

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

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)

Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 11

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	11 (6.1)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	51	51	51	51
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

дфмн, профессор, Лилеев Алексей Сергеевич; кфмн, доцент, Менушенков Владимир Павлович; кфмн, доцент, Перминов Александр Сергеевич

Рабочая программа

Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки

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, предусмотренных учебным планом, а также научить современным представлениям об основных закономерностях формирования высоких эксплуатационных свойств различных групп магнитотвердых материалов, роли различных видов анизотропии и механизмов перемагничивания, об особенностях фазового и структурного состояния магнитотвердых материалов, их технологии производства и применения в современной технике.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.38
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия	
2.1.2	Дифракционные и микроскопические методы	
2.1.3	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.1.4	Кристаллы в квантовой электронике	
2.1.5	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.1.6	Неразрушающий контроль и методы диагностики материалов	
2.1.7	Огнеупорные материалы	
2.1.8	Оптические элементы лазерных систем	
2.1.9	Основы физической, биоорганической и коллоидной химии	
2.1.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.11	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.12	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.14	Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы	
2.1.15	Управление качеством материалов и экспертиза металлопродукции	
2.1.16	Фазовые превращения при получении металлов и соединений	
2.1.17	Введение в органическую электронику	
2.1.18	Высокотемпературные материалы	
2.1.19	Инструментальные стали	
2.1.20	Компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.21	Математические методы моделирования физических процессов	
2.1.22	Металловедение сварки	
2.1.23	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.24	Проблемы нанотехнологий	
2.1.25	Структура и свойства функциональных наноматериалов	
2.1.26	Технология термической обработки	
2.1.27	Физика дифракции	
2.1.28	Функциональные материалы электроники	
2.1.29	Материалы для биомедицины	
2.1.30	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.31	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.32	Мехатроника	
2.1.33	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.34	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.35	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.1.36	Физика и техника высоких давлений	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.5	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.8	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-5: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов при разработке технологии производства материалов различного назначения

Знать:

ПК-5-33 Перспективные направления и последние достижения современной науки и техники в области производства магнитотвердых материалов

ПК-5-32 Основные критерии оценки технологичности и повышения эффективности применения термической и других видов обработки материалов для постоянных магнитов

ПК-5-31 Основные классы магнитотвердых материалов, закономерности формирования их свойств, технологии получения структуры высококоэрцитивного состояния

Уметь:

ПК-5-У3 Выбирать материалы для изготовления постоянных магнитов, в том числе с использованием информационных технологий

ПК-5-У2 Анализировать конструкторскую документацию на постоянные магниты, подвергаемые типовым технологическим процессам термической и других видов обработки

ПК-5-У1 Самостоятельно проводить сбор данных, анализ и обобщение научно-технической информации, основных нормативных документов на основе знаний материаловедения магнитотвердых материалов

Владеть:

ПК-5-В3 Опытном выборе способа термической и других технологий производства материалов для постоянных магнитов

ПК-5-В2 Опытном выборе магнитотвердых материалов для деталей машин, приборов и т.д.

ПК-5-В1 Опытном принятии решений при планировании научных исследований и разработке материалов для постоянных магнитов

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. Высококоэрцитивные сплавы и их основные характеристики							
1.1	Высококоэрцитивные сплавы и их основные характеристики. Развитие высококоэрцитивных сплавов и их применение. Основы конструирования магнитных систем и контроль магнитных свойств постоянных магнитов. Нормативная документация на магнитотвердые материалы. /Пр/	11	4	ПК-5-31 ПК-5-33	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.2 Э1 Э3			
1.2	Изучение материалов прошедшего практического занятия. Изучение основных типов постоянных магнитов по ГОСТ. /Ср/	11	4	ПК-5-31 ПК-5-33 ПК-5-32	Л1.2Л2.1Л3.2 Э1 Э3			

1.3	Гистерезис, обусловленный необратимыми процессами вращения в однодоменных частицах, частицах, обладающих различными видами одноосной анизотропии. Причины снижения коэрцитивной силы в реальных ферромагнетиках (влияние анизотропии формы, разориентировки и размеров частиц и их взаимодействия). /Пр/	11	6	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.2			
1.4	Освоение теоретического материала раздела 1 /Ср/	11	7	ПК-5-31 ПК-5-33 ПК-5-32	Л1.2			
	Раздел 2. Сплавы с анизотропией полей рассеяния							
2.1	Высококоэрцитивные сплавы в системе железо-никель-алюминий /Пр/	11	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3	Л1.2Л2.3 Э2			
2.2	Высококоэрцитивные сплавы на основе железо-хром-кобальт /Пр/	11	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1 ПК-5-У3 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.2			
2.3	Другие типы материалов с анизотропией полей рассеяния. ESD-магниты. Мезопористые материалы. Нанотрубки. /Пр/	11	2	ПК-5-33	Л1.2			Р5
2.4	Подготовка к практическим занятиям раздела: Сплавы с анизотропией полей рассеяния /Ср/	11	10	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2			
	Раздел 3. Сплавы с кристаллической анизотропией							
3.1	Высококоэрцитивные сплавы на основе интерметаллических соединений редкоземельных металлов (РЗМ) с 3d-переходными металлами /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2Л3.1 Э4 Э6			Р6
3.2	Освоение материала практического занятия "Высококоэрцитивные сплавы на основе интерметаллических соединений редкоземельных металлов (РЗМ) с 3d-переходными металлами" /Ср/	11	3	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2 Э4			

3.3	Основы порошковой технологии получения спеченных постоянных магнитов из сплавов РЗМ с кобальтом (подготовка порошков, способы прессования и создания текстуры в порошковых магнитах, способы их уплотнения, термообработки). /Пр/	11	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У3 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2 Э5			
3.4	Освоение материала практического занятия "Основы порошковой технологии получения спеченных постоянных магнитов из сплавов РЗМ с кобальтом (подготовка порошков, способы прессования и создания текстуры в порошковых магнитах, способы их уплотнения, термообработки)". /Ср/	11	3	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1			
3.5	Наноконпозиционные сплавы (обменно-связанные типа NdFeB/ α -Fe и обменно-смещенные типа Co/CoO). /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.1 Э6			P8
3.6	Освоение материала практического занятия "Наноконпозиционные сплавы (обменно-связанные типа NdFeB/ α -Fe и обменно-смещенные типа Co/CoO)". /Ср/	11	3	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2			
3.7	Быстрозакаленные магнитно-твердые материалы. Методы получения быстрозакаленных сплавов в системе Nd-Fe-B и технологические схемы изготовления из них постоянных магнитов. Основные типы быстрозакаленных сплавов и постоянных магнитов на их основе. /Пр/	11	3	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.3 Э5			
3.8	Освоение материала практического занятия "Быстрозакаленные магнитно-твердые материалы. Методы получения быстрозакаленных сплавов в системе Nd-Fe-B и технологические схемы изготовления из них постоянных магнитов. Основные типы быстрозакаленных сплавов и постоянных магнитов на их основе". /Ср/	11	3	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.3 Э5 Э6			

