

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:25:08

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)

Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

6 ЗЕТ

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

95

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	95	95	95	95
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):
кфмн, доцент, Введенский В.Ю.

Рабочая программа

Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы

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 02.04.2015 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физического материаловедения

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко Александр Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Сформировать компетенции, предусмотренные учебным планом, сформировать представления об основных закономерностях формирования высоких эксплуатационных свойств различных групп магнитно-мягких сплавов, их фазового и структурного состояния, технологии производства и применения в современной технике.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.16
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.2	Коррозия и защита металлов	
2.1.3	Металловедение инновационных материалов	
2.1.4	Методы исследования материалов	
2.1.5	Механические свойства материалов	
2.1.6	Механические свойства твердых тел	
2.1.7	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.8	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.9	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.11	Статистическая физика	
2.1.12	Теория гомогенных и гетерогенных процессов	
2.1.13	Технология получения монокристаллов	
2.1.14	Физика металлов	
2.1.15	Физика полупроводников	
2.1.16	Физические свойства материалов	
2.1.17	Физические свойства твердых тел	
2.1.18	Методы вычислительной физики	
2.1.19	Основы технологии получения материалов	
2.1.20	Процессы получения и обработки материалов	
2.1.21	Техника физико-химического эксперимента	
2.1.22	Технология материалов электроники	
2.1.23	Физические свойства кристаллов	
2.1.24	Введение в квантовую механику	
2.1.25	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.26	Основы квантовой механики	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.2.2	Композиционные и керамические материалы	
2.2.3	Нanomатериалы	
2.2.4	Нормы и правила оформления ВКР	
2.2.5	Объемные наноматериалы	
2.2.6	Основы магнетизма. Часть 2. Процессы перемагничивания материалов	
2.2.7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.2.16	Структура и свойства функциональных наноматериалов	
2.2.17	Технология термической обработки	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ								
ПК-4: Способен проводить исследования при разработке технологических процессов								
Знать:								
ПК-4-31 основные технологии производства и обработки магнитно-мягких материалов								
ПК-4-32 методы и методики исследования, расчётов и моделирования в области материаловедения магнитно-мягких материалов								
ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований								
Знать:								
ПК-2-31 основные типы современных магнитомягких материалов								
ПК-4: Способен проводить исследования при разработке технологических процессов								
Уметь:								
ПК-4-У2 выявлять факторы, влияющие на эффективность, экологическую и техническую безопасность производства магнитно-мягких материалов								
ПК-4-У1 использовать знания о методах и методиках исследования для планирования и проведения комплексных исследований в области материаловедения магнитно-мягких материалов								
ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований								
Уметь:								
ПК-2-У1 выбирать магнитомягкий материал в соответствии с заданными условиями эксплуатации								
ПК-4: Способен проводить исследования при разработке технологических процессов								
Владеть:								
ПК-4-В2 опытом использования результатов различных методов исследований в области материаловедения магнитно-мягких материалов								
ПК-4-В1 методами анализа и улучшения эффективности и безопасности производства магнитно-мягких материалов								
ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований								
Владеть:								
ПК-2-В1 опытом сравнения и выбора магнитомягких материалов для изделий с разными условиями эксплуатации								

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
	Раздел 1. Физические основы формирования магнитных свойств магнитно-мягких материалов							
1.1	Параметры петли гистерезиса и кривой намагничивания, нормируемые для магнитно-мягких материалов. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			

1.2	Определение требований к магнитным свойствам магнитно-мягкого материала, используемого для изготовления определённого электротехнического изделия (трансформатора, реле, головки магнитной записи, магнитного экрана, статора или ротора электродвигателя, фильтра для подавления высокочастотных помех). /Пр/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			Р1
1.3	Физические эффекты, важные для магнитно-мягких материалов. Магнитострикция. Магнитная анизотропия (кристаллическая, магнитоупругая, наведённая, анизотропия формы). Температура Кюри. Доменная структура. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			
1.4	Влияние формы тела на магнитную проницаемость магнитного материала /Пр/	7	2	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			Р2
1.5	Процессы смещения границ доменов и вращения намагниченности. Влияние на процессы перемагничивания примесей, концентрационных неоднородностей, включений второй фазы, дислокаций и границ зёрен, кристаллографической и магнитной текстуры. Требования к фазово-структурному состоянию магнитно-мягких материалов. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			
1.6	Магнитные свойства ферромагнетика в переменном магнитном поле /Пр/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			Р3
1.7	Оценка влияния концентрационных неоднородностей на коэрцитивную силу однофазного ферромагнетика. Контрольная работа 1 /Пр/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1		КМ1	Р4
1.8	подготовка к контрольной работе 1 /Ср/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1		КМ1	
1.9	Термомагнитная обработка магнитно-мягких материалов. /Лаб/	7	3	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			Р5

