

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 16.11.2023 17:15:02

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)

# Физика наноразмерных материалов и структур

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

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

68

самостоятельная работа

40

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 6 (3.2)      |    | Итого |    |
|---|--------------|----|-------|----|
|   | Неделя<br>20 |    |       |    |
| Вид занятий                               | УП           | РП | УП    | РП |
| Лекции                                    | 34           | 17 | 34    | 17 |
| Лабораторные                              | 17           |    | 17    |    |
| Практические                              | 17           | 17 | 17    | 17 |
| Итого ауд.                                | 68           | 34 | 68    | 34 |
| Контактная работа                         | 68           | 34 | 68    | 34 |
| Сам. работа                               | 40           | 38 | 40    | 38 |
| Итого                                     | 108          | 72 | 108   | 72 |

Программу составил(и):

доц., Подгорная Светлана Владимировна

Рабочая программа

### **Физика наноразмерных материалов и структур**

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 технологии материалов электроники**

Протокол от 21.06.2022 г., №11-21/22

Руководитель подразделения Салимон А.И.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |   |
|-----|---|
| 1.1 | Цели освоения дисциплины - научить анализировать и применять законы физики конденсированного состояния к реальным телам. Научить устанавливать связь физических свойств материалов с типом межатомных взаимодействий в них и их структурой. Научить использовать эти связи для прогнозирования механических и физико-химических свойств |
| 1.2 | Задачи дисциплины:  |
| 1.3 | 1. Научить использовать полученные знания для прогнозирования и анализа влияния изменений термодинамических параметров (давление, температура) и параметров межатомного взаимодействия на физические свойства твердых и жидких тел  |
| 1.4 | 2. Научить экспериментальным и теоретическим методам анализа структуры конденсированных тел и устанавливать связи структуры с физическими свойствами;   |
| 1.5 | 3. Научить обосновывать и выбирать типы твердых и жидких тел для применения при решении конкретных научно-технических задач.  |

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |   |       |
|------------|---|-------|
| Блок ОП:   |   | 2.1.2 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |       |
| 2.1.1      | Академическое письмо  |       |
| 2.1.2      | Иностранный язык  |       |
| 2.1.3      | История и философия науки   |       |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |       |
| 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  |       |



|   |
|---|
| <b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>   |
| <b>Знать:</b>   |
| А-2-31 критерии выбора методов и методик исследований   |
| <b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>                         |
| <b>Знать:</b>   |
| А-3-31 методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений   |
| <b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b> |
| <b>Знать:</b>   |
| А-1-31 методы проведения научного поиска  |
| <b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>                         |
| <b>Уметь:</b>   |
| А-3-У1 выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований и разработок в области физики   |
| <b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b> |
| <b>Уметь:</b>   |
| А-1-У1 проводить научный поиск  |
| <b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>   |
| <b>Уметь:</b>   |
| А-2-У1 критически анализировать результаты, делать выводы   |
| <b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>                         |
| <b>Владеть:</b>   |
| А-3-В2 навыком выполнения оценки и обработки результатов исследования   |
| А-3-В1 навыком выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок в области физики   |

#### 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. Законы теплового излучения</b>  |                |       |  |                               |            |    |                    |
| 1.1         | Общая информация, предмет курса. Предпосылки возникновения квантовой теории. Законы теплового излучения: классические законы и уравнение Планка. /Лек/ | 6              | 1     | А-1-31 А-1-У1<br>А-2-31 А-2-У1<br>А-3-31 А-3-У1<br>А-3-В1 А-3-В2 | Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |            |    |                    |
| 1.2         | Тепловое излучение и его характеристики. Законы Стефана-Больцмана и смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса /Пр/   | 6              | 1     | А-1-31 А-1-У1<br>А-2-31 А-2-У1<br>А-3-31 А-3-У1<br>А-3-В1 А-3-В2 | Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |            |    |                    |