3.9	Особенности процессов перемагничивания в высокоанизотропных одноосных ферромагнетиках. Переходная доменная структура. Влияния напряженности магнитного поля и размера частиц на гистерезисные свойства. Процессы перемагничивания сплавов на основе РЗМ с кобальтом и медью. /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-33	Л1.1 Э6			Р10
3.10	Освоение материала практического занятия "Особенности процессов перемагничивания в высокоанизотропных одноосных ферромагнетиках. Переходная доменная структура. Влияния напряженности магнитного поля и размера частиц на гистерезисные свойства. Процессы перемагничивания сплавов на основе РЗМ с кобальтом и медью". /Ср/	11	6	ПК-5-31 ПК-5-33	Л1.1 Л1.4			
3.11	Постоянные магниты неодим-железо-бор, получаемые в результате HDDR технологии. Технологические процессы, позволяющие получать анизотропные композиционные материалы. /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.1 Л1.2			Р11
3.12	Освоение материала практического занятия "Постоянные магниты неодим-железо-бор, получаемые в результате HDDR технологии. Технологические процессы, позволяющие получать анизотропные композиционные материалы". /Ср/	11	6	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.1 Л1.2 Э5			
3.13	Получение пленочных постоянных магнитов из сплава неодим-железо-бор. Изотропные и анизотропные магнитотвердые пленки. Формирование магнитных свойств и кристаллической структуры в пленочных постоянных магнитах. Процессы перемагничивания в пленочных постоянных магнитах. /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.1 Л1.2Л2.2			Р12

3.14	Освоение материала практического занятия "Получение пленочных постоянных магнитов из сплава неодим-железо-бор. Изотропные и анизотропные магнитотвердые пленки. Формирование магнитных свойств и кристаллической структуры в пленочных постоянных магнитах. Процессы перемагничивания в пленочных постоянных магнитах". /Ср/	11	6	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.1Л2.2			
3.15	Гексаферриты стронция и бария. Структура, технология получения, магнитные свойства. /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.1Л2.2			Р13
3.16	Освоение материала практического занятия "Гексаферриты стронция и бария. Структура, технология получения, магнитные свойства". Подготовка к контрольной работе № 1 по разделу 3. /Ср/	11	6	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.1Л2.2			
3.17	Высококоэрцитивные сплавы в системах кобальт-платина. Диаграмма состояния платина-кобальт. Влияние процессов упорядочения на магнитные свойства. Термическая обработка сплавов. Магнитная структура. Основные сплавы, их магнитные свойства и пути их дальнейшего развития. Применение сплавов. /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У3	Л1.2			Р14
3.18	Освоение теоретического материала раздела 3. Подготовка домашнего задания № 1 по материалам раздела 3 "Магнитотвердые сплавы с магнитокристаллической анизотропией". /Ср/	11	15	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.2		КМ3	Р18
3.19	Высококоэрцитивные сплавы на основе марганец-алюминий и марганец-висмут. Диаграммы состояния, равновесные и метастабильные фазы. Термическая обработка сплавов. Природа высококоэрцитивного состояния. Контрольная работа № 1 по разделу 3. Сдача ДЗ № 1. /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-В3	Л1.2		КМ1	Р15
	Раздел 4. Прочие материалы для постоянных магнитов							

4.1	Сплавы на основе медь-никель-железо, железо-кобальт-ванадий, железо-молибден-кобальт. Новые высокоанизотропные сплавы (упорядоченный нитрид мартенсита α' -Fe ₁₆ N ₂ , упорядоченные сплавы со структурой L10 (FeNi, MnAl), карбиды Co (Co ₃ C, Co ₂ C). Диаграммы фазового состояния. Способы получения. Структура и магнитные свойства сплавов. /Пр/	11	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.2			
4.2	Освоение материала практического занятия "Сплавы на основе медь-никель-железо, железо-кобальт-ванадий, железо-молибден-кобальт. Новые высокоанизотропные сплавы (упорядоченный нитрид мартенсита α' -Fe ₁₆ N ₂ , упорядоченные сплавы со структурой L10 (FeNi, MnAl), карбиды Co (Co ₃ C, Co ₂ C). Диаграммы фазового состояния. Способы получения. Структура и магнитные свойства сплавов". Подготовка к контрольной работе № 2 по разделам 1,2 и 4 /Ср/	11	6	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.2			
4.3	Освоение теоретического материала раздела 3. Подготовка домашнего задания 2 по разделам 1,2 и 4 "Перспективные магнитотвердые материалы" /Ср/	11	15	ПК-5-33 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2 ПК-5-У1	Л1.2		КМ3	Р19
4.4	Перспективы развития высококоэрцитивных материалов и совершенствования технологии изготовления постоянных магнитов. Поиск новых сплавов и соединений для создания магнитотвердых материалов. Сдача ДЗ-2 и контрольной работы № 2 по разделам 1,2 и 4. /Пр/	11	4	ПК-5-33 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1	Л1.2 Л1.4Л2.4 Э6			