1.10	подготовка к практическим и лабораторным занятиям раздела Физические основы формирования магнитных свойств МММ /Ср/	7	15	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			
	Раздел 2. Электротехнические стали							
2.1	Электротехнические стали на основе системы Fe-Si. Релейные, динамные и трансформаторные стали. Маркировка. Оптимальный размер зерна для снижения потерь на перемагничивание. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			
2.2	Влияние содержания кремния на свойства электротехнических сталей /Пр/	7	2	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			Р6
2.3	Определение магнитных потерь в переменном магнитном поле для изотропных и анизотропных трансформаторных сталей /Лаб/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			Р7
2.4	Анизотропные трансформаторные стали. Вторичная рекристаллизация. Роль фаз-ингибиторов в получении кристаллографической текстуры. Лазерная обработка. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			
2.5	Создание острой ребровой кристаллографической текстуры в трансформаторной стали. Контрольная работа 2 /Пр/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1		КМ2	Р8
2.6	Подготовка к контрольной работе 2 /Ср/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1		КМ2	
2.7	Оптимальный размер зерна в изотропной и анизотропной электротехнической стали /Лаб/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			Р9
2.8	подготовка к практическим и лабораторным занятиям раздела Электротехнические стали /Ср/	7	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			
	Раздел 3. Прецизионные магнитно-мягкие сплавы							
3.1	Классификация кристаллических прецизионных магнитно-мягких сплавов. Сплавы на основе Fe-Ni, Fe-Ni-Co, Fe-Co. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			

3.2	Различие областей применения и используемых термических обработок для пермаллоев с разным содержанием никеля /Пр/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1				Р10
3.3	Формирование статических петель гистерезиса разного типа после термической и термомагнитной обработки перминвара /Лаб/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1				Р11
3.4	Влияние дальнего химического порядка и направленного упорядочения на магнитные свойства. Пермаллойная обработка. Термомагнитная обработка. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1				
3.5	Формирование наведённой магнитной анизотропии при парном направленном упорядочении в твёрдом растворе Fe-Ni. Контрольная работа 3 /Пр/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1		КМ3		Р12
3.6	Подготовка контрольной работе 3 /Ср/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1		КМ3		
3.7	подготовка к практическим и лабораторным занятиям раздела прецизионные магнитно-мягкие сплавы /Ср/	7	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1				
	Раздел 4. Аморфные и нанокристаллические сплавы								
4.1	Аморфные магнитно-мягкие сплавы. Спиннингование расплава. Аморфные сплавы на основе Fe и Co – различие свойств и применяемой термической обработки. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У2	Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1				
4.2	Влияние изгибных напряжений на кривые намагничивания магнитно-мягкого аморфного сплава /Лаб/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1				Р13
4.3	Влияние отжига на магнитные свойства аморфных сплавов с разной магнитострикцией и точкой Кюри /Пр/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1	Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1				Р14
4.4	Нанокристаллические магнитно-мягкие сплавы типа файнмет. Кристаллизация для получения оптимальной аморфно-кристаллической микроструктуры. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1				

4.5	Особенности свойств нанокристаллического сплава FeCuNbSiB. Контрольная работа 4 /Пр/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У2	Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1		КМ4	Р15
4.6	подготовка к контрольной работе 4 /Ср/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У2	Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1		КМ4	
4.7	подготовка к практическим и лабораторным занятиям раздела аморфные и нанокристаллические сплавы /Ср/	7	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У2	Л1.2Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1			
4.8	Подготовка к экзамену по курсу /Ср/	7	20	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1			

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	Контрольная работа 1	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-32	<p>1 Почему для магнитно-мягких материалов константа магнитной анизотропии должна быть малой?</p> <p>2 Как критическое поле смещения 180-градусной границы доменов зависит от угла между намагниченностью внутри доменов и напряжённостью магнитного поля?</p> <p>3 Как найти магнитную проницаемость материала по измеренному значению проницаемости сферического образца?</p> <p>4 После достижения магнитного насыщения к образцу приложили магнитное поле в противоположном направлении и получили нулевую намагниченность при напряженности поля $H = -700$ А/м. Можно ли считать материал образца магнитно- мягким?</p> <p>5 Доменная структура магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Как зависит напряжённость магнитного поля, в котором происходит скачок Баркгаузена, от ориентации этого поля?</p> <p>6 Кривую намагничивания материала измеряли на двух образцах – кольцевом, используя циркулярное магнитное поле, и стержневом, прикладывая поле вдоль оси стержня. Намагниченность 10^5 А/м в первом случае достигалась в поле 100 А/м, а во втором – в поле 8000 А/м. Чему равны коэффициенты размагничивания образцов?</p> <p>7 Почему прецизионные магнитно-мягкие сплавы используются, как правило, при более низких частотах перемагничивания по сравнению с ферритами?</p> <p>8 Используя модель напряжений для описания процесса смещения границ доменов, найдите связь между начальной проницаемостью и коэрцитивной силой магнитно-мягких материалов.</p> <p>9 По литературным данным, магнитная проницаемость материала равна 1000, в то время как измерения дают значение 400. Предполагая, что различия связаны с влиянием размагничивающего поля при измерениях, рассчитайте коэффициент размагничивания.</p> <p>10 Укажите диапазон значений начальной магнитной проницаемости для используемых в настоящее время основных групп магнитно-мягких материалов.</p> <p>11 Доменная структура магнитного материала с индукцией насыщения 0,5 Тл состоит из полосовых доменов шириной 100 мкм, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Оцените величину скачка Баркгаузена, если после срыва с</p>

