлечения понятия квазичастиц для объяснения температурной зависимости намагниченности.</p> <p>28. Доменная структура и причины ее образования. Типы доменной структуры. Энергия и ширина граничного слоя между доменами. Размеры доменов. Влияние соотношения различных видов энергии на характер доменной структуры.</p> <p>29. Формальная теория ферромагнетизма. Теория Изинга.</p> <p>30. Теория ферромагнетизма Вейсса. Спонтанная намагниченность и её зависимость от температуры. Сравнение с экспериментом.</p> <p>31. Процессы намагничивания ферромагнетиков. Процессы смещения доменных границ. Процессы вращения вектора намагниченности.</p> <p>32. Домены. Величина молекулярного поля. Недостатки теории Вейсса.</p> <p>33. Идеальные магнетики. Термодинамический потенциал в присутствии магнитного поля.</p> <p>34. Квантовая теория ферромагнетизма Френкеля-Гайзенберга.</p>
--	--	--

		<p>Обменная энергия и ее зависимость от направления спинов соседних атомов.</p> <p>35. Температурная зависимость намагниченности. Точка Кюри.</p> <p>36. Энергия ферромагнетика в магнитном поле.</p> <p>37. Спиновые волны (температурная зависимость спонтанной намагниченности). Постановка задачи.</p> <p>Необходимость привлечения понятия квазичастиц для объяснения температурной зависимости намагниченности</p> <p>Вопросы для самоподготовки Часть 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Причины гистерезиса.</li> <li>2. Виды магнитной анизотропии.</li> <li>3. Определение поля анизотропии.</li> <li>4. Когерентный механизм перемагничивания</li> <li>5. Некогерентный механизм перемагничивания</li> <li>6. Переходная доменная структура.</li> <li>7. Гистерезис, обусловленный трудностью зародышеобразования.</li> <li>8. Особенности процессов перемагничивания частиц с переходной доменной структурой.</li> <li>9. Влияние напряженности магнитного поля при намагничивании на гистерезисные характеристики частиц.</li> <li>10. Определение поля возникновения зародыша обратной намагниченности.</li> <li>11. Влияние размера частиц на величину поля образования домена обратной намагниченности.</li> <li>12. Влияние намагничивающего поля на величину поля возникновения зародыша обратной намагниченности.</li> <li>13. Гистерезис, обусловленный трудностью отрыва доменной стенки.</li> <li>14. Магнитные структуры соединений РЗМ-3d металлов.</li> <li>15. Диаграмма Sm-Co.</li> <li>16. Магнитные свойства соединений типа SmCo<sub>5</sub> (понимание).</li> <li>17. Магнитные свойства соединений типа Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> (понимание).</li> <li>18. Технология спечённых магнитов SmCo<sub>5</sub>.</li> <li>19. Технология измельчения и прессования сплавов магнитов SmCo<sub>5</sub>.</li> <li>20. Технология спекания и кривая Вестендорфа.</li> <li>21. Явление термического намагничивания.</li> <li>22. Технология изготовления магнитов из сплавов Sm-Co-Cu.</li> <li>23. Влияние исходного магнитного состояния на кривую намагничивания и магнитно-доменную структуру сплавов SmCo<sub>5</sub>.</li> <li>24. Технология текстурования спечённых постоянных магнитов.</li> <li>25. Методы определения магнитной текстуры спечённых магнитов (общее).</li> <li>26. Технология производства магнитов Nd-Fe-B.</li> <li>27. Быстрозакаленные магниты Nd-Fe-B.</li> <li>28. Магнитные свойства Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> - нитридов.</li> <li>29. HDDR – технология: технология диспергирования.</li> <li>30. Пленочные постоянные магниты.</li> <li>31. Магнитные свойства порошков Fe-O.</li> <li>32. Нанокристаллические магнитные порошки из соединения Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B.</li> </ol>
--	--	---