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 по разделу 3	ПК-5-31;ПК-5-33;ПК-5-32	<p>Вопросы к контрольной работе № 1 по разделу 3:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Причины магнитного гистерезиса; 2. Виды магнитной анизотропии; 3. Определение поля анизотропии; 4. Когерентный механизм перемагничивания; 5. Некогерентный механизм перемагничивания; 6. Переходная доменная структура; 7. Гистерезис, обусловленный трудностью зародышеобразования; 8. Особенности процессов перемагничивания частиц с переходной доменной структурой; 9. Влияние напряженности магнитного поля при намагничивании на гистерезисные характеристики частиц; 10. Определение поля возникновения зародыша обратной намагниченности; 11. Влияние размера частиц на величину поля образования домена обратной намагниченности. 12. Влияние намагничивающего поля на величину поля возникновения зародыша обратной намагниченности; 13. Гистерезис, обусловленный трудностью отрыва доменной стенки; 14. Лимитирующее звено процесса перемагничивания; 15. Критерий лимитирующего звена процесса перемагничивания; 16. Магнитные структуры РЗМ-металлов; 17. Магнитные структуры соединений РЗМ-3d металлов; 18. Диаграмма Sm-Co; 19. Магнитные свойства соединений типа SmCo₅ (понимание); 20. Магнитные свойства соединений типа Sm₂Co₁₇ (понимание); 21. Технология спечённых магнитов SmCo₅; 22. Технология измельчения и прессования сплавов магнитов SmCo₅; 23. Технология спекания и кривая Вестендорфа; 24. Явление «порча-восстановление» SmCo₅; 25. Явление термического намагничивания; 26. Технология изготовления магнитов из сплавов Sm-Co-Cu; 27. Влияние исходного магнитного состояния на кривую намагничивания и магнитно-доменную структуру сплавов SmCo₅; 28. Технология текстурования спечённых постоянных магнитов; 29. Методы определения магнитной текстуры спечённых магнитов (общее); 30. Технология производства магнитов Nd-Fe-B; 31. Быстрозакаленные магниты Nd-Fe-B; 32. Магнитные свойства Sm₂Fe₁₇ - нитридов; 33. HDDR – технология: технология диспергирования; 34. Спин – ориентационный переход в Nd₂Fe₁₄B; 35. Пленочные постоянные магниты; 36. Графики Хенкеля. Физический смысл и возможности применения; 37. Магнитные свойства порошков Fe-O; 38. Нанокристаллические магнитные порошки из соединения Nd₂Fe₁₄B; 39. Магнитокристаллическая одноосная анизотропия (определение, примеры соединений, возможности реализации).
-----	-------------------------------------	-------------------------	--

КМ2	Контрольная работа по разделам 1, 2 и 4	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33	<p>Вопросы к контрольной работе № 2 по разделам 1, 2 и 4:</p> <p>К разделу 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Основы конструирования постоянных магнитов. Как выбрать материал для ПМ? Как заменить один материал другим? 2) Стабильность свойств постоянных магнитов. Временная стабильность. Температурная стабильность. Влияние внешних магнитных полей. Методы стабилизации. 3) Типы материалов для постоянных магнитов. Характеристики материалов для постоянных магнитов и методы их определения. Контроль и испытание постоянных магнитов. 4) Виды одноосной анизотропии в однодоменных частицах. Теории H_c. 5) Возможные причины магнитного гистерезиса, теория включений и напряжений; 6) Теория Стонера Вольфарта. 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. Изобразите петлю гистерезиса; 7) Модели некогерентного вращения вектора намагниченности при перемагничивании цепочки однодоменных частиц. Модели некогерентного вращения вектора намагниченности при перемагничивании бесконечного цилиндра; 8) Основные выводы из теории магнитного гистерезиса, если перемагничивание происходит с задержкой роста зародыша перемагничивания 9) Что такое обменная анизотропия, когда наблюдается смещенная петля гистерезиса 10) Основные причины снижения коэрцитивной силы в реальных ферромагнетиках <ol style="list-style-type: none"> a. Как учесть взаимодействие частиц при оценке коэрцитивной силы. b. Как влияет изменение анизотропии формы и нарушение одноосности удлиненных однодоменных частиц на их коэрцитивную силу. c. Какова зависимость коэрцитивной силы ферромагнитных частиц от их размера и чем она обусловлена. d. Как влияет изменение анизотропии формы и нарушение одноосности удлиненных однодоменных частиц на их коэрцитивную силу. <p>К разделу 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Что такое ESD-магниты, как их получают, каков их теоретический и реальный уровень свойств? 2 Особенности фазового равновесия в сплавах Fe-Ni-Al и механизма формирования структуры высококоэрцитивного состояния в них? 3 Кинетика фазовых превращений в сплавах Fe-Ni-Al. Понятие о обработке I и II типа. Распад и дораспад. 4 Механизм структурообразования в сплавах Fe-Ni-Al. 5 Влияние химического состава и легирующих элементов на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al. 6 В чем заключаются особенности механизма формирования высококоэрцитивного состояния в сплавах ЮНДК и Fe-Cr-Co? 7 При каких условиях и почему наиболее эффективно проявляется термомагнитная обработка в сплавах ЮНДК, как при этом изменяется их структура и магнитные свойства? 8 Сплавы Fe-Ni-Al с кристаллической текстурой. Способы получения столбчатой структуры. Уровень магнитных свойств сплавов. 9 Особенности фазового равновесия сплавов Fe-Ni-Al-Co с повышенным содержанием Co. 10 Как проявляется влияние упругой энергии на магнитные свойства и формирование тонкой структуры в сплавах ЮНДК? Приведите примеры сплавов и их свойства. 11 Каковы основные закономерности термической обработки сплавов типа ЮНДК и как они проявляются при формировании высококоэрцитивного состояния (ВКС)?
-----	---	-------------------------	---

		<p>12 Особенности фазового и структурного состояния сплавов типа ЮНДК35Т5 и ЮНДК40Т8, термическая обработка и уровень магнитных свойств этих сплавов.</p> <p>13 Каковы способы и условия получения анизотропных постоянных магнитов из сплавов ЮНДК и каков уровень их магнитных свойств?</p> <p>14 Особенности фазового равновесия в сплавах Fe-Co-Cr и механизма формирования структуры высококоэрцитивного состояния в них?</p> <p>15 Какие принципы легирования реализованы при развитии сплавов ХК и как это легирования влияет на структуру, магнитные свойства и термическую обработку сплавов?</p> <p>16 Как получают анизотропные постоянные магниты из сплавов ХК методом деформационного старения?</p> <p>17 Создание в сплавах Fe-Co-Cr столбчатой и монокристаллической структуры. Особенности легирования, получаемые сплавы и их свойства.</p> <p>18 Каковы способы и условия получения анизотропных постоянных магнитов из сплавов ХК и каков уровень их магнитных свойств?</p> <p>19 Термомагнитная обработка сплавов ХК, эффективность магнитного сплава, теория Кана и Зильстры.</p> <p>20 Как проявляется влияние упругой энергии на магнитные свойства и формирование тонкой структуры в сплавах ХК? Приведите примеры сплавов и их свойства.</p> <p>21 Как объясняют различие магнитных свойств Fe-Ni-Al сплавов при обработке 1-го и 2-го типа?</p> <p>22 Что такое изотропный и анизотропный эффект термомагнитной обработки, на каких сплавах Fe-Ni-Al и в чем он проявляется и от чего зависит?</p> <p>23 Что такое изотропный и анизотропный эффект термомагнитной обработки, на каких сплавах ХК и в чем он проявляется и от чего зависит?</p> <p>24 Можно ли для увеличения магнитных свойств сплавов Fe-Ni-Al подвергать их пластической деформации? Режим деформации, влияние на свойства.</p> <p>25 Как изменяется структура сплавов типа ЮНДК24 после термомагнитной обработки и как это влияет на свойства?</p> <p>26 Как влияет магнитное поле на магнитные свойства сплавов от алнико12 до ЮНДК24?</p> <p>27 Как сера и титан влияют на характер кристаллизации сплавов типа ЮНДК35Т5?</p> <p>28 Как сера и кремний, алюминий и титан влияют на характер кристаллизации сплавов ЮНДК35Т5?</p> <p>29 Как различаются фазовое равновесие сплавов Fe-Ni-Al, ЮНДК24 и ЮНДК35Т5 и как это различие влияет на режим термической обработки?</p> <p>30 Как формируется структура сплавов типа ЮНДК35Т5 в процессе получения высококоэрцитивного состояния?</p> <p>31 В чем заключается различие режимов термической обработки сплавов ЮНДК24 и ЮНДК35Т5?</p> <p>32 Промышленные технологии получения постоянных магнитов из сплавов типа ални, алнико, ЮНДК. Приведите примеры сплавов и их свойств.</p> <p>33 Особенности фазового равновесия и распада сплавов ХК и как они влияют на режим термической обработки?</p> <p>34 Почему при обработке 2-го типа коэрцитивная сила сплавов Fe-Ni-Al увеличивается наиболее интенсивно в интервале температур 900-800 (875-775) оС?</p> <p>35 Как влияет содержание Ni на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>36 Как влияет содержание Al на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>37 Как влияет содержание Si на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>38 Как влияет содержание Co на магнитные свойства сплавов алнико?</p> <p>39 Какие способы получения направленной кристаллической</p>
--	--	--

