

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:25:00

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)

# Материалы с особыми физическими свойствами

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 7

в том числе:

аудиторные занятия 68

самостоятельная работа 40

часов на контроль 36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	40	40	40	40
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.ф.-.м.н., доц., Введенский Вадим Юрьевич; к.ф.-.м.н., доц., Перминов Александр Сергеевич*

Рабочая программа

**Материалы с особыми физическими свойствами**

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 в соответствии с учебным планом, а также научить рациональному выбору и использованию материалов с особыми физическими свойствами в изделиях различного назначения.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.15
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
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	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
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	Статистическая физика	
2.1.11	Физика металлов	
2.1.12	Физика полупроводников	
2.1.13	Физические свойства твердых тел	
2.1.14	Методы вычислительной физики	
2.1.15	Техника физико-химического эксперимента	
2.1.16	Физические свойства кристаллов	
2.1.17	Введение в квантовую механику	
2.1.18	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.19	Основы квантовой механики	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Наноматериалы	
2.2.2	Нормы и правила оформления ВКР	
2.2.3	Основы магнетизма. Часть 2. Процессы перемагничивания материалов	
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.2.13	Технология термической обработки	

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

<b>ПК-2: Способен участвовать в проведении экспериментов, расчетов и оформлении результатов исследований</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-32	возможности современных методов физических исследований
ПК-2-31	Физические свойства и способы управления физическими свойствами материалов;
<b>Уметь:</b>	
ПК-2-У3	формулировать принципы классификации материалов с особыми физическими свойствами;
ПК-2-У2	находить связи между физическими свойствами материала и рабочими характеристиками изделия (системы);

ПК-2-У1 Определять физические, химические, механические свойства материалов при различных видах испытаний
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В2 практическими навыками проведения физических измерений, испытаний и контроля материалов с особыми физическими свойствами.
ПК-2-В1 Методами планирования и проведения измерительных экспериментов, выбора и использования методов обработки экспериментальных данных и оценки результатов экспериментов

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Материалы с особыми электрическими свойствами</b>							
1.1	Материалы высокой проводимости. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.1 Л1.12Л2.3			
1.2	Сверхпроводники. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.1Л3.8			
1.3	Неметаллические проводники. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.1			
1.4	Материалы для электрических контактов. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.1			
1.5	Резистивные материалы. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.1Л2.3			
1.6	Проводники /Пр/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.10Л2.3			
1.7	Сверхпроводниковые устройства /Пр/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.7			
1.8	Резистивные элементы /Пр/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.8 Л1.9Л2.3			
1.9	Электрические свойства проводниковых материалов /Лаб/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У3 ПК-2-В2	Л1.6 Э3 Э5			Р2
1.10	Измерение удельного электрического сопротивления резистивных материалов /Лаб/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2	Л1.6 Э1 Э5			Р3
1.11	Подготовка к лабораторным работам раздела "Материалы с особыми электрическими свойствами" /Ср/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У3	Л1.6			Р2,Р3
1.12	Проработка лекционного материала раздела Материалы с особыми электрическими свойствами и подготовка к контрольной работе №1 /Ср/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.1		КМ1	
	<b>Раздел 2. Магнитные материалы</b>							
2.1	Магнитомягкие материалы. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.2 Л1.5Л2.1			
2.2	Электротехнические стали. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.5			
2.3	Прецизионные магнитомягкие сплавы. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.5			
2.4	Магнитомягкие ферриты. /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.5			

