

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:25:14

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 твердых тел

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 6

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

40

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 6 (3.2) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | Неделя  |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 34      | 34  | 34    | 34  |
| Лабораторные                              | 34      | 34  | 34    | 34  |
| Итого ауд.                                | 68      | 68  | 68    | 68  |
| Контактная работа                         | 68      | 68  | 68    | 68  |
| Сам. работа                               | 40      | 40  | 40    | 40  |
| Итого                                     | 108     | 108 | 108   | 108 |

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

Рабочая программа

**Физические свойства твердых тел**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 02.04.2015 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

|     |   |
|-----|---|
| 1.1 | 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 эффекты в материалах, анализировать особенности физических свойств разных материалов, использовать физические свойства для анализа структуры и фазового состояния |
|-----|---|

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

|            |   |
|------------|---|
| Блок ОП:   | Б1.В.ДВ.10  |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |
| 2.1.1      | Методы вычислительной физики  |
| 2.1.2      | Техника физико-химического эксперимента   |
| 2.1.3      | Физические свойства кристаллов  |
| 2.1.4      | Введение в квантовую механику   |
| 2.1.5      | Основы дизайна металлических материалов   |
| 2.1.6      | 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      | Материалы с особыми физическими свойствами  |
| 2.2.2      | Металловедение и термическая обработка металлов   |
| 2.2.3      | Методы исследования структур и материалов. Часть 1  |
| 2.2.4      | Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур   |
| 2.2.5      | Методы получения наночастиц и наноматериалов  |
| 2.2.6      | Методы физико-химических исследований   |
| 2.2.7      | Наноструктурные термоэлектрики  |
| 2.2.8      | Основы компьютерной металлографии   |
| 2.2.9      | Оформление результатов научной деятельности   |
| 2.2.10     | Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур                                 |
| 2.2.11     | Физика прочности и механические свойства материалов   |
| 2.2.12     | Физические основы деформации и разрушения   |
| 2.2.13     | Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы                  |
| 2.2.14     | Наноматериалы   |
| 2.2.15     | Нормы и правила оформления ВКР  |
| 2.2.16     | Основы магнетизма. Часть 2. Процессы перемагничивания материалов  |
| 2.2.17     | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |
| 2.2.18     | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |
| 2.2.19     | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |
| 2.2.20     | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |
| 2.2.21     | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы   |
| 2.2.22     | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы   |
| 2.2.23     | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы   |
| 2.2.24     | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы   |
| 2.2.25     | Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов  |
| 2.2.26     | 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-2-33  | Основные требования к оформлению научно-технической документации на результаты научно-исследовательской деятельности |
| ПК-2-32  | Методы исследования, анализа, диагностики и моделирования физических свойств материалов;                             |
| ПК-2-31  | Физические основы формирования тепловых, магнитных, электрических и упругих свойств;                                 |
| <b>Уметь:</b>  |  |

|   |
|---|
| ПК-2-У3 Выполнять расчеты физических свойств по первичным экспериментальным результатам;  |
| ПК-2-У4 Оформлять отчеты по результатам выполнения измерений или испытаний в рамках лабораторных работ по изучению физических свойств (дилатометрический анализ, термический анализ, магнитный анализ, электрический анализ);     |
| ПК-2-У1 Анализировать информацию о физических свойствах твердых тел;  |
| ПК-2-У2 Выбирать методики выполнения измерений, испытаний, контроля и анализа физических свойств твердых тел;   |
| <b>Владеть:</b>   |
| ПК-2-В3 Навыками оформления научно-технической документации на результаты научно-исследовательской деятельности.  |
| ПК-2-В2 Навыками использования полученных знаний для прогнозирования и анализа влияния изменений химического состава, температуры и давления, а также условий проведения термической обработки на физические свойства материалов; |
| ПК-2-В1 Навыками использования в исследованиях и расчетах знаний о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования физических свойств 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         | Тепловые свойства и их классификация. Теплоемкость, квантовые теории теплоемкости Эйнштейна и Дебая. /Лек/  | 6              | 2     | ПК-2-31  | Л1.3 Л1.6<br>Э1 Э2 Э4 Э5                   |            |    |                    |
| 1.2         | Дифференциальный термический анализ в металлических материалах /Лаб/  | 6              | 4     | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33<br>ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У4<br>ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3            | Л1.3 Л1.4<br>Л1.6Л2.3<br>Э4 Э5 Э6 Э7<br>Э8 |            |    | Р1                 |
| 1.3         | Закон Дебая, температура Дебая. Вакансионный вклад в теплоемкость. Электронная составляющая теплоемкости. Электронная теплоемкость простых и переходных металлов. Общие закономерности теплоемкости металлов. /Лек/ | 6              | 2     | ПК-2-31  | Л1.3<br>Э1 Э2                              |            |    |                    |
| 1.4         | Термическое расширение твердых тел. Ангармонизм колебаний атомов. /Лек/   | 6              | 1     | ПК-2-31  | Л1.3<br>Э1 Э2                              |            |    |                    |
| 1.5         | Дилатометрический анализ фазовых превращений в материалах /Лаб/   | 6              | 6     | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33<br>ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3<br>ПК-2-У4 ПК-2-В1 ПК-2-В2<br>ПК-2-В3 | Л1.3 Л1.4<br>Л1.6Л2.3<br>Э4 Э5 Э6 Э7<br>Э8 |            |    | Р2                 |
| 1.6         | Кинетическая теория теплопроводности. Процессы рассеяния фононов и решеточная составляющая теплопроводности. Влияние на теплопроводность дефектов кристаллического строения. /Лек/                                  | 6              | 2     | ПК-2-31  | Л1.3<br>Э1 Э2                              |            |    |                    |