		<p>структуры сплавов Fe-Ni-Al получили промышленное применение?</p> <p>40 На какие группы по способу получения высококоэрцитивного состояния делятся сплавы Fe-Co-Cr? Приведите примеры сплавов и их свойств.</p> <p>41 Каков режим термической обработки I типа для сплава Fe-27% Ni-15%Al, каков уровень формирующихся магнитных свойств?</p> <p>42 Каков режим термической обработки II типа для сплава Fe-27% Ni-15%Al, каков уровень формирующихся магнитных свойств?</p> <p>43 Как нужно изменить режим термической обработки I типа для сплава Fe-27%Ni-15%Al, чтобы уровень магнитных свойств был такой же как при обработке II типа.</p> <p>44 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алниси, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>45 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНТС, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>46 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНД4, каковы магнитные свойства?</p> <p>47 Как содержание меди в сплавах типа ЮНД влияет на оптимальный химический состав сплавов и уровень магнитных свойств?</p> <p>48 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ални, каковы магнит-ые свойства?</p> <p>49 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико 4, каковы магнитные свойства?</p> <p>50 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико 1, каковы магнитные свойства?</p> <p>51 Как изменение содержания Ni от 13 до 15% влияет на магнитные свойства сплава ЮНДК24?</p> <p>52 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНДК35Т5, каковы магнитные свойства?</p> <p>53 Как направленная кристаллизация изменяет магнитные свойства сплава ЮНДК35Т5, каков для этого сплава режим термической обработки?</p> <p>54 Как монокристалличность влияет на магнитные свойства сплавов ЮНДК25Б и ЮНДК35Т5Б по сравнению со сплавами с направленной кристаллизацией?</p> <p>55 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава 25НЮ, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>56 Как изменение содержания кобальта от среднего до очень высокого влияет на магнитные свойства сплава алнико 2? Как при этом нужно изменить содержание ни-келя и алюминия?</p> <p>57 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико12, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>58 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава АНКo1, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>59 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНДК12, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>60 Как отличаются магнитные свойства сплава ЮНДК24 в литом и деформированном состоянии?</p> <p>61 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 28Х20КЮ, каковы магнитные свойства и как влияет магнитное поле на формирующиеся свойства?</p> <p>62 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 25Х15КЮБ, каковы магнитные свойства и как влияет магнитное поле на формирующиеся свойства?</p> <p>63 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 30Х23К, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>64 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 30Х25К3М, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>65 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 22Х18КФТВ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>66 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 22Х15КТ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>67 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава</p>
--	--	---

		<p>21X15K2Ф2ТВ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>68 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 25X12КТ, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>69 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 20X5К, приводящего к максимальным магнитным свойствам, каковы эти свойства?</p> <p>70 Как направленная кристаллизация и монокристалличность влияет на магнитные свойства сплава 22X19К3М (сравнить с поликристаллом)?</p> <p>71 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 22X17К4М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>72 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 27X19К3М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>73 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 21X19К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>74 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 21X17К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>75 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 25X17К5М, чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>76 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33X7К2Д?</p> <p>77 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33X12К2Д?</p> <p>78 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33X16К2Д?</p> <p>79 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33X20К2Д?</p> <p>80 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33X23К2Д?</p> <p>К разделу 4</p> <p>1 Что такое коэрцит, как он обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его H_c?</p> <p>2 Что такое кунифе, как он обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его H_c?</p> <p>3 Что такое викаллоу, как он (они) обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его H_c?</p> <p>4 Что за сплав 12ГН? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>5 Что за сплав 12КВ? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>6 Что за сплав 16КВМ? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>7 Чем отличается обработка и свойства комолов для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>8 Чем отличается обработка и свойства викаллоев для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>9 Чем отличается обработка и свойства викаллоев для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>10 Как обрабатывают хромистые стали на ВКС? Использование?</p> <p>11 Как обрабатывают вольфрамовые стали на ВКС? Использование?</p> <p>12 Как обрабатывают кобальтовые стали на ВКС? Использование?</p> <p>13 Чем отличается обработка и свойства сплавов типа 20НЮ для ПМ и для ГД?</p> <p>14 Как используют в ГД сплавы Fe-Co? Уровень свойств, составы сплавов?</p> <p>(ПМ – постоянный магнит, ГД – гистерезисный двигатель, ВКС – высококоэрцитивное состояние).</p>
--	--	--