КМ2	Контрольная работа 1	ПК-1-31;ПК-1-У1;ОПК-1-31	<p>Вопросы к контрольной работе 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Процессы намагничивания ферромагнетиков. Процессы смещения доменных границ. Процессы вращения вектора намагниченности.</li> <li>2. Классификация веществ по магнитным структуре и свойствам</li> <li>3. Орбитальный магнитный момент электрона. Связь между орбитальным магнитным моментом и моментом количества движения электрона</li> <li>4. Пространственное квантование</li> <li>5. Спины и магнитные моменты элементарных частиц</li> <li>6. Опыт Штерна и Герлаха</li> <li>7. Доменная структура ферромагнетика</li> <li>8. Влияние формы образца на магнитные свойства. Энергия размагничивающего фактора</li> <li>9. Петля гистерезиса однодоменной частицы</li> <li>10. Энергия магнитной анизотропии. Теория магнитной кристаллографической анизотропии. Константы кристаллографической анизотропии и методы их измерения</li> <li>11. Обменная анизотропия</li> <li>12. Магнитная анизотропия РЗМ</li> <li>13. Спин-переориентационный переход в интерметаллическом соединении Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B</li> <li>14. Переходная доменная структура</li> <li>15. Явление термического намагничивания</li> <li>16. ДОМЕНЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ</li> <li>17. Антиферромагнетизм</li> <li>18. Мультиферроики</li> </ol>
КМ3	Контрольная работа 2	ПК-1-31	<p>Вопросы к контрольной работе 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оцените, какую энергию должны иметь нейтроны, чтобы их можно было использовать для анализа структуры кристаллов.</li> <li>2. Докажите, что несимметричное расположение магнитных моментов в антиферромагнетике при <math>H=H_n</math> энергетически невыгодно.</li> <li>3. Найдите числовое соотношение между длиной электромагнитной волны частотой <math>\omega H</math> и магнитным полем <math>H</math>.</li> <li>4. На каком расстоянии <math>L</math> от магнита в опыте Штерна и Герлаха надо расположить экран, чтобы расстояние между следами пучков равнялось бы 0,0044 мм? В опыте Штерна и Герлаха <math>dH/dt=2,2</math> Э/см. Ширина области неоднородного поля <math>D=10</math> см, скорость атомов пучка равнялась 106 см/с.</li> <li>5. Перепишите условия ЭПР и запишите условие ЯМР в виде зависимости длины электромагнитной волны от магнитного поля. Найдите численное значение коэффициента пропорциональности для электрона и протона.</li> <li>6. Вычислите среднюю энергию частицы ферми-газа при <math>T=0</math> и выразите ее через энергию Ферми <math>\epsilon_F</math>.</li> <li>7. Объяснить, почему магнит, парящий над сверхпроводником, не падает.</li> <li>8. Причины гистерезиса.</li> <li>9. Виды магнитной анизотропии.</li> <li>10. Определение поля анизотропии.</li> <li>11. Когерентный механизм перемагничивания.</li> <li>12. Некогерентный механизм перемагничивания.</li> <li>13. Переходная доменная структура.</li> <li>14. Гистерезис, обусловленный трудностью зародышеобразования.</li> <li>15. Особенности процессов перемагничивания частиц с переходной доменной структурой.</li> </ol>
КМ4	Контрольная работа по разделу "Доменная структура, процессы перемагничивания и их моделирование"	ПК-1-31;ОПК-1-31	Контрольная работа по разделу 3 "Доменная структура, процессы перемагничивания и их моделирование"

КМ5	Контрольная работа по разделу "Магнитные материалы и особенности их намагничивания и перемагничивания"	ПК-1-31;ОПК-1-31	Контрольная работа по разделу "Магнитные материалы и особенности их намагничивания и перемагничивания"
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Домашнее задание 1	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В3;ПК-1-В2;ПК-1-В1	Представляет из себя подготовку доклада для выступления на семинаре. Доклад проводится в виде представления презентации в формате MS PowerPoint: 1) Тематика первого домашнего задания: «Взаимодействие вещества с магнитным полем. Причины существенного различия реакции вещества на внешнее магнитное поле.»
P2	Домашнее задание 2	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В3;ПК-1-В2	Представляет из себя подготовку доклада для выступления на семинаре. Доклад проводится в виде представления презентации в формате MS PowerPoint: 2) Тематика второго домашнего задания – доклад по разделам курса по выбору студента по согласованию с преподавателем. Примеры: - спиновые волны - обменное взаимодействие
P3	Практическая работа по теме "Магнитные характеристики"	ПК-1-31;ПК-1-У2;ПК-1-У1	Магнитные характеристики. Решение задач.
P4	Практическая работа по теме "Магнитные свойства атомов. Тонкая и сверхтонкая структура спектральных линий"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3	Решение задач по теме практической работы
P5	Практическая работа по теме "Диамагнетизм и парамагнетизм"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2	Решение задач по теме практической работы
P6	Практическая работа по теме "Немагнитная природа ферромагнитного состояния"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2	Решение задач по теме практической работы
P7	Практическая работа по теме "Расчет кривых намагничивания и петель гистерезиса с учетом сил анизотропии"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-В3;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Решение задач по теме практической работы