|                                     |  |   |    |   |  |  |     |    |
|-------------------------------------|--|---|----|---|--|--|-----|----|
| 1.7                                 | Электронная теплопроводность. Теплопроводность сплавов. Влияние на теплопроводность различных факторов. /Лек/  | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3<br>Э2   |  |     |    |
| 1.8                                 | Изучение фазовых превращений в аморфных сплавах с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии<br>Контрольная работа /Лаб/  | 6 | 4  | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33<br>ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У4<br>ПК-2-В2 ПК-2-В3 | Л1.3 Л1.4<br>Л1.6Л2.1<br>Л2.3<br>Э6                  |  | КМ1 | Р3 |
| 1.9                                 | Подготовка к лабораторным работам по тепловым свойствам твердых тел /Ср/   | 6 | 15 | ПК-2-В2 ПК-2-В3   | Л1.3<br>Л1.6Л2.3Л3.1<br>Л3.2<br>Э2                   |  |     |    |
| <b>Раздел 2. Магнитные свойства</b> |  |   |    |   |  |  |     |    |
| 2.1                                 | Источники магнитных свойств в веществе. Орбитальный и спиновый магнитные моменты электрона. Гиромагнитное отношение. Классификация магнетиков /Лек/  | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3Л2.2<br>Э2                                       |  |     |    |
| 2.2                                 | Диамагнетизм и парамагнетизм атомов. Диамагнетизм и парамагнетизм электронного газа. Магнитные свойства элементов. /Лек/   | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3<br>Э2   |  |     |    |
| 2.3                                 | Природа ферромагнетизма. Обменная энергия (первый критерий фер-ро- и антиферромагнетизма). Антиферромагнетизм. Ферримагнетизм. Точка Кюри. /Лек/   | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3Л2.2<br>Э2                                       |  |     |    |
| 2.4                                 | Построение кривой намагничивания и статической петли гистерезиса ферромагнетика индукционно-импульсным методом /Лаб/   | 6 | 4  | ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2<br>ПК-2-У4 ПК-2-В2 ПК-2-В3                    | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.6Л2.2<br>Л2.3<br>Э2 Э5 Э6 Э9 |  |     | Р4 |
| 2.5                                 | Магнитные моменты атомов 3d- и 4f-металлов. Модели обменного взаимодействия. /Лек/   | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3Л2.2<br>Э2                                       |  |     |    |
| 2.6                                 | Энергия ферромагнетика, различные виды анизотропии. Явление магнитострикции. /Лек/   | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3Л2.2<br>Э2                                       |  |     |    |
| 2.7                                 | Основные характеристики ферромагнитного материала. Доменная структура. Процессы технического намагничивания. Кривая намагничивания. Петля гистерезиса и ее параметры. Теория коэрцитивной силы /Лек/ | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3Л2.2<br>Э2                                       |  |     |    |

|   |  |   |    |   |   |  |     |    |
|---|--|---|----|---|---|--|-----|----|
| 2.8                                     | Определение потерь на перемагничивание электротехнической стали на установке МК-4Э /Лаб/   | 6 | 4  | ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-У4 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 | Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.3 Э2 Э4 Э5 Э6 Э10 |  |     | Р5 |
| 2.9                                     | Влияние частоты и амплитуды напряженности внешнего магнитного поля на динамические характеристики магнитомягких материалов. Контрольная работа /Лаб/   | 6 | 4  | ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У4 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3         | Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.3 Э2 Э6 Э11       |  | КМ2 | Р6 |
| 2.10                                    | Подготовка к лабораторным работам по магнитным свойствам твердых тел /Ср/  | 6 | 10 | ПК-2-В2 ПК-2-В3   | Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6Л2.3Л3.1 Л3.2 Э2     |  |     |    |
| <b>Раздел 3. Электрические свойства</b> |  |   |    |   |   |  |     |    |
| 3.1                                     | Общие представления об электрической проводимости металлов с позиций классической и квантовой теорий свободных электронов. Теория Друде-Лоренца. /Лек/   | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3 Э2                                 |  |     |    |
| 3.2                                     | Теория Зоммерфельда. Зонная теория электрических свойств твердых тел. Электропроводность переходных металлов. Механизмы рассеяния электронов (электрон-фононное, электрон-магнетонное и электрон-электронное). Механизм s-d-рассеяния. /Лек/ | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3 Э2                                 |  |     |    |
| 3.3                                     | Изучение влияния геометрических параметров образца на результат измерения удельного электрического сопротивления /Лаб/   | 6 | 2  | ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У4 ПК-2-В1 ПК-2-В3                 | Л1.3 Л1.6Л2.3 Э2 Э4 Э5 Э6 Э12           |  |     | Р7 |
| 3.4                                     | Температурные зависимости электросопротивления металлов. Влияние дефектов кристаллического строения. Связь электропроводности и теплопроводности. /Лек/  | 6 | 2  | ПК-2-31 ПК-2-32   | Л1.3 Э2                                 |  |     |    |
| 3.5                                     | Изучение зависимости электрического сопротивления углеродистой стали от термической обработки Контрольная работа /Лаб/   | 6 | 6  | ПК-2-У1 ПК-2-У3 ПК-2-У4 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3                 | Л1.3 Л1.6Л2.3 Э2                        |  | КМ3 | Р8 |
| 3.6                                     | Явление сверхпроводимости. Термоэлектрические свойства. Применение электрического анализа в металловедении. /Лек/  | 6 | 2  | ПК-2-31   | Л1.3 Э2 Э3                              |  |     |    |

