

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.09.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Физические свойства наноматериалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Биомедицинские наноматериалы

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

38

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	38	38	38	38
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):  
*кфмн, доцент, Шуваева Е.А.*

Рабочая программа

**Физические свойства наноматериалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, 22.04.01-ММТМ-22-8.plx Биомедицинские наноматериалы, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, Биомедицинские наноматериалы, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО 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 А.Г. Савченко

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также научить связывать физические свойства материалов с их структурой и фазовым состоянием, выявлять классические и квантовые размерные эффекты в наноматериалах, анализировать особенности физических свойств наноматериалов, использовать физические свойства для анализа структуры, фазового состояния; а также для формирования рабочих характеристик материала.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Биоорганическая химия	
2.2.2	Биофизика. Часть 2. Молекулярная биофизика	
2.2.3	Дифракционные и микроскопические методы	
2.2.4	Основы физической и коллоидной химии	
2.2.5	Бионаномедицина	
2.2.6	Медицинская химия	
2.2.7	Основы клеточной биологии	
2.2.8	Педагогическая практика	
2.2.9	Спектроскопические и зондовые методы	
2.2.10	Физические методы исследования материалов	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-6: Способен к реализации программ высшего образования уровня бакалавриат в области материаловедения и технологии</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-6-31 Основные теоретические представления о формировании тепловых, электрических, магнитных и упругих свойств твердых тел.	
<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-5-31 Знать методические сложности измерения и исследования физических свойств материалов, полученных в виде высокодисперсного порошка, сверхтонких нитей и пленок;	
ПК-5-32 Знать основные методы и методики исследования тепловых, магнитных и электрических свойств материалов;	
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 Основные проблемы теоретического описания закономерностей формирования физических свойств наноструктурных материалов и объектов;	
<b>УК-4: Способен эффективно функционировать в национальном и международном коллективах в качестве члена или лидера команды, применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</b>	
<b>Знать:</b>	
УК-4-31 Основные приемы критического чтения научных публикаций, приемы анализа устных и письменных докладов на конференциях, научных семинарах и т.п., знать принципы подготовки обзоров на основе открытых источников информации;	
<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-5-У1 Анализировать основные закономерности физических свойства наноматериалов и соотносить их с результатами структурных исследований, либо на основе исследования физических свойств моделировать возможное структурное	

состояние;
<b>УК-4: Способен эффективно функционировать в национальном и международном коллективах в качестве члена или лидера команды, применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</b>
<b>Уметь:</b>
УК-4-У1 Излагать мысли четко и грамотно, используя лексику, принятую в современном русскоязычном научном стиле письма;
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Применять полученные знания для решения задач профессиональной деятельности при выполнении комплексных междисциплинарных исследований
<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-5-У2 Применять и реализовывать комплексные исследовательские методики для решения материаловедческих и физических задач, в том числе, используя современные информационные возможности;
<b>ПК-6: Способен к реализации программ высшего образования уровня бакалавриат в области материаловедения и технологии</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-6-У1 Демонстрировать элементы деятельности, осваиваемой обучающимися и - выполнять задания, предусмотренные программой учебной дисциплины "Физические свойства твердых тел".
<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-5-В1 Навыками и методологией организации, планирования, проведения и обработки результатов экспериментов и экспериментальных исследований, выполнения исследовательских проектов;
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Методологией комплексного анализа результатов исследований физических свойств наноматериалов различными методами
<b>УК-4: Способен эффективно функционировать в национальном и международном коллективах в качестве члена или лидера команды, применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</b>
<b>Владеть:</b>
УК-4-В1 Навыками подготовки научных докладов на основе анализа современных научных публикаций о физических свойствах наноматериалов;
<b>ПК-6: Способен к реализации программ высшего образования уровня бакалавриат в области материаловедения и технологии</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-6-В1 Навыками консультирования обучающихся студентов уровня бакалавриата по вопросам освоения учебной дисциплины "Физические свойства твердых тел".