КМЗ	Экзамен по курсу	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33	<p>Экзаменационный билет состоит из 5 вопросов (пример экзаменационного билета приведен в приложении к РПД):</p> <p>Вопрос 1 - теоретический вопрос по разделу 3;</p> <p>Вопрос 2 - технологический вопрос по разделу 3;</p> <p>Вопрос 3 - теоретический вопрос по разделу 1;</p> <p>Вопрос 4 - вопрос по разделу 2;</p> <p>Вопрос 5 - вопрос по разделу 4.</p> <p>Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену:</p> <p>1 Основы конструирования постоянных магнитов (ПМ). (Как выбрать материал для ПМ. Как заменить один материал другим.)</p> <p>2 Основные характеристики МТМТ и методы их определения. Стабильность свойств постоянных магнитов (временная стабильность; температурная стабильность; влияние внешних магнитных полей). Методы стабилизации.</p> <p>3 Виды одноосной анизотропии в однодоменных частицах. Теории H_c.</p> <p>4 Возможные причины магнитного гистерезиса, теория включений и напряжений.</p> <p>5 Теория Стонера Вольфарта. 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. Изобразите петлю гистерезиса.</p> <p>6 Модели некогерентного вращения вектора намагниченности при перемагничивании цепочки однодоменных частиц.</p> <p>7 Модели некогерентного вращения вектора намагниченности при перемагничивании бесконечного цилиндра.</p> <p>8 Основные выводы из теории магнитного гистерезиса, если перемагничивание происходит с задержкой роста зародыша перемагничивания.</p> <p>9 Что такое обменная анизотропия, когда наблюдается смещенная петля гистерезиса.</p> <p>10 Основные причины снижения коэрцитивной силы в реальных ферромагнетиках. (Как учесть взаимодействие частиц при оценке коэрцитивной силы. Как влияет изменение анизотропии формы и нарушение одноосности удлиненных однодоменных частиц на их коэрцитивную силу. Какова зависимость коэрцитивной силы ферромагнитных частиц от их размера и чем она обусловлена. Как влияет изменение анизотропии формы и нарушение одноосности удлиненных однодоменных частиц на их коэрцитивную силу).</p> <p>11 Что такое ESD-магниты, как их получают, каков их теоретический и реальный уровень свойств?</p> <p>12 Особенности фазового равновесия в сплавах Fe-Ni-Al и механизма формирования структуры высококоэрцитивного состояния в них?</p> <p>13 Кинетика фазовых превращений в сплавах Fe-Ni-Al. Понятие о обработке I и II типа. Распад и дораспад. Механизм структурообразования в сплавах Fe-Ni-Al.</p> <p>14 Влияние химического состава и легирующих элементов на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al.</p> <p>15 В чем заключаются особенности механизма формирования высококоэрцитивного состояния в сплавах ЮНДК и Fe-Cr-Co?</p> <p>16 При каких условиях и почему наиболее эффективно проявляется термомагнитная обработка в сплавах ЮНДК, как при этом изменяется их структура и магнитные свойства?</p> <p>17 Сплавы Fe-Ni-Al с кристаллической текстурой. Способы получения столбчатой структуры. Уровень магнитных свойств сплавов.</p> <p>18 Особенности фазового равновесия сплавов Fe-Ni-Al-Co с повышенным содержанием Co.</p> <p>19 Как проявляется влияние упругой энергии на магнитные свойства и формирование тонкой структуры в сплавах ЮНДК? Приведите примеры сплавов и их свойства.</p> <p>20 Каковы основные закономерности термической обработки сплавов типа ЮНДК и как они проявляются при формировании высококоэрцитивного состояния (ВКС)?</p> <p>21 Особенности фазового и структурного состояния сплавов типа</p>
-----	------------------	-------------------------	--

		<p>ЮНДК35Т5 и ЮНДК40Т8, термическая обработка и уровень магнитных свойств этих сплавов.</p> <p>22 Каковы способы и условия получения анизотропных постоянных магнитов из сплавов ЮНДК и каков уровень их магнитных свойств?</p> <p>23 Особенности фазового равновесия в сплавах Fe-Co-Cr и механизма формирования структуры высококоэрцитивного состояния в них?</p> <p>24 Какие принципы легирования реализованы при развитии сплавов ХК и как это легирования влияет на структуру, магнитные свойства и термическую обработку сплавов?</p> <p>25 Как получают анизотропные постоянные магниты из сплавов ХК методом деформационного старения?</p> <p>26 Создание в сплавах Fe-Co-Cr столбчатой и монокристаллической структуры. Особенности легирования, получаемые сплавы и их свойства.</p> <p>27 Каковы способы и условия получения анизотропных постоянных магнитов из сплавов ХК и каков уровень их магнитных свойств?</p> <p>28 Термомагнитная обработка сплавов ХК, эффективность магнитного сплава, теория Кана и Зильстры.</p> <p>29 Как проявляется влияние упругой энергии на магнитные свойства и формирование тонкой структуры в сплавах ХК? Приведите примеры сплавов и их свойства.</p> <p>30 Как объясняют различие магнитных свойств Fe-Ni-Al сплавов при обработке 1-го и 2-го типа?</p> <p>31 Что такое изотропный и анизотропный эффект термомагнитной обработки, на каких сплавах Fe-Ni-Al и в чем он проявляется и от чего зависит?</p> <p>32 Что такое изотропный и анизотропный эффект термомагнитной обработки, на каких сплавах ХК и в чем он проявляется и от чего зависит?</p> <p>33 Можно ли для увеличения магнитных свойств сплавов Fe-Ni-Al подвергать их пластической деформации? Режим деформации, влияние на свойства.</p> <p>34 Как изменяется структура сплавов типа ЮНДК24 после термомагнитной обработки и как это влияет на свойства?</p> <p>35 Как влияет магнитное поле на магнитные свойства сплавов от алнико12 до ЮНДК24?</p> <p>36 Как сера и кремний, алюминий и титан влияют на характер кристаллизации сплавов ЮНДК35Т5?</p> <p>37 Как различаются фазовое равновесие сплавов Fe-Ni-Al, ЮНДК24 и ЮНДК35Т5 и как это различие влияет на режим термической обработки?</p> <p>38 Как формируется структура сплавов типа ЮНДК35Т5 в процессе получения высококоэрцитивного состояния?</p> <p>39 В чем заключается различие режимов термической обработки сплавов ЮНДК24 и ЮНДК35Т5?</p> <p>41 Промышленные технологии получения постоянных магнитов из сплавов типа ални, алнико, ЮНДК. Приведите примеры сплавов и их свойств.</p> <p>42 Особенности фазового равновесия и распада сплавов ХК и как они влияют на режим термической обработки?</p> <p>43 Почему при обработке 2-го типа коэрцитивная сила сплавов Fe-Ni-Al увеличивается наиболее интенсивно в интервале температур 900-800 (875-775) оС?</p> <p>44 Как влияет содержание Ni, Al, Si и Co (вариативно) на магнитные свойства сплавов Fe-Ni-Al?</p> <p>45 Какие способы получения направленной кристаллической структуры сплавов Fe-Ni-Al получили промышленное применение?</p> <p>46 На какие группы по способу получения высококоэрцитивного состояния делятся сплавы Fe-Co-Cr? Приведите примеры сплавов и их свойств</p> <p>47 Каков режим термической обработки I и II типа для сплава Fe-27%Ni-15%Al, каков уровень формирующихся магнитных свойств?</p> <p>48 Как нужно изменить режим термической обработки I типа для сплава Fe-27%Ni-15%Al, чтобы уровень магнитных свойств был такой же как при обработке II типа.</p>
--	--	--