|                                   |  |   |    |                         |   |  |  |  |
|-----------------------------------|--|---|----|-------------------------|---|--|--|--|
| 3.7                               | Подготовка к лабораторным работам по электрическим свойствам твердых тел /Ср/  | 6 | 5  | ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 | Л1.3<br>Л1.6Л2.3Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 Э6<br>Э12 |  |  |  |
| <b>Раздел 4. Упругие свойства</b> |  |   |    |                         |   |  |  |  |
| 4.1                               | Упругие модули. Модули упругости чистых металлов. Модули упругости кристаллических тел и монокристаллов. Температурная зависимость модулей упругости. Модули упругости как характеристики сил связи в кристаллической решетке. Влияние фазового состояния и структуры на модули. /Лек/ | 6 | 3  | ПК-2-31                 | Л1.3<br>Э2  |  |  |  |
| 4.2                               | Внутреннее трение, характеристики и методы измерения внутреннего трения. Механизмы внутреннего трения (механизм Снуки и Зинера, зернограничное внутреннее трение, магнитомеханическое затухание и др.). Сплавы с особыми демпфирующими свойствами. /Лек/                               | 6 | 2  | ПК-2-31                 | Л1.5<br>Э2  |  |  |  |
| 4.3                               | Проработка лекционных материалов /Ср/  | 6 | 10 | ПК-2-У1                 | Л1.3Л2.3Л3.<br>1<br>Э2                              |  |  |  |

## 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-У1;ПК-2-У2;ПК-2-32;ПК-2-У3 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каково различие между физическими и механическими свойствами?</li> <li>2. Какие классификации физических свойств Вы знаете?</li> <li>3. Приведите примеры физических свойств, относящихся к структурно-чувствительным свойствам.</li> <li>4. Приведите примеры физических свойств, относящихся к структурно-нечувствительным свойствам.</li> <li>5. Предложите эксперимент, с помощью которого можно определить, является ли свойство структурно-чувствительным или нет.</li> <li>6. Каковы основные положения динамической теории?</li> <li>7. Сколько типов волн может распространяться в кристаллической решетке?</li> <li>8. Какие типы упругих волн могут распространяться в кристаллической решетке?</li> </ol> |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>9. Опишите основные свойства акустических волн.</p> <p>10. Опишите основные свойства оптических волн.</p> <p>11. Опишите (в том числе и графически) зависимость частоты упругих колебаний от волнового вектора.</p> <p>12. Волна, как гармонический осциллятор или фонон.</p> <p>13. Что представляет собой функция плотности состояний?</p> <p>14. Что такое теплоемкость?</p> <p>15. Почему теплоемкость при постоянном давлении всегда выше, чем при постоянном объеме?</p> <p>16. Перечислите основные составляющие теплоемкости.</p> <p>17. При каких температурах справедлив закон Дюлонга-Пти?</p> <p>18. Каковы основные предположения теории теплоемкости Эйнштейна?</p> <p>19. Каковы недостатки теории Эйнштейна?</p> <p>20. В каком предположении проявляется квантовый характер теории теплоемкости Эйнштейна?</p> <p>21. Какую составляющую теплоемкости описывают теории Эйнштейна и Дебая?</p> <p>22. Что такое спектр колебаний атомов?</p> <p>23. Чем нормальные колебания в теории Дебая отличаются от колебаний атомов в теории Эйнштейна?</p> <p>24. Как согласно Дебаю зависит от частоты плотность распределения числа нормальных колебаний?</p> <p>25. Чему равно общее число нормальных колебаний?</p> <p>26. Как выглядит температурная зависимость теплоемкости твердого тела в модели Дебая?</p> <p>27. Что такое «закон кубов Дебая»?</p> <p>28. От каких факторов зависит температура Дебая?</p> <p>29. Какую формулу предложил Линдеман для оценки температуры Дебая?</p> <p>30. Какие значения теплоемкости предсказывает теория Дебая при низких и высоких температурах?</p> <p>31. Что такое фононы? Как число фононов зависит от температуры?</p> <p>32. Чем фононы отличаются от обычных частиц?</p> <p>33. Как повышение амплитуды колебаний атомов при нагреве описывается с помощью представления о фононах?</p> <p>34. Каковы общие и различные черты трех теорий теплоемкости – классической, Эйнштейна и Дебая?</p> <p>35. При каких температурах вакансии вносят заметный вклад в теплоемкость?</p> |
|--|--|--|---|