2.5	Материалы для магнитной записи /Лек/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.5			
2.6	Магнитотвердые материалы. /Лек/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.5Л2.1			
2.7	Магнитные элементы /Пр/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.4			
2.8	Магнитные системы /Пр/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7			
2.9	Сравнение статических магнитных свойств магнитомягких материалов разных групп /Лаб/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2	Л1.3 Л1.6 Э4 Э5 Э6			Р4
2.10	Определение координат точек динамической петли гистерезиса аморфного магнитомягкого материала и динамной стали /Лаб/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2	Л1.3 Л1.6 Э4 Э6			Р5
2.11	Сравнение частотных свойств магнитомягкого феррита и пермаллоя /Лаб/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1	Л1.6 Э4 Э5 Э6			Р6
2.12	Измерение свойств магнитотвердых материалов /Лаб/	7	3	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2	Л1.3 Э6			Р8
2.13	Подготовка к лабораторным работам раздела "Магнитные материалы" /Ср/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У3	Л1.3 Л1.6			Р4,Р6,Р5,Р8
2.14	Проработка лекционного материала раздела Магнитные материалы и подготовка к контрольной работе №2 /Ср/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.2 Л1.5Л2.1		КМ2	
	<b>Раздел 3. Материалы с особыми тепловыми и упругими свойствами</b>							
3.1	Прецизионные сплавы с особыми свойствами теплового расширения. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.12			
3.2	Сплавы с особыми упругими свойствами. /Лек/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.13Л2.2			
3.3	Тепловые и упругие элементы /Пр/	7	5	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.11 Л1.12 Л1.13Л3.9 Л3.10 Л3.11			
3.4	Определение температурного коэффициента линейного расширения с помощью индукционного дилатометра /Лаб/	7	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2	Л1.6 Э1 Э3			Р7
3.5	Подготовка к лабораторной работе раздела Материалы с особыми тепловыми и упругими свойствами /Ср/	7	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.6			Р7

3.6	Проработка лекционного материала раздела Материалы с особыми тепловыми и упругими свойствами и подготовка к контрольной работе №3 /Ср/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У3	Л1.12 Л1.13			
3.7	Выполнение домашнего задания по курсу. /Ср/	7	6	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.5 Л1.12 Л1.13 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6			Р1
3.8	подготовка к экзамену по курсу /Ср/	7	10	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.6 Л1.12 Л1.13		КМ4	

## 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-2-32	<p>1 В чём отличие требований к химическому и фазовому составу проводниковых и резистивных материалов?</p> <p>2 Каковы особенности технологии изготовления керамических резистивных материалов?</p> <p>3 Какие факторы определяют оптимальное соотношение хрома и никеля в нихроме?</p> <p>4 Каковы особенности композиционных проводниковых материалов?</p> <p>5 Для каких материалов с особыми электрическими свойствами нормируют температурный коэффициент удельного электрического сопротивления?</p> <p>6 Каково назначение составляющих элементов сверхпроводникового композиционного материала?</p> <p>7 Какие факторы определяют температуру сверхпроводящего перехода в сверхпроводнике?</p> <p>8 Какие сверхпроводящие материалы называют высокотемпературными?</p> <p>9 Для чего создают кристаллографическую текстуру в высокотемпературных сверхпроводниках?</p> <p>10 Каковы возможные технологические методы изготовления плёночных резистивных материалов?</p> <p>11 Какие требования предъявляют к сплавам для термоэлектрических преобразователей?</p> <p>12 Какие сплавы относят к электротехнической меди?</p> <p>13 Приведите примеры неметаллических проводников.</p> <p>14 Для чего используют легирование кадмием электротехнической бронзы?</p> <p>15 Какие особые свойства проводникового сплава марки БрБ2 используют при изготовлении токоведущих упругих элементов?</p> <p>16 Каковы причины высокой анизотропии электрического сопротивления графита?</p> <p>17 Сплавы с какими особенностями электрических свойств используют для изготовления тензометров?</p> <p>18 Почему введение в состав вольфрама оксидов может улучшить эксплуатационные свойства вольфрамовых нагревателей?</p> <p>19 Опишите причины зависимости удельного электрического сопротивления металлических плёнок от их толщины.</p> <p>20 Опишите основные положения теории Бардина, Купера, Шриффера для объяснения механизма сверхпроводимости.</p> <p>21 Из чего состоят и как применяют контактолы?</p> <p>22 Какие материалы используют для электрических контактов?</p>