		<p>49 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ални, алниси, ЮНТС, ЮНД4, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>50 Как содержание меди в сплавах типа ЮНД влияет на оптимальный химический состав сплавов и уровень магнитных свойств?</p> <p>51 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико 1, алнико 4, каковы магнитные свойства?</p> <p>52 Как изменение содержания Ni от 13 до 15% влияет на магнитные свойства сплава ЮНДК24?</p> <p>53 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава ЮНДК35Т5, каковы магнитные свойства?</p> <p>54 Как направленная кристаллизация изменяет магнитные свойства сплава ЮНДК35Т5, каков для этого сплава режим термической обработки?</p> <p>55 Как монокристалличность влияет на магнитные свойства сплавов ЮНДК25Б и ЮНДК35Т5Б по сравнению со сплавами с направленной кристаллизацией?</p> <p>56 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава 25НЮ, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>57 Как изменение содержания кобальта от среднего до очень высокого влияет на магнитные свойства сплава алнико 2? Как при этом нужно изменить содержание никеля и алюминия?</p> <p>58 Каковы состав сплава и режим термической обработки сплава алнико12, АНКo1, ЮНДК12, каковы магнитные свойства после этой обработки?</p> <p>59 Как отличаются магнитные свойства сплава ЮНДК24 в литом и деформированном состоянии?</p> <p>60 Каков состав сплава и режим термической обработки сплава 28Х20КЮ (25Х15КЮБ, 30Х23К, 30Х25К3М, 22Х18КФТВ, 22Х15КТ, 21Х15К2Ф2ТВ, 25Х12КТ, 20Х5К – вариативно), каковы магнитные свойства и как влияет магнитное поле на формирующиеся свойства?</p> <p>61 Как направленная кристаллизация и монокристалличность влияет на магнитные свойства сплава 22Х19К3М (сравнить с поликристаллом)?</p> <p>62 Какие магнитные свойства достигаются в монокристалле 22Х17К4М (вариативно 27Х19К3М, 21Х19К5М, 21Х17К5М, 25Х17К5М), чем его легируют для получения монокристалла?</p> <p>63 Каковы состав сплава, режим обработки и магнитные свойства сплава 33Х7К2Д (вариативно 33Х12К2Д, 33Х16К2Д, 33Х20К2Д, 33Х23К2Д)?</p> <p>64 Причины гистерезиса.</p> <p>65 Виды магнитной анизотропии. Определение поля анизотропии.</p> <p>66 Когерентный и некогерентный механизм перемагничивания.</p> <p>67 Переходная доменная структура.</p> <p>68 Гистерезис, обусловленный трудностью зародышеобразования.</p> <p>69 Особенности процессов перемагничивания частиц с переходной доменной структурой.</p> <p>70 Влияние напряженности магнитного поля при намагничивании на гистерезисные характеристики частиц.</p> <p>71 Определение поля возникновения зародыша обратной намагниченности. Влияние размера частиц на величину поля образования домена обратной намагниченности.</p> <p>72 Влияние намагничивающего поля на величину поля возникновения зародыша обратной намагниченности.</p> <p>73 Гистерезис, обусловленный трудностью отрыва доменной стенки.</p> <p>74 Лимитирующее звено процесса перемагничивания. Критерий лимитирующего звена процесса перемагничивания.</p> <p>75 Магнитные структуры РЗМ-металлов. Магнитные структуры соединений РЗМ-3d металлов.</p> <p>76 Диаграмма Sm-Co. Магнитные свойства соединений типа SmCo5 (понимание). Магнитные свойства соединений типа Sm2Co17 (понимание).</p> <p>77 Технология спечённых магнитов SmCo5. Технология измельчения и прессования сплавов магнитов SmCo5. Технология спекания и кривая Вестендорфа.</p>
--	--	--

			<p>78 Явление «порча-восстановление» SmCo_5.</p> <p>79 Явление термического намагничивания.</p> <p>80 Технология изготовления магнитов из сплавов Sm-Co-Cu.</p> <p>81 Влияние исходного магнитного состояния на кривую намагничивания и магнитно-доменную структуру сплавов SmCo_5.</p> <p>82 Технология текстурования спечённых постоянных магнитов. Методы определения магнитной текстуры спечённых магнитов (общее).</p> <p>83 Технология производства магнитов Nd-Fe-B.</p> <p>84 Быстрозакаленные магниты Nd-Fe-B.</p> <p>85 Магнитные свойства $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ - нитридов.</p> <p>86 HDDR – технология: технология диспергирования.</p> <p>87 Спин – ориентационный переход в $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.</p> <p>88 Пленочные постоянные магниты.</p> <p>89 Графики Хенкеля. Физический смысл и возможности применения.</p> <p>90 Магнитные свойства порошков Fe-O.</p> <p>91 Нанокристаллические магнитные порошки из соединения $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.</p> <p>92 Магнитокристаллическая одноосная анизотропия (определение, примеры соединений, возможности реализации).</p> <p>93 Что за сплав 12КВ, 16КВМ? Как его обрабатывают на ВКС для использования в качестве материала для ГД? Какие свойства в нем получаются?</p> <p>94 Чем отличается обработка и свойства викаллоев (комолов) для ПМ и для ГД? Сортамент сплавов.</p> <p>95 Что такое сплав кунифе (коэрцит, 12 ГН, викаллоу - вариативно), как он обрабатывается на оптимальные магнитные свойства для использования в качестве материала для ПМ, чем определяется его H_c?</p> <p>96 Как обрабатывают вольфрамовые (хромистые, кобальтовые) стали на ВКС? Использование?</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	Практическое занятие 1 Высококоэрцитивные сплавы и их основные характеристики	ПК-5-31;ПК-5-33	Высококоэрцитивные сплавы и их основные характеристики. Развитие высококоэрцитивных сплавов и их применение. Основы конструирования магнитных систем и контроль магнитных свойств постоянных магнитов. Нормативная документация на магнитотвердые материалы.
P2	Практическое занятие 2 Гистерезис, обусловленный необратимыми процессами вращения в однодоменных частицах, частицах, обладающих различными видами одноосной анизотропии.	ПК-5-31;ПК-5-33;ПК-5-32	Гистерезис, обусловленный необратимыми процессами вращения в однодоменных частицах, частицах, обладающих различными видами одноосной анизотропии. Причины снижения коэрцитивной силы в реальных ферромагнетиках (влияние анизотропии формы, разориентировки и размеров частиц и их взаимодействия).
P3	Практическое занятие 3 Высококоэрцитивные сплавы в системе железо-никель- алюминий	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3	Высококоэрцитивные сплавы в системе железо-никель- алюминий. Физика высококоэрцитивного состояния. Формирование оптимальных свойств.

