

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО  
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

**Эмиссионная электроника**  
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Промышленной электроники**

Учебный план v11.04.04\_25\_00.plx  
11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Квалификация **магистр**

Форма обучения **очно-заочная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр<br>( <b>&lt;Курс&gt;.&lt;Семестр<br/>на курсе&gt;</b> ) | <b>3 (2.1)</b> |       | Итого |       |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|
| Неделя                                                          | 10             |       |       |       |
| Вид занятий                                                     | УП             | РП    | УП    | РП    |
| Лекции                                                          | 10             | 10    | 10    | 10    |
| Лабораторные                                                    | 10             | 10    | 10    | 10    |
| Практические                                                    | 10             | 10    | 10    | 10    |
| Иная контактная<br>работа                                       | 0,25           | 0,25  | 0,25  | 0,25  |
| Итого ауд.                                                      | 30,25          | 30,25 | 30,25 | 30,25 |
| Контактная работа                                               | 30,25          | 30,25 | 30,25 | 30,25 |
| Сам. работа                                                     | 69             | 69    | 69    | 69    |
| Часы на контроль                                                | 8,75           | 8,75  | 8,75  | 8,75  |
| Итого                                                           | 108            | 108   | 108   | 108   |

г. Рязань

Программу составил(и):

*д. физ-мат.н., проф., Волков Степан Степанович*

Рабочая программа дисциплины

**Эмиссионная электроника**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

составлена на основании учебного плана:

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 28.02.2025 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Промышленной электроники**

Протокол от 22.05.2025 г. № 11

Срок действия программы: 2025-2027 уч.г.

Зав. кафедрой Круглов Сергей Александрович

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Промышленной электроники**

Протокол от \_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Промышленной электроники**

Протокол от \_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры  
**Промышленной электроники**

Протокол от \_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры

**Промышленной электроники**

Протокол от \_\_\_\_ 2029 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

| 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) |                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1                                  | расширение и углубление теоретической подготовки по физической электронике в области закономерностей различных видов эмиссии электронов с поверхности твердого тела.                                |
| 1.2                                  | Задачи дисциплины:                                                                                                                                                                                  |
| 1.3                                  | 1. Освоение методов исследования и расчета эмиссионных процессов в электронных приборах применительно к научно-исследовательской работе и практическим приложениям;                                 |
| 1.4                                  | 2. Овладение моделями эмиссионной электроники в классической, статистической и квантово-механической формах с четким определением границ применимости физических концепций и теоретических моделей; |
| 1.5                                  | 3. Расширение научного кругозора и эрудиции магистрантов, развитие возможностей интерпретировать явления, обусловленные электронными процессами на поверхности твердого тела;                       |
| 1.6                                  | 4. Формирование навыков изложения научного, экспериментального и теоретического материала в виде докладов, презентаций, научных публикаций;                                                         |
| 1.7                                  | 5. Закрепление навыков самостоятельной учебной деятельности                                                                                                                                         |

| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ |                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цикл (раздел) ОП:                                                  | Б1.В                                                                                                                  |
| 2.1                                                                | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                                                          |
| 2.1.1                                                              | Актуальные проблемы современной электроники                                                                           |
| 2.1.2                                                              | Защита и коммерциализация интеллектуальной собственности                                                              |
| 2.1.3                                                              | Микроволновая техника                                                                                                 |
| 2.1.4                                                              | Опτικο-электронные приборы и устройства                                                                               |
| 2.1.5                                                              | Расчет и проектирование электронно-оптических систем                                                                  |
| 2.2                                                                | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |
| 2.2.1                                                              | Выполнение и защита выпускной квалификационной работы                                                                 |
| 2.2.2                                                              | Преддипломная практика                                                                                                |

| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)                                                                                                                                                                                                         |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>ПК-2: Проводит анализ новых направлений научных-исследований при разработке приборов и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения</b>                                                                                                                |  |
| <b>ПК-2.1. Проведит анализ новых направлений научных-исследований при разработке приборов и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения</b>                                                                                                              |  |
| <b>Знать</b><br>инновационные и вариативные концепции, модели и пути развития научных исследований в области изучения эмиссионных процессов в соответствии с перспективами развития электроники, нанoeлектроники и нанотехнологий.                                                         |  |
| <b>Уметь</b><br>формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач. |  |
| <b>Владеть</b><br>аналитической информацией в области перспектив и тенденций развития научных основ изучения эмиссионных процессов.                                                                                                                                                        |  |

|                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>ПК-3: Выполняет заключительный расчет и анализ параметров приборов и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения на основе выполненных предыдущих проектов</b>                                     |  |
| <b>ПК-3.1. Проводит предварительный расчет характеристик приборов и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения на основе выбранных технических решений</b>                                           |  |
| <b>Знать</b><br>основные методы расчета характеристики приборов эмиссионной электроники в соответствии с поставленной задачей.                                                                                                          |  |
| <b>Уметь</b><br>анализировать, систематизировать и обобщать результаты теоретических и экспериментальных научных исследований, обосновывать выводы, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем эмиссионной электроники |  |
| <b>Владеть</b><br>основами современных методов расчета и анализа эмиссионных процессов в электронных приборах                                                                                                                           |  |