|     |   |   |    |  |                                   |  |     |  |
|-----|---|---|----|--|-----------------------------------|--|-----|--|
| 1.3 | работа с лекционным материалом, поиск и обзор научной и учебной литературы, написание доклада, выполнение индивидуальных и групповых заданий; освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену. /Ср/ | 6 | 13 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 1.4 | Законы фотоэффекта. Фотонная теория света. Масса, энергия и импульс фотона. /Лек/   | 6 | 1  | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 1.5 | Вывод классических законов из формулы Планка. Определение работы выхода электрона. Методы определения постоянной Планка /Пр/  | 6 | 1  | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 1.6 | работа с лекционным материалом, поиск и обзор научной и учебной литературы, написание доклада, выполнение индивидуальных и групповых заданий; освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену. /Ср/ | 6 | 5  | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 1.7 | Определение характеристик фотона и расчет взаимодействия фотона с электроном /Пр/   | 6 | 1  | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 1.8 | Эффект Комптона и его элементарная теория. Тормозное рентгеновское излучение. Давление света. Волны де Бройля. /Лек/  | 6 | 1  | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 1.9 | Контрольная работа на тему «Тепловое излучение и его характеристики» /Пр/   | 6 | 1  | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  | КМ1 |  |
|     | <b>Раздел 2. Основы квантовой теории строения атома</b>   |   |    |  |                                   |  |     |  |
| 2.1 | Агрегатные состояния вещества, конденсированные состояния. Трудности обоснования устойчивости атомов в рамках классической физики. /Лек/  | 6 | 1  | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |

|     |   |   |   |  |                                   |  |  |    |
|-----|---|---|---|--|-----------------------------------|--|--|----|
| 2.2 | Расчеты положений спектральных линий /Пр/   | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 2.3 | Модели атома Томсона и Резерфорда /Лек/   | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 2.4 | Расчеты энергетических уровней электронов в атоме водорода, взаимодействия электронов на орбитах с излучением /Пр/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 2.5 | Спектр излучения атома водорода. /Лек/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  | P1 |
| 2.6 | работа с лекционным материалом, поиск и обзор научной и учебной литературы, написание доклада, выполнение индивидуальных и групповых заданий; освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену. /Ср/ | 6 | 5 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 2.7 | Постулаты Бора. Модель атома водорода. Электронная структура и таблица химических элементов. /Лек/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
|     | <b>Раздел 3. Типы связи в кристаллах</b>  |   |   |  |                                   |  |  |    |
| 3.1 | Причины образования связей между атомами. Оценки энергии и силы взаимодействия /Лек/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 3.2 | Оценки энергии связи из термодинамических данных. /Пр/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 3.3 | Ионные кристаллы. Постоянная Маделунга. /Лек/   | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 3.4 | Расчет энергии решетки ионного кристалла. Оценка постоянной Маделунга /Пр/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |



|      |   |   |   |  |                                   |  |  |    |
|------|---|---|---|--|-----------------------------------|--|--|----|
| 3.5  | работа с лекционным материалом, поиск и обзор научной и учебной литературы, написание доклада, выполнение индивидуальных и групповых заданий; освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену. /Ср/ | 6 | 5 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 3.6  | Ковалентные кристаллы, обменные взаимодействия. Металлическая связь, электронная плотность. Молекулярные кристаллы, дисперсионные взаимодействия /Лек/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 3.7  | Расчет параметров потенциала межатомного взаимодействия /Пр/  | 6 | 2 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 3.8  | Физические свойства, обусловленные силой межатомного взаимодействия /Лек/   | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 3.9  | Расчет сжимаемости из потенциала взаимодействия /Пр/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  | P2 |
| 3.10 | работа с лекционным материалом, поиск и обзор научной и учебной литературы, написание доклада, выполнение индивидуальных и групповых заданий; освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену. /Ср/ | 6 | 5 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
|      | <b>Раздел 4. Электроны в металлах</b>   |   |   |  |                                   |  |  |    |
| 4.1  | Электроны в кристаллах, распределение Ферми-Дирака. /Лек/   | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 4.2  | Расчет плотности энергетических состояний в металлах /Пр/   | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 4.3  | Электронные энергетические зоны в различных приближениях /Лек/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |
| 4.4  | Расчет эффективной массы электрона /Пр/   | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |    |

