

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
МЕТРОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ


| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.01.15 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 8 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 8 семестр - 14 часов; |
| Практические занятия | 8 семестр - 14 часов; |
| Лабораторные работы | 8 семестр - 12 часов; |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 8 семестр - 67,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Контрольная работа Дискуссия | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 8 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Зверев П.Г. |
| | Идентификатор | R29e52435-ZverevPG-6c680d73 |

(подпись)

П.Г. Зверев

(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 основ метрологии оптического излучения, используемого в лазерной технике; освоение основных методик, используемых для измерения характеристик лазерного излучения

Задачи дисциплины

- Изучение роли и значения метрологии лазерного излучения в современной науке и технике;
- Изучение физических явлений, лежащих в основе основных методов и устройств, используемых для измерения параметров лазерного излучения;
- Получение практического опыта по измерению параметров лазерного 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-3ПК-1 Проведение технических расчетов, функциональный анализ проекта квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства | знать: - Способы измерения метрологических характеристик лазерного излучения, методики оценки точности измерений. уметь: - Измерять метрологические характеристики лазерного излучения. |
| ПК-1 Способен осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства | ИД-5ПК-1 Разработка нормативно-технической документации для проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства | знать: - Метрологические характеристики лазерного излучения. уметь: - Рассчитывать метрологические характеристики лазерного излучения. |

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 основные законы физики, разделы механика, теплота, электричество, оптика, атомная и ядерная физика
- знать основные свойства оптического излучения, включая волновые и корпускулярные
- знать основы взаимодействия оптического излучения с веществом
- уметь применять основные законы физики для решения прикладных задач
- уметь анализировать и систематизировать результаты 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 3 зачетных единицы, 108 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 | Введение | 16 | 8 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | 10 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Подготовка к Тесту №1 (КМ-1). <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Введение" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Повторение лекционного и изучение дополнительного материала по разделу "Введение" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 20-31, 71-82</p> |
| 1.1 | Основные характеристики лазерного излучения. | 8 | | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 5 | - | |
| 1.2 | Основные применения лазерного излучения | 8 | | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 5 | - | |
| 2 | Приемники оптического излучения | 32 | | 4 | 4 | 6 | - | - | - | - | - | 18 | - | |
| 2.1 | Неселективные приемники | 15 | | 1 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 2.2 | Селективные фотоэлектрические приемники | 7 | 1 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | | |
| 2.3 | Спектральные характеристики лазерного излучения | 10 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 6 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Приемники оптического излучения" подготовка к выполнению заданий на практических</p> | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|------|---|---|---|---|---|---|---|-----|----|------|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Повторение лекционного и изучение дополнительного материала по разделу "Приемники оптического излучения". <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 4-16, 21-34 |
| 3 | Спектральные, пространственные и временные характеристики лазерного излучения | 42 | 6 | 8 | 6 | - | - | - | - | - | 22 | - | | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Подготовка к контрольной работе (КМ-3) и защите лабораторных работ (КМ-4). <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 "Спектральные, пространственные и временные характеристики лазерного излучения" материалу. |
| 3.1 | Работа в различных спектральных областях | 12 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | | |
| 3.2 | Пространственные характеристики лазерного излучения | 16 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | | |
| 3.3 | Когерентность лазерного излучения | 14 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 6 | - | | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Спектральные, пространственные и временные характеристики лазерного излучения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Повторение лекционного и изучение дополнительного материала по разделу "Спектральные, пространственные и временные характеристики лазерного излучения". <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 41-53 [2], 35-43 [3], 60-72 |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|--------------|--|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|-----------|-------------|--|
| | Всего за семестр | 108.0 | | 14 | 12 | 14 | - | - | - | - | 0.3 | 50 | 17.7 | |
| | Итого за семестр | 108.0 | | 14 | 12 | 14 | - | - | - | - | 0.3 | 50 | 17.7 | |

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. Введение

1.1. Основные характеристики лазерного излучения.

Метрология как наука. Общие сведения о лазерах, Основные типы лазеров, Характеристики лазерного излучения..

1.2. Основные применения лазерного излучения

Технологические применения лазеров. Управляемые химические реакции. Лазерное разделение изотопов. Управляемый термоядерный синтез. Применение лазеров в научных исследованиях.. Светодальнометрия и светолокация. Геодезия, картография, строительство. Оптические системы связи и передачи информации. Оптические методы обработки информации.. Применение лазеров в медицине..

2. Приемники оптического излучения

2.1. Неселективные приемники

Тепловые приемники. Принцип работы, чувствительность и временной отклик приемника. Конструкции тепловых приемников, следящих за $\Delta T(t)$. Абсолютные измерения.. Пироэлектрические приемники. Принцип работы, чувствительность и временной отклик приемника. Конструкции пироэлектрических приемников. Приемники продольного и поперечного типов. Схемы включения приемников.. Пондеромоторные приемники. Давление света. Принцип работы, чувствительность и временной отклик приемника. Конструкции пондеромоторных приемников и их элементы..