P4	Практическое занятие 4 Высококоэрцитивные сплавы на основе железо-хром- кобальт	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Высококоэрцитивные сплавы на основе железо-хром- кобальт. Формирование оптимальных магнитных свойств.
P5	Практическое занятие 5 Другие типы материалов с анизотропией полей рассеяния. ESD-магниты. Мезопористые материалы. Нанотрубки.	ПК-5-33	Другие типы материалов с анизотропией полей рассеяния. ESD-магниты. Мезопористые материалы. Нанотрубки. Перспективные технологии.
P6	Практическое занятие 6 Высококоэрцитивные сплавы на основе интерметаллических соединений редкоземельных металлов (РЗМ) с 3d- переходными металлами	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Высококоэрцитивные сплавы на основе интерметаллических соединений редкоземельных металлов (РЗМ) с 3d- переходными металлами
P7	Практическое занятие 7 Основы порошковой технологии получения спеченных постоянных магнитов из сплавов РЗМ с кобальтом (подготовка порошков, способы прессования и создания текстуры в порошковых магнитах, способы их уплотнения, термообработки).	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У3;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Основы порошковой технологии получения спеченных постоянных магнитов из сплавов РЗМ с кобальтом (подготовка порошков, способы прессования и создания текстуры в порошковых магнитах, способы их уплотнения, термообработки).
P8	Практическое занятие 8 Наноконпозиционные сплавы (обменно-связанные типа NdFeB/ α -Fe и обменно-смещенные типа Co/CoO).	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33	Наноконпозиционные сплавы (обменно-связанные типа NdFeB/ α -Fe и обменно- смещенные типа Co/CoO).

P9	<p>Практическое занятие 9</p> <p>Быстрозакаленные магнитно- твердые материалы. Методы получения быстрозакаленных сплавов в системе Nd-Fe-B и технологические схемы изготовления из них постоянных магнитов. Основные типы быстрозакаленных сплавов и постоянных магнитов на их основе.</p>	<p>ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1</p>	<p>Быстрозакаленные магнитно- твердые материалы. Методы получения быстрозакаленных сплавов в системе Nd-Fe-B и технологические схемы изготовления из них постоянных магнитов. Основные типы быстрозакаленных сплавов и постоянных магнитов на их основе.</p>
P10	<p>Практическое занятие 10</p> <p>Особенности процессов перемангничивания в высокоанизотропных одноосных ферромагнетиках. Переходная доменная структура. Влияния напряженности магнитного поля и размера частиц на гистерезисные свойства. Процессы перемангничивания сплавов на основе РЗМ с кобальтом и медью.</p>	<p>ПК-5-31;ПК-5-33</p>	<p>Особенности процессов перемангничивания в высокоанизотропных одноосных ферромагнетиках. Переходная доменная структура. Влияния напряженности магнитного поля и размера частиц на гистерезисные свойства. Процессы перемангничивания сплавов на основе РЗМ с кобальтом и медью.</p>
P11	<p>Практическое занятие 11</p> <p>Постоянные магниты неодим-железо-бор, получаемые в результате HDDR технологии. Технологические процессы, позволяющие получать анизотропные композиционные материалы</p>	<p>ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3</p>	<p>Постоянные магниты неодим-железо-бор, получаемые в результате HDDR технологии. Технологические процессы, позволяющие получать анизотропные композиционные материалы</p>

P12	<p>Практическое занятие 12 Получение пленочных постоянных магнитов из сплава неодим-железо-бор. Изотропные и анизотропные магнитотвердые пленки. Формирование магнитных свойств и кристаллической структуры в пленочных постоянных магнитах. Процессы перемагничивания в пленочных постоянных магнитах.</p>	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33	<p>Получение пленочных постоянных магнитов из сплава неодим-железо-бор. Изотропные и анизотропные магнитотвердые пленки. Формирование магнитных свойств и кристаллической структуры в пленочных постоянных магнитах. Процессы перемагничивания в пленочных постоянных магнитах.</p>
P13	<p>Практическое занятие 13 Гексаферриты стронция и бария. Структура, технология получения, магнитные свойства.</p>	ПК-5-33;ПК-5-32;ПК-5-31	<p>Гексаферриты стронция и бария. Структура, технология получения, магнитные свойства.</p>
P14	<p>Практическое занятие 14 Высококоэрцитивные сплавы в системах кобальт-платина. Диаграмма состояния платина - кобальт. Влияние процессов упорядочения на магнитные свойства. Термическая обработка сплавов. Магнитная структура. Основные сплавы, их магнитные свойства и пути их дальнейшего развития. Применение сплавов.</p>	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У3	<p>Высококоэрцитивные сплавы в системах кобальт-платина. Диаграмма состояния платина - кобальт. Влияние процессов упорядочения на магнитные свойства. Термическая обработка сплавов. Магнитная структура. Основные сплавы, их магнитные свойства и пути их дальнейшего развития. Применение сплавов.</p>