КМ2	Контрольная работа №2	ПК-2-31;ПК-2-32	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие материалы относят к магнитомягким?</li> <li>2. Приведите по одному примеру изделия с использованием магнитного материала а) с низкой коэрцитивной силой и б) с высокой коэрцитивной силой.</li> <li>3. Почему для материала, используемого для изготовления сердечника электрического реле, нормируют значение коэрцитивной силы?</li> <li>4. Каковы особенности фазового состава магнитомягких металлических сплавов?</li> <li>5. Для каких областей применения изделия из магнитомягких материалов должны состоять из слоёв малой толщины?</li> <li>6. Почему сердечники трансформаторов изготавливают, как правило, шихтованными?</li> <li>7. Приведите пример магнитомягкого сплава, относящегося к прецизионным сплавам с наивысшей начальной магнитной проницаемостью.</li> <li>8. Какова причина влияния термомагнитной обработки на форму петли магнитного гистерезиса?</li> <li>9. Какие виды магнитной анизотропии могут влиять на магнитные свойства магнитомягких сплавов?</li> <li>10. Как учитывают влияние скин-эффекта на свойства сердечников из магнитомягких материалов?</li> <li>11. В чём отличие магнитных свойств и областей применения изотропных и анизотропных электротехнических сталей?</li> <li>12. В чём отличие оптимальной термической обработки низконикелевых и высоконикелевых пермаллоев?</li> <li>13. Как направленное упорядочение влияет на магнитные свойства магнитомягких сплавов?</li> <li>14. Почему дроссель с сердечником из магнитомягкого материала может использоваться в электрической цепи для подавления электромагнитных помех?</li> <li>15. Как получают ленты аморфных металлических сплавов?</li> <li>16. Как получают высокую начальную проницаемость в сплаве типа «файнмет»?</li> <li>17. Какие магнитные материалы называются ферритами?</li> <li>18. Какова микроструктура магнитотвёрдых материалов, относящихся к группе материалов с анизотропией полей рассеяния?</li> <li>19. Почему максимальное энергетическое произведение является важным параметром магнитотвёрдых материалов, а для магнитомягких материалов чаще всего не определяют?</li> <li>20. Приведите пример магнитотвёрдого материала, относящегося к группе материалов с высокой магнитокристаллической анизотропией.</li> <li>21. Опишите порошковый метод изготовления постоянных магнитов.</li> <li>22. В каком магнитотвёрдом материале получено</li> </ol>
КМ3	Контрольная работа №3	ПК-2-31;ПК-2-32	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислите тепловые свойств материалов</li> <li>2. Перечислите упругие свойства материалов.</li> <li>3. Что такое прецизионные сплавы.</li> <li>4. Способы получения прецизионных сплавов.</li> <li>5. Свойства теплового расширения.</li> <li>6. Сплавы с особыми упругими свойствами.</li> <li>7. Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР).</li> <li>8. Перечислите прецизионные сплавы и их особенности.</li> <li>9. Сплавы, для конструкций, работающих при низких температурах</li> <li>10. Сплав для деталей приборов, работающих при повышенных нагрузках</li> <li>11. Приведите примеры сплавов с заданными упругими свойствами</li> <li>12. Сплавы для кернов в измерительных приборах</li> <li>13. Сплавы для упругих чувствительных элементов приборов</li> <li>14. Сплавы для токоведущих упругих чувствительных элементов</li> </ol>

КМ4	Экзамен	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-В1;ПК-2-В2	<p>Раздел 1. Материалы с особыми электрическими свойствами</p> <p>Материалы высокой проводимости.</p> <p>Сверхпроводники.</p> <p>Неметаллические проводники.</p> <p>Материалы для электрических контактов.</p> <p>Резистивные материалы.</p> <p>Раздел 2. Магнитные материалы</p> <p>Магнитомягкие материалы.</p> <p>Электротехнические стали.</p> <p>Прецизионные магнитомягкие сплавы.</p> <p>Магнитомягкие ферриты.</p> <p>Материалы для магнитной записи.</p> <p>Магнитотвердые материалы.</p> <p>Раздел 3. Материалы с особыми тепловыми и упругими свойствами</p> <p>Прецизионные сплавы с особыми свойствами теплового расширения.</p> <p>Сплавы с особыми упругими свойствами.</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	Домашнее задание	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-В1;ПК-2-В2	<p>Примеры тем:</p> <p>Магнитно-мягкие материалы</p> <p>1 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 45Н для малогабаритных силовых трансформаторов</p> <p>2 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 50НХС для сердечников импульсных трансформаторов</p> <p>3 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 40Н для сердечников помехоподавляющих проводов зажигания автомобилей</p> <p>4 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 50НП для сердечников магнитных усилителей</p> <p>5 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 40НКМП для сердечников коммутирующих дросселей</p> <p>6 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 80НХС для сердечников магнитных головок</p> <p>7 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 68НМ для сердечников широкополосных трансформаторов</p> <p>8 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 47НК для сердечников катушек постоянной индуктивности</p> <p>9 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 16Х для магнитопроводов систем управления якорей и электромагнитов</p> <p>10 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 36КНМ для магнитопроводов, работающих в морской воде</p> <p>11 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 27КХ для роторов и статоров электрических машин</p> <p>12 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 49К2Ф для пакетов ультразвуковых преобразователей телефонных мембран</p> <p>13 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 49КФ для полосных наконечников электромагнитов</p> <p>14 Сплав прецизионный магнитно-мягкий марки 81НМА для сердечников феррозондов</p> <p>15 Аморфный магнитно-мягкий сплав марки АМАГ-172 для магнитных экранов</p> <p>16 Аморфный магнитно-мягкий сплав марки Г-501 для измерительных трансформаторов тока</p> <p>17 Аморфный магнитно-мягкий сплав марки Г-515 для магнитопроводов насыщающихся реакторов (дросселей)</p> <p>18 Нанокристаллический магнитно-мягкий сплав марки АМАГ-200 для устройств защитного отключения</p> <p>19 Нанокристаллический магнитно-мягкий сплав марки 5БДСР для электромагнитных фильтров</p> <p>20 Аморфный магнитно-мягкий сплав марки 84КХСР для магнитных модуляторов</p> <p>21 Аморфный прецизионный магнитомягкий сплав 2НСР для импульсных и силовых трансформаторов</p> <p>22 Сталь электротехническая нелегированная марки 10880 для</p>