|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>36. Какие электроны вносят вклад в теплоемкость?</p> <p>37. Что такое коэффициент электронной теплоемкости?</p> <p>38. Как электронная теплоемкость зависит от энергии Ферми?</p> <p>39. Почему для переходных металлов коэффициент электронной теплоемкости имеет, как правило, более высокое значение, чем для нормальных металлов?</p> <p>40. Каковы основные механизмы переноса тепла в твердых телах?</p> <p>41. В чем состоит кинетическая теория теплопроводности?</p> <p>42. Каковы основные механизмы рассеяния фононов?</p> <p>43. Какие процессы называют процессами переброса?</p> <p>44. Почему на теплопроводность оказывают влияние процессы переброса, а не нормальные процессы?</p> <p>45. Как решеточная теплопроводность зависит от температуры?</p> <p>46. Почему решеточная теплопроводность зависит от температуры по кривой с максимумом?</p> <p>47. Как электронная теплопроводность зависит от температуры?</p> <p>48. Как наличие примесей изменяет температурную зависимость теплопроводности металлов?</p> |
|--|--|--|---|

|     |                      |                                 |  |
|-----|----------------------|---------------------------------|--|
| КМ2 | Контрольная работа 2 | ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У3 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Почему при вычислении атомного магнитного момента чаще всего пренебрегают магнитными моментами нейтронов и протонов?</li> <li>2. На основании чего при вычислении магнитного момента атома для d-металлов не учитывают орбитальный магнитный момент?</li> <li>3. Что такое магнетон Бора? Чему он равен и что характеризует?</li> <li>4. Как классифицируют вещества по магнитной структуре?</li> <li>5. Как ведут себя парамагнетики и диамагнетики при наложении внешнего магнитного поля?</li> <li>6. Почему диамагнетики и парамагнетики относятся к слабомагнитным веществам?</li> <li>7. Что такое магнитная восприимчивость? Отличается ли её зависимость от напряженности внешнего магнитного поля для слабо- и сильномагнитных веществ?</li> <li>8. Как изменяется магнитная структура разного типа магнетиков при наложении внешнего магнитного поля?</li> <li>9. Чем обусловлен диамагнетизм атома?</li> <li>10. Каков порядок величины диамагнитной восприимчивости атома и отчего он зависит?</li> <li>11. Чем обусловлен парамагнетизм атома?</li> <li>12. От каких параметров зависит парамагнитная восприимчивость решетки в модели Ланжевена?</li> <li>13. Что характеризует закон Кюри и для каких веществ он выполняется?</li> <li>14. Что характеризует закон Кюри-Вейсса, почему введены поправки в закон Кюри и чем они обусловлены?</li> <li>15. Для каких веществ выполняется закон Кюри-Вейсса?</li> <li>16. Чем по теории Паули определяется парамагнетизм электронов?</li> <li>17. С чем связан диамагнитный вклад электронов в суммарную магнитную восприимчивость (теория Ландау)?</li> <li>18. Чем определяется температурная зависимость парамагнитной восприимчивости?</li> <li>19. Чем обусловлен диамагнетизм электронов? Каков вклад этого вида магнетизма в общую восприимчивость магнетиков?</li> <li>20. Магнетики в таблице Менделеева. Сопоставьте магнитное состояние элемента с его положением в таблице Менделеева (номер, группа, период).</li> <li>21. Теория молекулярного поля Розинга и Вейсса, её предположения и основные выводы.</li> <li>22. Как намагниченность ферромагнетика зависит от температуры?</li> <li>23. Сформулируйте критерии ферромагнетизма и антиферромагнетизма.</li> <li>24. Каковы основные идеи теории обменного взаимодействия?</li> <li>25. Какие основные теории обменного взаимодействия Вам</li> </ol> |
|-----|----------------------|---------------------------------|--|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>известны, в чем состоит их основная идея?</p> <p>26. Что характеризует кривая Бете-Слейтера?</p> <p>27. Из каких составляющих складывается свободная энергия ферромагнетика?</p> <p>28. Влияние формы образца на измеряемые магнитные свойства. Понятие о размагничивающем факторе. Энергия размагничивающего фактора и её природа?</p> <p>29. Что такое магнитокристаллическая анизотропия? Какова её природа?</p> <p>30. Явление магнитострикции, её природа.</p> <p>31. Влияние магнитострикции на энергию ферромагнетика.</p> <p>32. Доменная структура ферромагнетика. Её характеристики. Типы границ.</p> <p>33. Чем определяется стремление ферромагнитных систем к многодоменности?</p> <p>34. Что такое кривая намагничивания и петля гистерезиса? Какими параметрами они характеризуются?</p> <p>35. В чем заключаются процессы намагничивания и размагничивания?</p> <p>36. Почему магнитные характеристики и параметры необходимо подразделять на статические и динамические?</p> <p>37. Основные процессы намагничивания.</p> <p>38. Теория коэрцитивной силы (Теория напряжений).</p> <p>39. Теория коэрцитивной силы (Теория включений).</p> <p>40. Опишите основные динамические параметры магнитных материалов.</p> <p>41. Чем определяются потери на перемагничивание?</p> |
|--|--|--|---|

