**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ВАКУУМНАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 56 | 56 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 108 | часов |
| | 3 | 3 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет | 5 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 27.05.2026
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 69478

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования полученных знаний при эксплуатации элементов, приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники, а также проектирования электронных схем на их основе.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование у студентов системы знаний в области физики работы вакуумных и плазменных приборов и устройств.
2. Развитие способности строить простейшие физические и математические модели вакуумных и плазменных приборов.
3. Умение применять физико-математический аппарат для расчета и моделирования физических процессов, протекающих в них.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills - SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.05.
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** | | |
| ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики | Знает фундаментальные законы естественных наук и математики; |
| | ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области | Умеет использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области |
| | ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач | Владеет практическими навыками решения инженерных задач |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |

Согласована на портале № 69478

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 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** | 52 | 52 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 56 | 56 |
| Подготовка к зачету | 8 | 8 |
| Подготовка к защите отчета по лабораторной работе | 6 | 6 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 5 | 5 |
| Подготовка к тестированию | 11 | 11 |
| Подготовка к устному опросу / собеседованию | 13 | 13 |
| Подготовка к контрольной работе | 2 | 2 |
| Выполнение практического задания | 5 | 5 |
| Написание отчета по лабораторной работе | 6 | 6 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 108 | 108 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 3 | 3 |

## 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 Эмиссионная электроника | 7 | 10 | 12 | 22 | 51 | ОПК-1 |
| 2 Электронный поток | 2 | - | - | 5 | 7 | ОПК-1 |
| 3 Управление электронными потоками | 2 | 6 | - | 10 | 18 | ОПК-1 |
| 4 Основные свойства плазмы | 2 | 2 | 4 | 10 | 18 | ОПК-1 |
| 5 Методы измерений параметров плазмы | 1 | - | - | 3 | 4 | ОПК-1 |
| 6 Применение плазмы | 2 | - | - | 3 | 5 | ОПК-1 |
| 7 Элементарные процессы в плазме | 2 | - | - | 3 | 5 | ОПК-1 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 16 | 56 | 108 | |
| Итого | 18 | 18 | 16 | 56 | 108 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Согласована на портале № 69478

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)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | |
| 1 Эмиссионная электроника | Основы электронной теории твердого тела. Энергетические зоны в кристалле. Движение электронов в кристалле. Статистика электронов в твердом теле. Электропроводность металлов и полупроводников. Контактная разность потенциалов. Поверхностный потенциальный барьер | 7 | ОПК-1 |
| | Итого | 7 | |
| 2 Электронный поток | Электронный поток, его формирование и транспортировка, интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки, способы формирования электронных потоков различной интенсивности (электронные пушки и прожекторы), транспортировка электронного потока и способы ограничения его поперечных размеров. Преобразование энергии электронного потока в другие виды энергии, способы, основанные на взаимодействии с внешними электромагнитными полями, энергетический эффект взаимодействия. Способы, основанные на взаимодействии с твердыми телами и структурами, эффекты взаимодействия (катодолюминесценция, катодоусиление, рентгеновское излучение, нагрев). Примеры использования в приборах вакуумной электроники. | 2 | ОПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Управление электронными потоками | Управление электронными потоками. Электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов. Квазистатические и динамические способы управления. Примеры использования в приборах вакуумной электроники | 2 | ОПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 69478

