

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

## **Приемники оптического излучения**

### **рабочая программа дисциплины (модуля)**

Закреплена за кафедрой      **Электронных приборов**

Учебный план                      11.03.04\_24\_00.plx  
                                                 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Квалификация                      **бакалавр**

Форма обучения                      **очная**

Общая трудоемкость                      **2 ЗЕТ**

#### **Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр<br>на курсе>) | 8 (4.2) |       | Итого |       |
|-------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|
| Неделя                                    | 8       |       |       |       |
| Вид занятий                               | уп      | рп    | уп    | рп    |
| Лекции                                    | 16      | 16    | 16    | 16    |
| Лабораторные                              | 16      | 16    | 16    | 16    |
| Иная контактная<br>работа                 | 0,25    | 0,25  | 0,25  | 0,25  |
| Итого ауд.                                | 32,25   | 32,25 | 32,25 | 32,25 |
| Контактная работа                         | 32,25   | 32,25 | 32,25 | 32,25 |
| Сам. работа                               | 31      | 31    | 31    | 31    |
| Часы на контроль                          | 8,75    | 8,75  | 8,75  | 8,75  |
| Итого                                     | 72      | 72    | 72    | 72    |

г. Рязань

Программу составил(и):

д. физ-мат.н., проф., Козлов Борис Алексеевич

Рабочая программа дисциплины

**Приемники оптического излучения**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

11.03.04 Электроника и микроэлектроника

утвержденного учёным советом вуза от 26.01.2024 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Электронных приборов**

Протокол от 30.05.2024 г. № 5

Срок действия программы: 2024-2028 уч.г.

И.о. зав. кафедрой Серебряков Андрей Евгеньевич

---

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**Электронных приборов**

Протокол от \_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

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

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

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  
**Электронных приборов**

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

**Электронных приборов**

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

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

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

|     |                                                                                                                                                                      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | Подготовка специалистов, способных грамотно использовать научные знания в области измерения параметров и характеристик оптического излучения.                        |
| 1.2 | Задачи дисциплины:                                                                                                                                                   |
| 1.3 | - приобретение знаний в области физических основ и принципов действия современных приемников оптического излучения;                                                  |
| 1.4 | - знакомство с типами приемников излучения, современной элементной базой, параметрами и характеристиками этих важнейших узлов современных оптико-электронных систем. |

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

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цикл (раздел) ОП: |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>2.1</b>        | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2.1.1             | Дисциплина «Приемники оптического излучения» базируется на следующих дисциплинах учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»: «Лазерные и волоконно-оптические устройства», «Микроволновые приборы и устройства», «Научно-исследовательская практика», «Производственная практика», «Электронные и ионные приборы», «Электронные устройства отображения информации», «Элементы электронной техники», «Схемотехника», «Тепловые процессы в электронике», «Технологическая (проектно-технологическая) практика», «Технология изделий микро- и нанoeлектроники», «Электромагнитные поля и волны. Ч.2», «Твердотельная электроника», «Технологические процессы нанoeлектроники», «Цифровая обработка сигналов в электронных устройствах». |
| 2.1.2             | До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2.1.3             | знать: базовые концепции и модели современной оптики, квантовой и статистической физики, основные свойства и законы движения микрочастиц, основные законы внешнего и внутреннего фотоэффекта, основы зонной теории твердых тел, явления в контактах полупроводников с различными типами проводимости и в контактах «металл–полупроводник–диэлектрик»;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.1.4             | уметь: применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачей исследования фотоэлектронных процессов и построения оптимальных оптических схем приемников оптического излучения;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2.1.5             | владеть: навыками экспериментального исследования параметров и характеристик приемников оптического излучения, пользоваться необходимыми регистрирующими приборами и устройствами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>2.2</b>        | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.2.1             | Преддипломная практика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2.2.2             | Выполнение и защита выпускной квалификационной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

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

**ПК-2: Способен анализировать, систематизировать и обобщать результаты исследований приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения**

**ПК-2.1. Анализирует научные данные, результаты экспериментов и наблюдений**

**Знать**

основные методы исследования параметров светового излучения высокой мощности.

