

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ


| | |
|---|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.01.06 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 6 семестр - 6; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 216 часов |
| Лекции | 6 семестр - 28 часа; |
| Практические занятия | 6 семестр - 28 часа; |
| Лабораторные работы | 6 семестр - 12 часов; |
| Консультации | 6 семестр - 16 часов; |
| Самостоятельная работа | 6 семестр - 127,2 часа; |
| в том числе на КП/КР | 6 семестр - 17,7 часов; |
| Иная контактная работа | 6 семестр - 4 часа; |
| включая: Тестирование Контрольная работа Лабораторная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 6 семестр - 0,5 часа; |
| Защита курсовой работы | 6 семестр - 0,3 часа; |
| | всего - 0,8 часа |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|---|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Печинская О.В. |
| | Идентификатор | Re5ee8217-ZhukovaOV-c5929df5 |

(подпись)


О.В. Печинская

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|---|---|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Скорнякова Н.М. |
| | Идентификатор | R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6 |

(подпись)


Н.М.

Скорнякова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|---|---|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Скорнякова Н.М. |
| | Идентификатор | R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6 |

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение особенностей работы устройств регистрации излучения на основе внешнего и внутреннего фотоэффекта, тепловых эффектов

Задачи дисциплины

- изучение принципов работы, параметров и характеристик, источников шумов устройств регистрации излучения различных типов;
- освоение методики энергетического расчёта оптико-электронных систем;
- приобретение навыков выбора устройств регистрации излучения при решении различных технических задач на основе расчёта энергетических параметров приёмника с учётом влияния шумов и фонового излучения.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|--|---|
| ПК-1 Способен осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства | ИД-1 _{ПК-1} Анализ исходных требований к разрабатываемому проекту квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства | знать: - способы оценки и контроля параметров и характеристик электронных устройств регистрации излучения; - физические принципы работы электронных устройств регистрации излучения. уметь: - рассчитывать параметры устройств регистрации излучения. |
| ПК-1 Способен осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства | ИД-5 _{ПК-1} Разработка нормативно-технической документации для проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства | знать: - способы компьютерной обработки данных, полученных с приёмника излучения, а также способы оценки погрешности результатов измерений. уметь: - проводить энергетический расчёт оптико-электронных приборов с учётом влияния шумов и фонового излучения. |
| ПК-1 Способен осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства | ИД-6 _{ПК-1} Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов | знать: - основные методики проведения экспериментальных исследований параметров электронных устройств регистрации излучения. уметь: - анализировать тактико-технические характеристики электронных устройств регистрации излучения в составе квантово-оптических систем. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Лазерная и оптическая измерительная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать геометрическую оптику
- знать основные процессы взаимодействия излучения с веществом
- знать явления внешнего и внутреннего фотоэффекта; термоэлектрический, пирозлектрический эффекты
- знать физику полупроводников
- знать характеристики источников излучения различных типов: естественные источники, АЧТ, серые тела, лампы, лазерные диоды, лазеры и проч.
- уметь выполнять расчёт интенсивности излучения в заданной плоскости с учётом ограничения пучка лучей в оптической системе
- уметь получать вольт-амперные, амплитудно-частотные и проч. характеристики электронных приборов
- уметь выполнять настройку и градуировку спектральных приборов
- уметь выполнять оценку погрешности результатов измерений