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Основные свойства плазмы | Типы газовых разрядов. Общие свойства плазмы. Радиус Дебая. Квазинейтральность плазмы. Классификация плазмы. Электропроводность плазмы. Явления переноса. Плазма в магнитном поле. Колебания. Неустойчивости и эмиссионные свойства плазмы | 2 | ОПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Методы измерений параметров плазмы | Излучения плазмы. Методы ускорения плазменных потоков. Диагностика параметров плазмы. Зондовый метод диагностики. Одиночный зонд. Двойной зонд. Эмиссионный зонд. Методы СВЧ и лазерной диагностики плазмы | 1 | ОПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 6 Применение плазмы | Применение плазмы в электронике. Плазменные источники ионов газов и металлов. Плазменные источники электрометаллов. Плазменные генераторы и ускорители | 2 | ОПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Элементарные процессы в плазме | Ионизованный газ и плазма. Элементарные процессы в плазме и на пограничных поверхностях. Основные методы генерации плазмы. Модели для описания свойств плазмы. Эффективные сечения взаимодействия. Кулоновские столкновения. Неупругие столкновения в плазме первого и второго рода. Перезарядка. Рекомбинация заряженных частиц. Движение заряженных частиц в плазме. Дрейфовое и направленное движение заряженных частиц. | 2 | ОПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 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** | | | |
| 1 Эмиссионная электроника | Эмиссия заряженных частиц с поверхности твердого тела | 10 | ОПК-1 |
| | Итого | 10 | |
| 3 Управление электронными потоками | Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях | 6 | ОПК-1 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 69478

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Основные свойства плазмы | Зондовая диагностика плазмы | 2 | ОПК-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 Эмиссионная электроника | Исследование термоэлектронной эмиссии. Исследование фотоэлектронной эмиссии. Исследование вторичной электронной эмиссии | 12 | ОПК-1 |
| | Итого | 12 | |
| 4 Основные свойства плазмы | Проверка закона подобия разрядов (закон Пашена) | 4 | ОПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 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** | | | | |

Согласована на портале № 69478

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Эмиссионная электроника | Подготовка к зачету | 2 | ОПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе | 6 | ОПК-1 | Защита отчета по лабораторной работе |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-1 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 2 | ОПК-1 | Устный опрос / собеседование |
| | Подготовка к контрольной работе | 2 | ОПК-1 | Контрольная работа |
| | Выполнение практического задания | 2 | ОПК-1 | Практическое задание |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 2 | ОПК-1 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 22 | | |
| 2 Электронный поток | Подготовка к зачету | 1 | ОПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 3 | ОПК-1 | Устный опрос / собеседование |
| | Итого | 5 | | |
| 3 Управление электронными потоками | Подготовка к зачету | 1 | ОПК-1 | Зачёт |
| | Выполнение практического задания | 3 | ОПК-1 | Практическое задание |
| | Подготовка к тестированию | 3 | ОПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 3 | ОПК-1 | Устный опрос / собеседование |
| | Итого | 10 | | |
| 4 Основные свойства плазмы | Подготовка к зачету | 1 | ОПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ОПК-1 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 2 | ОПК-1 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 4 | ОПК-1 | Отчет по лабораторной работе |
| | Итого | 10 | | |

Согласована на портале № 69478

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 Методы измерений параметров плазмы | Подготовка к зачету | 1 | ОПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 1 | ОПК-1 | Устный опрос / собеседование |
| | Итого | 3 | | |
| 6 Применение плазмы | Подготовка к зачету | 1 | ОПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 1 | ОПК-1 | Устный опрос / собеседование |
| | Итого | 3 | | |
| 7 Элементарные процессы в плазме | Подготовка к зачету | 1 | ОПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-1 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 1 | ОПК-1 | Устный опрос / собеседование |
| | Итого | 3 | | |
| Итого за семестр | | 56 | | |
| Итого | | 56 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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. | |
| ОПК-1 | + | + | + | + | Зачёт, Защита отчета по лабораторной работе, Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Практическое задание, Тестирование, Устный опрос / собеседование |

## 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** | | | | |
| Зачёт | 4 | 5 | 6 | 15 |
| Защита отчета по лабораторной работе | 3 | 4 | 5 | 12 |
| Контрольная работа | 3 | 4 | 5 | 12 |

Согласована на портале № 69478

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Устный опрос / собеседование | 3 | 3 | 4 | 10 |
| Лабораторная работа | 4 | 4 | 6 | 14 |
| Практическое задание | 4 | 4 | 5 | 13 |
| Тестирование | 3 | 4 | 5 | 12 |
| Отчет по лабораторной работе | 3 | 4 | 5 | 12 |
| Итого максимум за период | 27 | 32 | 41 | 100 |
| Нарастающим итогом | 27 | 59 | 100 | 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.

