

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:02

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)

Физические свойства и функциональные явления в наноматериалах

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 10

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 10 (5.2) | | Итого | |
|---|--------------|-----|-------|-----|
| | Неделя 18 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Лабораторные | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Практические | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Итого ауд. | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Контактная работа | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Сам. работа | 93 | 93 | 93 | 93 |
| Итого | 144 | 144 | 144 | 144 |

Программу составил(и):

к.ф.-.м.н., доц., Шуваева Е.А.; к.ф.-.м.н., доц., Перминов А.С.

Рабочая программа

Физические свойства и функциональные явления в наноматериалах

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физического материаловедения

Протокол от 29.06.2023 г., №11-06

Руководитель подразделения 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.ДВ.33 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.1.1 | Компьютерная металлография | |
| 2.1.2 | Методы физико-химических исследований | |
| 2.1.3 | Основы физики поверхности | |
| 2.1.4 | Защита интеллектуальной собственности и патентоведение | |
| 2.1.5 | Коррозия и защита металлов | |
| 2.1.6 | Металловедение инновационных материалов | |
| 2.1.7 | Статистическая физика | |
| 2.1.8 | Физика полупроводников | |
| 2.1.9 | Физические свойства твердых тел | |
| 2.1.10 | Методы вычислительной физики | |
| 2.1.11 | Физические свойства кристаллов | |
| 2.1.12 | Метрология и испытания функциональных материалов | |
| 2.1.13 | Структурные методы исследования наноматериалов | |
| 2.1.14 | Технологии материалов с особыми физическими свойствами | |
| 2.1.15 | Материаловедение | |
| 2.1.16 | Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы | |
| 2.1.17 | Механические свойства материалов | |
| 2.1.18 | Физика металлов | |
| 2.1.19 | Физические свойства материалов | |
| 2.1.20 | Основы технологии получения материалов | |
| 2.1.21 | Планирование научного эксперимента | |
| 2.1.22 | Техника физико-химического эксперимента | |
| 2.1.23 | Введение в квантовую механику | |
| 2.1.24 | Физика | |
| 2.1.25 | Физическая химия | |
| 2.1.26 | Современные методы получения наночастиц и наноматериалов | |
| 2.1.27 | Методы исследования материалов | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Инновационные конструкционные материалы для медицины | |
| 2.2.2 | Порошковая металлургия высокотемпературных и сверхтвердых материалов | |
| 2.2.3 | Практическое применение методов анализа Big data | |
| 2.2.4 | Применение лазерных систем | |
| 2.2.5 | Современные материалы медицинского назначения | |
| 2.2.6 | Физические методы исследования материалов | |
| 2.2.7 | Цифровая электроника | |
| 2.2.8 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.9 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.10 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.11 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.12 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.13 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.14 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.15 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы | |

| | |
|--------|--------------------------------|
| 2.2.16 | Цифровое материаловедение |
| 2.2.17 | Нормы и правила оформления ВКР |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен к поиску и выбору сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Знать:

ПК-2-33 Возможные направления использования наноматериалов с особыми физическими свойствами.

ПК-2-32 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;

ПК-2-31 Основные теоретические представления о формировании тепловых, электрических и магнитных свойств наноматериалов;

Уметь:

ПК-2-У3 Применять знания о природе физических явлений для выбора возможного применения конкретного эффекта.

ПК-2-У2 Анализировать основные закономерности физических свойства наноматериалов и соотносить их с результатами структурных исследований, либо на основе исследования физических свойств моделировать возможное структурное состояние;

ПК-2-У1 Применять полученные знания для решения задач профессиональной деятельности;

Владеть:

ПК-2-В3 Навыками разработки функциональных материалов различного назначения на основе знаний основ и закономерностей физических явлений в материалах и наноматериалах.