#### 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. Тепловые свойства</b>							
1.1	Введение. Предмет и задачи курса. Некоторые особенности кристаллической структуры и физических свойств наноматериалов /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ПК-6-31 УК-4-31	Л1.1 Л1.4 Л1.6 Л1.8Л2.1 Э1			

1.2	Основные термодинамические аспекты влияния поверхности. Фононный спектр кристаллических материалов в крупнокристаллическом и нанокристаллическом состояниях. /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ПК-6-31	Л1.1 Л1.4 Л1.8Л2.1 Э1			
1.3	Решеточная теплоемкость наноматериалов. Влияние дисперсности частиц на температуру Дебая. Учет ангармонизма колебаний атомов для различных размерностей объектов. /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ПК-6-31 УК-4-31 ПК-5-31	Л1.4 Л1.8Л2.1 Э1			
1.4	Изменение энергетического спектра электронов в зависимости от размерности. Изменение электронного вклада в теплоемкость в зависимости от дисперсности и размерности материала (квантовая точка, квантовая проволока, квантовая яма, объемный проводник). /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ПК-6-31	Л1.4 Л1.8Л2.1 Э1			
1.5	Особенности решеточной теплопроводности и теплового расширения в случае наноматериалов. /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ПК-6-31 УК-4-31 ПК-5-31	Л1.4 Л1.8Л2.1 Э1			
1.6	Дифференциальный термический анализ наноструктурных сплавов /Лаб/	1	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-У1 УК-4-У1 УК-4-В1 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.2 Л1.4 Л1.9Л2.1 Л2.2 Э2 Э3			Р1
1.7	Построение температурной зависимости коэффициента линейного расширения и определение температур фазовых превращений сплавов с помощью дифференциальных дилатометров Шевенара и дилатометра типа L75HD1000С /Лаб/	1	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-У1 УК-4-У1 УК-4-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.2 Л1.4 Л1.9Л2.1 Л2.2 Э2 Э3			Р2
1.8	Анализ и обсуждение результатов исследований тепловых свойств материалов. Контрольная работа по разделу: "Тепловые свойства" /Лаб/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-31 ПК-6-У1 УК-4-31 УК-4-У1 УК-4-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.6 Л1.8 Л1.9Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р2

1.9	Подготовка к выполнению лабораторных работ раздела "Тепловые свойства", подготовка к контрольной работе по разделу "Тепловые свойства", консультации бакалавров 3-го курса по дисциплине "Физические свойства твердых тел" /Ср/	1	14	ОПК-1-У1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.6 Л1.8 Л1.9Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 2. Магнитные свойства</b>							
2.1	Свободная энергия ферромагнетика, основные составляющие. /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ПК-6-31	Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1			
2.2	Доменная структура ферромагнетиков, однодоменное состояние, суперпарамагнетизм. /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ПК-6-31	Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7Л2.1 Э1			
2.3	Процессы намагничивания (смещение границ доменов, поворот вектора спонтанной намагниченности, возникновение и рост доменов обратной намагниченности). Теория коэрцитивной силы. /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ПК-6-31	Л1.3 Л1.5Л2.1 Э1			
2.4	Микромагнетизм тонких пленок и наночастиц – экспериментальные факты. Теория Герцера, модель хаотической анизотропии. /Лек/	1	1	ОПК-1-31	Л1.3 Л1.5 Л1.7Л2.1 Э1			
2.5	Теория Хоффмана (учет пяти вкладов в энергию ферромагнетика - обменной, одноосной анизотропии, магнитокристаллической анизотропии, вклада внутренних и внешних полей рассеяния). Некоторые выводы теории, микромагнитный рипл. /Лек/	1	2	ОПК-1-31	Л1.3 Л1.7Л2.1 Э1			
2.6	Влияние фазовой структуры на формирование магнитных свойств нанокристаллических сплавов типа ФАЙНМЕТ /Лек/	1	1	ОПК-1-31	Л1.2 Л1.5Л2.1 Э1			
2.7	Построение основной кривой намагничивания и определение гистерезисных магнитных свойств сплава типа ФАЙНМЕТ на магнитоизмерительной установке МК-3Э /Лаб/	1	3	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-31 ПК-6-У1 УК-4-31 УК-4-У1 УК-4-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.2 Л1.9Л2.1 Л2.2 Э2 Э3 Э5			Р3