**Уметь**

анализировать полученные экспериментальные данные.

**Владеть**

методами обработки экспериментальных данных.

**ПК-2.2. Систематизирует и обобщает результаты исследований приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, представляет материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций**

**Знать**

основные методы исследования параметров лазерного излучения и лазерного технологического оборудования.

**Уметь**

обоснованно выбирать методы исследования параметров и характеристик лазерного излучения и лазерного технологического оборудования.

**Владеть**

навыками применения методов исследования параметров и характеристик лазерного излучения и лазерного технологического оборудования.

**ПК-3: Способен разрабатывать и анализировать технологические процессы изготовления устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения**

**ПК-3.2. Проводит анализ технических требований, предъявляемых к изделиям электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения**

|                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать</b>                                                                                                                           |
| основные технические требования, предъявляемые к изделиям электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.         |
| <b>Уметь</b>                                                                                                                           |
| проводить анализ технических требований, предъявляемых к изделиям электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. |
| <b>Владеть</b>                                                                                                                         |
| методами анализа технических требований, предъявляемых к изделиям электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. |

**ПК-4: Способен разрабатывать микроволновые, оптические и опто-электронные приборы и комплексы**
**ПК-4.1. Разрабатывает функциональные и структурные схемы микроволновых, оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов**

|                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать</b>                                                                                                                           |
| основные технологические операции, выполняемые с помощью лазерных установок при производстве материалов и изделий электронной техники. |
| <b>Уметь</b>                                                                                                                           |
| осуществлять выбор технологических операций для решения задач при производстве изделий электронной техники.                            |
| <b>Владеть</b>                                                                                                                         |
| навыками использования лазерных установок.                                                                                             |

**ПК-4.2. Проводит расчет параметров микроволновых, оптических и оптико-электронных приборов на основе знаний о их физическом принципе действия**

|                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать</b>                                                                                                                                 |
| теоретические основы расчета параметров устройств оптики и электроники.                                                                      |
| <b>Уметь</b>                                                                                                                                 |
| осуществлять расчет физических параметров микроволновых устройств, а также устройств оптики и электроники.                                   |
| <b>Владеть</b>                                                                                                                               |
| навыками работы с прикладным программным обеспечением для теоретических расчетов электрических и оптических параметров проектируемых систем. |

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

|            |                                                                                                                                                                                                          |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3.1</b> | <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                            |
| 3.1.1      | физические основы и принципы действия современных приемников оптического излучения.                                                                                                                      |
| <b>3.2</b> | <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                                            |
| 3.2.1      | применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с поставленными задачами исследования и моделирования физических процессов оптоэлектроники. |
| <b>3.3</b> | <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                                                          |
| 3.3.1      | методами экспериментального исследования параметров и разработки технологических процессов оптоэлектроники.                                                                                              |