ПК-2-В2 Навыками оценки и прогнозирования влияния различных факторов на физические свойства объектов различной размерности;

ПК-2-В1 Методологией комплексного анализа результатов исследований физических свойств наноматериалов различными методами;

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. Тепловые свойства | | | | | | | |
| 1.1 | Введение. Предмет и задачи курса. Некоторые особенности кристаллической структуры и физических свойств наноматериалов /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 | Л1.3 Л1.6 Л1.9 Л1.11Л2.1 Э1 | | | |
| 1.2 | Основные термодинамические аспекты влияния поверхности. Фононный спектр кристаллических материалов в крупнокристаллическом и нанокристаллическом состояниях. /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-33 | Л1.3 Л1.6 Л1.11Л2.1 Э1 | | | |
| 1.3 | Решеточная теплоемкость наноматериалов. Влияние дисперсности частиц на температуру Дебая. Учет ангармонизма колебаний атомов для различных размерностей объектов. /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 | Л1.6 Л1.11Л2.1 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/ | 10 | 1 | ПК-2-31 | Л1.6 Л1.11Л2.1 Э1 | | | |
| 1.5 | Особенности решеточной теплопроводности и теплового расширения в случае наноматериалов. /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 | Л1.6 Л1.11Л2.1 Э1 | | | |
| 1.6 | Дифференциальный термический анализ наноструктурных сплавов /Лаб/ | 10 | 2 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 | Л1.4 Л1.6 Л1.12Л2.1 Л2.3 Э2 Э3 | | | P1 |
| 1.7 | Построение температурной зависимости коэффициента линейного расширения и определение температур фазовых превращений сплавов с помощью дифференциального dilatометра типа L75HD1000C /Лаб/ | 10 | 2 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 | Л1.4 Л1.6 Л1.12Л2.1 Л2.3 Э2 Э3 | | | |
| 1.8 | Анализ и обсуждение результатов исследований тепловых свойств материалов. Контрольная работа по разделу: "Тепловые свойства" /Лаб/ | 10 | 2 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 | Л1.3 Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.11 Л1.12Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 | | КМ1 | P1,P2 |
| 1.9 | Подготовка к выполнению лабораторных работ раздела "Тепловые свойства", подготовка к контрольной работе по разделу "Тепловые свойства" /Ср/ | 10 | 30 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 | Л1.3 Л1.4 Л1.6 Л1.9 Л1.11 Л1.12Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 | | | |
| | Раздел 2. Магнитные свойства | | | | | | | |
| 2.1 | Свободная энергия ферромагнетика, основные составляющие. /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 | Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.3 Э1 | | | |
| 2.2 | Доменная структура ферромагнетиков, однодоменное состояние, суперпарамагнетизм. /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 | Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.10Л2.1 Э1 | | | |
| 2.3 | Процессы намагничивания (смещение границ доменов, поворот вектора спонтанной намагниченности, возникновение и рост доменов обратной намагниченности). Теория коэрцитивной силы. /Лек/ | 10 | 2 | ПК-2-31 ПК-2-32 | Л1.5 Л1.7Л2.1 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|------|--|----|----|---|---|--|-----|-------|
| 2.4 | Микромагнетизм тонких пленок и наночастиц – экспериментальные факты. Теория Герцера, модель хаотической анизотропии. /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 | Л1.5 Л1.7 Л1.10Л2.1 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/ | 10 | 2 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 | Л1.5 Л1.10Л2.1 Э1 | | | |
| 2.6 | Влияние фазовой структуры на формирование магнитных свойств нанокристаллических сплавов типа ФАЙНМЕТ /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 | Л1.4 Л1.7Л2.1 Э1 | | | |