			<p>сердечников электромагнитных реле</p> <p>23 Сталь электротехническая анизотропная марки 3412 для сердечников силовых трансформаторов</p> <p>24 Сталь электротехническая изотропная марки 2412 для роторов и статоров электрических машин</p> <p>Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР)</p> <p>25 Прецизионный сплав марки 36Н (инвар) для деталей приборов, требующих постоянства размеров в интервале климатических температур</p> <p>26 Прецизионный сплав марки 29НК (ковар) для вакуумплотных спаев элементов радиоэлектронной аппаратуры со стеклами</p> <p>27 Прецизионный сплав марки 58Н-ВИ для штриховых мер длины</p> <p>28 Прецизионный дисперсионно-твердеющий сплав марки 35НКТ для деталей приборов, работающих при повышенных нагрузках</p> <p>29 Прецизионный сплав марки 32НК-ВИ для изделий с полированной поверхностью, которые нельзя подвергать закалке для получения более низкого ТКЛР</p> <p>30 Прецизионный сплав марки 36НХ для конструкций и трубопроводов, работающих при низких температурах</p> <p>Сплавы с заданными упругими свойствами</p> <p>31 Немагнитный коррозионностойкий деформационно-твердеющий сплав 40КХНМ для кернов в измерительных приборах</p> <p>32 Немагнитный коррозионностойкий деформационно-твердеющий сплав марки 36НХТЮ для упругих чувствительных элементов приборов</p> <p>33 Немагнитный коррозионностойкий дисперсионно-твердеющий сплав марки 97НЛ для токоведущих упругих чувствительных элементов</p> <p>Сверхпроводящие материалы</p> <p>34 Сплав прецизионный марки 35БТ для токопроводов сверхпроводящих магнитных систем</p> <p>35 Высокотемпературная сверхпроводящая керамика YBCO для экранирования слабых магнитных полей</p> <p>Сплавы с высоким электрическим сопротивлением</p> <p>36 Сплав прецизионный марки X15Ю5 для резистивных элементов</p> <p>37 Сплав прецизионный марки X20Н80-Н для нагревательных элементов с предельной рабочей температурой 1200 оС промышленных электропечей</p> <p>Сплавы с заданным температурным коэффициентом электрического сопротивления</p> <p>38 Сплав прецизионный марки Н50К10 для термодатчиков сопротивления</p> <p>39 Сплав прецизионный марки X20Н73ЮМ-ВИ для прецизионных резисторов с повышенной стабильностью</p> <p>Термобиметаллы</p> <p>40 Термобиметалл ТБ73/57 для термочувствительных элементов с малой величиной изгиба</p>
P2	Лабораторная работа Электрические свойства проводниковых материалов	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У3	Изучение электрических свойства проводниковых материалов
P3	Лабораторная работа Измерение удельного электрического сопротивления резистивных материалов	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1	Измерение удельного электрического сопротивления резистивных материалов
P4	Лабораторная работа Статических магнитные свойства магнитомягких материалов	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1	Сравнение статических магнитных свойств магнитомягких материалов разных групп