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Основы работы электронных устройств регистрации излучения | 40 | 6 | 12 | - | 12 | - | - | - | - | - | 16 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы работы электронных устройств регистрации излучения"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы работы электронных устройств регистрации излучения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 23-25, 25-31, 36-37 [6], стр. 23-30</p> | |
| 1.1 | Регистрация лазерного излучения и выделение сигнала | 10 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 4 | - | | |
| 1.2 | Методы детектирования | 2 | | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | - |
| 1.3 | Параметры и характеристики приёмников излучения | 14 | | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | | |
| 1.4 | Источники шумов приёмников излучения | 14 | | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | | |
| 2 | Устройства регистрации излучения различных типов | 104 | | 16 | 12 | 16 | - | - | - | - | - | 60 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Устройства регистрации излучения различных типов"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Устройства регистрации излучения"</p> | |
| 2.1 | Приёмники на основе внешнего фотоэффекта | 28 | | 4 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 16 | - | | |
| 2.2 | Приёмники излучения на основе внутреннего фотоэффекта | 28 | | 4 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 16 | - | | |
| 2.3 | Фотоприёмники с | 28 | | 4 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 16 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-------|----|----|----|----|----|---|---|-----|------|-------|---|
| | координатной выборкой (многоэлементные приёмники излучения) | | | | | | | | | | | | различных типов" материалу. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Устройства регистрации излучения различных типов и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: выполнить энергетический расчёт пирометра по заданным параметрам источника и устройства регистрации излучения. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Устройства регистрации излучения различных типов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], § § 4.1, 5.1, 6.1, 7.1 [3], стр. 1-56 [4], стр. 24-48 [5], § § 14.1, 14.2, 14.4, 14.6.2-14.6.4 |
| 2.4 | Тепловые приёмники излучения | 20 | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Курсовая работа (КР) | 36.0 | - | - | - | 14 | - | 4 | - | 0.3 | 17.7 | - | |
| | Всего за семестр | 216.0 | 28 | 12 | 28 | 14 | 2 | 4 | - | 0.8 | 93.7 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 216.0 | 28 | 12 | 28 | | 16 | | 4 | 0.8 | | 127.2 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основы работы электронных устройств регистрации излучения

1.1. Регистрация лазерного излучения и выделение сигнала

Обобщённая схема приёмника излучения. Назначение и описание основных структурных элементов приёмника оптического сигнала. Классификация приёмников.

1.2. Методы детектирования

Приёмники излучения с прямым детектированием. Детектирование излучения с преобразованием.

1.3. Параметры и характеристики приёмников излучения

Спектральные параметры и характеристики приёмников излучения. Пороговые и шумовые параметры. Временные (частотные) параметры и характеристики. Электрические и энергетические параметры приёмников излучения.

1.4. Источники шумов приёмников излучения

Тепловой шум. Шум дробового эффекта. Токовый шум. Радиационный (фотонный) шум.

2. Устройства регистрации излучения различных типов

2.1. Приёмники на основе внешнего фотоэффекта

Законы внешнего фотоэффекта. Электровакуумные фотоэлементы. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Электронно-оптические преобразователи (ЭОП).

2.2. Приёмники излучения на основе внутреннего фотоэффекта

Внутренний фотоэффект в собственных и примесных полупроводниках. Фоторезисторы. Фотодиоды: принцип действия, вольтамперная характеристика. Работа фотодиода в фотодиодном и фотогальваническом режимах. Постоянная времени и частотные характеристики фотодиодов.

2.3. Фотоприёмники с координатной выборкой (многоэлементные приёмники излучения)

Структура и типы фотоприёмников с координатной выборкой. Принцип работы ПЗС-матриц; архитектура ПЗС-матриц. Приборы с зарядовой инжекцией (ПЗИ). Сравнительная характеристика ПЗС-матриц и КМОП-матриц. Основные технические характеристики матриц фотоприёмных устройств. АЦП и ЦАП в приёмниках излучения.

2.4. Тепловые приёмники излучения

Основные принципы работы тепловых приёмников. Термопары. Болометры: металлические, полупроводниковые, сверхпроводящие. Устройства охлаждения тепловых приёмников излучения. Пирозлектрические приёмники.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчёт тока и напряжения шума, отношения сигнал/шум;
2. Расчёт фотосигнала устройства регистрации излучения;
3. Расчёт чувствительности приёмника к излучению заданного источника по известным паспортным характеристикам;
4. Расчёт параметров гауссова пучка, преобразованного оптической системой;
5. Расчёт максимальной вольтовой чувствительности фотодиода. Выбор сопротивления нагрузки;

6. Расчёт временных, пороговых и шумовых параметров ПЗС-приёмников;
7. Расчёт пороговых и шумовых параметров ФЭУ;
8. Расчёт энергетических и световых характеристик излучения.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Изучение фотовольтаического эффекта и спектральной чувствительности полупроводникового фотоэлемента;
2. Изучение работы фотоэлектронного умножителя;
3. Изучение работы матричных приёмников излучения;
4. Исследование работы фотодиода в фотогальваническом и диодном режимах.