		<p>препятствия доменная граница проходит в среднем расстоянии 5 мкм.</p> <p>12 В каком из двух материалов может быть получена большая начальная проницаемость, если индукция насыщения равна 1 Тл и 0,5 Тл, а константа магнитной анизотропии 100 и 50 Дж/м³, соответственно?</p> <p>13 Почему напряженность магнитного поля, в котором достигается максимум магнитной проницаемости, больше аналогичного значения поля максимума дифференциальной проницаемости?</p> <p>14 В рамках модели напряжений оцените коэффициент жёсткости границ доменов для материала с магнитострикцией насыщения 10⁻⁶ и толщиной границ доменов 0,1 мкм, если амплитуда напряжений равна 50 МПа, а длина волны напряжений 10 мкм.</p> <p>15 Для монокристалла с кубической решёткой работа намагничивания при приложении магнитного поля вдоль направлений [100], [110], [111] равна 100, 90 и 110 Дж/м³, соответственно. Найдите константу магнитной анизотропии K_1, принимая $K_2=0$.</p> <p>16 Укажите диапазон значений коэрцитивной силы для используемых в настоящее время основных групп магнитно-мягких материалов.</p> <p>17 Оцените наибольшее возможное значение коэффициента жёсткости 180-градусных границ доменов для материала с индукцией насыщения 0,5 Тл, если под действием поля напряжённостью 0,1 А/м граница доменов обратимо смещается на расстояние 0,2 мкм.</p> <p>18 В образце с коэффициентом размагничивания $N = 0,4$ магнитное насыщение достигается в поле 5000 А/м. Найдите поле насыщения для образца с $N = 0,5$, если индукция насыщения равна 0,6 Тл.</p> <p>19 Почему к материалу, используемому для изготовления сердечников высокочастотных дросселей, предъявляют требования высокого удельного электрического сопротивления?</p> <p>20 Оцените удельные потери энергии на гистерезис (в Дж/м³) для материала с прямоугольной петлёй гистерезиса, имеющего коэрцитивную силу 10 А/м и остаточную индукцию 0,3 Тл.</p> <p>21 Какой вид магнитной анизотропии (магнитокристаллическая или магнитоупругая) определяет величину магнитных свойств ферромагнетика, если константа магнитокристаллической анизотропии равна 500 Дж/м³, магнитострикция насыщения 3.10⁻⁵, а внутренние напряжения (в среднем) 100 МПа?</p> <p>22 Почему коэффициент экранирования (для магнитостатического экрана из магнитно-мягкого материала) зависит от напряжённости магнитного поля по кривой с максимумом?</p> <p>23 Оцените наибольшее значение начальной магнитной проницаемости, обусловленной процессом вращения намагниченности, для материала с индукцией насыщения 0,6 Тл и константой магнитной анизотропии 80 Дж/м³.</p> <p>24 Считая, что кривая намагничивания имеет вид прямой линии вплоть до достижения магнитного насыщения в поле напряжённостью 200 А/м, найдите работу намагничивания. Индукция насыщения материала равна 0,9 Тл.</p> <p>25 Почему в магнитно-мягких материалах константа магнитной анизотропии должна быть малой?</p> <p>26 Оцените критическое поле смещения 180-градусной границы домена с помощью модели включений. Считайте, что поле приложено параллельно намагниченности доменов, ширина доменов 100 мкм, а включения имеют сферическую форму и диаметр 5 мкм. Индукция насыщения материала равна 0,5 Тл.</p> <p>27 Константы магнитной кристаллической анизотропии материала с кубической решёткой равны: $K_1 = 400$ Дж/м³, $K_2=0$. Какие кристаллографические индексы имеет направление, параллельное оси лёгкого намагничивания?</p> <p>28 Почему высокое значение магнитной проницаемости материала, используемого для изготовления сердечника катушки индуктивности, придаёт катушке свойства электромагнитного фильтра, снижающего высокочастотные помехи?</p> <p>29 Найдите связь между коэффициентом жесткости границ доменов и максимальным градиентом их удельной энергии,</p>
--	--	---