P5	Лабораторная работа Построение петли гистерезиса	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1	Определение координат точек динамической петли гистерезиса аморфного магнитомягкого материала и динамной стали
P6	Лабораторная работа Магнитомягкие материалы	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1	Сравнение частотных свойств магнитомягкого феррита и пермаллоя
P7	Лабораторная работа Температурный коэффициент линейного расширения	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1	Определение температурного коэффициента линейного расширения с помощью индукционного dilatометра
P8	Лабораторная работа Магнитотвердые материалы	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1	Измерения свойств магнитотвердых материалов

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

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и задачи. Примеры приведены в вопросах для самостоятельной подготовки.

### 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		Электротехнические материалы: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1969
Л1.2	Кекало И. Б., Шуваева Е. А.	Аморфные нано- и микрокристаллические магнитные материалы: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов напр. Физ. материаловедение и спец. Наноматериалы	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л1.3	Перминов А. С., Шуваева Е. А., Введенский В. Ю., Лилеев А. С.	Методы испытаний магнитных материалов: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.4	Перминов А. С., Введенский В. Ю., Лилеев А. С.	Сертификация магнитных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов напр. 'Физ. материаловедение' и спец. 'Стандартизация и сертификация'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л1.5	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
Л1.6	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
Л1.7	Антонов Ю. Ф., Данилевич Я. Б.	Сверхпроводниковые топологические электрические машины: монография	Электронная библиотека	Москва: Физматлит, 2009
Л1.8	Горелов В. П., Пугачев Г. А.	Резистивные композиционные материалы и мощные резисторы на их основе: монография	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2016
Л1.9	Манчук Р. В., Горелов С. В., Горелов В. П.	Резистивные композиты в энергетике: монография	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2016
Л1.10	Бялик А. Д., Дикарева Р. П., Романова Т. С.	Материалы электронной техники: Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017
Л1.11	Кекало И. Б., Столяров В. Л., Авраамов Ю. С.	Основы магнетизма, металловедение, технология производства и применение сплавов с особыми физическими свойствами: Разд.: Физ. основы магнетизма металлов и сплавов. Теплопроводность и теплоэлектр. свойства металлов: Курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1977
Л1.12	Авраамов Ю. С., Кекало И. Б., Самарин Б. А.	Основы магнетизма, металловедение, технология производства и применения сплавов с особыми физическими свойствами. Разд.: Проводниковые сплавы и сплавы высокого омического сопротивления (кристаллические и аморфные). Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения: Учеб. пособие для студ. спец. 0406	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1983

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.13	Кекало И. Б., Самарин Б. А., Самарин Б. А.	Основы магнетизма, металловедение, технология производства и применение сплавов с особыми физическими свойствами: Разд.: Metallovedenie сплавов с особыми упругими и демпфирующими свойствами: Учеб. пособие для студ. спец. 0406	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1982
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Мишин Д. Д.	Магнитные материалы: Учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1991
Л2.2	Головин И. С.	Внутреннее трение и механическая спектроскопия металлических материалов: учебник	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л2.3	Горелов В. П., Горелов С. В., Горелов В. С., Григорьев Е. А., Горелов В. П.	Конструкционные электротехнические материалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ- Медиа, 2016
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Тищенко Н. М., Удалов Я. Л.	Магнитные усилители повышенной стабильности	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1963
Л3.2	Розенблат М. А., Липман Р. А.	Магнитные усилители с самонасыщением	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1963
Л3.3	Розенблат М. А., Липман Р. А.	Магнитные усилители и модуляторы	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1963
Л3.4	Рожанский Л. Л., Бамдас А. М.	Статические электромагнитные преобразователи частоты	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Типография Госэнергоиздата, 1959
Л3.5	Декабрун И. Е., Иванов В. И.	Электромагнитные поляризованные реле и преобразователи	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Типография Госэнергоиздата, 1959
Л3.6	Боярченков М. А., Шинянский А. В., Долгов А. Н., Ежков В. В., Смирнов А. Д., Устинов П. И., Васильев А. А.	Магнитные усилители	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1960
Л3.7	Ермолаев И. Н., Долгов А. Н., Ежков В. В., Смирнов А. Д., Устинов П. И., Васильев А. А.	Магнитные пускатели переменного тока	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1961
Л3.8	Паринов И. А.	Сверхпроводники и сверхпроводимость: словарь- справочник: словарь	Электронная библиотека	Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2008