P8	Практическая работа по теме "Сравнение расчетных петель гистерезиса при различных механизмах перемагничивания с экспериментальными данными"	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-31	Решение задач по теме практической работы
P9	Практическая работа по теме "Теоретические основы формирования высоких значений намагниченности и высокой проницаемости в ферромагнетиках"	ПК-1-31;ПК-1-У2;ПК-1-У3	Решение задач по теме практической работы
P10	Практическая работа по теме "Формирование высоких значений коэрцитивной силы и магнитной энергии в ферромагнетиках"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У3	Решение задач по теме практической работы
P11	Практическая работа по теме "Оценка значений коэрцитивной силы, рассчитанной по разным теориям"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-1-В3	Решение задач по теме практической работы
P12	Домашнее задание 3	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Домашнее задание в форме доклада с представлением презентации в формате MS PowerPoint: 1) Тематика домашнего задания: «Процессы перемагничивания магнитотвердых материалов». Примеры тем (на основе докладов студентов прошлых лет): - Процессы перемагничивания магнитотвердых материалов Sm-Co. - Процессы перемагничивания магнитотвердых материалов Nd-Fe-B.
P13	Домашнее задание 4	ПК-1-31;ПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Тематика домашнего задания – доклад по разделам курса по выбору студента по согласованию с преподавателем. Примеры: - обменная анизотропия; - магнитные наноматериалы
P14	Практическая работа "Кривые намагничивания и их анализ"	ПК-1-31;ПК-1-У2	Анализ кривых намагничивания различных материалов
P15	Практическая работа "Петли гистерезиса магнитотвердых материалов"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ОПК-1-31	Изучение вида петель гистерезиса магнитотвердых материалов
P16	Практическая работа "Материалы с анизотропией полей рассеяния"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Решение задач по теме практической работы



P17	Практическая работа "Феноменологическая теория процессов перемагничивания высокоанизотропных ферромагнетиков"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Решение задач по теме практической работы
P18	Практическая работа "Работа с программой моделирования"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Обучение работе в программе для моделирования
P19	Практическая работа "Моделирование петель гистерезиса SmCo5"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Моделирование петель гистерезиса, свойственных сплаву SmCo5
P20	Практическая работа "Моделирование петель гистерезиса Nd2Fe14B"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Моделирование петель гистерезиса Nd2Fe14B
P21	Практическая работа "Моделирование петель гистерезиса сплава KC25"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Моделирование петель гистерезиса сплава KC25
P22	Практическая работа "Доменная структура ферромагнетиков"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Изучение доменной структуры ферромагнетиков

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Пример экзаменационного билета

Экзаменационный билет № 01

1. Особенности процессов перемагничивания частиц с переходной доменной структурой.
2. Диаграмма Sm-Co.
3. Запишите общее выражение для энергии однодоменной удлиненной частицы в виде эллипсоида вращения, произвольным образом ориентированной во внешнем магнитном поле. Опишите общий ход решения этого уравнения и механизм перемагничивания такой частицы (с пояснениями).