			<p>используя для описания смещения границ доменов модель синусоидальных напряжений.</p> <p>30 Доменная структура одноосного магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов. Найдите поле насыщения, если поле приложено перпендикулярно намагниченности доменов. Индукция насыщения материала равна 0,6 Тл, константа магнитной анизотропии 200 Дж/м³.</p> <p>31 В каком ферромагнитном металле наблюдается рекордно высокая температура Кюри? Является ли этот материал магнитно-мягким?</p> <p>32 Оцените наибольшее возможное значение магнитной проницаемости вращения для магнитно-одноосного материала с индукцией насыщения 0,4 Тл и константой магнитной анизотропии 100 Дж/м³.</p> <p>33 Магнитная проницаемость цилиндрического образца длиной l и диаметром d измерялась при приложении внешнего магнитного поля вдоль оси цилиндра. Нарисуйте (схематично) график зависимости измеренной проницаемости от отношения l/d.</p>
--	--	--	--

КМ2	Контрольная работа 2	ПК-4-32;ПК-2-31;ПК-4-У1	<p>1 Оцените продолжительность контролируемого охлаждения магнитно-мягкого железа, используя данные о рекомендуемой скорости охлаждения при проведении рекристаллизационного отжига.</p> <p>2 Почему при индукционной плавке происходит перемешивание металлического расплава?</p> <p>3 Почему при получении карбонильного железа для синтеза пентакарбонила железа повышают давление и температуру, а для термического разложения карбонила – наоборот?</p> <p>4 Во сколько раз различаются потери на вихревые токи в образцах анизотропной электро-технической стали толщиной 0,27 и 0,35 мм, различающихся также шириной доменов (100 и 120 мм, соответственно)?</p> <p>5 Почему угар металла при индукционной плавке меньше, чем при плавке в кислородном конвертере?</p> <p>6 В чем преимущество холодной прокатки по сравнению с горячей при производстве тонкого листа из прецизионных магнитно-мягких сплавов?</p> <p>7 Оцените величину удельных потерь на вихревые токи в пластине толщиной 0,3 мм из электротехнической стали с 3 % Si при частоте перемагничивания 50 Гц и амплитуде магнитной индукции 1 Тл, если ширина доменов равна 1 мм.</p> <p>8 Индукционная плавка производится с помощью спирального индуктора, внутри которого помещается цилиндрический тигель с шихтой (расплавом). Нарисуйте на изображении тигля и индуктора ориентацию магнитного и электрического поля, а также направление вихревых токов.</p> <p>9 Почему при использовании печей электросопротивления для термической обработки прецизионных сплавов обмотку печи делают бифилярной?</p> <p>10 Оцените относительное уменьшение потерь на вихревые токи в анизотропной электро-технической стали в результате лазерного скрайбирования, если ширина доменов уменьшается с 0,8 мм до 0,6 мм.</p> <p>11 Почему по теплоте образования оксида элемента можно судить об эффективности использования данного элемента в качестве раскислителя?</p> <p>12 Нарисуйте упрощённую схему установки для получения электролитического железа.</p> <p>13 Нарисуйте (схематично) изменение со временем а) коэрцитивной силы, б) содержания азота, растворённого в железе, и в) массовой доли нитридов железа при ступенчатом изменении температуры отжига от 100 до 150 оС и обратно с выдержкой продолжительностью 100 ч при каждой температуре. Используйте диаграмму состояния Fe-N.</p> <p>14 Почему образующиеся при раскислении оксиды должны иметь малую плотность?</p> <p>15 Почему углерод и другие примеси, содержащиеся в аноде, не наследуются осаждённым электролитическим железом?</p> <p>16 Кинетика изменения коэрцитивной силы низкоуглеродистой электротехнической стали при магнитном старении в процессе выдержки при 100 оС описывается формулой $H_c [A/m] = 0,72 + 0,12 \cdot \lg 2t$, где t – продолжительность выдержки в часах. Рассчитайте коэффициент старения по коэрцитивной силе для продолжительности выдержки 120 часов. В качестве исходного значения примите H_c при $t=1$ час.</p> <p>17 В чем отличие осаждающего раскисления от экстракционного?</p> <p>18 Почему при выплавке прецизионных сплавов на основе железа в качестве компоненты шихты не используют первичное карбонильное железо?</p> <p>19 Удельное электрическое сопротивление в сплавах Fe-Si увеличивается с ростом содержания кремния, что описывается выражением $\rho (\text{мкОм}\cdot\text{м}) = 0,1 + 0,12 \% \text{Si}$. Оцените с помощью этой формулы классическую составляющую потерь на вихревые токи (в расчете на единицу объёма) в чистом железе и сплаве Fe-3 % Si при частоте перемагничивания 50 Гц, амплитуде магнитной индукции 1,5 Тл и толщине листа 0,3 мм.</p> <p>20 На примере железа опишите способ рафинирования с помощью</p>
-----	----------------------	-------------------------	--