2.8	Определение суммарных потерь на перемагничивание наноструктурных ферромагнетиков на установке МК-4Э /Лаб/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-У1 УК-4-У1 УК-4-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.2 Л1.9Л2.1 Л2.2 Э2 Э3 Э4 Э5			Р4	
2.9	Анализ и обсуждение результатов исследований магнитных свойств материалов. Контрольная работа по разделу: "Магнитные свойства" /Лаб/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-31 ПК-6-У1 УК-4-31 УК-4-У1 УК-4-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	Р3,Р4	
2.10	Подготовка к лабораторным работам и контрольной работе, раздел "Магнитные свойства" /Ср/	1	12	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5				
<b>Раздел 3. Электрические свойства</b>									
3.1	Квантовая теория электрической проводимости свободных электронов. Электрическая проводимость в интерпретации зонной теории /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ПК-6-31	Л1.4 Л1.6 Л1.8Л2.1 Э1				
3.2	Особенности электропроводимости в наноразмерных структурах /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ПК-6-31	Л1.4 Л1.8Л2.1 Э1				
3.3	Применение наноструктурных объектов для различных датчиков /Лек/	1	1	УК-4-31 ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.6Л2.1 Э1				
3.4	Определение удельного электрического сопротивления сплава на испытательном стенде типа ЭТС515 /Лаб/	1	3	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-У1 УК-4-У1 УК-4-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.9Л2.1 Л2.2 Э2 Э3 Э6			Р5	
3.5	Анализ и обсуждение результатов исследований электрических свойств материалов. Контрольная работа по разделу: "Электрические свойства" /Лаб/	1	1	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-У1 УК-4-31 УК-4-У1 УК-4-В1 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.4 Л1.6 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э6		КМ3	Р5	
3.6	Подготовка к лабораторным работам и контрольной работе, раздел "Электрические свойства" /Ср/	1	12	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.4 Л1.6 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 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	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-4-У1;ПК-5-У1;ПК-6-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Почему и как изменяется координация атомов при переходе материала в нанокристаллическое состояние? Каким образом это может повлиять на физические свойства?</li> <li>2. В чем состоят термодинамические аспекты влияния поверхности на формирование физических свойств наноматериалов?</li> <li>3. Как согласно Дебаю зависит от частоты плотность распределения числа нормальных колебаний? Как влияет размер дисперсных частиц на спектр волновых колебаний решетки?</li> <li>4. Как выглядит температурная зависимость теплоемкости твердого тела в модели Дебая? Как эта зависимость поменяется при переходе в ультрадисперсное состояние?</li> <li>5. От каких факторов зависит температура Дебая? Как эти факторы проявляются при переходе в нанокристаллическое состояние?</li> <li>6. Какие значения теплоемкости предсказывает теория Дебая при низких и высоких температурах для масштабных материалов? Что изменяется для нанокристаллического состояния?</li> <li>7. Как повышение амплитуды колебаний атомов при нагреве описывается с помощью представления о фононах? В чем состоит суть явления ангармонизма и чем оно обусловлено?</li> <li>8. Каков характер функции потенциальной энергии взаимодействия <math>U(r)</math> и какие особенности в поведении сил отталкивания и притяжения она отражает? Как коэффициент термического расширения связан с характеристиками функции потенциальной энергии <math>U(r)</math>?</li> <li>9. Как коэффициент термического расширения зависит от температуры? Какие возможны изменения КТЛР при переходе в ультрадисперсное состояние?</li> <li>10. Какие электроны вносят вклад в теплоемкость? Как определяется коэффициент электронной теплоемкости? От чего этот коэффициент зависит?</li> <li>11. Как электронная теплоемкость зависит от энергии Ферми?</li> <li>12. Почему электронная составляющая теплоемкости существенно изменяется при переходе в нанокристаллическое состояние?</li> <li>13. Каковы основные механизмы переноса тепла в твердых телах? В чем состоит кинетическая теория теплопроводности?</li> <li>14. Каковы основные механизмы рассеяния фононов? Почему фононы взаимодействуют друг с другом? Какие процессы называют процессами переброса? Почему на теплопроводность оказывают влияние процессы переброса, а не нормальные процессы?</li> <li>15. Как решеточная теплопроводность зависит от температуры?</li> <li>16. Почему решеточная теплопроводность зависит от температуры по кривой с максимумом?</li> <li>17. Как электронная теплопроводность зависит от температуры?</li> <li>18. Как наличие примесей изменяет температурную зависимость теплопроводности металлов?</li> <li>19. Как и почему влияет холодная пластическая деформация на электронную теплопроводность?</li> <li>20. В чем состоит разница в коэффициенте теплопроводности и его температурной зависимости между массивным материалом и нанокристаллическим?</li> <li>21. Как и почему теплопроводность нанокристаллических материалов зависит от размера кристаллита?</li> </ol>