|     |                      |   |   |
|-----|----------------------|---|---|
| КМЗ | Контрольная работа 3 | ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У3;ПК-2-У2 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие предположения заложены в основу модели Друдэ-Лоренца?</li> <li>2. Как формулируется закон Ома в модели Друдэ-Лоренца?</li> <li>3. Что такое средняя скорость дрейфа?</li> <li>4. Что такое средняя длина пробега электронов в модели Друдэ-Лоренца?</li> <li>5. Какими параметрами определяются удельные сопротивление и проводимость в модели Друдэ-Лоренца?</li> <li>6. Какие положения заложены в основу теории Зоммерфельда?</li> <li>7. Какие электроны являются носителями электричества по теории Зоммерфельда?</li> <li>8. Какие основные механизмы рассеяния учитываются при оценке удельного электросопротивления?</li> <li>9. Как влияют вакансии на удельное электрическое сопротивление?</li> <li>10. Как влияют межузельные атомы на удельное электрическое сопротивление?</li> <li>11. Как влияют дислокации на удельное электрическое сопротивление?</li> <li>12. Как влияют границы зерен на удельное электрическое сопротивление?</li> <li>13. Почему отличается электросопротивление s- и d-металлов?</li> <li>14. В каких случаях нужно учитывать s-d-рассеяние, приведите примеры элементов.</li> <li>15. Что учитывает механизм электрон-фононного рассеяния?</li> <li>16. Почему зависимость удельного электросопротивления от температуры по электрон-фононному механизму рассеяния вместо степени «3» имеет степень «5»?</li> <li>17. Что учитывает механизм электрон-магнонного рассеяния?</li> <li>18. Как с учетом электрон-магнонного рассеяния зависит удельное электрическое сопротивление от температуры?</li> <li>19. Взаимосвязь между какими параметрами отражает закон Видемана-Франца?</li> <li>20. Что отражает правило Маттиссена?</li> <li>21. Почему при образовании твердых растворов электросопротивление увеличивается?</li> <li>22. Как зависит от концентрации электросопротивление твердых растворов простых металлов?</li> <li>23. Как и почему различается электросопротивление твердых растворов простых металлов и твердых растворов с переходным металлом?</li> <li>24. Как влияет упорядочение на электросопротивление твердых растворов?</li> <li>25. Как от сопротивления фаз зависит электросопротивление гетерогенных сплавов?</li> <li>26. Как пластическая деформация влияет на электросопротивление?</li> <li>27. Приведите примеры использования электрического анализа для изучения процессов в материалах при старении, термической обработке, для построения диаграмм фазового равновесия.</li> <li>28. Дайте определение основным величинам, характеризующим упругость материалов.</li> <li>29. Дайте полное описание закона Гука, каким образом это описание упрощается для реальных кристаллов различной симметрии?</li> <li>30. Как влияет температура на модуль упругости металлов?</li> <li>31. Какова зависимость модулей упругости твердых растворов от концентрации примесей и чем она обусловлена?</li> <li>32. В чем состоит ферромагнитная аномалия упругости металлов, как это явление можно использовать?</li> <li>33. Что такое внутреннее трение?</li> <li>34. Перечислите основные виды внутреннего трения.</li> <li>35. Опишите возможные характеристики внутреннего трения, как они связаны между собой?</li> <li>36. Опишите зависимость релаксационного внутреннего трения и модуля Юнга от частоты колебаний.</li> <li>37. Опишите зависимость релаксационного внутреннего трения от температуры. Каким образом можно по температурной зависимости рассчитать энергию активации процесса релаксации?</li> </ol> |
|-----|----------------------|---|---|

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>38. Приведите примеры возникновения релаксационного внутреннего трения.</p> <p>39. В чем состоит явление гистерезисного внутреннего трения, приведите примеры реализации такого вида трения.</p> <p>40. Каковы особенности гистерезисного внутреннего трения?</p> <p>41. В чем состоит явление резонансного внутреннего трения. Приведите возможный пример возникновения такого вида трения.</p> <p>42. Перечислите известные Вам материалы с особыми демпфирующими свойствами.</p> |
|--|--|--|--|