			<p>термической обработки.</p> <p>21 Как необходимость протекания вторичной рекристаллизации для получения текстуры в анизотропной электротехнической стали при высокотемпературном отжиге сказывается на химическом составе стали, который должен быть получен при выплавке?</p> <p>22 Оцените упрощённо (без учёта примесей, а также угара и пригара) массовые доли чистого железа, чистого никеля и ферромolibдена Fe-58 % Mo, используемых в качестве компонент шихты при выплавке сплава 79НМ (79 % Ni, 4 % Mo, ост. Fe).</p> <p>23 Для низкоуглеродистой электротехнической стали зависимость коэрцитивной силы от размера зерна описывается выражением $H_c [A/m] = 44 + 0,32/d [см]$. Объясните причину та-кой зависимости, укажите факторы, влияющие на величину первого и второго слагаемого в в правой части формулы.</p> <p>24 В чем состоит различие назначения покрытий из MgO и (AlPO₄+SiO₂), наносимых на разных стадиях технологии производства электротехнической анизотропной стали?</p> <p>25 Оцените оптимальный размер зерна изотропной электротехнической стали с наименьшими магнитными потерями, если зависимости от размера зерна $d [мм]$ удельных потерь на гистерезис $P_g [Вт/кг]$ и на вихревые токи $P_v [Вт/кг]$ описываются аппроксимирующими выражениями: $P_g = 0,3+0,02/d$, $P_v = 0,01d^2$.</p> <p>26 Почему при выращивании монокристалла по методу Бриджмена не нужна монокристаллическая затравка?</p> <p>27 Опишите различие химического состава (после выплавки) электротехнической анизотропной стали при использовании технологии производства с сульфидными и нитридно-медными вариантами ингибирования.</p> <p>28 Оцените, во сколько раз различается коэрцитивная сила образцов низкоуглеродистой электротехнической стали со средним размером зерна 0,1 и 1 мм.</p> <p>29 Нарисуйте график зависимости потерь на вихревые токи от размера зерна. Объясните причину этой зависимости.</p> <p>30 Почему при выплавке сплава 79НМ не используют технически чистый молибден в качестве шихтового материала?</p>
--	--	--	---

КМЗ	Контрольная работа 3	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У2	<p>1 Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала однофазные сплавы Fe-Ni с малым содержанием никеля?</p> <p>2 Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала двухфазные сплавы Fe-Ni с небольшим содержанием никеля?</p> <p>3 Как классифицируют пермаллои по химическому составу?</p> <p>4 Каково различие магнитных свойств высоконикелевых и низконикелевых пермаллоев?</p> <p>5 Каково содержание никеля в средникелевых пермаллоях?</p> <p>6 Каково содержание никеля в низконикелевых пермаллоях?</p> <p>7 В сплавах Fe-Ni какого химического состава может быть получено наиболее высокое значение начальной проницаемости?</p> <p>8 В сплавах Fe-Ni какого химического состава может быть получено наиболее высокое значение максимальной проницаемости?</p> <p>9 В чем различие термической обработки низконикелевых и средникелевых пермаллоев?</p> <p>10 В чем различие термической обработки низконикелевых и высоконикелевых нелегированных пермаллоев?</p> <p>11 В чем различие термической обработки средникелевых и высоконикелевых нелегированных пермаллоев?</p> <p>12 В чем различие областей применения пермаллоев с разным содержанием никеля?</p> <p>13 Какие фазовые превращения протекают в пермаллоях при охлаждении от высоких температур?</p> <p>14 Почему магнитные свойства высоконикелевых пермаллоев особенно чувствительны к механическим напряжениям?</p> <p>15 Почему скорость охлаждения после выдержки при отжиге влияет на магнитные свойства высоконикелевых пермаллоев?</p> <p>16 Почему скорость охлаждения после выдержки при отжиге практически не влияет на магнитные свойства низконикелевых пермаллоев?</p> <p>17 Перечислите основные технологические этапы производства и обработки пермаллоев.</p> <p>18 Для каких сплавов Fe-Ni используется термомагнитная обработка?</p> <p>19 Какая среда используется при финишной термической обработке пермаллоев?</p> <p>20 Какие факторы учитывают при выборе температуры отжига низконикелевых пермаллоев?</p> <p>21 Как двойную термическую обработку нелегированных высоконикелевых пермаллоев можно превратить в одинарную?</p> <p>22 Почему существует оптимальная скорость охлаждения при отжиге высоконикелевых пермаллоев?</p> <p>23 Как осуществляют отжиг в продольном магнитном поле?</p> <p>24 Почему охлаждение с печью приводит в случае высоконикелевых пермаллоев приводит к более низким значениям проницаемости по сравнению с ускоренным охлаждением?</p> <p>25 Почему повышение удельного электрического сопротивления при легировании пермаллоев считают положительным фактором?</p> <p>26 Почему очень высокая скорость охлаждения при отжиге пермаллоев приводит к низким значениям проницаемости?</p> <p>27 Нарисуйте кольцевой образец и направление магнитного поля, прикладываемого при продольной термомагнитной обработке.</p> <p>28 Нарисуйте схему термической обработки легированного пермаллоя.</p> <p>29 Почему согласно стандарту отоженные изделия из пермаллоев «не должны подвергаться в процессе сборки ударам, нагибам, рихтовке, шлифовке, а также чрезмерной затяжке или сдавливаемости обмоткой»?</p> <p>30 Почему время выдержки при отжиге пермаллоев зависит от размеров и массы образца?</p> <p>31 Какие факторы учитывают при выборе скорости нагрева при отжиге пермаллоев?</p> <p>32 Почему отжиг пермаллоев в продольном магнитном поле повышает максимальную магнитную проницаемость?</p> <p>33 Почему поле, прикладываемое при термомагнитной обработке, должно быть достаточно большим?</p>
-----	----------------------	---	---