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

|     |               |
|-----|---------------|
| 3.1 | <b>Знать:</b> |
|-----|---------------|

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1.1      | инновационные и вариативные концепции, модели и пути развития научных исследований в области изучения эмиссионных процессов в соответствии с перспективами развития электроники, нанoeлектроники и нанотехнологий.                                                         |
| 3.1.2      | основные методы расчета характеристики приборов эмиссионной электроники в соответствии с поставленной задачей.                                                                                                                                                             |
| <b>3.2</b> | <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3.2.1      | формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач. |
| 3.2.2      | анализировать, систематизировать и обобщать результаты теоретических и экспериментальных научных исследований, обосновывать выводы, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем эмиссионной электроники                                                    |
| <b>3.3</b> | <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3.3.1      | аналитической информацией в области перспектив и тенденций развития научных основ изучения эмиссионных процессов.                                                                                                                                                          |
| 3.3.2      | основами современных методов расчета и анализа эмиссионных процессов в электронных приборах.                                                                                                                                                                               |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/                                                                                                                                                                            | Семестр / Курс | Часов | Компетенции                                                          | Литература                                                                  | Форма контроля                      |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|             | <b>Раздел 1.</b>                                                                                                                                                                                                     |                |       |                                                                      |                                                                             |                                     |
| 1.1         | Введение /Тема/                                                                                                                                                                                                      | 3              | 0     |                                                                      |                                                                             |                                     |
| 1.2         | Структура и содержание курса, его отношение к другим дисциплинам. Обзор различных видов электронной эмиссии, основные эмиссионные процессы и их характеристики. /Лек/                                                | 3              | 1     | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.3         | Экспериментальная техника эмиссионной электроники /Ср/                                                                                                                                                               | 3              | 9     | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.4         | Заряженные частицы в электрических и магнитных полях /Тема/                                                                                                                                                          | 3              | 0     |                                                                      |                                                                             |                                     |
| 1.5         | Объемные заряды и движение заряженных частиц в вакууме. Закон «трех вторых». Вольт-амперная характеристика плоского диода с учетом Максвелловского распределения скоростей термоэлектронов. Виртуальный катод. /Лек/ | 3              | 1     | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.6         | Закономерности движения заряженных частиц в магнитном поле и в скрещенных электрическом и магнитном полях. /Пр/                                                                                                      | 3              | 2     | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.7         | Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях /Лаб/                                                                                                                                                   | 3              | 4     | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет, отчет по лабораторной работе |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |    |                                                                      |                                                                             |                                     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.8  | Закономерности движения заряженных частиц в магнитном поле и в скрещенных электрическом и магнитном полях. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3 | 10 | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.9  | Термоэлектронная эмиссия /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3 | 0  |                                                                      |                                                                             |                                     |
| 1.10 | Потенциальный барьер на границе твердого тела, причины его возникновения, работа выхода. Влияние внешнего электрического поля и адсорбированных на поверхности атомов на потенциальный порог и работу выхода. Эффект Шоттки. “Поле пятен” и аномальный эффект Шоттки. Зависимость работы выхода от степени покрытия поверхности электроположительным адсорбатом. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3 | 2  | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.11 | Основное уравнение термоэлектронной эмиссии (уравнение Ричардсона-Дэшмана). Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию. Распределение термоэлектронов по скоростям. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3 | 2  | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.12 | Термоэлектронная эмиссия /Лаб/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3 | 4  | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет, отчет по лабораторной работе |
| 1.13 | Теория Лэнгмюра-Герни. Термодинамический вывод основного уравнения термоэлектронной эмиссии (уравнение Ричардсона-Дэшмана). Статистический вывод основного уравнения термоэлектронной эмиссии. Приведенный коэффициент прозрачности диода. Измерение термоэлектронных характеристик веществ. Влияние внешнего электрического поля на термоэлектронную эмиссию металлов. Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию полупроводников. Влияние тонких пленок, адсорбированных поверхностью металла на его термоэлектронную эмиссию. Распределение термоэлектронов по скоростям. Термоэлектронная эмиссия тугоплавких веществ, покрытых пленками щелочных и щелочноземельных металлов. Эффективные термокатоды. Антиэмиссионные покрытия. Термоэлектронные преобразователи тепловой энергии в электрическую. Методы экспериментальной регистрации работы выхода и прозрачности потенциального барьера. /Ср/ | 3 | 10 | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.14 | Автоэлектронная эмиссия /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3 | 0  |                                                                      |                                                                             |                                     |