| 2.7 | Построение основной кривой намагничивания и определение гистерезисных магнитных свойств сплава типа ФАЙНМЕТ на магнитоизмерительной установке МК-3Э /Лаб/ | 10 | 3 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 | Л1.4 Л1.12Л2.1 Л2.3 Э2 Э3 Э5 | | | Р3 |
| 2.8 | Определение суммарных потерь на перемагничивание наноструктурных ферромагнетиков на установке МК-4Э /Лаб/ | 10 | 2 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 | Л1.4 Л1.12Л2.1 Л2.3 Э2 Э3 Э4 Э5 | | | Р4 |
| 2.9 | Анализ и обсуждение результатов исследований магнитных свойств материалов. Контрольная работа по разделу: "Магнитные свойства" /Лаб/ | 10 | 2 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2 | Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.10 Л1.12Л2.1 Л2.3Л3.1 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/ | 10 | 26 | ПК-2-У1 ПК-2-У3 ПК-2-В2 | Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.9 Л1.10 Л1.11 Л1.12Л2.1 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 | | | |
| | Раздел 3. Электрические свойства | | | | | | | |
| 3.1 | Квантовая теория электрической проводимости свободных электронов. Электрическая проводимость в интерпретации зонной теории /Лек/ | 10 | 2 | ПК-2-31 | Л1.6 Л1.9 Л1.11Л2.1 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|----|----|--|--|--|-----|-----|
| 3.2 | Особенности электропроводимости в наноразмерных структурах /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 | Л1.6 Л1.11Л2.1 Э1 | | | |
| 3.3 | Применение наноструктурных объектов для различных датчиков /Лек/ | 10 | 1 | ПК-2-33 | Л1.3 Л1.9Л2.1 Э1 | | | |
| 3.4 | Определение удельного электрического сопротивления сплава на испытательном стенде типа ЭТС515 /Лаб/ | 10 | 3 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В1 ПК-2-В2 | Л1.12Л2.1 Л2.3 Э2 Э3 Э6 | | | P5 |
| 3.5 | Анализ и обсуждение результатов исследований электрических свойств материалов. Контрольная работа по разделу: "Электрические свойства" /Лаб/ | 10 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 | Л1.3 Л1.6 Л1.9 Л1.11 Л1.12Л2.1 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э6 | | КМ3 | P5 |
| 3.6 | Подготовка к лабораторным работам и контрольной работе, раздел "Электрические свойства" /Ср/ | 10 | 12 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 | Л1.3 Л1.6 Л1.9 Л1.11 Л1.12Л2.1 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э6 | | | |
| | Раздел 4. Функциональные явления | | | | | | | |
| 4.1 | Понятие «размерного эффекта». Примеры влияния размера частиц на электрические свойства. Понятие размерности тела. Трех-, двух-, одно- и нульмерные объекты. Пленки, проволоки (нити), квантовые точки. Плотность электронных состояний в низкоразмерных структурах /Пр/ | 10 | 2 | ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В2 | Л1.2Л2.2 | | | P6 |
| 4.2 | Энергетический спектр частицы в потенциальной яме. Прохождение частицы через барьер. Транспортные явления в низкоразмерных системах. /Пр/ | 10 | 2 | ПК-2-31 ПК-2-У2 ПК-2-В2 | Л1.2 | | | P7 |
| 4.3 | Использование физических явлений в наноматериалах и наносистемах в изделиях наноэлектроники, нанофотоники и др. /Пр/ | 10 | 2 | ПК-2-У1 ПК-2-32 ПК-2-У3 ПК-2-В3 | Л1.2Л2.2 | | | P8 |
| 4.4 | Применение сверхпроводников в современных генераторах, датчиках сверхнизких токов и магнитных полей /Пр/ | 10 | 2 | ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В3 | Л1.1Л2.4 | | | P9 |
| 4.5 | Магнитострикционные датчики положения, давления и напряженного состояния /Пр/ | 10 | 2 | ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-У3 ПК-2-В3 | Л1.8 | | | P10 |
| 4.6 | Применение явления магнитного сопротивления и импеданса в различных датчиках /Пр/ | 10 | 2 | ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-В3 ПК-2-У3 | Л1.1 | | | P11 |