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Основы работы электронных устройств регистрации излучения"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсовой работы под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Устройства регистрации излучения различных типов"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу "Основы работы электронных устройств регистрации излучения"
2. Обсуждение материалов по разделу "Устройства регистрации излучения различных типов"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Устройства регистрации излучения различных типов"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Устройства регистрации излучения различных типов"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

6 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Энергетический расчёт опико-электронного прибора с различными устройствами регистрации излучения: на основе внешнего или внутреннего фотоэффекта, пироэлектрические приёмники.

График выполнения курсового проекта

| | | | |
|--------------------------|---------|---------------|--------------------------|
| Неделя | 1 - 12 | 13 - 16 | Зачетная |
| Раздел курсового проекта | 1, 2, 3 | 1, 2, 3, 4, 5 | Защита курсового проекта |
| Объем | 20 | 80 | - |

| | | | |
|---|----|-----|---|
| раздела, % | | | |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 20 | 100 | - |

| Номер раздела | Раздел курсового проекта |
|---------------|---|
| 1 | Расчет параметров потока излучения |
| 2 | Расчет интегральной чувствительности приемника |
| 3 | Расчет параметров полезного сигнала на выходе оптико-электронного прибора |
| 4 | Расчет пороговых и шумовых параметров приемника |
| 5 | Расчет отношения сигнал/шум |

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|---|------------------|---|---|--|
| | | 1 | 2 | |
| Знать: | | | | |
| физические принципы работы электронных устройств регистрации излучения | ИД-1ПК-1 | | + | Лабораторная работа/Защита лабораторных работ |
| способы оценки и контроля параметров и характеристик электронных устройств регистрации излучения | ИД-1ПК-1 | + | | Лабораторная работа/Защита лабораторных работ |
| способы компьютерной обработки данных, полученных с приёмника излучения, а также способы оценки погрешности результатов измерений | ИД-5ПК-1 | + | | Тестирование/Тест по теме «Регистрация лазерного излучения и выделение сигнала» |
| основные методики проведения экспериментальных исследований параметров электронных устройств регистрации излучения | ИД-6ПК-1 | + | | Тестирование/Тест по теме «Регистрация лазерного излучения и выделение сигнала» |
| Уметь: | | | | |
| рассчитывать параметры устройств регистрации излучения | ИД-1ПК-1 | + | | Лабораторная работа/Защита лабораторных работ |
| проводить энергетический расчёт оптико-электронных приборов с учётом влияния шумов и фонового излучения | ИД-5ПК-1 | | + | Контрольная работа/Расчёт параметров приёмников лазерного излучения Контрольная работа/Расчёт фотосигнала и шумовых параметров приёмников лазерного излучения |
| анализировать тактико-технические характеристики электронных устройств регистрации излучения в составе квантово-оптических систем | ИД-6ПК-1 | + | | Лабораторная работа/Защита лабораторных работ |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчёт параметров приёмников лазерного излучения (Контрольная работа)
2. Расчёт фотосигнала и шумовых параметров приёмников лазерного излучения (Контрольная работа)
3. Тест по теме «Регистрация лазерного излучения и выделение сигнала» (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

Курсовая работа (КР) (Семестр №6)

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Ишанин, Г. Г. Приемники оптического излучения : учебник / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов ; ред. В. В. Коротаев . – СПб. : Лань-Пресс, 2018 . – 304 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1048-4 .;
2. Источники и приемники излучения : Учебное пособие для оптических специальностей вузов / Г. Г. Ишанин, и др. – СПб. : Политехника, 1991 . – 240 с. - ISBN 5-7325-0164-9 .;
3. Мацюк, А. С. Приемники лазерного излучения : лабораторный практикум по курсу "Приемники лазерного излучения" для бакалавров по направлению 11.03.04 "Электроника и наноэлектроника" / А. С. Мацюк, О. В. Печинская ; ред. О. В. Печинская ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 56 с. - ISBN 978-5-7046-2136-2 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10794;
4. Орлов, Д. А. Приемники оптического излучения : учебное пособие для вузов по специальности 210103 "Квантовая и оптическая электроника" направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" / Д. А. Орлов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 80 с. - ISBN 978-5-383-00493-7 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1674;

5. Фрайден, Д. Современные датчики : справочник : пер. с англ. / Д. Фрайден . – М. : Техносфера, 2006 . – 592 с. – (Мир электроники) . - ISBN 5-948360-50-4 .;

6. Ишанин Г. Г., Челибанов В. П.- "Приемники оптического излучения", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (304 с.)

