

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

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ДИСЦИПЛИНА "ПРИБОРЫ И  
МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ"**  
**Физические науки, энергетика и электротехника**  
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Промышленной электроники**

Учебный план 1.3.2.\_06\_26\_00.plx  
1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **1 ЗЕТ**

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр<br>( <b>&lt;Курс&gt;.&lt;Семестр<br/>на курсе&gt;</b> ) | <b>6 (3.2)</b> |    | Итого |    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|----|-------|----|
| Неделя                                                          | 16             |    |       |    |
| Вид занятий                                                     | УП             | РП | УП    | РП |
| Лекции                                                          | 32             | 32 | 32    | 32 |
| Итого ауд.                                                      | 32             | 32 | 32    | 32 |
| Контактная работа                                               | 32             | 32 | 32    | 32 |
| Сам. работа                                                     | 4              | 4  | 4     | 4  |
| Итого                                                           | 36             | 36 | 36    | 36 |

г. Рязань

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Серебряков Андрей Евгеньевич*

Рабочая программа дисциплины

**Физические науки, энергетика и электротехника**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГТ к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

составлена на основании учебного плана:

1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

утвержденного учёным советом вуза от 13.03.2026 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Промышленной электроники**

Протокол от 21.05.2026 г. № 11

Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.

Зав. кафедрой Серебряков Андрей Евгеньевич

---

---

**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 \_\_\_\_\_

---

---

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

**Промышленной электроники**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2030 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | Изучение основных физико-технических явлений и устройств для формирования электронных и ионных потоков, методов измерения параметров и характеристик пучков заряженных частиц, расчета основных явлений, приобретение навыков анализа явлений в конкретных условиях. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|                   |                                                                                                                       |       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Цикл (раздел) ОП: |                                                                                                                       | 2.1.4 |
| <b>2.1</b>        | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                                                          |       |
| 2.1.1             | До начала изучения дисциплины обучающиеся должны:                                                                     |       |
| 2.1.2             | знать:                                                                                                                |       |
| 2.1.3             | - фундаментальные физические законы и процессы;                                                                       |       |
| 2.1.4             | - основные тенденции развития и проблемы в области экспериментальной физики;                                          |       |
| 2.1.5             | уметь:                                                                                                                |       |
| 2.1.6             | - осуществлять поиск источников литературы с привлечением современных информационных технологий;                      |       |
| 2.1.7             | - составлять математические уравнения известных физических законов;                                                   |       |
| 2.1.8             | владеть:                                                                                                              |       |
| 2.1.9             | - базовой терминологией;                                                                                              |       |
| 2.1.10            | - методологическими основами математического моделирования.                                                           |       |
| <b>2.2</b>        | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |       |

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

|            |                                                                                                                                                                                                      |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3.1</b> | <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                        |
| 3.1.1      | физико-технические основы электронной оптики, способы формирования и измерения электронных и ионных потоков, физические процессы и явления, законы и концепции и примеры их использования в приборах |
| <b>3.2</b> | <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                                        |
| 3.2.1      | применять полученные знания для анализа явлений и расчета процессов при решении конкретных задач                                                                                                     |
| <b>3.3</b> | <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                                                      |
| 3.3.1      | практическими навыками применения устройств электронной оптики                                                                                                                                       |