|   |   |   |   |  |                                   |  |     |  |
|---|---|---|---|--|-----------------------------------|--|-----|--|
| 4.5                                       | Теплоемкость электронов в металлах /Лек/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 4.6                                       | Оценка электропроводности и теплопроводности металлов /Пр/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 4.7                                       | Электропроводность и теплопроводность металлов /Лек/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 4.8                                       | Контрольная работа на тему «Электроны в металлах» /Пр/  | 6 | 1 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  | КМ2 |  |
| <b>Раздел 5. Теории жидкого состояния</b> |   |   |   |  |                                   |  |     |  |
| 5.1                                       | Изменения свойств вещества при плавлении. Теории жидкого состояния. Распределение атомов в жидкости. Понятие о функции радиального распределения атомов /Лек/       | 6 | 2 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 5.2                                       | Функция радиального распределения атомов жидкого тела. Расчеты свойств /Пр/   | 6 | 2 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2<br>Э1 Э2 Э3 |  |     |  |
| 5.3                                       | работа с лекционным материалом, освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену. /Ср/ | 6 | 5 | A-1-31 A-1-Y1<br>A-2-31 A-2-Y1<br>A-3-31 A-3-Y1<br>A-3-B1 A-3-B2 | Л1.1Л2.1Л3.<br>1 Л3.2             |  |     |  |

### 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 «Тепловое излучение и его характеристики» | A-3-31;A-3-Y1;A-3-B1;A-3-B2;A-2-31;A-2-Y1;A-1-31;A-1-Y1 | Контрольная работа «Тепловое излучение и его характеристики»<br>- Медный шарик диаметра $d = 1,2$ см поместили в откачанный сосуд, температура стенок которого поддерживается близкой к абсолютному нулю. Начальная температура шарика $T_0 = 300$ К. Считая поверхность шарика абсолютно черной, найти, через сколько времени его температура уменьшится в $\eta = 2,0$ раза<br><br>- Энергетическая светимость абсолютно черного тела $M_\lambda = 3,0$ Вт/см <sup>2</sup> . Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности этого тела. |
| КМ2    | Контрольная работа «Электроны в металлах»                    | A-3-31;A-3-Y1;A-3-B1;A-3-B2;A-2-31;A-2-Y1;A-1-31;A-1-Y1 | Контрольная работа «Электроны в металлах»<br>Вычислить плотность состояний вблизи уровня Ферми при 0 К для 1 м <sup>3</sup> Na? Вычислите эту же величину для одного моля Na. Почему эти величины отличаются друг от друга?<br><br>- Рассчитать линейную скорость электронов на уровне Ферми Na при 0 К. Вычислить длину волны де Бройля этих электронов   |

| <b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b> |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Код работы  | Название работы   | Проверяемые индикаторы компетенций                      | Содержание работы  |
| P1  | Расчетно-графические задания к теме «Законы фотоэффекта»      | A-3-31;A-3-У1;A-3-B1;A-3-B2;A-2-31;A-2-У1;A-1-31;A-1-У1 | Расчетно-графические задания к теме «Законы фотоэффекта»<br>- Определить постоянную Планка из экспериментальных данных об энергии электронов в результате фотоэлектронной эмиссии              |
| P2  | Расчетно-графические задания к теме «Типы связи в кристаллах» | A-3-31;A-3-У1;A-3-B1;A-3-B2;A-2-31;A-2-У1;A-1-31;A-1-У1 | К теме «Типы связи в кристаллах»<br>-Определить постоянную Маделунга для структуры КСl методом Эвьена по трем электронейтральным группам атомов. Сделать необходимые геометрические построения |

