**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотонные и квантовые информационные технологии**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **электронных приборов (ЭП)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 28 | 28 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 16 | 16 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 46 | 46 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 5 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по УР
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85004

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Освоение теоретических основ строения конденсированных материалов и оптических материалов, их физических свойств, и происходящих в них процессов и эффектов.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Установление зависимостей физических свойств конденсированных и оптических материалов от их химического состава и структуры.
2. Приобретение навыков математического описания процессов, протекающих в конденсированных материалах и оптических средах.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.04.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| ПК-1. Способен строить физические и математические модели и реализовать методики экспериментального измерения характеристик элементов и узлов фотоники и оптоинформатики и комплексов на их основе | ПК-1.1. Знает основные физические и математические модели элементов и узлов фотоники и оптоинформатики | Знает стандартные программные средства компьютерного моделирования элементов и узлов фотоники и оптоинформатики. Знает основные закономерности формирования конденсированного состояния. |
| | ПК-1.2. Умеет проводить исследования характеристик элементов и узлов фотоники и оптоинформатики | Умеет строить физические и математические модели элементов и узлов фотоники и оптоинформатики. Владеет практическим навыком проведения экспериментальных исследований по определению параметров и характеристик конденсированных веществ. |
| | ПК-1.3. Владеет современными методами расчета и проектирования устройств фотоники и оптоинформатики. | Владеет навыками компьютерного моделирования элементов и узлов фотоники и оптоинформатики. Владеет физическим и математическим аппаратом для решения инженерных задач. |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем

Согласована на портале № 85004

**и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 5 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 62 | 62 |
| Лекционные занятия | 28 | 28 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 46 | 46 |
| Подготовка к тестированию | 34 | 34 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 12 | 12 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | | | | |
| 1 Электронные состояния в твердых телах | 4 | 4 | 4 | 9 | 21 | ПК-1 |
| 2 Теория колебаний решетки | 4 | 2 | - | 5 | 11 | ПК-1 |
| 3 Транспортные свойства твердых тел | 4 | 2 | - | 4 | 10 | ПК-1 |
| 4 Статистика электронов и дырок в твердых телах | 4 | 2 | - | 4 | 10 | ПК-1 |
| 5 Диэлектрические свойства твердых тел | 4 | 2 | - | 4 | 10 | ПК-1 |
| 6 Статистика электронов и дырок в примесных полупроводниках | 4 | 2 | - | 4 | 10 | ПК-1 |
| 7 Неравновесные носители заряда | 2 | 2 | 4 | 8 | 16 | ПК-1 |
| 8 Оптические свойства полупроводников | 2 | 2 | 8 | 8 | 20 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 28 | 18 | 16 | 46 | 108 | |
| Итого | 28 | 18 | 16 | 46 | 108 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Согласована на портале № 85004

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | |
| 1 Электронные состояния в твердых телах | Теории металлов Друде и Зоммерфельда. Недостатки модели свободных электронов. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Адиабатическое приближение. Приближение Борна – Оппенгеймера. Невзаимодействующие электроны в кристаллической решетке. Трансляционная симметрия. Квазиимпульс. Общие свойства зонного спектра. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Теория колебаний решетки | Недостатки модели статической решетки. Динамика решетки. Гармоническое приближение. Нормальные моды одномерной моноатомной решетки Браве. Нормальные моды одномерной решетки с базисом. Акустические и оптические моды колебаний решетки. Квантовая теория колебаний решетки. Фононы. Законы дисперсии акустических и оптических фононов при малых k. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Транспортные свойства твердых тел | Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Приближение времени релаксации. Закон Видемана-Франца. Проводимость и теплопроводность. Длина свободного пробега. Процессы рассеяния. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Статистика электронов и дырок в твердых телах | Функция распределения электронов и дырок по состояниям. Функция плотности состояний для электронов и дырок. Вычисление концентрации электронов в зоне проводимости. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Диэлектрические свойства твердых тел | Поляризация конденсированных материалов. Основные характеристики. Электронная упругая поляризация. Ионная упругая поляризация. Дипольная упругая поляризация. Особенности тепловой поляризации. Ионная тепловая поляризация. Электронная тепловая поляризация. Дипольная тепловая поляризация. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 85004

