

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:25:03

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)

Основы магнетизма. Часть 2. Процессы перемагничивания материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

48

самостоятельная работа

40

часов на контроль

20

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	24	24	24
Практические	24	24	24	24
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	48	48	48	48
Сам. работа	40	40	40	40
Часы на контроль	20	20	20	20
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

дфмн, Профессор , Алексей Сергеевич Лилеев

Рабочая программа

Основы магнетизма. Часть 2. Процессы перемангничивания материалов

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 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 А.Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Формирование компетенций, предусмотренных учебным планом, а также научить использовать основные законы магнетизма; использовать теорию магнетизма для решения задач взаимосвязи магнитных и других физических свойств, научить основным представлениям о механизмах перемангничивания ферромагнитных материалов.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.22
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Атомное строение фаз	
2.1.2	Инженерия поверхности	
2.1.3	Материалы с особыми физическими свойствами	
2.1.4	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.1.5	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.1.6	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.1.7	Методы получения наночастиц и наноматериалов	
2.1.8	Методы физико-химических исследований	
2.1.9	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.10	Основы компьютерной металлографии	
2.1.11	Основы физики поверхности	
2.1.12	Оформление результатов научной деятельности	
2.1.13	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.1.14	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.1.15	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.1.16	Физические основы деформации и разрушения	
2.1.17	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.1.18	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.19	Коррозия и защита металлов	
2.1.20	Металловедение инновационных материалов	
2.1.21	Методы исследования материалов	
2.1.22	Механические свойства материалов	
2.1.23	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.24	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.25	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.26	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.27	Статистическая физика	
2.1.28	Физика металлов	
2.1.29	Физика полупроводников	
2.1.30	Физические свойства твердых тел	
2.1.31	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.32	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.33	Компьютеризация эксперимента	
2.1.34	Методы вычислительной физики	
2.1.35	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.36	Планирование научного эксперимента	
2.1.37	Теория поверхностных явлений	
2.1.38	Теория симметрии	
2.1.39	Техника физико-химического эксперимента	
2.1.40	Физические свойства кристаллов	
2.1.41	Электроника	
2.1.42	Введение в квантовую механику	
2.1.43	Кристаллография	
2.1.44	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.45	Методы математической физики	

2.1.46	Основы дизайна металлических материалов
2.1.47	Основы квантовой механики
2.1.48	Практическая кристаллография
2.1.49	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.50	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.51	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.52	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.53	Физика
2.1.54	Физическая химия
2.1.55	Электротехника
2.1.56	Математика
2.1.57	Органическая химия
2.1.58	Информатика
2.1.59	Химия
2.1.60	Инженерная и компьютерная графика
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований

Знать:

ПК-2-31 Основные экспериментальных подходы при решении исследовательских задач в физике магнетизма

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

Знать:

ОПК-1-31 Базовые знания в области математических и естественных наук

ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований

Уметь:

ПК-2-У1 Проводить эксперименты и моделирование при решении профессиональных задач физики магнетизма

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

Уметь:

ОПК-1-У1 Самостоятельно использовать знания фундаментальных наук при решении задач физики магнетизма

ОПК-1-У2 Самостоятельно применять методы моделирования и математического анализа при решении задач физики магнетизма

ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований

Владеть:

ПК-2-В1 Опыт участия в проведении экспериментов и расчетов, оформления результатов исследований при решении задач физики магнетизма

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

Владеть:

ОПК-1-В1 Опыт применения фундаментальных знаний, методов моделирования при решении профессиональных задач в области физики магнетизма

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Содержание, цель и задачи курса.							