| 1.15 | Механизм автоэлектронной эмиссии из металлов. Особенности туннельного эффекта на границе «металл – вакуум». Формула Фаулера – Нордгейма и ее экспериментальная проверка. Полевые микроскопы-проекторы: электронный и ионный. Энергетические спектры электронов при полевой эмиссии. Автоэлектронная эмиссия полупроводников. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3 | 2  | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |    |                                                                      |                                                                             |                                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.16 | Туннельный эффект на границе «металл – вакуум». Формула Фаулера – Нордгейма. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3 | 1  | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-3<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.17 | Электронные эмиссии, вызываемые сильными электрическими полями в эмиттере. Эмиссия горячих электронов. Электронная эмиссия тонких диэлектрических слоев при наличии в них сильного электрического поля. Взрывная эмиссия как стадия перехода от автоэлектронной эмиссии к вакуумному пробую. Применение автоэлектронной эмиссии. Современные автоэлектронные эмиттеры. Разновидности ненакаливаемых катодов на основе МДМ и полупроводниковых структур. /Ср/ | 3 | 10 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-3<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.18 | Фотоэлектронная эмиссия /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3 | 0  |                                                                      |                                                                             |                                     |
| 1.19 | Фотоэлектронная эмиссия металлов, теория Фаулера. Селективный фотоэффект. Квантовомеханическая теория фотовозбуждения электронов твердого тела. Фотоэлектронная эмиссия полупроводников. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                               | 3 | 2  | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-3<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.20 | Теория Фаулера. Селективный фотоэффект. Квантовомеханическая теория фотовозбуждения электронов твердого тела. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3 | 2  | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-3<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.21 | Фотоэлектронная эмиссия /Лаб/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3 | 2  | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-3<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет, отчет по лабораторной работе |
| 1.22 | Фотоэлектронная эмиссия щелочно-галогидных соединений. Эффективные фотокатоды, эмиттеры с отрицательным электронным средством /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3 | 10 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-3<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.23 | Вторичная электронная эмиссия /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3 | 0  |                                                                      |                                                                             |                                     |
| 1.24 | Методы исследования вторичной электронной эмиссии. Коэффициент вторичной эмиссии, его зависимость от энергии первичных электронов. Отражение электронов. Закономерности истинной вторичной электронной эмиссии. Оже-электроны. /Лек/                                                                                                                                                                                                                         | 3 | 1  | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-3<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |
| 1.25 | Закономерности вторичной электронной эмиссии. Оже-электроны. Модели вторичной электронной эмиссии. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3 | 2  | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-3<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет                               |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |      |                                                                      |                                                                             |       |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1.26 | Исследование закономерностей движения электронов в твердых телах методом тонких пленок. Полуфеноменологические модели вторичной электронной эмиссии. Вторичная эмиссия диэлектриков и полупроводников, особенности и методы её измерения. Эффективные эмиттеры вторичных электронов. Антидинаatronные покрытия. /Ср/ | 3 | 10   | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет |
| 1.27 | Ионно-электронная эмиссия /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3 | 0    |                                                                      |                                                                             |       |
| 1.28 | Взаимодействия ионов с поверхностью твердого тела. Кинематика упругого отражения ионов от поверхности твердого тела. Энергетические спектры обратно рассеянных ионов. Методы исследования явлений, происходящих при взаимодействии ионов с поверхностью тел. Потенциальная ионно-электронная эмиссия. /Лек/          | 3 | 1    | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет |
| 1.29 | Кинематика упругого отражения ионов от поверхности твердого тела. Резерфордское рассеяние быстрых ионов и рассеяние ионов низких энергий /Пр/                                                                                                                                                                        | 3 | 1    | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет |
| 1.30 | Кинетическая ионно-электронная эмиссия. Резерфордское рассеяние быстрых ионов и рассеяние ионов низких энергий: особенности и применение. Ионно-ионная эмиссия. Основные закономерности и механизм ионного распыления /Ср/                                                                                           | 3 | 10   | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет |
|      | <b>Раздел 2.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |      |                                                                      |                                                                             |       |
| 2.1  | /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3 | 0    |                                                                      |                                                                             |       |
| 2.2  | /ИКР/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3 | 0,25 | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет |
| 2.3  | /Зачёт/                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3 | 8,75 | ПК-2.1-З<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-3.1-З<br>ПК-3.1-У<br>ПК-3.1-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2<br>Л2.3Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Л3.4 | Зачет |

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Эмиссионная электроника»).