КМ2	Контрольная работа 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-4-31;УК-4-У1;ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-6-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Из каких составляющих складывается свободная энергия ферромагнетика?</li> <li>2. Влияние формы образца на измеряемые магнитные свойства. Понятие о размагничивающем факторе. Энергия размагничивающего фактора и её природа?</li> <li>3. Что такое магнитокристаллическая анизотропия? Какова её природа?</li> <li>4. Явление магнитострикции, её природа.</li> <li>5. Анизотропия магнитострикции.</li> <li>6. Влияние магнитострикции на энергию ферромагнетика.</li> <li>7. Энергия ферромагнетика в поле упругих напряжений.</li> <li>8. Доменная структура ферромагнетика. Её характеристики. Типы границ.</li> <li>9. Однодоменные частицы</li> <li>10. Что такое кривая намагничивания и петля гистерезиса? Какими параметрами они характеризуются?</li> <li>11. Основные процессы намагничивания.</li> <li>12. Суть скачков Баркгаузена и связь с ними кривой намагничивания и размагничивания?</li> <li>13. Теория коэрцитивной силы при механизме перемагничивания путем смещения границ доменов(теория напряжений и включений).</li> <li>14. Процессы вращения и их особенности? Влияние различных видов анизотропии на формирование коэрцитивной силы при основном механизме перемагничивания за счет вращения вектора спонтанной намагниченности доменов.</li> <li>15. Процессы зарождения и роста доменов обратной намагниченности – основные особенности, величина коэрцитивной силы.</li> <li>16. Что называют страйп-структурами, в чем их особенности, возможности проявления?</li> <li>17. Какова зависимость коэрцитивной силы и начальной проницаемости от размера зерен в поликристаллических образцах. Чем обусловлен вид зависимости для разных размеров кристаллитов?</li> <li>18. Теория Герцера: на чем основана, в чем состоит модель хаотической анизотропии, в чем состоит явление ренормализации обменной длины, каков основной результат?</li> <li>19. Влияние фактора размера зерна на формирование гистерезисных магнитных свойств наноматериалов.</li> <li>20. Возможное влияние фазовой структуры на формирование магнитных свойств нанокристаллических сплавов типа ФАЙНМЕТ.</li> <li>21. Наведенная анизотропия – при каких условиях может проявляться, важность этого вида анизотропии для нанокристаллических материалов.</li> <li>22. Что называют микромагнитным рипплом?</li> <li>23. Что учитывает теория Хоффмана? Какие виды энергии учитывает эта теория, каким образом в соответствии с теорией Хоффмана определяются различные вклады в энергию ферромагнетика. Каковы её основные результаты?</li> <li>24. Внутренние поля рассеяния по Хоффману – за счет чего образуются, каково их влияние на формирование доменных структур в тонких пленках?</li> <li>25. Образование микродоменных структур для тонких пленок и одноосных кристаллов.</li> <li>26. Как влияет размер наночастиц на гистерезисные магнитные свойства?</li> </ol>
-----	----------------------	---	---

КМЗ	Контрольная работа 3	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-4-У1;ПК-5-У1	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Какие положения заложены в основу теории Зоммерфельда?</li><li>2. Какие электроны являются носителями электричества по теории Зоммерфельда?</li><li>3. Какие основные механизмы рассеяния учитываются при оценке удельного электросопротивления?</li><li>4. Как влияют дислокации на удельное электрическое сопротивление?</li><li>5. Как влияют границы зерен на удельное электрическое сопротивление?</li><li>6. Почему отличается электросопротивление s- и d-металлов?</li><li>7. В каких случаях нужно учитывать s-d-рассеяние, приведите примеры элементов.</li><li>8. Что учитывает механизм электрон-фононного рассеяния?</li><li>9. Почему зависимость удельного электросопротивления от температуры по электрон-фононному механизму рассеяния вместо степени «3» имеет степень «5»?</li><li>10. Что учитывает механизм электрон-магнонного рассеяния?</li><li>11. Как с учетом электрон-магнонного рассеяния зависит удельное электрическое сопротивление от температуры?</li><li>12. Что отражает правило Маттиссена?</li><li>13. Почему при образовании твердых растворов электросопротивление увеличивается?</li><li>14. Как зависит от концентрации электросопротивление твердых растворов простых металлов?</li><li>15. Как и почему различается электросопротивление твердых растворов простых металлов и твердых растворов с переходным металлом?</li><li>16. Чем обусловлены особенности электропроводности наноматериалов?</li><li>17. Чем обусловлены особенности электропроводности тонких пленок?</li></ol>
-----	----------------------	-----------------------------------	--