1.1	Кривая технического намагничивания (основные участки кривой и ее параметры). Основные виды энергии и типы взаимодействий, определяющие форму кривой намагничивания. /Лек/	8	1	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Э1 Э2			
1.2	Освоение теоретического материала раздела /Ср/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4 Л1.5			
	Раздел 2. Виды магнитной анизотропии							
2.1	Магнитная кристаллическая анизотропия Энергия кристаллической МА для кубических, гексагональных и тетрагональных кристаллов. /Лек/	8	1	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.3			
2.2	Энергия магнитоупругого взаимодействия. Спонтанная магнитострикция одного домена и многодоменного кристалла. Методы измерения магнитострикции. /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4 Л1.5			
2.3	Кривые намагничивания и их анализ /Пр/	8	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.3			Р3
2.4	Петли гистерезиса магнитотвердых материалов /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.3			Р4
2.5	Проработка лекционного материала /Ср/	8	8	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5Л3.1			
	Раздел 3. Доменная структура, процессы перемагничивания и их моделирование							
3.1	Обменная (однонаправленная) А. Поверхностная МА. Энергия и константы наведенной МА. /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2			
3.2	Закон Релея и перемагничивание ферромагнетиков. Обратимые и необратимые процессы вращения вектора намагниченности. /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2			
3.3	Материалы с анизотропией полей рассеяния /Пр/	8	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л2.3			Р5
3.4	Доменная структура ферромагнетиков /Пр/	8	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.4Л2.3			Р11
3.5	Освоение теоретического материала раздела. Подготовка к контрольной работе № 1 /Ср/	8	8	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.3			

3.6	Контрольная работа № 1 /Ср/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У2 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.3		КМ2	
	Раздел 4. Особенности переходной доменной структуры и её реализация в материалах							
4.1	Механизм задержки образования зародыша обратной намагниченности и его моделирование /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.5			
4.2	Механизм задержки смещения границ доменов и его моделирование /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5			
4.3	Феноменологическая теория процессов перемагничивания высокоанизотропных ферромагнетиков /Пр/	8	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.5			Р6
4.4	Освоение теоретического материала раздела /Ср/	8	3	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2			
	Раздел 5. Механизмы процессов перемагничивания ферромагнетиков							
5.1	Перемагничивание однодоменных частиц Коэрцитивная сила реальных ферромагнетиков /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.5Л3.1			
5.2	Тонкие ферромагнитные пленки. Доменная структура и процессы перемагничивания. /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.5Л1.1			
5.3	Работа с программой моделирования /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.5			Р7
5.4	Моделирование петель гистерезиса SmCo5 /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.5			Р8
5.5	Освоение теоретического материала раздела /Ср/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2			
	Раздел 6. Магнитные материалы и особенности их намагничивания и перемагничивания							
6.1	Высококоэрцитивные сплавы с анизотропией полей рассеяния с магнитной и кристаллической текстурой. /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.5			
6.2	Высококоэрцитивные сплавы с одноосной кристаллической анизотропией и с различным лимитирующим звеном перемагничивания /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.5			
6.3	Моделирование петель гистерезиса Nd2Fe14B /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.4Л2.3			Р9

6.4	Моделирование петель гистерезиса сплава КС25 /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.4Л3.1			Р10
6.5	Подготовка к контрольной работе № 2 /Ср/	8	8	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.4Л2.3			
6.6	Контрольная работа № 2 /Ср/	8	2	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5Л3.1		КМ3	
6.7	Проработка лекционного материала /Ср/	8	5	ОПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5Л3.1			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ОПК-1-31;ПК-2-31	<p>Вопросы для самоподготовки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Причины гистерезиса. 2. Виды магнитной анизотропии. 3. Определение поля анизотропии. 4. Когерентный механизм перемангничивания 5. Некогерентный механизм перемангничивания 6. Переходная доменная структура. 7. Гистерезис, обусловленный трудностью зародышеобразования. 8. Особенности процессов перемангничивания 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. Магнитные структуры соединений РЗМ-3d металлов. 15. Диаграмма Sm-Co. 16. Магнитные свойства соединений типа SmCo5 (понимание). 17. Магнитные свойства соединений типа Sm2Co17 (понимание). 18. Технология спечённых магнитов SmCo5. 19. Технология измельчения и прессования сплавов магнитов SmCo5. 20. Технология спекания и кривая Вестендорфа. 21. Явление термического намагничивания. 22. Технология изготовления магнитов из сплавов Sm-Co-Cu. 23. Влияние исходного магнитного состояния на кривую намагничивания и магнитно-доменную структуру сплавов SmCo5. 24. Технология текстурования спечённых постоянных магнитов. 25. Методы определения магнитной текстуры спечённых магнитов (общее). 26. Технология производства магнитов Nd-Fe-B. 27. Быстрозакаленные магниты Nd-Fe-B. 28. Магнитные свойства Sm2Fe17 - нитридов. 29. HDDR – технология: технология диспергирования. 30. Пленочные постоянные магниты. 31. Магнитные свойства порошков Fe-O. 32. Нанокристаллические магнитные порошки из соединения Nd2Fe14B.
КМ2	Контрольная работа 1	ОПК-1-31;ПК-2-31;ОПК-1-У2	Контрольная работа по разделу 3 "Доменная структура, процессы перемангничивания и их моделирование"
КМ3	Контрольная работа 2	ОПК-1-31;ПК-2-31	Контрольная работа по разделу 6 "Магнитные материалы и особенности их намагничивания и перемангничивания"