| | | | | | | | | |
|-----|--|----|----|---|------------------------------|--|-----|-----|
| 4.7 | Применение термоэлектрических явлений в функциональных материалах (эффект Зеебека, эффект Томпсона, эффект Пельтье) /Пр/ | 10 | 2 | ПК-2-33 ПК-2-У1 ПК-2-У3 ПК-2-В3 | Л1.1Л2.2 | | | Р12 |
| 4.8 | Сдача домашнего задания "Физические явления в функциональных материалах". Контрольная работа № 4 /Пр/ | 10 | 3 | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-В3 | Л1.1 Л1.2 Л1.8 Л1.9Л2.2 Л2.4 | | КМ4 | |
| 4.9 | Подготовка к практическим занятиям раздела "Функциональные явления" /Ср/ | 10 | 25 | ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 | Л1.1 Л1.2 Л1.8 | | | |

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-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-В2 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Почему и как изменяется координация атомов при переходе материала в нанокристаллическое состояние? Каким образом это может повлиять на физические свойства? 2. В чем состоят термодинамические аспекты влияния поверхности на формирование физических свойств наноматериалов? 3. Как согласно Дебаю зависит от частоты плотность распределения числа нормальных колебаний? Как влияет размер дисперсных частиц на спектр волновых колебаний решетки? 4. Как выглядит температурная зависимость теплоемкости твердого тела в модели Дебая? Как эта зависимость поменяется при переходе в ультрадисперсное состояние? 5. От каких факторов зависит температура Дебая? Как эти факторы проявляются при переходе в нанокристаллическое состояние? 6. Какие значения теплоемкости предсказывает теория Дебая при низких и высоких температурах для масштабных материалов? Что изменяется для нанокристаллического состояния? 7. Как повышение амплитуды колебаний атомов при нагреве описывается с помощью представления о фононах? В чем состоит суть явления ангармонизма и чем оно обусловлено? 8. Каков характер функции потенциальной энергии взаимодействия $U(r)$ и какие особенности в поведении сил отталкивания и притяжения она отражает? Как коэффициент термического расширения связан с характеристиками функции потенциальной энергии $U(r)$? 9. Как коэффициент термического расширения зависит от температуры? Какие возможны изменения КТЛР при переходе в ультрадисперсное состояние? 10. Какие электроны вносят вклад в теплоемкость? Как определяется коэффициент электронной теплоемкости? От чего этот коэффициент зависит? 11. Как электронная теплоемкость зависит от энергии Ферми? 12. Почему электронная составляющая теплоемкости существенно изменяется при переходе в нанокристаллическое состояние? 13. Каковы основные механизмы переноса тепла в твердых телах? В чем состоит кинетическая теория теплопроводности? 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? 15. Как решеточная теплопроводность зависит от температуры? 16. Почему решеточная теплопроводность зависит от температуры по кривой с максимумом? 17. Как электронная теплопроводность зависит от температуры? 18. Как наличие примесей изменяет температурную зависимость теплопроводности металлов? 19. Как и почему влияет холодная пластическая деформация на электронную теплопроводность? 20. В чем состоит разница в коэффициенте теплопроводности и его температурной зависимости между массивным материалом и нанокристаллическим? 21. Как и почему теплопроводность нанокристаллических материалов зависит от размера кристаллита? |
|-----|----------------------|---------------------------------|---|

| | | | |
|-----|----------------------|---|---|
| КМ2 | Контрольная работа 2 | ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-В1;ПК-2-В2 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Из каких составляющих складывается свободная энергия ферромагнетика? 2. Влияние формы образца на измеряемые магнитные свойства. Понятие о размагничивающем факторе. Энергия размагничивающего фактора и её природа? 3. Что такое магнитокристаллическая анизотропия? Какова её природа? 4. Явление магнитострикции, её природа. 5. Анизотропия магнитострикции. 6. Влияние магнитострикции на энергию ферромагнетика. 7. Энергия ферромагнетика в поле упругих напряжений. 8. Доменная структура ферромагнетика. Её характеристики. Типы границ. 9. Однодоменные частицы 10. Что такое кривая намагничивания и петля гистерезиса? Какими параметрами они характеризуются? 11. Основные процессы намагничивания. 12. Суть скачков Баркгаузена и связь с ними кривой намагничивания и размагничивания? 13. Теория коэрцитивной силы при механизме перемагничивания путем смещения границ доменов(теория напряжений и включений). 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. 15. Процессы зарождения и роста доменов обратной намагниченности – основные особенности, величина коэрцитивной силы. 16. Что называют страйп-структурами, в чем их особенности, возможности проявления? 17. Какова зависимость коэрцитивной силы и начальной проницаемости от размера зерен в поликристаллических образцах. Чем обусловлен вид зависимости для разных размеров кристаллитов? 18. Теория Герцера: на чем основана, в чем состоит модель хаотической анизотропии, в чем состоит явление ренормализации обменной длины, каков основной результат? 19. Влияние фактора размера зерна на формирование гистерезисных магнитных свойств наноматериалов. 20. Возможное влияние фазовой структуры на формирование магнитных свойств нанокристаллических сплавов типа ФАЙНМЕТ. 21. Наведенная анизотропия – при каких условиях может проявляться, важность этого вида анизотропии для нанокристаллических материалов. 22. Что называют микромагнитным рипплом? 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? 24. Внутренние поля рассеяния по Хоффману – за счет чего образуются, каково их влияние на формирование доменных структур в тонких пленках? 25. Образование микродоменных структур для тонких пленок и одноосных кристаллов. 26. Как влияет размер наночастиц на гистерезисные магнитные свойства? |
|-----|----------------------|---|---|

