

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 16.11.2023 16:24:50

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)

Физико-химия наноматериалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физической химии

Направление подготовки

00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 6

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

23

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 6 (3.2) | | Итого | |
|-------------------------------------------|--------------|-----|-------|-----|
| | Неделя 20 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Лабораторные | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Практические | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Итого ауд. | 85 | 85 | 85 | 85 |
| Контактная работа | 85 | 85 | 85 | 85 |
| Сам. работа | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Итого | 108 | 108 | 108 | 108 |

Программу составил(и):

Рабочая программа

Физико-химия наноматериалов

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Metallургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Metallургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании
Кафедра физической химии

Протокол от 21.06.2022 г., №11-21/22

Руководитель подразделения Салимон А.И.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

| | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | Цели освоения дисциплины - научить взаимосвязи между особенностями зонной структуры наноматериалов и их физико-химическими свойствами. Показать влияние электронных и структурных дефектов решетки на свойства кристаллов, а также их роль в протекании твердофазных процессов. |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Блок ОП: | 2.1.2 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: |
| 2.1.1 | Академическое письмо |
| 2.1.2 | Иностранный язык |
| 2.1.3 | История и философия науки |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: |
| 2.2.1 | Аналитическая химия |
| 2.2.2 | Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика |
| 2.2.3 | Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика |
| 2.2.4 | Геотехнология, горные машины |
| 2.2.5 | Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр |
| 2.2.6 | Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр |
| 2.2.7 | Литейное производство |
| 2.2.8 | Материаловедение |
| 2.2.9 | Материаловедение |
| 2.2.10 | Материаловедение |
| 2.2.11 | Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов |
| 2.2.12 | Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов |
| 2.2.13 | Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов |
| 2.2.14 | Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов |
| 2.2.15 | Металлургия черных, цветных и редких металлов |
| 2.2.16 | Металлургия черных, цветных и редких металлов |
| 2.2.17 | Металлургия черных, цветных и редких металлов |
| 2.2.18 | Нанотехнологии и наноматериалы |
| 2.2.19 | Нанотехнологии и наноматериалы |
| 2.2.20 | Нанотехнологии и наноматериалы |
| 2.2.21 | Обогащение полезных ископаемых |
| 2.2.22 | Обработка металлов давлением |
| 2.2.23 | Порошковая металлургия и композиционные материалы |
| 2.2.24 | Порошковая металлургия и композиционные материалы |
| 2.2.25 | Теоретические основы проектирования горнотехнических систем |
| 2.2.26 | Технологии и машины обработки давлением |
| 2.2.27 | Технологии и машины обработки давлением |
| 2.2.28 | Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники |
| 2.2.29 | Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники |
| 2.2.30 | Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники |
| 2.2.31 | Технология электрохимических процессов и защита от коррозии |
| 2.2.32 | Физика конденсированного состояния |
| 2.2.33 | Физика конденсированного состояния |
| 2.2.34 | Физика конденсированного состояния |
| 2.2.35 | Физика конденсированного состояния |
| 2.2.36 | Физика конденсированного состояния |
| 2.2.37 | Физика полупроводников |
| 2.2.38 | Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ |
| 2.2.39 | Электротехнические комплексы и системы |
| 2.2.40 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |

А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях**Уметь:**

А-1-У1 проводить научный поиск и применять результаты научно-исследовательских разработок