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.9	Гинзбург В. Б.	Магнитоупругие датчики	Электронная библиотека	Москва: Энергия, 1970
ЛЗ.10	Ильярский О. И.	Термоэлектрические элементы	Электронная библиотека	Москва: Энергия, 1970
ЛЗ.11	Анатычук Л. И.	Термоэлементы и термоэлектрические устройства: справочник	Электронная библиотека	Киев: Наукова думка, 1979
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э1	Федеральный закон № 102 от 26 июня 2008 года «Об обеспечении единства измерений»(с изменениями на 13 июля 2015 года)		<a href="http://docs.cntd.ru/document/902107146">http://docs.cntd.ru/document/902107146</a>	
Э2	ГОСТ 15.101-98 Система разработки и постановки продукции на производство (СПП). Порядок выполнения научно-исследовательских работ-Переизд. Сент. 2010. - М.: Стандартиформ, 2010		<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200003945">http://docs.cntd.ru/document/1200003945</a>	
Э3	ГОСТ 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений. - Переизд. февраль 2019. - Стандартиформ, 2019		<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200077909">http://docs.cntd.ru/document/1200077909</a>	
Э4	ГОСТ 8.377-80. Государственная система обеспечения единства измерений. Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик. -М.: Издательство стандартов, 1980		<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200014136">http://docs.cntd.ru/document/1200014136</a>	
Э5	ГОСТ 12119.4-98. Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения удельных магнитных потерь и действующего значения напряженности магнитного поля. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003		<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200004946">http://docs.cntd.ru/document/1200004946</a>	
Э6	ГОСТ 19693-74. Материалы магнитные. Термины и определения. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2005		<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200015683">http://docs.cntd.ru/document/1200015683</a>	
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
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	Microsoft Office			
П.4	LMS Canvas			
П.5	MS Teams			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:			
И.2				
И.3	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>			
И.4				
И.5	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>			
И.6				
И.7	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):			
И.8				
И.9	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>			
И.10				
И.11	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>			
И.12				
И.13	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>			
И.14				
И.15	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>			

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
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, ПК с 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-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 относится к точным наукам и 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.

Техника безопасности

1. Лаборатория физических свойств оснащена специальной токопроводящей системой. Имеется оборудование, подключаемое от разных источников напряжения. Включать такое оборудование самостоятельно без помощи преподавателя – запрещается.
2. При выходе из аудитории следует убедиться, что лабораторное оборудование выключено.
3. Одежду следует снимать в гардеробе, или при входе в аудиторию, с собой иметь только необходимую для выполнения работы литературу, тетрадь (лабораторный журнал), ручки, карандаши и калькулятор, допускается иное электронное оборудование, необходимое для расчетов или записей, связанных с лабораторной работой.
4. В розетки, располагающиеся в лаборатории, не допускается без ведома преподавателя включать какое бы то ни было оборудование ( в том числе ноутбуки, телефоны, КПК).
5. В лаборатории используется уникальное оборудование. Следует бережно относиться ко всему оборудованию, располагающемуся в аудитории.

Требования к подготовке и выполнению лабораторных работ

1. К лабораторной работе допускаются студенты только при наличии конспекта в рабочем журнале, относящегося к текущей лабораторной работе.
2. Конспект должен содержать:
  - a. - Название работы,
  - b. - Цель и задачи работы,
  - c. - Теоретическое введение, которое должно во-первых, отражать физические принципы изучаемого эффекта, процесса, или изменения свойств; во-вторых, должно быть приведено описание установки, на которой будет проводиться измерение свойств, в это описание должны входить принципиальная и электрическая схема установки, описание принципа ее действия, а также иные возможности установки, не связанные с выполнением данной работы, должны быть также приведены достоинства и недостатки установки.
  - d. - После выполнения работы в конспект должны войти: (а) результаты работы в виде таблиц измеряемых величин и графиков (последние могут быть выполнены в электронном виде или на миллиметровке); б) выводы по работе (в выводах должно быть отражено решение целей и задач работы, а также изменение свойств в зависимости от структуры материала).
3. Перед началом каждой лабораторной работы будет проводиться предварительный опрос по тематике лабораторной, студенты, не подготовленные к работе и не понимающие суть работы, к работе допущены быть не могут.