			<p>34 На какой стадии технологической цепочки производства и обработки пермаллоев формируется конечная толщина ленты?</p> <p>35 От каких факторов зависит выбираемая скорость изменения температуры при приложении магнитного поля в процессе охлаждения средненикелевого пермаллоя?</p> <p>36 От каких факторов зависит температурный интервал приложения магнитного поля при охлаждении средненикелевого пермаллоя?</p>
КМ4	Контрольная работа 4	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У2;ПК-4-В1	<p>1 Как получают аморфные ленты магнитно-мягких сплавов?</p> <p>2 Почему в аморфных сплавах нет зёрен?</p> <p>3 Какие факторы ограничивают толщину аморфных лент, получаемых закалкой из жидкого состояния?</p> <p>4 Какие виды магнитной анизотропии могут наблюдаться в аморфных магнитно-мягких сплавах?</p> <p>5 Какие поверхностные дефекты могут наблюдаться на поверхности аморфной ленты?</p> <p>6 Почему поверхность аморфной ленты, полученной спиннингованием расплава, с одной стороны блестящая, а с другой матовая?</p> <p>7 Какую роль в химическом составе аморфного сплава Fe₅Co₇₀Si₁₅B₁₀ играет каждый из четырёх химических элементов?</p> <p>8 Какие превращения протекают при нагреве аморфных сплавов?</p> <p>9 Как стабилизация границ доменов вследствие направленного упорядочения сказывается на значениях коэрцитивной силы и начальной проницаемости?</p> <p>10 Как релаксация закалочных напряжений может сказаться на значении коэрцитивной силы аморфных сплавов?</p> <p>11 В сплаве какого химического состава влияние релаксации напряжений при отжиге на магнитные свойства сильнее: Fe₇₈Ni₂Si₅B₁₅ или Co₇₀Fe₅Si₁₅B₁₀?</p> <p>12 Чем вредно охрупчивание, которое может возникать в результате отжига аморфных сплавов?</p> <p>13 Нарисуйте на одном графике кривые намагничивания аморфного сплава на основе железа до и после приложения растягивающего напряжения?</p> <p>14 Как могут быть улучшены магнитные свойства аморфного сплава с температурой Кюри выше температуры кристаллизации?</p> <p>15 Для каких аморфных сплавов эффективна термомагнитная обработка?</p> <p>16 Почему повышение скорости охлаждения от температуры выше точки Кюри может уменьшать коэрцитивную силу магнитно-мягкого аморфного сплава?</p> <p>17 Почему кристаллизация аморфного магнитно-мягкого сплава, как правило, приводит к резкому увеличению коэрцитивной силы?</p> <p>18 Нарисуйте схему зависимости коэрцитивной силы аморфного магнитно-мягкого сплава от температуры отжига, если температура Кюри меньше температуры кристаллизации.</p> <p>19 Каковы различия доменной структуры аморфного сплава после отжига в насыщающем продольном магнитном поле при температуре чуть выше и чуть ниже точки Кюри?</p> <p>20 Для чего используют отжиг аморфных магнитно-мягких сплавов во вращающемся магнитном поле?</p> <p>21 Почему магнитные свойства аморфного магнитно-мягкого сплава после охлаждения от температуры выше точки Кюри могут зависеть от скорости охлаждения?</p> <p>22 Нарисуйте петли магнитного гистерезиса аморфного магнитно-мягкого сплава после отжига ниже точки Кюри без поля, в продольном поле и поперечном магнитном поле.</p> <p>23 Какие факторы учитывают при выборе температуре отжига аморфного магнитно-мягкого сплава?</p> <p>24 Как следует проводить термомагнитную обработку аморфного магнитно-мягкого сплава для получения высокой прямоугольности петли гистерезиса?</p> <p>25 Для чего в химическом составе фаньмета FeCuNbSiB присутствует медь?</p>