**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         | Вакуумная электроника. /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6              | 0     |             |                                            | Зачет          |
| 1.2         | Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировки потоков частиц. Нелинейные механизмы насыщения излучения – захват частиц в волнах пространственного заряда, сдвиг резонансной частоты излучения. КПД СВЧ-источников излучения. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное (синхротронное) и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Допплера. Томсоновское рассеяние. /Ср/ | 6              | 1     |             | Л1.4 Л1.3<br>Л1.1<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2 |                |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |  |                                    |       |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|------------------------------------|-------|
| 1.3 | Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Предельный ток нейтрализованных пучков – ток Пирса. Устойчивость пучков в дрейфовом пространстве. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, гиратроны, убитроны, виркаторы, лазеры на свободных электронах. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы. /Лек/                           | 6 | 8 |  | Л1.4 Л1.3<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2 |       |
| 1.4 | Эмиссионная электроника. /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6 | 0 |  |                                    | Зачет |
| 1.5 | Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Вакуумный диод с термокатодом и его вольт-амперная характеристика. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твердым телом. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. /Лек/                                                                                                                                        | 6 | 8 |  | Л1.4 Л1.3<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2 |       |
| 1.6 | Электронно-стимулированная десорбция. Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. Распыление. Механизмы распыления. Формула Зигмунда для коэффициента распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов низких и средних энергий. Обратное Резерфордское рассеяние. Ионно-электронная эмиссия. Потенциальная и кинетическая эмиссия. Ионно-фотонная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия. Трехступенчатый механизм эмиссии. Автоэлектронная, экзоелектронная и взрывная эмиссия. /Ср/ | 6 | 1 |  | Л1.4 Л1.3<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2 |       |
| 1.7 | Функциональная электроника. /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6 | 0 |  |                                    | Зачет |
| 1.8 | Магнетoeлектроника. Магнитные домены. Магнитные запоминающие устройства: на ферритах и на тонких пленках. Акустоэлектроника: взаимодействие электронов с длинноволновыми акустическими колебаниями решетки, акустоэлектрический эффект, усиление ультразвуковых волн. Акустоэлектрические явления на поверхностных волнах и их практические применения – малогабаритные линии задержки, усилители и генераторы электрических колебаний. /Лек/                                                                                  | 6 | 8 |  | Л1.4 Л1.3<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2 |       |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |   |  |                                         |       |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|-----------------------------------------|-------|
| 1.9  | Молекулярная электроника. Основные принципы молекулярной электроники. Электронные возбуждения, используемые для передачи и хранения информации в молекулярных системах. Криоэлектроника. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость. Свойства и параметры сверхпроводников с высокой критической температурой. Макроскопические квантовые эффекты сверхпроводимости. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона, типы Джозефсоновских переходов. Аналоговые устройства на эффектах Джозефсона. Стандарты напряжения, сквиды, СВЧ приемные устройства. Цифровые ячейки логики и памяти. Проблемы создания больших интегральных схем (БИС). Особенности электронных устройств на высокотемпературных сверхпроводниках. /Ср/ | 6 | 1 |  | Л1.4 Л1.3<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>3 Л3.1 Л3.2 |       |
| 1.10 | Газоразрядная электроника. /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6 | 0 |  |                                         | Зачет |
| 1.11 | Классификация разрядов. Пробой газоразрядного промежутка. Особенности газовых разрядов на высоких и сверхвысоких частотах. Методы экспериментальных исследований газоразрядной плазмы: зондовый метод, оптические и сверхвысокочастотные методы. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6 | 8 |  | Л1.4 Л1.3<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2      |       |
| 1.12 | Приборы тлеющего разряда. Газоразрядные приборы, основанные на использовании излучения плазмы. Ионизационные камеры и счетчики излучений. Разрядники антенных переключателей. Плазменные дисплеи. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6 | 1 |  | Л1.4 Л1.3<br>Л1.2Л2.1Л3.<br>1 Л3.2      |       |

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы")

## 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                                                                                    |
|------|---------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Л1.1 | Реутов А. Т.        | Физика лазеров. Часть 2. Основы теории лазеров : учебное пособие | Москва: Российский университет дружбы народов, 2011, 96 с. | 978-5-209-03654-8, <a href="http://www.iprbookshop.ru/11534.html">http://www.iprbookshop.ru/11534.html</a> |
| Л1.2 | Киселев Г. Л.       | Квантовая и оптическая электроника                               | Санкт-Петербург: Лань, 2022, 316 с.                        | 978-5-507-44512-7, <a href="https://e.lanbook.com/book/233291">https://e.lanbook.com/book/233291</a>       |