P15	<p>Практическое занятие 15</p> <p>Высококоэрцитивные сплавы на основе марганец-алюминий и марганец-висмут. Диаграммы состояния, равновесные и метастабильные фазы. Термическая обработка сплавов. Природа высококоэрцитивного состояния. Контрольная работа № 1 по разделу 3. Сдача ДЗ № 1.</p>	<p>ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3</p>	<p>Высококоэрцитивные сплавы на основе марганец- алюминий и марганец-висмут. Диаграммы состояния, равновесные и метастабильные фазы. Термическая обработка сплавов. Природа высококоэрцитивного состояния. Контрольная работа № 1 по разделу 3. Сдача ДЗ № 1.</p>
P16	<p>Практическое занятие 16</p> <p>Сплавы на основе медь-никель-железо, железо- кобальт-ванадий, железо-молибден-кобальт. Новые высокоанизотропные сплавы (упорядоченный нитрид мартенсита α''-Fe₁₆N₂, упорядоченные сплавы со структурой L10 (FeNi, MnAl), карбиды Co (Co₃C, Co₂C). Диаграммы фазового состояния. Способы получения. Структура и магнитные свойства сплавов.</p>	<p>ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33</p>	<p>Сплавы на основе медь- никель-железо, железо- кобальт-ванадий, железо- молибден-кобальт. Новые высокоанизотропные сплавы (упорядоченный нитрид мартенсита α''-Fe₁₆N₂, упорядоченные сплавы со структурой L10 (FeNi, MnAl), карбиды Co (Co₃C, Co₂C). Диаграммы фазового состояния. Способы получения. Структура и магнитные свойства сплавов.</p>
P17	<p>Практическое занятие 17</p> <p>Перспективы развития высококоэрцитивных материалов и совершенствования технологии изготовления постоянных магнитов. Поиск новых сплавов и соединений для создания магнитотвердых материалов. Сдача ДЗ-2 и контрольной работы № 2 по разделам 1,2 и 4</p>	<p>ПК-5-33;ПК-5-У3;ПК-5-В2;ПК-5-В1</p>	<p>Перспективы развития высококоэрцитивных материалов и совершенствования технологии изготовления постоянных магнитов. Поиск новых сплавов и соединений для создания магнитотвердых материалов. Сдача ДЗ-2 и контрольной работы № 2 по разделам 1,2 и 4</p>

P18	Домашнее задание 1 "Магнитотвердые сплавы с магнитокристаллической анизотропией"	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Типичные задания домашнего задания № 1 "Магнитотвердые сплавы с магнитокристаллической анизотропией" - Стронциевые ферриты как материал с особыми магнитоэлектрическими свойствами; - Технология спечённых магнитов SmCo5; - Быстрозакаленные магниты Nd-Fe-B; - HDDR – технология: технология диспергирования; - Пленочные постоянные магниты.
P19	Домашнее задание 2 "Перспективные магнитотвердые материалы"	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-В3	Типичные задания домашнего задания № 2 "Перспективные магнитотвердые материалы": - Материалы Fe-Co-Cr для роторов гистерезисных двигателей. - Мезопористые магнитотвердые материалы. - Порошковые технологии в магнитотвердых сплавах Fe-Cr-Co. - Углеродные нанотрубки как основа для магнитотвердых материалов . - Перспективные сплавы для роторов гистерезисных двигателей.

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

Экзаменационный билет состоит из 5 вопросов (пример экзаменационного билета приведен в приложении к РПД):

Вопрос 1 - теоретический вопрос по разделу 3;

Вопрос 2 - технологический вопрос по разделу 3;

Вопрос 3 - теоретический вопрос по разделу 1;

Вопрос 4 - вопрос по разделу 2;

Вопрос 5 - вопрос по разделу 4.

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

По курсу предусмотрен экзамен.

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.

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	Мишин Д. Д.	Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1991
Л1.2	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
Л1.3	Кекало Игорь Борисович, Менушенков Владимир Павлович	Быстрозакаленные магнитотвердые материалы системы Nd-Fe-B: Курс лекций для студ. физ.-хим. фак-та	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
Л1.4	Анциферов В. Н., Бездудный Ф. Ф., Белянчиков Л. Н., др., Карабасов Ю. С.	Новые материалы	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2002

6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Перминов Александр Сергеевич, Введенский Вадим Юрьевич, Лилеев Алексей Сергеевич	Сертификация магнитных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л2.2	Летюк Л. М., Костишин В. Г., Гончар А. В.	Технология ферритовых материалов магнитоэлектроники	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л2.3	МИСиС, Копецкий Ч. В., Лившиц Б. Г.	Вып.168: Магнитные материалы: Темат.сб.науч.тр.	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1985
Л2.4	Карабасов Ю. С.	Научные школы Московского государственного института стали и сплавов (Технологического университета) - 75 лет: Становление и развитие: юбил. сб. ст.	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1997
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Кулифеев Владимир Константинович, Леонова Людмила Михайловна, Божко Галина Геннадьевна, Кропачев Андрей Николаевич, Миклушевский Владимир Владимирович	Металлургия редких металлов: лаб. практикум для студ. вузов спец. - Metallurgia цветных металлов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л3.2	Перминов Александр Сергеевич, Шуваева Евгения Александровна, Введенский Вадим Юрьевич, Лилеев Алексей Сергеевич	Методы испытаний магнитных материалов: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э1	Разработка, применение и нормоконтроль конструкторской и технологической документации : учебное пособие / С.А. Вязовов, В.Х. Фидаров, Г.В. Мозгова, В.М. Панорядов ; Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2017. Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн - http://biblioclub.ru Свободный доступ с IP-адресов НИТУ "МИСиС".		https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=499054&sr=1	
Э2	Видеофильм "Как делают магниты". https://www.youtube.com/watch?v=m49JlzOtsOY		https://www.youtube.com/watch?v=m49JlzOtsOY	
Э3	ГОСТ 24936-89 Магниты постоянные для электротехнических изделий. Техноэксперт. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Свободный доступ http://docs.cntd.ru/document/1200011663		http://docs.cntd.ru/document/1200011663	
Э4	Видеофильм "Самые безумные магниты" https://www.youtube.com/watch?v=hi_3h1WrA0U		https://www.youtube.com/watch?v=hi_3h1WrA0U	

Э5	Видеофильм "Из чего на самом деле делают неодимовые магниты?" https://www.youtube.com/watch?v=oIOPvZTsBpw	https://www.youtube.com/watch?v=oIOPvZTsBpw
Э6	/ Н. В. Кудреватых, А. С. Вологов. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 198 с. — ISBN 978-5-7996-1604-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/99048 (дата обращения: 05.04.2020). ЭБС "Лань", свободный доступ с IP-адресов НИТУ "МИСиС".	https://e.lanbook.com/reader/book/99048/#1

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	Microsoft Office
П.4	MS Teams
П.5	LMS Canvas

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Учебно-методическое сопровождение практики по решению заведующего кафедрой может быть реализовано с применением ЭОР «Canvas».
И.2	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.3	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.4	— Полнотекстовые деловые публикации информгентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news
И.5	Иностранские 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/
И.10	Справочно-правовая система Консультант плюс http://www.consultant.ru/
И.11	Справочно-правовая система http://www.garant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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
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.

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 (часть проводится в форме семинаров),
- сдачи домашних заданий в форме докладов с презентациями MS PowerPoint,
- двух письменных контрольных работ.

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

К экзамену студент допускается при условии выполнения учебного плана дисциплины, положительных оценок за контрольные работы. Проставление экзамена возможно на основе оценок за семестровые контрольные мероприятия, а также на основе активности студента при проведении семинарских занятий, выступлении с мультимедийными докладами. 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.