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	ПР 1 Определение требований к магнитным свойствам магнитно-мягкого материала, используемого для изготовления определённого электротехнического изделия (трансформатора, реле, головки магнитной записи, магнитного экрана, статора или ротора электродвигателя, фильтра для подавления высокочастотных помех).	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-32	Рассмотрение принципа работы и конструкции типовых изделий с использованием магнитных материалов, выявление функций, выполняемых материалами, и вытекающих отсюда требований к магнитным и другим свойствам материала
P2	ПР 2 Влияние формы тела на магнитную проницаемость магнитного материала	ПК-2-31;ПК-4-32	Размагничивающее поле и коэффициент размагничивания для ферромагнитных тел разной формы и ориентации внешнего магнитного поля. Формула Аркадьева. Замкнутая и разомкнутая магнитная цепь
P3	ПР 3 Магнитные свойства ферромагнетика в переменном магнитном поле	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-4-32	Динамические режимы перемагничивания. Комплексная магнитная проницаемость, упругая и вязкая составляющие. Потери на перемагничивание. Влияние частоты перемагничивания на магнитные свойства. Скин-эффект.
P4	ПР 4 Оценка влияния концентрационных неоднородностей на коэрцитивную силу однофазного ферромагнетика	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-32	Концентрационные неоднородности в ферромагнитном твёрдом растворе. Формула Власова. Технологические способы уменьшения влияния концентрационных неоднородностей на магнитные свойства
P5	ЛР 1 Термомагнитная обработка магнитно-мягких материалов	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1	Влияние отжига в магнитном поле ниже точки Кюри на форму петли гистерезиса и магнитные свойства магнитных материалов. Наведение магнитной анизотропии вследствие направленного упорядочения. Условия проведения. Факторы, определяющие эффективность термомагнитной обработки
P6	ПР 5 Влияние содержания кремния на свойства электротехнических сталей	ПК-2-31;ПК-4-У2;ПК-4-У1;ПК-4-32	Диаграмма состояния Fe-Si. Влияние кремния на магнитные, электрические и механические свойства электротехнических сталей
P7	ЛР 2 Определение магнитных потерь в переменном магнитном поле для изотропных и анизотропных трансформаторных сталей	ПК-2-31;ПК-4-32	Петли гистерезиса и потери на перемагничивание в сплавах Fe-Si с ребровой кристаллографической текстурой и без текстуры

P8	ПР 6 Создание острой ребровой кристаллографической текстуры в трансформаторной стали	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У2;ПК-4-У1	Многостадийная технология производства анизотропной электротехнической стали. Роль фаз-ингибиторов в формировании текстуры и способ осуществления вторичной рекристаллизации
P9	ЛР 3 Оптимальный размер зерна в изотропной и анизотропной электротехнической стали	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31	Влияние среднего размера зерна на магнитные потери анизотропной и изотропной электротехнической стали
P10	ПР 7 Различие областей применения и используемых термических обработок для пермаллоев с разным содержанием никеля	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-32	Классификация пермаллоев по химическому составу и области применения. Пермаллоидная обработка. Контролируемое охлаждение при отжиге. Термомагнитная обработка средненикелевых пермаллоев
P11	ЛР 4 Формирование статических петель гистерезиса разного типа после термической и термомагнитной обработки перминвара	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1	Влияние отжига и термомагнитной обработки в продольном и поперечном поле на форму петли гистерезиса и магнитные свойства перминвара системы Fe-Co-Ni
P12	ПР 8 Формирование наведённой магнитной анизотропии при парном направленном упорядочении в твёрдом растворе Fe-Ni	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-4-32	Модель Тикадзуми парного направленного упорядочения. Влияние химического состава и температуры отжига на константу наведённой магнитной анизотропии (на примере сплавов Fe-Ni)
P13	ЛР 5 Влияние изгибных напряжений на кривые намагничивания магнитно-мягкого аморфного сплава	ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У2	Подготовка для магнитных измерений кольцевых витых образцов из аморфной ленты сплава на основе железа. Определение и сравнение кривых намагничивания для образцов разного диаметра
P14	ПР 9 Влияние отжига на магнитные свойства аморфных сплавов с разной магнитострикцией и точкой Кюри	ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1	Сравнение магнитных свойств аморфных сплавов разного химического состава до и после отжига при разных температурах (выше и ниже температуры Кюри)
P15	ПР 10 Особенности свойств нанокристаллического сплава FeCuNbSiB	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-4-В1	Получение аморфно-кристаллического состояния в сплавах типа файнмет. Оценка оптимальной объёмной доли нанокристаллической фазы

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

Экзаменационный билет охватывает весь материал курса, состоит из теоретических вопросов и задач. Примеры заданий приведены в вопросах для самостоятельной подготовки к контрольным работам.