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

| № | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Количество/название ЭБС |
|---|---------------------|----------|-------------------|-------------------------|
|---|---------------------|----------|-------------------|-------------------------|



| №    | Авторы, составители               | Заглавие                                                                | Издательство, год                   | Количество/название ЭБС                                                                              |
|------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Л1.1 | Фурсей Г. Н.                      | Автоэлектронная эмиссия                                                 | Санкт-Петербург: Лань, 2022, 320 с. | 978-5-8114-1232-7, <a href="https://e.lanbook.com/book/210926">https://e.lanbook.com/book/210926</a> |
| Л1.2 | Владимиров Г. Г.                  | Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом | Санкт-Петербург: Лань, 2022, 368 с. | 978-5-8114-1515-1, <a href="https://e.lanbook.com/book/211397">https://e.lanbook.com/book/211397</a> |
| Л1.3 | Киселев Г. Л.                     | Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие для вузов          | Санкт-Петербург: Лань, 2023, 316 с. | 978-5-507-47285-7, <a href="https://e.lanbook.com/book/353702">https://e.lanbook.com/book/353702</a> |
| Л1.4 | Заболоцкий А. М.                  | Электроника : учебное пособие                                           | Москва: ТУСУП, 2023, 159 с.         | , <a href="https://e.lanbook.com/book/394085">https://e.lanbook.com/book/394085</a>                  |
| Л1.5 | Русаков О. П., Шахтштейндер В. Г. | Электроника : учебное пособие                                           | Новосибирск: НГТУ, 2023, 64 с.      | 978-5-7782-4910-3, <a href="https://e.lanbook.com/book/404585">https://e.lanbook.com/book/404585</a> |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

| №    | Авторы, составители     | Заглавие                                                         | Издательство, год                          | Количество/название ЭБС                                                             |
|------|-------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Л2.1 | Щука А.А.               | Электроника : учеб.                                              | СПб.: БХВ-Петербург, 2008, 739с.           | 978-5-9775-0160-6, 1                                                                |
| Л2.2 | Волков С. С.            | Эмиссионная электроника : учебное пособие                        | Рязань: РГРТУ, 2017, 84 с.                 | , <a href="https://e.lanbook.com/book/168282">https://e.lanbook.com/book/168282</a> |
| Л2.3 | Егоров Н.В., Шешин Е.П. | Автоэлектронная эмиссия. Принципы и приборы : учебник-монография | Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2011, 704с. | 978-5-91559-027-3, 1                                                                |

#### 6.1.3. Методические разработки

| №    | Авторы, составители                                         | Заглавие                                                                      | Издательство, год        | Количество/название ЭБС                                                                           |
|------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Л3.1 | Чижигов А.Е.                                                | Физические основы электронной техники и технологии : Методические указания    | Рязань: РИЦ РГРТУ, 2000, | , <a href="https://elib.rsr.eu.ru/ebs/download/1273">https://elib.rsr.eu.ru/ebs/download/1273</a> |
| Л3.2 | Базылев В.К., Москвичева И.Ю., Соловьев В.И.                | Физические основы электронной техники : Метод.указ.к лаб.работам              | Рязань, 1998, 36с.       | , 1                                                                                               |
| Л3.3 | Молчанов Ю.К., Носов А.А., Соломенникова В.С., Чижигов А.Е. | Физические основы электронной техники и технологии : Метод.указ.к лаб.работам | Рязань, 2000, 36с.       | , 1                                                                                               |

| №    | Авторы, составители | Заглавие                                                                               | Издательство, год                                  | Количество/название ЭБС |
|------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|
| ЛЗ.4 | Владимиров Г.Г.     | Физическая электроника. Ч. 1. Термоэлектронная эмиссия. : Учебно-методическое пособие. | Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та,, 2007, 187 | , 20                    |

### 6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

#### 6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

| Наименование                 | Описание              |
|------------------------------|-----------------------|
| Операционная система Windows | Коммерческая лицензия |
| Kaspersky Endpoint Security  | Коммерческая лицензия |
| Adobe Acrobat Reader         | Свободное ПО          |
| LibreOffice                  | Свободное ПО          |

#### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 358 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель (200 мест), компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, мультимедиа проектор, экран, доска. |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине ""Эмиссионная электроника""").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО  
ЗАВЕДУЮЩИМ  
КАФЕДРЫ

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Круглов Сергей  
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ

**13.10.25** 17:33 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО  
ЗАВЕДУЮЩИМ  
ВЫПУСКАЮЩЕЙ  
КАФЕДРЫ

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Круглов Сергей  
Александрович, Заведующий кафедрой ПЭЛ

**13.10.25** 17:33 (MSK)

Простая подпись