|     |                 |   |  |
|-----|-----------------|---|--|
| КМ4 | Зачет с оценкой | ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каково различие между физическими и механическими свойствами?</li> <li>2. Какие классификации физических свойств Вы знаете?</li> <li>3. Приведите примеры физических свойств, относящихся к структурно-чувствительным свойствам.</li> <li>4. Приведите примеры физических свойств, относящихся к структурно-нечувствительным свойствам.</li> <li>5. Предложите эксперимент, с помощью которого можно определить, является ли свойство структурно-чувствительным или нет.</li> <li>6. Каковы достоинства и недостатки использования анализа температурных изменений структурно-чувствительного свойства для изучения процессов, происходящих в материале?</li> <li>7. Что такое теплоемкость?</li> <li>8. Какая связь между молярной и удельной теплоемкостью?</li> <li>9. Почему теплоемкость при постоянном давлении всегда выше, чем при постоянном объеме?</li> <li>10. Перечислите основные составляющие теплоемкости.</li> <li>11. При каких температурах справедлив закон Дюлонга-Пти?</li> <li>12. Каковы основные предположения теории теплоемкости Эйнштейна?</li> <li>13. Каковы недостатки теории Эйнштейна?</li> <li>14. Что такое нулевые колебания атомов? Почему нулевые колебания не сказываются на величине теплоемкости?</li> <li>15. В каком предположении проявляется квантовый характер теории теплоемкости Эйнштейна?</li> <li>16. Какую составляющую теплоемкости описывают теории Эйнштейна и Дебая?</li> <li>17. Что такое спектр колебаний атомов?</li> <li>18. Чем нормальные колебания в теории Дебая отличаются от колебаний атомов в теории Эйнштейна?</li> <li>19. Как согласно Дебаю зависит от частоты плотность распределения числа нормальных колебаний?</li> <li>20. Чему равно общее число нормальных колебаний?</li> <li>21. Как выглядит температурная зависимость теплоемкости твердого тела в модели Дебая?</li> <li>22. Что такое «закон кубов Дебая»?</li> <li>23. От каких факторов зависит температура Дебая?</li> <li>24. Какую формулу предложил Линдемман для оценки температуры Дебая?</li> <li>25. Какие значения теплоемкости предсказывает теория Дебая при низких и высоких температурах?</li> <li>26. Что такое фононы? Как число фононов зависит от температуры?</li> <li>27. Чем фононы отличаются от обычных частиц?</li> <li>28. Как повышение амплитуды колебаний атомов при нагреве описывается с помощью представления о фононах?</li> <li>29. Каковы общие и различные черты трех теорий теплоемкости – классической, Эйнштейна и Дебая?</li> <li>30. При каких температурах вакансии вносят заметный вклад в теплоемкость?</li> <li>31. Какие электроны вносят вклад в теплоемкость?</li> <li>32. Что такое коэффициент электронной теплоемкости?</li> <li>33. Как электронная теплоемкость зависит от энергии Ферми?</li> <li>34. Почему для переходных металлов коэффициент электронной теплоемкости имеет, как правило, более высокое значение, чем для нормальных металлов?</li> <li>35. Сформулируйте правило Неймана-Коппа.</li> <li>36. Каковы основные механизмы переноса тепла в твердых телах?</li> <li>37. В чем состоит кинетическая теория теплопроводности?</li> <li>38. Каковы основные механизмы рассеяния фононов?</li> <li>39. Почему фононы взаимодействуют друг с другом?</li> <li>40. Какие процессы называют процессами переброса?</li> <li>41. Почему на теплопроводность оказывают влияние процессы переброса, а не нормальные процессы?</li> <li>42. Как решеточная теплопроводность зависит от</li> </ol> |
|-----|-----------------|---|--|