**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/                                                                                                                                                                                                                                                                     | 8              | 0     |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |                |
| 1.2         | Предмет дисциплины «Приемники оптического излучения» и ее основные задачи. Основные этапы развития приемников оптического излучения, их классификация, основные параметры и характеристики. Связь изучаемой дисциплины с разделами физики и другими дисциплинами направления. /Лек/ | 8              | 2     | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5/Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5/Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет          |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.3 | Изучение конспекта лекций. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 8 | 1 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |
| 1.4 | Основные физические эффекты, обеспечивающие регистрацию оптического излучения, и принципы построения фотоприемников /Тема/                                                                                                                                                                                                     | 8 | 0 |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
| 1.5 | Классификация приемников оптического излучения по основным физическим процессам, вызывающим первичное преобразование регистрируемого излучения в измеряемый сигнал. Фотоэлектрические, тепловые и пирозлектрические приемники. Основные параметры и характеристики фотоприемников. /Лек/                                       | 8 | 2 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |
| 1.6 | Классификация приемников оптического излучения по основным физическим процессам, вызывающим первичное преобразование регистрируемого излучения в измеряемый сигнал. Фотоэлектрические, тепловые и пирозлектрические приемники. Основные параметры и характеристики фотоприемников. Подготовка к лабораторной работе (ЛР). /Ср/ | 8 | 4 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |
| 1.7 | Изучение быстродействия вакуумных и твердотельных фотоприемников оптического излучения. /Лаб/                                                                                                                                                                                                                                  | 8 | 4 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет, отчет по лабораторной работе |
| 1.8 | Электровакuumные приемники оптического излучения /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                        | 8 | 0 |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.9  | <p>Электроравакуумные и твердотельные фотоприемники. Электромагнитное излучение оптического диапазона и основные закономерности его поглощение в твердых и газообразных средах. Эффективные фотоэмиссионные материалы. Полупроводниковые фотокатоды с нулевым и отрицательным электронным сродством. Массивные и полупрозрачные фотокатоды. Конструкции фотоэлементов, их характеристики и параметры. Скоростные фотоэлементы. Предельное быстродействие. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Принцип действия и устройство основных типов ФЭУ. Предельная чувствительность и предельное быстродействие. Возможность регистрации единичных фотонов.</p> <p>/Лек/</p> | 8 | 4 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |
| 1.10 | <p>Электроравакуумные и твердотельные фотоприемники. Электромагнитное излучение оптического диапазона и основные закономерности его поглощение в твердых и газообразных средах. Эффективные фотоэмиссионные материалы. Полупроводниковые фотокатоды с нулевым и отрицательным электронным сродством. Фотоэлектронные умножители. Принцип действия и устройство основных типов ФЭУ. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета. /Ср/</p>                                                                                                                                                                                                             | 8 | 6 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |
| 1.11 | Изучение световых и вольт-амперных характеристик вакуумного фотоэлемента. /Лаб/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 8 | 4 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет, отчет по лабораторной работе |
| 1.12 | Твердотельные приемники оптического излучения /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 8 | 0 |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
| 1.13 | <p>Внутренний фотоэффект и фотопроводимость твердых тел. Спектральные зависимости квантового выхода внутреннего фотоэффекта и фотопроводимости. Типы и конструкции фоторезисторов. Конструкции фотоприемников для регистрации инфракрасного излучения. Механизм образования фото-ЭДС в полупроводниках с электронно-дырочным переходом и в структурах «металл-полупроводник». Основные характеристики и параметры фотогоальванических приемников в фотогоальваническом и фотодиодном режимах работы. Низкочастотные и высокочастотные фотодиоды. р-і-п-фотодиоды. Фотогальванические приемники с внутренним усилением.</p> <p>/Лек/</p>                            | 8 | 4 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.14 | Внутренний фотоэффект и фотопроводимость твердых тел. Спектральные зависимости квантового выхода внутреннего фотоэффекта и фотопроводимости. Типы и конструкции фоторезисторов. Конструкции фотоприемников для регистрации инфракрасного излучения. Низкочастотные и высокочастотные фотодиоды. р–і–п–фотодиоды. Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.<br>/Ср/                                                                                                                                                                             | 8 | 6 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |
| 1.15 | Изучение световых и временных характеристик фотоэлектронного умножителя. /Лаб/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8 | 4 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет, отчет по лабораторной работе |
| 1.16 | Координатно-чувствительные фотоприемники /Тема/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 8 | 0 |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
| 1.17 | Приборы с зарядовой связью (ПЗС) как многоэлементные фотоприемники. Фотопроцессы в структурах типа «металл-диэлектрик-полупроводник» и «металл-окисел-полупроводник» (МДП– и МОП–структурах). Устройство фотоприемников на основе МОП–структур и организация переноса информационного заряда. Методы переноса зарядов, создаваемых оптическим излучением. Спектральная чувствительность фотоприемников на основе МОП-структур. Линейные и матричные фотоприемники. Координатно-чувствительные приемники инфракрасного излучения. Фотоприемники на основе низкоразмерных структур.<br>/Лек/ | 8 | 2 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |
| 1.18 | Спектральная чувствительность фотоприемников на основе МОП-структур. Линейные и матричные фотоприемники. Координатно-чувствительные приемники инфракрасного излучения. Фотоприемники на основе низкоразмерных структур. Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.<br>/Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                      | 8 | 6 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |

|      |                                                                                                      |   |      |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.19 | Изучение принципа действия и световых характеристик ПЗС-матрицы. /Лаб/                               | 8 | 4    | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет, отчет по лабораторной работе |
| 1.20 | Заключение /Тема/                                                                                    | 8 | 0    |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
| 1.21 | Перспективы и основные тенденции развития современных приемников оптического излучения.<br><br>/Лек/ | 8 | 2    | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3          | Зачет                               |
| 1.22 | Изучение конспекта лекций. Подготовка к зачету. /Ср/                                                 | 8 | 8    | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 | Зачет                               |
|      | <b>Раздел 2.</b>                                                                                     |   |      |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
| 2.1  | ИКР /Тема/                                                                                           | 8 | 0    |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                       |                                     |
| 2.2  | ИКР /ИКР/                                                                                            | 8 | 0,25 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3          | Зачет                               |

|     |               |   |      |                                                                                                                                                                                  |                                                                                              |       |
|-----|---------------|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.3 | Зачет /Тема/  | 8 | 0    |                                                                                                                                                                                  |                                                                                              |       |
| 2.4 | Зачет /Зачёт/ | 8 | 8,75 | ПК-2.1-3<br>ПК-2.1-У<br>ПК-2.1-В<br>ПК-2.2-3<br>ПК-2.2-У<br>ПК-2.2-В<br>ПК-3.2-3<br>ПК-3.2-У<br>ПК-3.2-В<br>ПК-4.1-3<br>ПК-4.1-У<br>ПК-4.1-В<br>ПК-4.2-3<br>ПК-4.2-У<br>ПК-4.2-В | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.5Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4<br>Л2.5Л3.1<br>Л3.2 Л3.3<br>Э1 Э2 Э3 | Зачет |

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Приемники оптического излучения").

### 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 | Киселев Г. Л.                  | Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие                   | Санкт-Петербург: Лань, 2020, 316 с. | 978-5-8114-4986-6, <a href="https://e.lanbook.com/book/130188">https://e.lanbook.com/book/130188</a> |
| Л1.2 | Ишанин Г. Г., Челибанов В. П.  | Приемники оптического излучения                                        | Санкт-Петербург: Лань, 2022, 304 с. | 978-5-8114-1048-4, <a href="https://e.lanbook.com/book/211730">https://e.lanbook.com/book/211730</a> |
| Л1.3 | Рыбина Н.В.                    | Оптоэлектроника и квантовая оптика: учеб. пособие : Учебное пособие    | Рязань: РИЦ РГРТУ, 2022,            | , <a href="https://elibr.ru/ebs/download/3855">https://elibr.ru/ebs/download/3855</a>                |
| Л1.4 | Давыдов В. Н.                  | Полупроводниковая оптоэлектроника : учебное пособие                    | Москва: ТУСУ, 2022, 87 с.           | , <a href="https://e.lanbook.com/book/313349">https://e.lanbook.com/book/313349</a>                  |
| Л1.5 | Корнилович А.А., Литвинов В.Г. | Специальные главы современной физики и наноэлектроники : учеб. пособие | Рязань, 2022, 240с.                 | 978-5-7722-0362-0, 1                                                                                 |