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

Теоретические вопросы:

- Формула Планка. Вывод из формулы Планка классических законов излучения АЧТ
- Спектр излучения атома водорода. Формула Бальмера
- Модель атома Бора. Энергия электрона на орбите атома
- Основные типы связей атомов в кристалле
- Энергия Ферми. Средняя кинетическая энергия электронов

Задачи:

Принимая коэффициент теплового излучения угля при температуре  $T = 600$  К равным 0,8, определить: 1) энергетическую светимость  $R_e$  угля; 2) энергию  $E$ , излучаемую с поверхности угля с площадью  $S = 5$  см<sup>2</sup> за время  $t = 10$  мин.

Вычислить частоты  $f_1$  и  $f_2$  вращения электрона в атоме водорода на второй и третьей орбитах. Сравнить эти частоты с частотой  $\nu$  излучения при переходе электрона с третьей на вторую орбиту

Величина модуля всестороннего сжатия для NaCl составляет  $B = 2.4 \cdot 10^{11}$  дин/см<sup>2</sup>, а расстояние между ионами в положении равновесия равно  $a = 2.82$  Å. Пренебрегая температурной зависимостью величин, оценить параметры потенциала отталкивания ( $\beta$ ,  $\gamma$ ), если энергия взаимодействия иона с другими ионами кристалла аппроксимируется выражением

где  $A = 1.7476$  — постоянная Маделунга.

### 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 | Ашкрофт Н., Мермин Н. | Физика твердого тела | Электронная библиотека | Москва: Мир, 1979 |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители   | Заглавие             | Библиотека             | Издательство, год |
|------|-----------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Л2.1 | Ашкрофт Н., Мермин Н. | Физика твердого тела | Электронная библиотека | Москва: Мир, 1978 |

#### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители  | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год   |
|------|--|---|------------------------|---------------------|
| ЛЗ.1 | Киттель Ч., Гусев А. А.  | Введение в физику твердого тела: учеб. руководство  | Библиотека МИСиС       | М.: МедиаСтар, 2006 |
| ЛЗ.2 | Векилов Юрий Хоренович, Кузьмин Юрий Михайлович, Мухин Сергей Иванович, Муковский Яков Моисеевич, Векилов Юрий Хоренович | Курс теоретической физики в задачах и упражнениях: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Физика металлов' и 'Металловедение и терм. обраб. металлов' | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2005     |

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

|    |   |   |
|----|---|---|
| Э1 | - Федеральный портал «Российское образование» | <a href="http://edu.ru">http://edu.ru</a> ;       |
| Э2 | - Открытое образование                        | <a href="http://openedu.ru">http://openedu.ru</a> |
| Э3 | - Российская государственная библиотека       | <a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a> |

### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |   |
|-----|---|
| П.1 | Консультант Плюс  |
| П.2 | Garant.ru   |
| П.3 | Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsvL MVL PerUsr и PerUsr |
| П.4 | ESET NOD32 Antivirus  |
| П.5 | Win Pro 10 32-bit/64-bit  |

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

|     |  |
|-----|--|
| И.1 | — Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>  |
| И.2 | — Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a> |
| И.3 | Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):   |
| И.4 |  |

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд.                           | Назначение   | Оснащение   |
|--------------------------------|--|---|
| 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 |
| 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 |
| 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

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубленное изучение тем дисциплины и предполагает изучение основных и дополнительных источников учебной и научной литературы, подготовку докладов, рефератов, эссе, выполнение курсовых работ и проектов. Материалы докладов, курсовых работ (проектов) в дальнейшем могут быть использованы при выполнении студенческих научных исследований и стать основой для выступления на студенческих научно-практических конференциях, конкурсах студенческих работ.