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Статистика электронов и дырок в примесных полупроводниках | Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми — Дирака. Степень заполнения примесных уровней. Концентрации электронов и дырок в зонах. Примесный полупроводник. Собственный полупроводник. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Неравновесные носители заряда | Равновесные и неравновесные носители заряда. Биполярная оптическая генерация носителей заряда. Монополярная оптическая генерация носителей заряда. Максвелловское время релаксации. Механизмы рекомбинации. Межзонная излучательная рекомбинация. Межзонная ударная рекомбинация. Рекомбинация носителей заряда через ловушки. Теория рекомбинации Холла-Шокли-Рида. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Оптические свойства полупроводников | Оптические коэффициенты. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках. Собственное поглощение. Форма края собственного поглощения в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения. Экситонное поглощение. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 28 | |
| Итого | | 28 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | |

Согласована на портале № 85004

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Электронные состояния в твердых телах | Различные методы расчета зонной структуры. Методы сильной и слабой связи. Плотность состояний. Заполнение энергетических зон электронами. Металлы. Диэлектрики. Полупроводники. Поверхность Ферми. Взаимодействующие электроны. Приближение Хартри-Фока. Когезионная энергия. Ионные и ковалентные кристаллы, металлы. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Теория колебаний решетки | Теплоемкость металлов. Закон Дюлонга и Пти. Квантовая теория теплоемкости. Теплоемкость. Интерполяционная формула Дебая. Теплоемкость. Приближение Эйнштейна. Электронная теплоемкость. Ангармонизм колебаний решетки. Тепловое расширение твердых тел. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Транспортные свойства твердых тел | Эффект Холла. Скин-эффект. Оптические свойства твердых тел. Межзонные переходы. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Статистика электронов и дырок в твердых телах | Концентрация электронов и дырок в собственном полупроводнике. Температурная зависимость уровня Ферми. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Диэлектрические свойства твердых тел | Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Диэлектрические потери. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Статистика электронов и дырок в примесных полупроводниках | Зависимость уровня Ферми от температуры для невырожденного полупроводника с частично компенсированной примесью. Примесные полупроводники при очень низких температурах. Критерий сильного легирования. Свойства сильнолегированных полупроводников. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 85004

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 Неравновесные носители заряда | Температурная зависимость времени жизни носителей заряда при рекомбинации через ловушки. Центры захвата и рекомбинационные ловушки. Уравнение непрерывности. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в случае монополярной проводимости. Диффузия и дрейф неосновных избыточных носителей заряда в примесном полупроводнике. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Оптические свойства полупроводников | Учет электронно-дырочного взаимодействия в области края собственного поглощения. Оптическое поглощение с участием примесей. Примесное и межпримесное поглощение. Поглощение свободными носителями заряда. Плазменное поглощение. Фононное поглощение. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | |
| 1 Электронные состояния в твердых телах | Измерение концентрации носителей заряда в полупроводниках методом термо-ЭДС | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Неравновесные носители заряда | Определение частоты колебаний поперечных оптических фононов в ионных кристаллах | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 85004

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Оптические свойства полупроводников | Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников | 4 | ПК-1 |
| | Определение ширины запрещенной зоны полупроводников по краю собственного поглощения | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | | |
| 1 Электронные состояния в твердых телах | Подготовка к тестированию | 5 | ПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Итого | 9 | | |
| 2 Теория колебаний решетки | Подготовка к тестированию | 5 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 5 | | |
| 3 Транспортные свойства твердых тел | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Статистика электронов и дырок в твердых телах | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 5 Диэлектрические свойства твердых тел | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 6 Статистика электронов и дырок в примесных полупроводниках | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 7 Неравновесные носители заряда | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |

Согласована на портале № 85004

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8 Оптические свойства полупроводников | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| Итого за семестр | | 46 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 82 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-1 | + | + | + | + | Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | | |
| Лабораторная работа | 10 | 10 | 15 | 35 |
| Тестирование | 10 | 10 | 15 | 35 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 20 | 20 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 40 | 70 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Согласована на портале № 85004

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/210305.

2. Шалимова К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/210524.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Павлов П.В. Физика твердого тела: Учебник для вузов / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – 3-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 58 экз.).

2. Физика конденсированного состояния: учебное пособие для вузов / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 294 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 46 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния» : учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. — Томск : ТПУ, 2011. — 47 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/10274.