КМ4	Экзамен	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-4-31;УК-4-У1;ПК-6-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каковы общие принципы влияния наноразмеров на формирование физических свойств?</li> <li>2. Может ли измениться тип связи и координация атомов при переходе в наноструктурное состояние?</li> <li>3. Опишите основные термодинамические аспекты влияния поверхности.</li> <li>4. Какие возможны квантовые эффекты в наноструктурном состоянии?</li> <li>5. Как влияет размер дисперсных частиц на спектр волновых колебаний решетки, как это проявляется в температурной зависимости решеточной теплоемкости?</li> <li>6. Как влияет размер наночастиц на теплоемкость материала?</li> <li>7. Как изменяется вклад ангармонической составляющей колебаний в теплоемкость при переходе в наноструктурное состояние?</li> <li>8. Как влияет дисперсность материала на температуру Дебая?</li> <li>9. Почему и как может измениться электронный вклад в теплоемкость?</li> <li>10. В чем состоят особенности решеточной теплопроводности в случае наноматериалов?</li> <li>11. В чем состоят особенности теплового расширения нанокристаллических материалов?</li> <li>12. Какие положения заложены в основу теории Зоммерфельда?</li> <li>13. Какие электроны являются носителями электричества по теории Зоммерфельда?</li> <li>14. Какие основные механизмы рассеяния учитываются при оценке удельного электросопротивления?</li> <li>15. Каковы особенности плотности электронных состояний для квантовой точки, квантовой проволоки, квантовой ямы по сравнению с объемным проводником?</li> <li>16. Чем обусловлены особенности электропроводности наноматериалов?</li> <li>17. Чем обусловлены особенности электропроводности тонких пленок?</li> <li>18. В чем разница между примесными и беспримесными полупроводниками?</li> <li>19. Что такое элемент Джозефсона?</li> <li>20. Приведите примеры использования сверхпроводящих датчиков?</li> <li>21. Из каких составляющих складывается свободная энергия ферромагнетика?</li> <li>23. Что называют страйп-структурами, в чем их особенности, возможности проявления?</li> <li>24. Какова зависимость коэрцитивной силы и начальной проницаемости от размера зерен в поликристаллических образцах. Чем обусловлен вид зависимости для разных размеров кристаллитов?</li> <li>25. Теория Герцера: на чем основана, в чем состоит модель хаотической анизотропии, в чем состоит явление ренормализации обменной длины, каков основной результат?</li> <li>26. Влияние фактора размера зерна на формирование гистерезисных магнитных свойств наноматериалов.</li> <li>27. Возможное влияние фазовой структуры на формирование магнитных свойств нанокристаллических сплавов типа ФАЙНМЕТ.</li> <li>28. Наведенная анизотропия – при каких условиях может проявляться, важность этого вида анизотропии для нанокристаллических материалов.</li> <li>29. Что называют микромагнитным рипплом?</li> <li>30. Что учитывает теория Хоффмана? Какие виды энергии учитывает эта теория, каким образом в соответствии с теорией Хоффмана определяются различные вклады в энергию ферромагнетика. Каковы её основные результаты?</li> <li>31. Внутренние поля рассеяния по Хоффману – за счет чего образуются, каково их влияние на формирование доменных структур в тонких пленках?</li> <li>32. Образование микродоменных структур для тонких пленок и одноосных кристаллов.</li> <li>33. Как влияет размер наночастиц на гистерезисные магнитные</li> </ol>
-----	---------	---	--

			свойства?
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа 1	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-4-У1;УК-4-В1;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-В1;ПК-6-31	Дифференциальный термический анализ наноструктурных сплавов
P2	Лабораторная работа 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-4-31;УК-4-У1;УК-4-В1;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1	Анализ температурных зависимостей КТР для наноструктурных материалов, полученных различными дилатометрическими методами.
P3	Лабораторная работа 3	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-4-У1;УК-4-В1;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1	Построение основной кривой намагничивания и определение гистерезисных магнитных свойств сплава типа ФАЙНМЕТ на магнитоизмерительной установке МК-3Э
P4	Лабораторная работа 4	ОПК-1-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1;УК-4-У1;УК-4-В1;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1	Определение суммарных потерь на перемагничивание наноструктурных ферромагнетиков на установке МК-4Э
P5	Лабораторная работа 5	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-4-31;УК-4-У1;УК-4-В1;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1	Определение удельного электрического сопротивления наноматериала на испытательном стенде типа ЭТС515

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

По курсу предусмотрен экзамен.

