

**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.**

**«13» 12 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: Элементная база квантовых технологий**

**Форма обучения: очная**

**Факультет: Факультет электронной техники (ФЭТ)**

**Кафедра: Кафедра электронных приборов (ЭП)**

**Курс: 3**

**Семестр: 5**

**Учебный план набора 2024 года**

**Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

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

<b>Формы промежуточной аттестация</b>	<b>Семестр</b>
Зачет	5

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сенченко П.В.  
Должность: Проректор по УР  
Дата подписания: 13.12.2023  
Уникальный программный ключ:  
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 78762

## **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
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
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
<b>Профессиональные компетенции</b>		
-	-	-

**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
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	52	52
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	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
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	108	108
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	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
<b>5 семестр</b>						
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
<b>Итого за семестр</b>	18	18	16	56	108	
<b>Итого</b>	18	18	16	56	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)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
<b>5 семестр</b>			
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	

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
<b>5 семестр</b>			
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	

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
<b>5 семестр</b>			
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
<b>5 семестр</b>				

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		

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
<b>5 семестр</b>				
Зачёт	4	5	6	15
Защита отчета по лабораторной работе	3	4	5	12
Контрольная работа	3	4	5	12

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. Сушкин 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.).

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>.

### 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-dannyyh>.

## 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, 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, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфорtnого 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
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
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
5 Методы измерений параметров плазмы	ОПК-1	Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
6 Применение плазмы	ОПК-1	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
7 Элементарные процессы в плазме	ОПК-1	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		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

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)	$\geq 90\%$ 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 или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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 <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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. 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 ?

- a. Увеличение тока эмиссии за счет изменения направления скорости электрона в кристалле.
  - b. Увеличение тока эмиссии при наложении внешнего электрического поля.
  - c. Уменьшение тока эмиссии при наложении внешнего электрического поля.
4. Какая основная характеристика термоэмиссионного катода?
    - a. Зависимость тока эмиссии от температуры катода.
    - b. Зависимость тока эмиссии от способа нагрева катода.
    - c. Зависимость тока эмиссии от размеров катода.
  5. Для каких катодов применяется параметр допустимая плотность катодного тока ?
    - a. Только для неактивированных катодов.
    - b. Только для активированных катодов.
    - c. Для всех типов катодов.
  6. Какой эффект лежит в основе электростатической эмиссии?
    - a. Эффект Столетова.
    - b. Эффект Эйнштейна.
    - c. Эффект Шотки.
  7. В чем основное отличие пленочных катодов от полупроводниковых ?
    - a. В эффективности катода.
    - b. Значениях рабочей температуры.
    - c. В толщине наносимого слоя.
  8. Что такое вторичная электрон-электронная эмиссия?
    - a. Эмиссия электронов из твердого тела под воздействием потока фотонов.
    - b. Эмиссия электронов из твердого тела под воздействием потока ускоренных ионов.
    - c. Эмиссия электронов из твердого тела под воздействием потока ускоренных электронов.
  9. Как влияет внешнее электрическое поле на ток термоэмиссии ?
    - a. Уменьшает.
    - b. Не влияет.
    - c. Увеличивает.
  10. Какой наиболее распространенный тип полупроводникового катода?
    - a. Борид лантановый катод.
    - b. Карбидированный катод.
    - c. 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. Ионизированный 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.
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 ( $A/m^2$ ), если  $D=0,95$ .  
Какой станет плотность тока термоэмиссии (смотри первую задачу), если между катодом и анодом проложили напряжение  $U_a=1\text{кВ}$ , 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  $1\text{мкA}$ , при этом  $K=1\text{мкA}/\text{Лм}$ . 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  $0,5\text{эВ}$ , а  $T=23$  градуса Цельсия.  
Как изменится эффективная работа выхода кристалла катода, если между катодом и анодом приложено  $U=80\text{kV}$ ,  $d_{ak}=0,2\text{см}$ ?  
Электронный поток облучает электрод при этом коэффициент вторичной эмиссии равен 2, а ток во внешней цепи электрода  $1\text{mA}$ . Как изменится этот ток, если коэффициент вторичной эмиссии увеличить до 4?
4. При какой напряженности электрического поля можно получить плотность тока  $500\text{A/m}^2$ , если вольфрамовый катод имеет температуру  $2400\text{K}$ ? (эффективная работа выхода = $3,52\text{эВ}$ ,  $D=0,98$ ).  
На сколько электрон-вольт (задача 1) уменьшится при этом работа выхода?  
На фотокатод с эффективной работой выхода = $1\text{эВ}$  падает монохроматический поток света, под действием которого вылетают в вакуум электроны со скоростью  $600\text{км/с}$ . Определить длину волны падающего пучка света.
5. На металлическую пластину падает пучок первичных электронов ( $I_e=1\text{mA}$ ), при этом коэффициент вторичной эмиссии 2. Какой ток протекает в электрической цепи, соединяющей пластину с источником питания?  
Вычислите энергию фотонов, если длина волны  $0,2557\text{мкм}$ . Определите скорость электронов, выбиваемых этими фотонами, если эффективная работа выхода = $1,81\text{эВ}$ .

#### **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 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;
- 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.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол № 11 от «24» 11 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
Начальник 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
-----------------	--------------	--