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. Вакуумная и плазменная электроника: Учебное пособие / А. И. Аксенов, Е. М. Окс, А. Ф. Злобина - 2018. 165 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7236.

2. Сушков А.Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учебное пособие для вузов - СПб. : Лань, 2004. - 462 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 37 экз.).

### 7.2. Дополнительная литература

1. Соболев В.Д. Физические основы электронной техники: Учебник для ВУЗов.- М.: Высшая школа, 1979. – 448 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.).

2. Фридрихов С.А., Мовнин С.Н. Физические основы электронной техники: Учебник для ВУЗов .-М.: Высшая школа, 1982. – 608 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.).

Согласована на портале № 69478

3. Агеев, И. М. Физические основы электроники и наноэлектроники : учебное пособие / И.М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/131007 .
4. Голант, В. Е. Основы физики плазмы : учебное пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/167879.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Вакуумная и плазменная электроника: Методические указания к практическим занятиям / А. И. Аксенов - 2018. 39 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7237.
2. Вакуумная и плазменная электроника: Методические указания к лабораторным работам / А. И. Аксенов - 2018. 82 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7238.
3. Вакуумная и плазменная электроника: Методические указания по самостоятельной работе / А. И. Аксенов - 2018. 18 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7239.

#### 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;
– в печатной форме.

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

1. 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:

Согласована на портале № 69478

- 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, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- 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,

Согласована на портале № 69478

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 Эмиссионная электроника | ОПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 2 Электронный поток | ОПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 69478

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Управление электронными потоками | ОПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Основные свойства плазмы | ОПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |
| 5 Методы измерений параметров плазмы | ОПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Применение плазмы | ОПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Элементарные процессы в плазме | ОПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

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

Согласована на портале № 69478

| 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 |
| 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**

Согласована на портале № 69478

1. Что такое эффективность катода ?
   а. Отношение тока эмиссии катода к мощности, затрачиваемой на его нагрев.
   в. Зависимость тока эмиссии от коэффициента лучеиспускания катода.
   с. Отношение тока накала катода к мощности, затрачиваемой на его нагрев.
2. От чего зависит допустимая плотность катодного тока ?
   а. Только от материала катода.
   в. Только от материала активирующего слоя.
   с. От материалов катода и активирующего слоя.
3. Явление Эффект Шотки – что это ?
   а. Увеличение тока эмиссии за счет изменения направления скорости электрона в кристалле.
   в. Увеличение тока эмиссии при наложении внешнего электрического поля.
   с. Уменьшение тока эмиссии при наложении внешнего электрического поля.
4. Какая основная характеристика термоэмиссионного катода?
   а. Зависимость тока эмиссии от температуры катода.
   в. Зависимость тока эмиссии от способа нагрева катода.
   с. Зависимость тока эмиссии от размеров катода.
5. Для каких катодов применяется параметр допустимая плотность катодного тока ?
   а. Только для неактивированных катодов.
   в. Только для активированных катодов.
   с. Для всех типов катодов.
6. Какой эффект лежит в основе электростатической эмиссии?
   а. Эффект Столетова.
   в. Эффект Эйнштейна.
   с Эффект Шотки.
7. В чем основное отличие пленочных катодов от полупроводниковых ?
   а. В эффективности катода.
   в. Значениях рабочей температуры.
   с. В толщине наносимого слоя.
8. Что такое вторичная электрон-электронная эмиссия?
   а. Эмиссия электронов из твердого тела под воздействием потока фотонов.
   в. Эмиссия электронов из твердого тела под воздействием потока ускоренных ионов.
   с. Эмиссия электронов из твердого тела под воздействием потока ускоренных электронов.
9. Как влияет внешнее электрическое поле на ток термоэмиссии ?
   а. Уменьшает.
   в. Не влияет.
   с. Увеличивает.
10. Какой наиболее распространенный тип полупроводникового катода?
    а. Борид лантановый катод.
    в. Карбидированный катод.
    с. Оксидный катод.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично- -электронная, фотоэлектронная эмиссия.
2. Основы электронной теории твердого тела.
3. Формирование и транспортировка электронных потоков.
4. Электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов.
5. Ионизованный газ и плазма. Основные методы генерации плазмы. Типы газовых разрядов.
6. Эмиссионные свойства плазмы. Диагностика параметров плазмы. Применение плазмы в электронике.