| №    | Авторы, составители                               | Заглавие                                                | Издательство, год                                                                                                                  | Количество/название ЭБС                                                                                           |
|------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Л1.3 | Гестрин С. Г.,<br>Сергеева Е. К.,<br>Щукина Е. В. | Оптика и квантовая физика : электронное учебное пособие | Саратов:<br>Саратовский<br>государствен<br>ный<br>технический<br>университет<br>имени Ю.А.<br>Гагарина, ЭБС<br>АСВ, 2013, 49<br>с. | 978-5-7433-<br>2631-0,<br><a href="http://www.iprbookshop.ru/80110.html">http://www.iprbookshop.ru/80110.html</a> |
| Л1.4 | Неволин В. К.                                     | Квантовая физика и нанотехнологии                       | Москва:<br>Техносфера,<br>2013, 128 с.                                                                                             | 978-5-94836-<br>361-5,<br><a href="http://www.iprbookshop.ru/16975.html">http://www.iprbookshop.ru/16975.html</a> |

### 6.1.2. Дополнительная литература

| №    | Авторы, составители | Заглавие                                                       | Издательство, год                   | Количество/название ЭБС                                                                                 |
|------|---------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Л2.1 | Киселев Г. Л.       | Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие для вузов | Санкт-Петербург: Лань, 2023, 316 с. | 978-5-507-47285-7,<br><a href="https://e.lanbook.com/book/353702">https://e.lanbook.com/book/353702</a> |

### 6.1.3. Методические разработки

| №    | Авторы, составители                                                    | Заглавие                                                                                | Издательство, год               | Количество/название ЭБС                                                                                       |
|------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЛЗ.1 | Власов А.Н.,<br>Соколов А.П.,<br>Николаев А.В.                         | Квантовая и оптическая электроника: метод. указ. к лаб. работам : Методические указания | Рязань: РИЦ РГРТУ, 2021,        | ,<br><a href="https://elib.rsr.eu.ru/ebs/download/2914">https://elib.rsr.eu.ru/ebs/download/2914</a>          |
| ЛЗ.2 | Величко А. П.                                                          | Квантовая и оптическая электроника: Практикум                                           | Москва: РТУ МИРЭА, 2023, 111 с. | 978-5-7339-2058-0,<br><a href="https://e.lanbook.com/book/398285">https://e.lanbook.com/book/398285</a>       |
| ЛЗ.3 | Соина Н. В.,<br>Казанцева А. Б.,<br>Васильева И. А.,<br>Гольцман Г. Н. | Сборник вопросов и задач по общей физике. Раздел 3. Оптика. Раздел 4. Квантовая физика  | Москва: Прометей, 2013, 194 с.  | 978-5-7042-2414-3,<br><a href="http://www.iprbookshop.ru/24021.html">http://www.iprbookshop.ru/24021.html</a> |

### 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 |
|-------------------------------------------------|----------|
| 6.3.2 Перечень информационных справочных систем |          |

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

|                                                  |                                                                                                                    |                                                                                                                       |                                                                                                                                 |                         |                 |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| 1                                                | 103 лабораторный Специализированная ПК. Возможность подключения к сети Интернет и образовательную среду            | документ подписан электронной подписью<br>МБОУ ВО "ФГБОУ ВО "РГРТУ", ректор<br>Александрович, Заведующий кафедрой ПДП | проведения учебных занятий, компьютерный класс<br>Мультимедийная проекция<br>и обеспечение доступа в электронную информационно- | 18.06.26 19:08<br>(MSK) | Простая подпись |
| 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЬ) |                                                                                                                    |                                                                                                                       |                                                                                                                                 |                         |                 |
|                                                  | Методические указания приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания") | ПОДПИСАНО<br>НАЧАЛЬНИКОМ ОА<br>Анатолиевич, Начальник отдела аспирантуры                                              | ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Бодров Олег<br>Анатолиевич, Начальник отдела аспирантуры                                               | 18.06.26 19:08<br>(MSK) | Простая подпись |
|                                                  |                                                                                                                    | ПОДПИСАНО<br>ПРОРЕКТОРОМ ПО НР<br>И И                                                                                 | ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Гусев Сергей Игоревич,<br>Проректор по научной работе и инновациям                                     | 22.06.26 08:57<br>(MSK) | Простая подпись |