##### 6.1.2. Дополнительная литература

| №    | Авторы, составители | Заглавие                                             | Издательство, год           | Количество/название ЭБС                                                                                    |
|------|---------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Л2.1 | Якушенков Ю. Г.     | Основы оптико-электронного приборостроения : учебник | Москва: Логос, 2013, 376 с. | 978-5-98704-652-4, <a href="http://www.iprbookshop.ru/14323.html">http://www.iprbookshop.ru/14323.html</a> |

| №    | Авторы, составители                        | Заглавие                                                        | Издательство, год              | Количество/название ЭБС |
|------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Л2.2 | Пихтин А.Н.                                | Оптическая и квантовая электроника : Учеб.для вузов             | М.:Высш.шк., 2001, 576с.       | 5-06-002703-1, 1        |
| Л2.3 | Розеншер Э., Винтер Б.                     | Оптоэлектроника                                                 | М.:Техносфера, 2004, 592с.     | 5-94836-031-8, 1        |
| Л2.4 | Рогальский А.                              | Инфракрасные детекторы                                          | Новосибирск:Наука, 2003, 636с. | 5-02-032029-3, 1        |
| Л2.5 | Филачев А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. | Твердотельная фотозлектроника. Физические основы : учеб.пособие | М.: Физматкнига, 2007, 381 с.  | 978-5-89155-154-1, 1    |

### 6.1.3. Методические разработки

| №    | Авторы, составители                                                        | Заглавие                                                                                                                          | Издательство, год                               | Количество/название ЭБС                                                                            |
|------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЛЗ.1 | Ишанин Г. Г., Мальцева Н. К.                                               | Приемники оптического излучения на внешнем фотоэффекте : учебно-методическое пособие                                              | Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2013, 103 с. | 2227-8397, <a href="http://www.iprbookshop.ru/67824.html">http://www.iprbookshop.ru/67824.html</a> |
| ЛЗ.2 | Петров Н. В., Шевкунов И. А., Андреева О. В., Манухин Б. Г., Дроздов А. А. | Основы оптоинформатики : методические материалы к лабораторному практикуму «методы цифровой голографии для задач оптоинформатики» | Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2014, 52 с.  | 2227-8397, <a href="http://www.iprbookshop.ru/68677.html">http://www.iprbookshop.ru/68677.html</a> |
| ЛЗ.3 | Козлов Б.А.                                                                | Временные характеристики детекторов лазерного излучения : метод. указ. к лаб. работе                                              | Рязань, 2015, 12с.                              | , 1                                                                                                |

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

|    |                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Э1 | Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника                                                                |
| Э2 | Бараночников М.П. Приемники и детекторы излучений. Справочник                                       |
| Э3 | Федосеев В.И., Колосов М.П. Оптико-электронные приборы ориентации и навигации космических аппаратов |
| Э4 | Электронно-библиотечная система «IPRBook»                                                           |
| Э5 | Электронно-библиотечная система «Лань»                                                              |

### 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          |
| MathCAD                      | Коммерческая лицензия |

#### 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.                                                                                                                                                                                             |
| 2 | 210 лабораторный корпус. учебная лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, лабораторных работ текущего контроля и промежуточной аттестации. 24 места, учебно-лабораторные стенды, осциллографы С1-65А, осциллографы С1-75, осциллографы С1-73, ИЛПИ-2-6К-Б, Микроамперметры С 175, источники постоянного тока Б5-44, гелий-неоновый лазер, ЛГИ-505, полупроводниковый лазер ближнего ИК-диапазона, СО2 лазер, полупроводниковый лазер непрерывного действия на арсениде галлия, специализированная мебель. |

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

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Приемники оптического излучения").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО  
ЗАВЕДУЮЩИМ  
КАФЕДРЫ

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Серебряков Андрей  
Евгеньевич, и.о. заведующего кафедры ЭП

**27.08.24** 16:16 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО  
ЗАВЕДУЮЩИМ  
ВЫПУСКАЮЩЕЙ  
КАФЕДРЫ

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Серебряков Андрей  
Евгеньевич, и.о. заведующего кафедры ЭП

**27.08.24** 16:16 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО  
НАЧАЛЬНИКОМ УРОП

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Ерзылёва Анна  
Александровна, Начальник УРОП

**29.08.24** 13:48 (MSK)

Простая подпись