2. Физика конденсированного состояния: Учебно-методическое пособие / Е. В. Саврук, В. В. Каранский, С. В. Смирнов - 2016. 44 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6270.

3. Аплеснин, С. С. Физика твердого тела. Теория, задачи и лабораторные работы / С. С. Аплеснин, А. М. Харьков. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 364 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/302603.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

Согласована на портале № 85004

– в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Согласована на портале № 85004

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Электронные состояния в твердых телах | ПК-1 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Теория колебаний решетки | ПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Транспортные свойства твердых тел | ПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 85004

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Статистика электронов и дырок в твердых телах | ПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Диэлектрические свойства твердых тел | ПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Статистика электронов и дырок в примесных полупроводниках | ПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 7 Неравновесные носители заряда | ПК-1 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 8 Оптические свойства полупроводников | ПК-1 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |

Согласована на портале № 85004

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Процесс распространения тепла от более нагретых элементов тела к менее нагретым называется:
   а)-теплопроводностью;
   б)-тепловым расширением;
   в)-тепловым сжатием;
   г)-теплоемкостью.
2. Как называется энергия, необходимая для удаления электрона из атома:
   а) - электроотрицательность;
   б) - потенциал ионизации;
   в) - сродство к электрону;
   г) - поляризация.
3. Как называется энергия, освобождаемая при добавлении электрона к атому:
   а)- сродство к электрону;
   б) - потенциал ионизации;
   в) - поляризация;
   г)– электроотрицательность.
4. Периодическое во времени синфазное колебание с характерным пространственным распределением амплитуды - чередование узлов (нулей) и пучностей (максимумов) называется:
   а)- свободной волной;
   б) - стоячей волной;
   в)- затухающей волной;

Согласована на портале № 85004

г)– электромагнитной волной.

5. Фононы, как и фотоны, подчиняются статистике:
   а)- Максвелла-Больцмана;
   б)- Больцмана;
   в)- Ферми-Дирака;
   г)- Бозе-Эйнштейна.
6. Акустические волны представляют:
   а)- звуковые (одна продольная и две поперечные);
   б)- звуковые (две продольные и две поперечные);
   в)- звуковые (одна продольная и три поперечные);
   г)- звуковые (три продольные и две поперечные).
7. В чем сущность приближения Борна-Оппенгеймера?
   а) - электроны в кристалле неподвижны;
   б) - электроны и ядра неподвижны;
   в) - неподвижны только ядра;
   г) - неподвижны только электроны.
8. Чему равно полное число электронных состояний в первой зоне Бриллюэна?
   а) - числу фононов;
   б)- числу электронов;
   в) - числу атомов в кристалле;
   г) - массе электронов.
9. Намагниченность с увеличением индукции магнитной поля:
   а) - сначала возрастает, затем уменьшается;
   б) - увеличивается;
   в)-уменьшается;
   г)-не изменяется.
10. Точечные дефекты, возникающие при облучении кристаллов быстрыми частицами, получили название:
    а)- линейных дефектов;
    б)- дефектов по Шоттки;
    в) - дефектов по Френкелю;
    г) - радиационных дефектов.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Модель атома Бора. Квантово-механическое описание строения атома.
2. Электрон как волна и как частица. Электрон как волна и как частица. Электрон и потенциальный барьер.
3. Квантовый осциллятор. Химическая связь. Образование молекул. Обобществление электронов.
4. Простые и сложные кристаллические решетки. Решетка с базисом. Индексы Миллера. Обратная решетка.
5. Фононы. Электроны проводимости. Плазмоны. Поляроны. Экситоны. Магноны. Тепловые колебания.

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Измерение концентрации носителей заряда в полупроводниках методом термо-ЭДС
2. Определение частоты колебаний поперечных оптических фононов в ионных кристаллах
3. Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников
4. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников по краю собственного поглощения

### 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком

Согласована на портале № 85004

учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

Согласована на портале № 85004

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 85004

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол №09-25 от «23» 9 2025 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления | Г.А. Цой | Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ЭП | А.И. Аксенов | Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961 |
| Доцент, каф. ЭП | А.И. Аксенов | Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ЭП | Е.Е. Слядников | Разработано, 428e61dd-26cd-4d18-850b-74157ffde9f6 |

Согласована на портале № 85004