| | | | |
|---|-----------------------|------------------------------------|--|
| КМ3 | Контрольная работа 3 | ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие положения заложены в основу теории Зоммерфельда? 2. Какие электроны являются носителями электричества по теории Зоммерфельда? 3. Какие основные механизмы рассеяния учитываются при оценке удельного электросопротивления? 4. Как влияют дислокации на удельное электрическое сопротивление? 5. Как влияют границы зерен на удельное электрическое сопротивление? 6. Почему отличается электросопротивление s- и d-металлов? 7. В каких случаях нужно учитывать s-d-рассеяние, приведите примеры элементов. 8. Что учитывает механизм электрон-фононного рассеяния? 9. Почему зависимость удельного электросопротивления от температуры по электрон-фононному механизму рассеяния вместо степени «3» имеет степень «5»? 10. Что учитывает механизм электрон-магнонного рассеяния? 11. Как с учетом электрон-магнонного рассеяния зависит удельное электрическое сопротивление от температуры? 12. Что отражает правило Маттиссена? 13. Почему при образовании твердых растворов электросопротивление увеличивается? 14. Как зависит от концентрации электросопротивление твердых растворов простых металлов? 15. Как и почему различается электросопротивление твердых растворов простых металлов и твердых растворов с переходным металлом? 16. Чем обусловлены особенности электропроводности наноматериалов? 17. Чем обусловлены особенности электропроводности тонких пленок? |
| КМ4 | Контрольная работа 4 | ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Явление сверхпроводимости и его применение; 2. Эффект Кондо, возможное применение; 3. Эффект Холла и его применение; 4. Гигантское магнитосопротивление и его применение; 5. Явления магнитострикции и его применение; 6. Явление магнитного импеданса и его применение; 7. Эффект Зеебека и его применение; 8. Эффект Томпсона и его применение; 9. Эффект Пельтье и его применение 10. Элемент Джозефсона – принцип работы и возможное применение; 11. Принцип работы ЯМР-томографа; 12. Принцип работы магнитокардиографа; 13. Принцип работы магнитоэнцефалографа 14. Принцип работы магнитострикционного датчика давления и/или положения. 15. Принцип работы датчика магнитного поля, основанного на эффекте Холла. 16. Принцип работы датчика магнитного поля, основанного на явлении магнитного ипеданса. 17. Устройства спинтроники |
| 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 | Лабораторная работа 1 | ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-В2 | Дифференциальный термический анализ наноструктурных сплавов |
| P2 | Лабораторная работа 2 | ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-В2 | Анализ температурных зависимостей КТР для наноструктурных материалов, полученных различными дилатометрическими методами. |

| | | | |
|-----|-----------------------|---|---|
| P3 | Лабораторная работа 3 | ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ПК-2-В3 | Построение основной кривой намагничивания и определение гистерезисных магнитных свойств сплава типа ФАЙНМЕТ на магнитоизмерительной установке МК-3Э |
| P4 | Лабораторная работа 4 | ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ПК-2-В3 | Определение суммарных потерь на перемагничивание наноструктурных ферромагнетиков на установке МК-4Э |
| P5 | Лабораторная работа 5 | ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-В1;ПК-2-В2 | Определение удельного электрического сопротивления наноматериала на испытательном стенде типа ЭТС515 |
| P6 | Практическая работа 1 | ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-В2 | Влияние размера частиц на электрические свойства |
| P7 | Практическая работа 2 | ПК-2-31;ПК-2-У2;ПК-2-В2 | Энергетический спектр частиц в потенциальной яме |
| P8 | Практическая работа 3 | ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У3;ПК-2-В3 | Использование физических явлений в наноматериалах и наносистемах в изделиях наноэлектроники и нанофотоники |
| P9 | Практическая работа 4 | ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-В3 | Применение сверхпроводников |
| P10 | Практическая работа 5 | ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-У3;ПК-2-В3 | Применение прямого и обратного эффекта магнитострикции |
| P11 | Практическая работа 6 | ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-В3;ПК-2-У3 | Применение явления магнитного сопротивления |
| P12 | Практическая работа 7 | ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-У3;ПК-2-В3 | Применение термоэлектрических явлений |

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

По курсу экзамен не предусмотрен.