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>температуры?</p> <p>43. Почему решеточная теплопроводность зависит от температуры по кривой с максимумом?</p> <p>44. Как электронная теплопроводность зависит от температуры?</p> <p>45. Как наличие примесей изменяет температурную зависимость теплопроводности металлов?</p> <p>46. Как и почему влияет холодная пластическая деформация на электронную теплопроводность?</p> <p>47. Какие предположения заложены в основу модели Друдэ-Лоренца?</p> <p>48. Как формулируется закон Ома в модели Друдэ-Лоренца?</p> <p>49. Что такое средняя скорость дрейфа?</p> <p>50. Что такое средняя длина пробега электронов в модели Друдэ-Лоренца?</p> <p>51. Какими параметрами определяются удельные сопротивление и проводимость в модели Друдэ-Лоренца?</p> <p>52. Какие положения заложены в основу теории Зоммерфельда?</p> <p>53. Какие электроны являются носителями электричества по теории Зоммерфельда?</p> <p>54. Какие основные механизмы рассеяния учитываются при оценке удельного электросопротивления?</p> <p>55. Как влияют вакансии на удельное электрическое сопротивление?</p> <p>56. Как влияют межузельные атомы на удельное электрическое сопротивление?</p> <p>57. Как влияют дислокации на удельное электрическое сопротивление?</p> <p>58. Как влияют границы зерен на удельное электрическое сопротивление?</p> <p>59. Почему отличается электросопротивление s- и d-металлов?</p> <p>60. В каких случаях нужно учитывать s-d-рассеяние, приведите примеры элементов.</p> <p>61. Что учитывает механизм электрон-фононного рассеяния?</p> <p>62. Почему зависимость удельного электросопротивления от температуры по электрон-фононному механизму рассеяния вместо степени «3» имеет степень «5»?</p> <p>63. Что учитывает механизм электрон-магнонного рассеяния?</p> <p>64. Как с учетом электрон-магнонного рассеяния зависит удельное электрическое сопротивление от температуры?</p> <p>65. Взаимосвязь между какими параметрами отражает закон Видемана-Франца?</p> <p>66. Что отражает правило Маттиссена?</p> <p>67. Почему при образовании твердых растворов электросопротивление увеличивается?</p> <p>68. Как зависит от концентрации электросопротивление твердых растворов простых металлов?</p> <p>69. Как и почему различается электросопротивление твердых растворов простых металлов и твердых растворов с переходным металлом?</p> <p>70. Как влияет упорядочение на электросопротивление твердых растворов?</p> <p>71. Как от сопротивления фаз зависит электросопротивление гетерогенных сплавов?</p> <p>72. Как пластическая деформация влияет на электросопротивление?</p> <p>73. Приведите примеры использования электрического анализа для изучения процессов в материалах при старении, термической обработке, для построения диаграмм фазового равновесия.</p> <p>74. Почему при вычислении атомного магнитного момента чаще всего пренебрегают магнитными моментами нейтронов и протонов?</p> <p>75. На основании чего при вычислении магнитного момента атома для d-металлов не учитывают орбитальный магнитный</p> |
|--|--|--|--|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>момент?</p> <p>76. Что такое магнетон Бора? Чему он равен и что характеризует?</p> <p>77. Как классифицируют вещества по магнитной структуре?</p> <p>78. Как ведут себя парамагнетики и диамагнетики при наложении внешнего магнитного поля?</p> <p>79. Почему диамагнетики и парамагнетики относятся к слабомагнитным веществам?</p> <p>80. Что такое магнитная восприимчивость? Отличается ли её зависимость от напряженности внешнего магнитного поля для слабо- и сильномагнитных веществ?</p> <p>81. Как изменяется магнитная структура разного типа магнетиков при наложении внешнего магнитного поля?</p> <p>82. Чем обусловлен диамагнетизм атома?</p> <p>83. Каков порядок величины диамагнитной восприимчивости атома и отчего он зависит?</p> <p>84. Как зависит диамагнитная восприимчивость атома от положения в таблице Менделеева и для каких элементов эксперимент совпадает с теорией?</p> <p>85. Чем обусловлен парамагнетизм атома?</p> <p>86. От каких параметров зависит парамагнитная восприимчивость решетки в модели Ланжевена?</p> <p>87. Что характеризует закон Кюри и для каких веществ он выполняется?</p> <p>88. Что характеризует закон Кюри-Вейсса, почему введены поправки в закон Кюри и чем они обусловлены?</p> <p>89. Для каких веществ выполняется закон Кюри-Вейсса?</p> <p>90. Чем по теории Паули определяется парамагнетизм электронов?</p> <p>91. Почему различается восприимчивость электронов простых и переходных металлов по теории Паули?</p> <p>92. Чем определяется температурная зависимость парамагнитной восприимчивости? Почему температурный коэффициент восприимчивости может иметь разный знак?</p> <p>93. Чем определяется диамагнетизм электронов по теории Ландау?</p> <p>94. Магнетики в таблице Менделеева. Сопоставьте магнитное состояние элемента с его положением в таблице Менделеева (номер, группа, период).</p> <p>95. Теория молекулярного поля Розинга и Вейсса, её предположения и основные выводы.</p> <p>96. Как намагниченность ферромагнетика зависит от температуры?</p> <p>97. Какова природа молекулярного поля?</p> <p>98. Сформулируйте критерии ферромагнетизма и антиферромагнетизма.</p> <p>99. Каковы основные идеи теории обменного взаимодействия?</p> <p>100. Что характеризует кривая Бете-Слейтера?</p> <p>101. В чем различие моделей обменного взаимодействия: прямого, полярного и зонного? Их достоинства и недостатки.</p> <p>102. В чем состоят особенности магнитного момента РЗМ-металлов?</p> <p>103. Из каких составляющих складывается свободная энергия ферромагнетика?</p> <p>104. Влияние формы образца на измеряемые магнитные свойства. Понятие о размагничивающем факторе. Энергия размагничивающего фактора и её природа?</p> <p>105. Что такое магнитокристаллическая анизотропия? Какова её природа?</p> <p>106. Явление магнитострикции, её природа.</p> <p>107. Анизотропия магнитострикции.</p> <p>108. Влияние магнитострикции на энергию ферромагнетика.</p> <p>109. Энергия ферромагнетика в поле упругих напряжений.</p> <p>110. Доменная структура ферромагнетика. Её характеристики. Типы границ.</p> <p>111. Однодоменные частицы? Суперпарамагнитные частицы?</p> <p>112. Что такое кривая намагничивания и петля гистерезиса?</p> |
|--|--|--|---|



|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>Какими параметрами они характеризуются?</p> <p>113. Основные процессы намагничивания.</p> <p>114. Суть скачков Баркгаузена и связь с ними кривой намагничивания и размагничивания?</p> <p>115. Теория напряжений.</p> <p>116. Теория включений.</p> <p>117. Основные типы магнитных материалов.</p> <p>118. Роль наведенной магнитной анизотропии в формировании свойств магнитных материалов?</p> <p>119. Дайте определение основным величинам, характеризующим упругость материалов.</p> <p>120. Дайте полное описание закона Гука, каким образом это описание упрощается для реальных кристаллов различной симметрии?</p> <p>121. Как влияет температура на модуль упругости металлов?</p> <p>122. Какова зависимость модулей упругости твердых растворов от концентрации примесей и чем она обусловлена?</p> <p>123. В чем состоит ферромагнитная аномалия упругости металлов, как это явление можно использовать?</p> <p>124. Что такое внутреннее трение?</p> <p>125. Перечислите основные виды внутреннего трения.</p> <p>126. Опишите возможные характеристики внутреннего трения, как они связаны между собой?</p> <p>127. Опишите зависимость релаксационного внутреннего трения и модуля Юнга от частоты колебаний.</p> <p>128. Опишите зависимость релаксационного внутреннего трения от температуры. Каким образом можно по температурной зависимости рассчитать энергию активации процесса релаксации?</p> <p>129. Приведите примеры возникновения релаксационного внутреннего трения.</p> <p>130. В чем состоит явление гистерезисного внутреннего трения, приведите примеры реализации такого вида трения.</p> <p>131. Каковы особенности гистерезисного внутреннего трения?</p> <p>132. В чем состоит явление резонансного внутреннего трения. Приведите возможный пример возникновения такого вида трения.</p> <p>133. Перечислите известные Вам материалы с особыми</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         | Лабораторная работа 1 | ПК-2-31;ПК-2-У3;ПК-2-У4                                 | Дифференциальный термический анализ в металлических материалах  |
| P2         | Лабораторная работа 2 | ПК-2-31;ПК-2-У3   | Дилатометрический анализ фазовых превращений в материалах   |
| P3         | Лабораторная работа 3 | ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У3;ПК-2-У4                         | Изучение фазовых превращений в аморфных сплавах с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии                         |
| P4         | Лабораторная работа 4 | ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У3;ПК-2-У4                         | Построение кривой намагничивания и статической петли гистерезиса ферромагнетика индукционно-импульсным методом              |
| P5         | Лабораторная работа 5 | ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У3;ПК-2-У4                         | Определение потерь на перемагничивание электротехнической стали на установке МК-4Э  |
| P6         | Лабораторная работа 6 | ПК-2-32;ПК-2-31;ПК-2-У4                                 | Влияние частоты и амплитуды напряженности внешнего магнитного поля на динамические характеристики магнитомягких материалов. |
| P7         | Лабораторная работа 7 | ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-31;ПК-2-32                 | Изучение зависимости электрического сопротивления образца меди в зависимости от длины провода                               |
| P8         | Лабораторная работа 8 | ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4 | Изучение зависимости электрического сопротивления образцов стали от температур закалки и отпуска                            |