Пример экзаменационного билета:

1. В каком материале выше константа магнитной анизотропии, если один используется для изготовления сердечника индуктивности, а другой для изготовления постоянного магнита?
2. Доменная структура магнитного материала состоит из полосовых доменов, разделённых параллельными 180-градусными границами доменов (ГД). Внешнее магнитное поле приложено под углом 30 или 60о к ГД. Во сколько раз различается критическое поле смещения ГД?
3. Оцените магнитную проницаемость образца сферической формы, если проницаемость вещества равна 1000.
4. Оцените вклад в коэрцитивную силу флуктуаций магнитострикции насыщения λ_s из-за концентрационных неоднородностей с амплитудой $\Delta C = 0,01\%$ и длиной волны $l = 0,2$ мкм для железа с индукцией насыщения 2,16 Тл, толщиной границ доменов 0,1 мкм, внутренними напряжениями 100 МПа, если при изменении концентрации примеси на 1 % магнитострикция насыщения изменяется на 1.10⁻⁷.
- 5 Почему при выплавке в вакуумных печах магнитные свойства прецизионных магнитно-мягких сплавов лучше по сравнению с открытой выплавкой?
6. Как учитывают протекание фазовой перекристаллизации (и фазового наклёпа) при выборе режима термической обработки магнитно-мягкого чистого железа?
7. Почему на практике не используют в качестве магнитно-мягкого материала однофазные сплавы Fe-Ni с малым содержанием никеля?
8. Как осуществляют отжиг в продольном магнитном поле?
9. Нарисуйте схему термической обработки легированного пермаллоя.
10. Какие аморфные магнитно-мягкие сплавы относят к сплавам с низкой магнитострикцией?
11. Как выглядит петля гистерезиса аморфного магнитно-мягкого сплава после отжига ниже точки Кюри в поперечном магнитном поле?
12. Как толщина аморфной ленты в витом кольцевом образце влияет на магнитные потери?

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 неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы, не имеет навыков проведения измерений основных физических свойств.

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
Л1.1	Кекало И. Б., Самарин Б. А.	Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами: учебник для вузов по спец. 'Физика металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1989
Л1.2	Кекало И. Б.	Аморфные магнитные материалы: Разд.: Получение, процессы аморфизации, атомное строение, свойства: Курс лекций для студ. направл. 651800 и 654100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Перминов А. С., Введенский В. Ю., Шуваева Е. А., Могильников П. С.	Физические свойства твердых тел (N 3509): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Преображенский А. А.	Магнитные материалы	Электронная библиотека	Москва: Высш. школа, 1955
Л2.2	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферромагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
Л2.3	Кекало И. Б., Шуваева Е. А.	Аморфные нано- и микроструктурные магнитные материалы: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов напр. Физ. материаловедение и спец. Наноматериалы	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.4	Мишин Д. Д.	Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1991
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Стародубцев Ю. Н.	Магнитомягкие материалы: энциклопедический словарь- справочник: словарь	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2011
Л3.2	Кекало И. Б.	Нанокристаллические магнитно-мягкие материалы: курс лекций для студ. физ.- хим. фак-та	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. http://elibrary.ru/defaultx.asp . Дата обращения: 19.05.2020.		http://elibrary.ru/defaultx.asp	
6.3 Перечень программного обеспечения				
П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr			
П.2	ESET NOD32 Antivirus			
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit			
П.4	Microsoft Office			
П.5	MS Teams			
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных				
И.1				
И.2	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:			
И.3	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/			
И.4	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news			
И.5	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):			
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com			
И.7	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/			
И.8	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com			
И.9	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/			

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ		
Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Б-429	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютерный класс на 6 студентов и преподавателя (7 компьютеров); установка для измерения магнитных характеристик; установка для определения потерь на перемагничивание МК-4Э; магнитноизмерительная установка МК-3Э; стенд для измерения удельного электросопротивления; дилатометр; твердометр по Роквеллу; комплект учебной мебели
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

Обучение проводится в один семестр и организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- индивидуального опроса студентов при проведении практических занятий,
- сдачи домашних заданий в форме докладов с презентациями MS PowerPoint,
- четырёх письменных контрольных работ.

Контрольные работы проводятся в часы практических занятий. Сдача домашних заданий происходит в форме представления мультимедийных докладов.

К зачёту студент допускается при условии выполнения учебного плана дисциплины, положительных оценок за контрольные работы. Проставление зачёта с оценкой проводится на основе оценок за семестровые контрольные мероприятия с учётом активности студента при проведении практических занятий, выступлении с мультимедийными докладами и участия в их обсуждении.

Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения практических занятий и контрольных работ и график выдачи и сдачи домашних заданий.

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.