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Запишите основное уравнение термоэлектронной эмиссии.
2. Нарисуйте распределение вторичных электронов по энергиям.
3. Запишите закон сохранения энергии для фотоэлектронной эмиссии.

Согласована на портале № 69478

4. Назовите и дайте краткую характеристику газовых разрядов.
5. Тлеющий разряд.

### 9.1.4. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Вольфрамовый термокатод имеет температуру 2700 К, эффективную работу выхода 3,5эВ. Определить плотность тока термоэмиссии (А/м2), если D=0,95.
   Какой станет плотность тока термоэмиссии (смотри первую задачу), если между катодом и анодом проложили напряжение Ua=1кВ, расстояние между электродами 1см.
2. Какой станет плотность тока термоэмиссии (смотри первую задачу), если напряженность электрического поля станет равной нулю?
   Монохроматический пучок света обеспечивает с фотокатода ток фотоэмиссии 1мкА, при этом К=1мкА/Лм. Чему равен световой поток, как изменится энергия электрона, если число фотонов в потоке уменьшить в 2 раза?
3. Определить величину тока термоэмиссии с фотокатода площадью 20 квадратных сантиметров, если эффективная работа выхода равна 0,5эВ, а Т=23 градуса Цельсия.
   Как изменится эффективная работа выхода кристалла катода, если между катодом и анодом приложено U=80кВ, dак=0,2см?
   Электронный поток облучает электрод при этом коэффициент вторичной эмиссии равен 2, а ток во внешней цепи электрода 1МА. Как изменится этот ток, если коэффицмент вторичной эмиссии увеличить до 4?
4. При какой напряженности электрического поля можно получить плотность тока 500А/м2, если вольфрамовый катод имеет температуру 2400К? (эффективная работа выхода =3,52эВ, D=0,98).
   На сколько электрон-вольт (задача 1) уменьшится при этом работа выхода?
   На фотокатод с эффективной работой выхода =1эВ падает монохроматический поток света, под действием которого вылетают в вакуум электроны со скоростью 600км/с. Определить длину волны падающего пучка света.
5. На металлическую пластину падает пучок первичных электронов (Ie=1мА), при этом коэффициент вторичной эмиссии 2. Какой ток протекает в электрической цепи, соединяющей пластину с источником питания?
   Вычислите энергию фотонов, если длина волны 0,2557мкм. Определите скорость электронов, выбиваемых этими фотонами, если эффективная работа выхода =1,81эВ.

### 9.1.5. Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования

1. Использование электронных потоков в приборах вакуумной электроники.
2. Управление электронными потоками.
3. Основные методы генерации плазмы .
4. Типы газовых разрядов, явления переноса .
5. Диагностика плазмы.

### 9.1.6. Темы лабораторных работ

1. Исследование термоэлектронной эмиссии. Исследование фотоэлектронной эмиссии. Исследование вторичной электронной эмиссии
2. Проверка закона подобия разрядов (закон Пашена)

### 9.1.7. Темы практических заданий

1. Термоэлектронная эмиссия заряженных частиц с поверхности твердого тела
2. Фотоэлектронная эмиссия заряженных частиц с поверхности твердого тела
3. Вторичная электрон-электронная эмиссия заряженных частиц с поверхности твердого тела
4. Движение заряженных частиц в электрическом поле
5. Движение заряженных частиц в магнитном поле

### 9.2. Методические рекомендации

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

Согласована на портале № 69478

в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком 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;

Согласована на портале № 69478

– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– 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 № 69478

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол №01-23 от «13» 1 2023 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 |
| И.О. начальника учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ЭП | А.И. Аксенов | Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961 |
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6 |

**РАЗРАБОТАНО:**

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

Согласована на портале № 69478