Экзаменационный билет состоит из 3 заданий, типовые вопросы экзамена приведены в вопросах самоподготовки. Пример экзаменационного билета размещен в приложении к РПД.

Задание 1 - Задача по разделу 1;

Задание 2 - Задача по разделу 2;

Задание 3 - Задача по разделу 3.

### 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.

Оценка «не явка» - обучающийся на экзамен не явился.

Возможно проставление оценки за экзамен по результатам трех контрольных работ, проводимых в течение семестра. В этом случае, в качестве оценки выставляется среднеарифметическая по трем контрольным оценка.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
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	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
Л1.4	Лившиц Б. Г., Крапошин В. С., Линецкий Я. Л., Лившиц Б. Г.	Физические свойства металлов и сплавов: Учебник для металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1980
Л1.5	Кекало И. Б., Самарин Б. А.	Физическое материаловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами: учебник для вузов по спец. 'Физика металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1989
Л1.6	Рыжонков Д. И., Левина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Ультрадисперсные системы: получение, свойства, применение: учеб. пособие для студ. спец. 070800	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2003
Л1.7	Кекало И. Б.	Нанокристаллические магнитно-мягкие материалы: курс лекций для студ. физ.-хим. фак-та	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л1.8	Рыжонков Д. И., Левина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Ультрадисперсные системы: физические, химические и механические свойства: учеб. пособие для студ. вузов спец. -150701 (070800), 150108 (110800)	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л1.9	Перминов А. С., Введенский В. Ю., Шуваева Е. А., Могильников П. С.	Физические свойства твердых тел (N 3509): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Гуртов В. А., Осауленко Р. Н.	Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2012
Л2.2	Введенский В. Ю., Лилеев А. С., Перминов А. С.	Экспериментальные методы физического материаловедения: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Клевцов А. Г., Мельниченко А. С., Тер-Акопов Р. С., др.	Организация эксперимента: учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 0403, 0407, 0408, 0413	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.2	Мельниченко А. С.	Анализ данных в материаловедении. Ч. 1: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150700 - Физическое материаловедение и Металлургия	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
ЛЗ.3	Мельниченко А. С.	Анализ данных в материаловедении. Ч. 2. Регрессионный анализ: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014

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

Э1	Шуваева Е.А., Введенский В.Ю., Перминов А.С. Физические свойства наноматериалов, УМКД. – М.: Издательский дом МИСиС, 2011.	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=9112">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=9112</a>
Э2	ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правило оформления. - Введ2002-07-01. - М.: Изд-во стандартов, 2001.	<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200026224">http://docs.cntd.ru/document/1200026224</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 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>
Э5	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>
Э6	ГОСТ 7229-76. Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003	<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200012169">http://docs.cntd.ru/document/1200012169</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.4	Microsoft Office
П.5	MS Teams

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

И.1	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
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Б-429	Учебный комплекс по исследованию физических свойства и экспертизе материалов с особыми физическими свойствами:	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:	экран, проектор, доска, ПК, комплект учебной мебели на 80 посадочных мест, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Курс состоит из теоретических лекций и лабораторных работ. В связи с малым временем отводимом на контактную работу со студентами, следует отвести значительное время на самоподготовку, опираясь на вопросы к контрольным и лабораторным работам для самоподготовки.

Важной частью подготовки является выполнение лабораторных работ, для которых необходимо соблюдать перечисленные ниже требования.

Техника безопасности

- Лаборатория физических свойств оснащена специальной токопроводящей системой. Имеется оборудование, подключаемое от разных источников напряжения. Включать такое оборудование самостоятельно без помощи преподавателя – запрещается.
- При выходе из аудитории следует убедиться, что лабораторное оборудование выключено.
- 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.
- В розетки, располагающиеся в лаборатории, не допускается без ведома преподавателя включать какое бы то ни было оборудование ( в том числе ноутбуки, телефоны, КПК).
- В лаборатории используется уникальное оборудование. Следует бережно относиться ко всему оборудованию, располагающемуся в аудитории.

Требования к подготовке и выполнению лабораторных работ

- К лабораторной работе допускаются студенты только при наличии конспекта в рабочем журнале, относящегося к текущей лабораторной работе.
- Конспект должен содержать:
  - Название работы,
  - Цель и задачи работы,
  - 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 проводится 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.
  - 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).
- 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.