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает не-полные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «неявка» – обучающийся на экзамен не явился.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Попов Н. А.	Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Прометей, 2015
Л1.2	Фрёлих Г.	Теория диэлектриков: диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери: монография	Электронная библиотека	Москва: Издательство иностранной литературы, 1960
Л1.3	Кринчик Г. С.	Физика магнитных явлений	Электронная библиотека	Москва: Московский университет, 1976
Л1.4	Туров Е. А.	Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов: феноменологическая теория спиновых волн в ферромагнетиках, антиферромагнетиках и слабых ферромагнетиках	Электронная библиотека	Москва: Академия наук СССР, 1963
Л1.5	Овсюк Е. М., Веко О. В., Войнова Я. А., Кисель В. В., Редьков В. М.	Квантовая механика частиц со спином в магнитном поле: монография	Электронная библиотека	Минск: Беларуская навука, 2017
Л1.6	Зильберман Г. Е.	Электричество и магнетизм	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1970
Л1.7	Боровик Е. С., Мильнер А. С.	Лекции по магнетизму: учеб. пособие для физ. спец. ун-тов	Библиотека МИСиС	Харьков: Гос. ун-т им. А. М. Горького, 1966
Л1.8	Введенский В. Ю., Лилеев А. С., Перминов А. С.	Экспериментальные методы физического материаловедения: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л1.9	Степанова Валентина Анатольевна, Капугкин Дмитрий Ефимович	Физика. Электричество и магнетизм: учебно-метод. пособие: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. - Металлургия	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л1.10	Лилеев Алексей Сергеевич	Механизмы перемагничивания магнитных материалов. Моделирование процессов перемагничивания (N 4085): учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2020
Л1.11	Лилеев Алексей Сергеевич	Механизмы перемагничивания магнитных материалов. Моделирование процессов перемагничивания. Ч. 2 (N 4433): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2021

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Акулов Н. С.	Ферромагнетизм: монография	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1939
Л2.2	Сарина М. П.	Электричество и магнетизм: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Никольский В. В.	Теория электромагнитного поля: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Высш. школа, 1961
Л2.4	Боброва Т. М., Ипполитова Л. Н., Кузнецов Д. В.	Электричество и магнетизм: методические указания: методическое пособие	Электронная библиотека	Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2010
Л2.5	Чечуев В. Я.	Элементы электростатики и электромагнетизма: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2014
Л2.6	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
Л2.7	Стародубцева Г. П., Хашченко А. А.	Курс лекций по физике: механика, молекулярная физика, термодинамика. Электричество и магнетизм: учебное пособие	Электронная библиотека	Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ), 2017
Л2.8	Кекало Игорь Борисович, Шуваева Евгения Александровна	Аморфные нано- и микрокристаллические магнитные материалы: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов напр. Физ. материаловедение и спец. Наноматериалы	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.9	Введенский Вадим Юрьевич, Лилеев Алексей Сергеевич	Физические методы исследования. Магнитные свойства: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150700 - Физическое материаловедение, спец. 150702 - Физика металлов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010
Л2.10	Летюк Леонид Михайлович, Лукин Борис Иванович, Ануфриев Александр Николаевич, Летюк Леонид Михайлович	Магнитные материалы и структуры: Разд.: Аморфные магнетики: Учеб. пособие для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1982

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Мишин Д. Д.	Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1991
Л3.2	Крутогин Дмитрий Григорьевич	Элементы и устройства магнитоэлектроники: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2008

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	ГОСТ 19693-74. Материалы магнитные. Термины и определения. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2005	<a href="http://docs.entd.ru/document/1200015683">http://docs.entd.ru/document/1200015683</a>
Э2	Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров – М.: Техносфера, 2012. – 560	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=233466&amp;sr=1">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=233466&amp;sr=1</a>
Э3	Физические свойства материалов : учебное пособие / В.И. Грызунов, Т.И. Грызунова, О.А. Клецова и др. – 3-е изд., доп. – Москва : Флинта, 2019. – 137 с. Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн - <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a> Свободный доступ с IP-адресов НИТУ "МИСиС"	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=461082">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=461082</a>

**6.3 Перечень программного обеспечения**

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Microsoft Office
П.4	MS Teams

**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных**

И.1	Межуниверситетская сетевая система междисциплинарной подготовки и профессиональной переподготовки кадров для наноиндустрии. – Url: <a href="http://www.nano-obr.ru">www.nano-obr.ru</a> .
И.2	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.3	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.4	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.5	Иностраные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.7	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.8	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.9	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
И.10	

**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-420	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; микроскопы металлографические 11 шт., комплект учебной мебели
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Б-416	Учебная аудитория	проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.