**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)**

Оценка за зачет выводится на основе среднего балла по трем контрольным работам при условии выполнения и защиты всех лабораторных работ. В случае несогласия студента со своей оценкой, ему может быть предоставлена возможность написать зачетную работу. Вопросы зачетной работы размещены в КМ4.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

|      | Авторы, составители   | Заглавие   | Библиотека             | Издательство, год      |
|------|---|--|------------------------|------------------------|
| Л1.1 | Перминов А. С.,<br>Шуваева Е. А.,<br>Введенский В. Ю.,<br>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        |
| Л1.2 | Перминов А. С.,<br>Введенский В. Ю.,<br>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        |
| Л1.3 | Лившиц Б. Г.,<br>Крапошин В. С.,<br>Линецкий Я. Л.,<br>Лившиц Б. Г.         | Физические свойства металлов и сплавов: Учебник для металлург. спец. вузов   | Библиотека МИСиС       | М.: Металлургия, 1980  |
| Л1.4 | Кекало И. Б.  | Физические свойства металлов: Разд.: Дилатотермия и термический анализ металлов и сплавов: лаб. практикум для студ. спец. 11.04, 11.05, 11.07, 11.08 | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1992        |
| Л1.5 | Головин И. С.   | Внутреннее трение и механическая спектроскопия металлических материалов: учебник   | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2012 |
| Л1.6 | Перминов А. С.,<br>Введенский В. Ю.,<br>Шуваева Е. А.,<br>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 | Кекало И. Б.,<br>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                      |
| Л2.2 | Боровик Е. С.,<br>Мильнер А. С.                      | Лекции по магнетизму: учеб. пособие для физ. спец. ун-тов  | Библиотека МИСиС       | Харьков: Гос. ун-т им. А. М. Горького, 1966 |
| Л2.3 | Введенский В. Ю.,<br>Лилеев А. С.,<br>Перминов А. С. | Экспериментальные методы физического материаловедения: монография  | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2011                      |

| <b>6.1.3. Методические разработки</b>  |  |  |   |                        |
|--|--|--|---|------------------------|
|  | Авторы, составители  | Заглавие   | Библиотека  | Издательство, год      |
| ЛЗ.1   | 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.2   | 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 |
| <b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b> |  |  |   |                        |
| Э1   | Физические свойства материалов : учебное пособие / В.И. Грызунов, Т.И. Грызунова, О.А. Клецова и др. – 3-е изд., доп. – Москва : Флинта, 2019. – 137 с. Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн - <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a> Свободный доступ с IP-адресов НИТУ "МИСиС". |  | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=461082">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=461082</a>   |                        |
| Э2   | Шуваева Е.А., Введенский В.Ю., Перминов А.С. Физические свойства наноматериалов, УМКД. – М.: Издательский дом МИСиС, 2010.   |  | <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> |                        |
| Э3   | Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров – М.: Техносфера, 2012. – 560 с.  |  | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=233466&amp;sr=1">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=233466&amp;sr=1</a>   |                        |
| Э4   | 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>   |                        |
| Э5   | ГОСТ 15.101-98 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). 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>   |                        |
| Э6   | 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>   |                        |
| Э7   | 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>   |                        |
| Э8   | ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.-Переизд 2011. - М.: Стандартиформ, 2011   |  | <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200005367">http://docs.cntd.ru/document/1200005367</a>   |                        |
| Э9   | 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>   |                        |
| Э10  | 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>   |                        |
| Э11  | 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>   |                        |
| Э12  | 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 | — Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>  |
| И.3 | — Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a> |
| И.4 | Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):   |
| И.5 | — аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>    |
| И.6 | — аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>                            |
| И.7 | — наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>                           |
| И.8 | — научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>                        |

**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

| Ауд.                           | Назначение   | Оснащение  |
|--------------------------------|--|--|
| Читальный зал №4 (Б)           |  | комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета  |
| Б-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<br>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  |

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами особенностей физических свойств твердых тел. Лабораторные работы нацелены на практическое изучение влияния различных факторов на физические свойства изучаемых материалов, влияния их термической обработки, изучения влияния особенностей фазового и структурного состояния.

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

- 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.

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.