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	Домашнее задание 1	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ПК-2-31;ПК-2-У1	По курсу предусмотрены 2 домашних задания в форме доклада с представлением презентации в формате MS PowerPoint: 1) Тематика первого домашнего задания: «Процессы перемагничивания магнитотвердых материалов». Примеры тем (на основе докладов студентов прошлых лет): - Процессы перемагничивания магнитотвердых материалов Sm-Co. - Процессы перемагничивания магнитотвердых материалов Nd-Fe-B.
P2	Домашнее задание 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-2-31	По курсу предусмотрены 2 домашних задания в форме доклада с представлением презентации в формате MS PowerPoint: 1) Тематика первого домашнего задания: «Процессы перемагничивания магнитотвердых материалов». 2) Тематика второго домашнего задания – доклад по разделам курса по выбору студента по согласованию с преподавателем. Примеры: - обменная анизотропия; - магнитные наноматериалы
P3	Практическая работа "Кривые намагничивания и их анализ"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-2-В1	Анализ кривых намагничивания различных материалов
P4	Практическая работа "Петли гистерезиса магнитотвердых материалов"	ОПК-1-31;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Изучение вида петель гистерезиса магнитотвердых материалов
P5	Практическая работа "Материалы с анизотропией полей рассеяния"	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Решение задач по теме практической работы
P6	Практическая работа "Феноменологическая теория процессов перемагничивания высокоанизотропных ферромагнетиков"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Решение задач по теме практической работы
P7	Практическая работа "Работа с программой моделирования"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Обучение работе в программе для моделирования
P8	Практическая работа "Моделирование петель гистерезиса SmCo5"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Моделирование петель гистерезиса, свойственных сплаву SmCo5
P9	Практическая работа "Моделирование петель гистерезиса Nd2Fe14B"	ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1	Моделирование петель гистерезиса Nd2Fe14B
P10	Практическая работа "Моделирование петель гистерезиса сплава KC25"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Моделирование петель гистерезиса сплава KC25

P11	Практическая работа "Доменная структура ферромагнетиков"	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Доменная структура ферромагнетиков
-----	--	-------------------------	------------------------------------

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

Пример экзаменационного билета

Экзаменационный билет № 01

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

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

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене

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

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

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

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

Оценка «не явка» – 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	Кринчик Г. С.	Физика магнитных явлений	Электронная библиотека	Москва: Московский университет, 1976
Л1.2	Боровик Е. С., Мильнер А. С.	Лекции по магнетизму: учеб. пособие для физ. спец. ун-тов	Библиотека МИСиС	Харьков: Гос. ун-т им. А. М. Горького, 1966
Л1.3	Введенский В. Ю., Лилеев А. С., Перминов А. С.	Экспериментальные методы физического материаловедения: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л1.4	Лилеев А. С.	Механизмы перемагничивания магнитных материалов. Моделирование процессов перемагничивания. Ч. 2 (N 4433): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2021
Л1.5	Лилеев А. С.	Механизмы перемагничивания магнитных материалов. Моделирование процессов перемагничивания. Ч. 2 (N 4433): учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2021

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Акулов Н. С.	Ферромагнетизм: монография	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1939

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.2	Пацева Ю. В.	Электромагнетизм: лекции по физике: курс лекций	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2015
Л2.3	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Мишин Д. Д.	Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1991

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров – М.: Техносфера, 2012. – 560	http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=233466&sr=1
Э2	Физические свойства материалов : учебное пособие / В.И. Грызунов, Т.И. Грызунова, О.А. Клецова и др. – 3-е изд., доп. – Москва : Флинта, 2019. – 137 с. Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн - http://biblioclub.ru Свободный доступ с IP-адресов НИТУ "МИСиС"	http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=461082

6.3 Перечень программного обеспечения

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

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-420	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; микроскопы металлографические 11 шт., комплект учебной мебели
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Б-416	Учебная аудитория	проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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