2.2. Селективные фотоэлектрические приемники

Принцип работы фотоэлектрических приемников (фотоэлементы с внешним фотоэффектом, фотоумножители, фотосопротивления) и их характеристики.. Принцип работы фотоэлектрических приемников (фотоэлементы с запирающим слоем, фотодиоды) и их характеристики.. Приборы с зарядовой связью. Работа МДП конденсатора (МОП структура). Трехфазная схема передачи зарядового пакета. Конструкции приборов с зарядовой связью..

2.3. Спектральные характеристики лазерного излучения

Измерение энергетических характеристик в различных спектральных областях. Источники для градуировки спектральной чувствительности системы. Выделение определенной спектральной области. Светофильтры абсорбционные (цветные стекла) и интерференционные.. Лазеры с фиксированной частотой. Перестраиваемые лазеры. Экспериментальные методы определения спектральных характеристик лазерного излучения с различными диспергирующими элементами (призма, дифракционная решетка, интерферометр Фабри Перо)..

3. Спектральные, пространственные и временные характеристики лазерного излучения

3.1. Работа в различных спектральных областях

Источники для градуировки спектральной чувствительности системы. Выделение определенной спектральной области. Светофильтры абсорбционные (цветные стекла) и интерференционные.

3.2. Пространственные характеристики лазерного излучения

Пространственные характеристики лазерного излучения, расходимость, коэффициент дифракционного качества пучка M².. Экспериментальные методы определения пространственного распределения лазерного излучения..

3.3. Когерентность лазерного излучения

Пространственная когерентность лазерного излучения, методы исследования, схема Юнга. Временная когерентность лазерного излучения, методы исследования, интерферометр Майкельсона.

3.3. Темы практических занятий

1. Методы исследования пространственных характеристик оптического излучения;
2. Основные применения лазерного излучения;
3. Введение. Основные характеристики лазерного излучения;
4. Приемники оптического излучения, классификация. Тепловые, пндеромоторные, фотоэлектрические приемники;
5. Методы исследования когерентности оптического излучения. Пико- и фемтосекундные лазерные импульсы;
6. Методы исследования спектральных характеристик оптического излучения;
7. Измерение энергетических характеристик лазерного излучения.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Фотографическая фотометрия лазерного излучения;
2. Измерение пространственного распределения лазерного излучения;
3. Моделирование на ЭВМ корреляционных методов измерения временных характеристик сверхкоротких импульсов лазерного излучения;
4. Доплеровский метод измерения временной когерентности лазерного излучения.

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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 | 3 | |
| Знать: | | | | | |
| Способы измерения метрологических характеристик лазерного излучения, методики оценки точности измерений | ИД-3ПК-1 | | + | | Тестирование/Тест 2 |
| Метрологические характеристики лазерного излучения | ИД-5ПК-1 | + | | | Тестирование/Тест 1 |
| Уметь: | | | | | |
| Измерять метрологические характеристики лазерного излучения | ИД-3ПК-1 | | + | + | Дискуссия/Защита лабораторных работ |
| Рассчитывать метрологические характеристики лазерного излучения | ИД-5ПК-1 | | + | + | Контрольная работа/Контрольная работа |

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа (Контрольная работа)
2. Тест 1 (Тестирование)
3. Тест 2 (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Дискуссия)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

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

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Зубов, В. А. Физика лазеров : учебное пособие по курсам "Квантовая и оптическая электроника", "Квантовые источники излучения" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / В. А. Зубов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 92 с. - К 100-летию со дня рождения профессора В. А. Фабриканта . - ISBN 978-5-383-00075-5 . ;
2. 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;
3. Борейшо А. С., Ивакин С. В.- "Лазеры: устройство и действие", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (304 с.)
<https://e.lanbook.com/book/186213>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Майнд Видеоконференции;
4. SmathStudio.

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 ВИНИТИ 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/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|----------------------|--|------------------|
| | отсутствует | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология лазерного излучения

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Тест 1 (Тестирование)

КМ-2 Тест 2 (Тестирование)

КМ-3 Контрольная работа (Контрольная работа)

КМ-4 Защита лабораторных работ (Дискуссия)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 15 |
| 1 | Введение | | | | | |
| 1.1 | Основные характеристики лазерного излучения. | | + | | | |
| 1.2 | Основные применения лазерного излучения | | + | | | |
| 2 | Приемники оптического излучения | | | | | |
| 2.1 | Неселективные приемники | | | + | + | + |
| 2.2 | Селективные фотоэлектрические приемники | | | + | + | + |
| 2.3 | Спектральные характеристики лазерного излучения | | | | + | + |
| 3 | Спектральные, пространственные и временные характеристики лазерного излучения | | | | | |
| 3.1 | Работа в различных спектральных областях | | | | + | + |
| 3.2 | Пространственные характеристики лазерного излучения | | | | + | + |
| 3.3 | Когерентность лазерного излучения | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 15 | 15 | 30 | 40 |