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. Зонная теория твердых тел. Зоны Бриллюэна | | | | | | | |
| 1.1 | Зонная структура энергетического спектра кристаллических тел (качественное рассмотрение на примерах в приближении «сильной связи»). /Лек/ | 6 | 1 | А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 1.2 | Обратная решетка. Графическое построение зон Бриллюэна для двухмерной простой квадратной решетки /Пр/ | 6 | 4 | А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 1.3 | Классификация кристаллических тел по типу зонной структуры спектра: металлы, диэлектрики, полупроводники. Волновая функция электрона в периодическом потенциальном поле. Функции Блоха. Волновая функция для нулевого волнового вектора. Отражение Брэгга и энергетическая щель. /Лек/ | 6 | 2 | А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 1.4 | Графическое построение зон Бриллюэна для двухмерной простой кубической решетки /Пр/ | 6 | 4 | А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 1.5 | Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ. Подготовка рефератов. /Ср/ | 6 | 6 | А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 1.6 | графическое построение зон Бриллюэна для двухмерной простой квадратной решетки /Лаб/ | 6 | 8 | А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1Л2.2 Л3.1Л2.1 Э1 | | | |
| 1.7 | графическое построение зон Бриллюэна для двухмерной простой кубической решетки /Лаб/ | 6 | 9 | А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1Л1.2 Л2.2Л3.1 Э1 | | | |
| | Раздел 2. Модель Кронига – Пенни. | | | | | | | |
| 2.1 | Зоны Бриллюэна. Форма и объем зон Бриллюэна. Фазовая скорость электрона. Эффективная масса. /Лек/ | 6 | 2 | А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------|------------------------------------|--|--|--|
| 2.2 | Применение метода мягких рентгеновских спектров твердых тел для изучения их зонной структуры. /Пр/ | 6 | 4 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 2.3 | Зоны Бриллюэна. Форма и объем зон Бриллюэна. Групповая скорость электрона. /Лек/ | 6 | 2 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 2.4 | Характерные свойства переходных металлов, обусловленные перекрытием s – зоны и частично заполненной d- зоны /Пр/ | 6 | 4 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 2.5 | Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ. Подготовка рефератов. /Ср/ | 6 | 5 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 2.6 | Применение метода мягких рентгеновских спектров твердых тел для изучения их зонной структуры. /Лаб/ | 6 | 8 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л3.1Л2.1 Э1 | | | |
| | Раздел 3. Диэлектрические свойства изоляторов | | | | | | | |
| 3.1 | Полупроводники: собственные и примесные. Энергия примесных состояний. /Лек/ | 6 | 2 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 3.2 | Зависимость химического потенциала примесного полупроводника от концентрации примеси и влияние этих изменений на адсорбционные равновесия «газ-полупроводник». /Пр/ | 6 | 4 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 3.3 | Положение химического потенциала (уровня Ферми) в энергетическом спектре полупроводника. /Лек/ | 6 | 2 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 3.4 | Вычисления равновесной концентрации вакансий в элементарных кристаллических телах. /Пр/ | 6 | 4 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 3.5 | Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ. Подготовка рефератов. /Ср/ | 6 | 3 | A-1-У1 А-2-У1 А-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 3.6 | Вычисления равновесной концентрации вакансий в элементарных кристаллических телах. /Лаб/ | 6 | 9 | | | | | |
| | Раздел 4. Точечные дефекты кристаллических решеток и их влияние на физико-химические свойства кристаллов. | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------|------------------------------------|--|-----|--|
| 4.1 | Поляризация, ее составляющие и механизмы возникновения. Индукированные диполи. Электронная и ионная поляризуемость. Диэлектрическая проницаемость твердых тел. Локальные поля. /Лек/ | 6 | 1 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 4.2 | Вычисление концентрации дефектов по Шоттки и дефектов по Френкелю в стехиометрических ионных кристаллах с поправкой на изменение колебательной энтропии кристалла. /Пр/ | 6 | 2 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 4.3 | Температурная зависимость диэлектрической проницаемости. Переменные поля. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Статическая и оптическая диэлектрические проницаемости. /Лек/ | 6 | 1 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 4.4 | Оценка энергии образования точечных дефектов в ионных кристаллах. /Пр/ | 6 | 2 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 4.5 | Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ. Подготовка рефератов. /Ср/ | 6 | 3 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| | Раздел 5. Влияние дефектов в кристаллической решетке ионного кристалла на кинетику твердофазных реакций | | | | | | | |
| 5.1 | Влияние дефектов в кристаллической решетке ионного кристалла на кинетику твердофазных реакций (на примере окисления металлов.) Двойной электрический слой на межфазных границах раздела окисел – металл и окисел – кислород. /Лек/ | 6 | 2 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 5.2 | Влияние примеси замещения на концентрацию дефектов по Шоттки в ионных кристаллах (на примере хлорида натрия с примесью кальция). Нестехиометричность в галогенидах щелочных металлов. F- и V- центры и их влияние на оптические свойства кристаллов. /Пр/ | 6 | 2 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | КМ1 | |

| | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------|------------------------------------|--|--|--|
| 5.3 | Радиус экранирования и классификация процессов окисления по роли приповерхностных электрических полей на их кинетику. Теория Мота и Кобреры. /Лек/ | 6 | 1 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 5.4 | Оценка зависимости максимума полосы поглощения F – центров галогенидов от периода решетки на основании «ящичной» модели. Нестехиометричность оксидов с избытком металла и неметалла. /Пр/ | 6 | 2 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 5.5 | Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ. Подготовка рефератов. /Ср/ | 6 | 3 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| Раздел 6. Структурная устойчивость и теория катастроф, активные среды теория параболического окисления Вагнера. | | | | | | | | |
| 6.1 | Кинетика роста «толстых» оксидных пленок на металлах: теория параболического окисления Вагнера. Кинетика роста «тонких» пленок: параболический и кубический законы окисления. Кинетика роста «очень тонких» оксидных пленок: логарифмический и обратнологарифмический законы окисления. /Лек/ | 6 | 1 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 6.2 | Влияние легирующих добавок на константу скорости окисления металла. Теория роста «толстых» оксидных пленок на металлах (Вагнер). Оценка констант скорости параболического окисления металлов(на примерах Cu ₂ O на Cu и ZnO на Zn) /Пр/ | 6 | 2 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |
| 6.3 | Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ. Подготовка рефератов. /Ср/ | 6 | 3 | A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.1Л3.1 Э1 | | | |

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 | Коллоквиум | А-3-У1;А-2-У1;А-1-У1 | Влияние дефектов в кристаллической решетки ионного кристалла на кинетику твердофазных реакций Двойной электрический слой на межфазных границах раздела окисел – металл и окисел – кислород |
| 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 | Реферат | А-3-У1;А-2-У1;А-1-У1 | ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ Концентрация электронов и дырок в собственном и примесном полупроводниках. Положение химического потенциала в энергетическом спектре полупроводника и его зависимость от концентрации примеси. Оценка энергии образования дефектов по Шоттки в ионных кристаллах Влияние легирующих добавок на скорость окисления металлов (теория Вагнера). |
| 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.) | | | |
| Волновая функция для нулевого волнового вектора Зоны Бриллюэна. Форма и объем зон Бриллюэна. Полупроводники: собственные и примесные. Энергия примесных состояний. Диэлектрическая проницаемость твердых тел. Локальные поля Кинетика роста «толстых» оксидных пленок на металлах: теория параболического окисления Вагнера. | | | |
| 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР) | | | |
| Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно применяет полученные знания на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу. Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четко излагает материал. Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляет их после дополнительных и наводящих вопросов. Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания для решения простых задач, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы. Оценка «неявка» – обучающийся на экзамен не явился. | | | |

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Л1.1 | Фистуль В. И. | Амфотерные примеси в полупроводниках | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1992 |

6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|----------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Л2.1 | Блейкмор Дж. | Физика твердого состояния: пер. с англ. | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1972 |
| Л2.2 | Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А. | Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1987 |

6.1.3. Методические разработки

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| Л3.1 | Андреев Лев Алексеевич, Новиков А. В., Новикова Елена Александровна, Бокштейн Борис Самуилович | Физика и химия твердого тела. Точечные дефекты в ионных кристаллах: Метод. указания для студ. спец. 070800 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2003 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| ЛЗ.2 | Андреев Лев Алексеевич, Новиков А. В., Новикова Елена Александровна, Бокштейн Борис Самуилович | Физика и химия твердого тела. Металлы и полупроводники: практикум | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2005 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Э1 | Каталог Российской государственной библиотеки (РГБ) [Электронный ресурс]. | http://www.aleph.rsl.ru |
|----|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

6.3 Перечень программного обеспечения

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

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| И.1 | — Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/ |
| И.2 | — Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news |
| И.3 | Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС): |

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение | Оснащение |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| 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 |
| 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. |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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