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

В качестве оценки за зачет ставится среднеарифметическая оценка по результатам четырех контрольных работ, проводимых в течение семестра при условии сданного домашнего задания.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|---|------------------------|--|
| Л1.1 | Драгунов В. П., Остертак Д. И. | Микро- и наноэлектроника: учебное пособие | Электронная библиотека | Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012 |
| Л1.2 | Борисенко В. Е. | Наноэлектроника: теория и практика: учебник | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л1.3 | Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. | Наноматериалы: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: Лаборатория знаний, 2017 |
| Л1.4 | Кекало Игорь Борисович, Шуваева Евгения Александровна | Аморфные нано- и микрористаллические магнитные материалы: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов напр. Физ. материаловедение и спец. Наноматериалы | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2008 |
| Л1.5 | 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 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|-------|--|---|------------------------|-----------------------|
| Л1.6 | 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 |
| Л1.7 | 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 |
| Л1.8 | Крутогин Дмитрий Григорьевич | Элементы и устройства магнитоэлектроники: Разд.: Магнотрикциионные и магнитооптические устройства: Курс лекций для студ. спец.0643 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1985 |
| Л1.9 | Рыжонков Дмитрий Иванович, Левина Вера Васильевна, Дзидзигури Элла Леонтьевна | Ультрадисперсные системы: получение, свойства, применение: учеб. пособие для студ. спец. 070800 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2003 |
| Л1.10 | Кекало Игорь Борисович | Нанокристаллические магнитно-мягкие материалы: курс лекций для студ. физ.-хим. фак-та | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1999 |
| Л1.11 | Рыжонков Дмитрий Иванович, Левина Вера Васильевна, Дзидзигури Элла Леонтьевна | Ультрадисперсные системы: физические, химические и механические свойства: учеб. пособие для студ. вузов спец. -150701 (070800), 150108 (110800) | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2005 |
| Л1.12 | Перминов Александр Сергеевич, Введенский Вадим Юрьевич, Шуваева Евгения Александровна, Могильников Павел Сергеевич | 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 | Щука А. А., Сигов А. А. | Нанoeлектроника: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л2.3 | Введенский В. Ю., Лилеев А. С., Перминов А. С. | Экспериментальные методы физического материаловедения: монография | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |
| Л2.4 | Абрикосов А. А. | Основы теории металлов: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: Физматлит, 2010 |

6.1.3. Методические разработки

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|--|---------------------|----------|------------|-------------------|
|--|---------------------|----------|------------|-------------------|

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|--|------------------|------------------------|
| ЛЗ.1 | Клевцов Андрей Григорьевич, Мельниченко Александр Семенович, Тер-Акопов Рудольф Сергеевич, др. | Организация эксперимента: учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 0403, 0407, 0408, 0413 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1987 |
| ЛЗ.2 | Мельниченко Александр Семенович | 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 Александр Семенович | 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. | http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9112 |
| Э2 | ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правило оформления. - Введ2002-07-01. - М.: Изд-во стандартов, 2001. | http://docs.cntd.ru/document/1200026224 |
| Э3 | ГОСТ 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений. - Переизд. февраль 2019. - Стандартинформ, 2019 | http://docs.cntd.ru/document/1200077909 |
| 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 | http://docs.cntd.ru/document/1200004946 |
| Э5 | ГОСТ 19693-74. Материалы магнитные. Термины и определения. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2005 | http://docs.cntd.ru/document/1200015683 |
| Э6 | ГОСТ 7229-76. Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003 | http://docs.cntd.ru/document/1200012169 |

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 | — Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/ |
| И.3 | — Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news |
| И.4 | Иностраные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС): |
| И.5 | — аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com |
| И.6 | — аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/ |
| И.7 | — наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com |

| | |
|-----|---|
| И.8 | — научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/ |
|-----|---|

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение | Оснащение |
|-----------------------------------|--|--|
| Читальный зал №3 (Б) | | комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| Б-429 | Учебная аудитория | проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютерный класс на 6 студентов и преподавателя (7 компьютеров); установка для измерения магнитных характеристик; установка для определения потерь на перемагничивание МК-4Э; магнитноизмерительная установка МК-3Э; стенд для измерения удельного электросопротивления; дилатометр; твердометр по Роквеллу; комплект учебной мебели |
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Любой корпус Учебная аудитория | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Курс состоит из теоретических лекций, практических работ 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.

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.