<https://e.lanbook.com/book/168713>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;

2. Windows / Операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>

5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

11. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>

12. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>

13. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>

14. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>

15. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>

16. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>

17. База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC) - <http://search.ebscohost.com>

18. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing - <http://search.ebscohost.com>

19. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>

20. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>

21. Патентная база Orbit Intelligence компании Questel - <https://www.orbit.com/>

22. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>

23. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>

24. Журналы издательства SAGE Publication (Sage) - <https://journals.sagepub.com/>

25. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>

26. Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library - <https://www.spiedigitallibrary.org/>

27. Коллекция журналов Taylor & Francis Group - <https://www.tandfonline.com/>

28. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>

29. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
30. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
31. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
32. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
33. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
34. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
35. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
36. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>
37. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
38. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
39. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | А-103, Учебная аудитория каф. Физики | парта, стол преподавателя, стул, экран, колонки |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | А-212, Учебная лаборатория "Приемники оптического излучения" | стол преподавателя, стол, стул, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, колонки, компьютер персональный, стенд учебный |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики | парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук |
| Помещения для самостоятельной работы | А-111/1, Компьютерный класс каф. Физики | стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | А-201/1, Кабинет сотрудников каф. Физики | стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, колонки, компьютер персональный, принтер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного | Б-101/1, Склад каф. Физики им. В.А. | |

| | | |
|-----------|------------|--|
| инвентаря | Фабриканта | |
|-----------|------------|--|

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Электронные устройства регистрации излучения**

(название дисциплины)

6 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест по теме «Регистрация лазерного излучения и выделение сигнала» (Тестирование)
 КМ-2 Расчёт параметров приёмников лазерного излучения (Контрольная работа)
 КМ-3 Расчёт фотосигнала и шумовых параметров приёмников лазерного излучения (Контрольная работа)
 КМ-4 Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Основы работы электронных устройств регистрации излучения | | | | | |
| 1.1 | Регистрация лазерного излучения и выделение сигнала | | + | | | |
| 1.2 | Методы детектирования | | + | | | |
| 1.3 | Параметры и характеристики приёмников излучения | | + | | | + |
| 1.4 | Источники шумов приёмников излучения | | + | | | + |
| 2 | Устройства регистрации излучения различных типов | | | | | |
| 2.1 | Приёмники на основе внешнего фотоэффекта | | | + | + | + |
| 2.2 | Приёмники излучения на основе внутреннего фотоэффекта | | | + | + | + |
| 2.3 | Фотоприёмники с координатной выборкой (многоэлементные приёмники излучения) | | | + | + | + |
| 2.4 | Тепловые приёмники излучения | | | + | + | |
| Вес КМ, %: | | | 15 | 25 | 35 | 25 |

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Электронные устройства регистрации излучения

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-2 Оценка выполнения разделов 1 и 2 «Расчет параметров потока излучения» и «Расчет интегральной чувствительности приемника»
- КМ-3 Оценка выполнения разделов 3, 4 и 5 «Расчет параметров полезного сигнала на выходе оптико-электронного прибора», «Расчет пороговых и шумовых параметров приемника» и «Расчет отношения сигнал/шум»
- КМ-4 Качество оформления КР

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 12 | 16 | 16 | 16 |
| 1 | Расчет параметров потока излучения | | + | + | | + |
| 2 | Расчет интегральной чувствительности приемника | | + | + | | + |
| 3 | Расчет параметров полезного сигнала на выходе оптико-электронного прибора | | + | | + | + |
| 4 | Расчет пороговых и шумовых параметров приемника | | | | + | + |
| 5 | Расчет отношения сигнал/шум | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 20 | 30 | 30 | 20 |