

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ЛАЗЕРОВ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

| Семестр | Трудоемкость, кред. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | В форме практической подготовки/ В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП |
|---------|---------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------|
| 3 | 2 | 72 | 0 | 32 | 0 | | 40 | 0 | 3 |
| Итого | 2 | 72 | 0 | 32 | 0 | 0 | 40 | 0 | |

АННОТАЦИЯ

Целью освоения учебной дисциплины «Основы проектирования и производства лазеров и их компонентов» является получение знаний, необходимых для успешной профессиональной деятельности в области исследований, разработок и технологий, направленных на разработку и конструирование лазеров и их компонентов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Основы проектирования и производства лазеров и их компонентов» является получение знаний, необходимых для успешной профессиональной деятельности в области исследований, разработок и технологий, направленных на разработку и конструирование лазеров и их компонентов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими разделами лазерной физики: взаимодействие лазерного излучения, процессы накачки, оптические резонаторы, непрерывный и импульсный режимы работы лазеров, свойства лазерных пучков.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---|--|
| ОПК-1 [1] – Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки лазерной техники, оптических материалов и лазерных технологий | 3-ОПК-1 [1] – Знать: современное состояние развития исследований и разработок в области лазерной техники, оптических материалов и лазерных технологий У-ОПК-1 [1] – Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения в области лазерной техники лазерных технологий В-ОПК-1 [1] – Владеть: приемами оценки эффективности выбранного решения с учетом специфики исследований и разработки лазерной техники, оптических материалов и лазерных технологий |
| ОПК-2 [1] – Способен организовать проведение научного исследования и разработку, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и лазерных | 3-ОПК-2 [1] – Знать: специфику методов и средств оптических и лазерных исследований и разработок У-ОПК-2 [1] – Уметь: формулировать цель и задачу исследования, разработки; намечать пути решения поставленной задачи; представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности В-ОПК-2 [1] – Владеть: методами и навыками оптических |

| | |
|--------------|-------------------------|
| исследований | и лазерных исследований |
|--------------|-------------------------|

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
|---|--|--|---|
| проектно-конструкторский | | | |
| анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания; постановка цели и задач проектирования лазерной техники и лазерных технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; разработка функциональных и структурных схем лазерной техники и лазерных технологий с определением их физических принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы; проектирование и конструирование лазерных приборов, систем, комплексов и технологий с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и | Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база лазерной техники, технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения | ПК-4 [1] - способен проектировать и конструировать узлы, блоки лазерных приборов, систем и комплексов с использованием средств компьютерного проектирования, проводить проектные расчеты и выполнять технико-экономическое обоснование <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011 | 3-ПК-4[1] - Знать: особенности и области применения лазерной техники и лазерных технологий; правила оформления проектной и конструкторской документации ; У-ПК-4[1] - Уметь: анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым узлам, блокам лазерных приборов и систем; проводить концептуальную и проектную проработку типовых систем, приборов, деталей и узлов; представлять и оформлять результаты проектно-конструкторской деятельности ; В-ПК-4[1] - Владеть: методами компьютерного проектирования и расчета; навыками проектирования и конструирования типовых узлов и блоков лазерных приборов и систем |

| | | | |
|---|---|---|--|
| технико-экономического обоснования. | | | |
| производственно-технологический | | | |
| проектирование, разработка и внедрение лазерных технологических процессов и процессов контроля качества приборов, систем и элементов лазерных комплексов; руководство работами по доводке и освоению техпроцессов производства лазерных приборов, систем и комплексов; руководство монтажом, наладкой, испытаниями и сдачей в эксплуатацию опытных образцов лазерных комплексов | Лазерные технологии, использующие взаимодействие электромагнитного излучения с веществом в т.ч. медицинские, микро- и нанотехнологии; технологии производства элементов лазерной техники, материалов и приборов | ПК-6 [1] - способен проектировать, разрабатывать и внедрять технологические процессы и режимы производства, осуществлять контроль качества лазерных приборов, систем, комплексов и их элементов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037 | 3-ПК-6[1] - Знать: типичные требования, предъявляемые к качеству лазерных приборов, систем и их элементов; основные технологические процессы, используемые для изготовления лазерной техники ; У-ПК-6[1] - Уметь: анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым технологическим процессам и режимам производства; проводить концептуальную и проектную проработку типовых технологических процессов и режимов производства; формулировать и обосновывать параметры, режимы и условия реализации разрабатываемых технологических процессов ; В-ПК-6[1] - Владеть: современными методами и приборами метрологического обеспечения технологических процессов и режимов производства |
| проектирование, разработка и внедрение лазерных технологических процессов и | Лазерные технологии, использующие взаимодействие электромагнитного | ПК-7 [1] - способен руководить работами по доводке и освоению лазерных технологий и техпроцессов | 3-ПК-7[1] - Знать: элементную базу, используемую в изделиях лазерной техники; оптические |

| | | | |
|--|--|---|---|
| <p>процессов контроля качества приборов, систем и элементов лазерных комплексов; руководство работами по доводке и освоению техпроцессов производства лазерных приборов, систем и комплексов; руководство монтажом, наладкой, испытаниями и сдачей в эксплуатацию опытных образцов лазерных комплексов</p> | <p>излучения с веществом в т.ч. медицинские, микро- и нанотехнологии; технологии производства элементов лазерной техники, материалов и приборов</p> | <p>производства лазерных приборов, систем и комплексов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037</p> | <p>материалы и технологии, в т.ч. для лазерной техники; основы и принципы оптических измерений; основные лазерные технологии ;</p> <p>У-ПК-7[1] - Уметь: рассчитывать параметры и характеристики лазерных приборов и систем; выбирать элементы лазерных приборов и систем; выбирать контрольно-измерительную аппаратуру; обосновывать предлагаемые технические решения ;</p> <p>В-ПК-7[1] - Владеть: методами лазерных измерений; методами работы с научно-технической литературой и информацией.</p> |
| <p>проектирование, разработка и внедрение лазерных технологических процессов и процессов контроля качества приборов, систем и элементов лазерных комплексов; руководство работами по доводке и освоению техпроцессов производства лазерных приборов, систем и комплексов; руководство монтажом, наладкой, испытаниями и сдачей в эксплуатацию опытных образцов лазерных комплексов</p> | <p>Лазерные технологии, использующие взаимодействие электромагнитного излучения с веществом в т.ч. медицинские, микро- и нанотехнологии; технологии производства элементов лазерной техники, материалов и приборов</p> | <p>ПК-8 [1] - способен руководить монтажом, наладкой (юстировкой), испытаниями и сдачей в эксплуатацию опытных образцов лазерных приборов, систем и комплексов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037</p> | <p>3-ПК-8[1] - Знать: принципы построения и состав лазерных приборов и систем; ;</p> <p>У-ПК-8[1] - Уметь: выбрать метод сборки и юстировки узлов и деталей лазерной техники и приборов, реализуемый на стандартной элементной базе; разработать оптическую схему для монтажа и наладки лазерной техники и приборов; формулировать и обосновывать требования к сборке и юстировке узлов и деталей лазерной</p> |

| | | | |
|---------------------|--|--|--|
| лазерных комплексов | | | техники и приборов ; В-ПК-8[1] - Владеть: навыками монтажа, наладки и испытаний лазерных приборов и систем; методами юстировки лазерных приборов, систем и комплексов. |
|---------------------|--|--|--|

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|------------------|---|--------|--|---|----------------------------------|---|---|
| <i>3 Семестр</i> | | | | | | | |
| 1 | Первый раздел | 1-8 | 0/16/0 | | 25 | КИ-8 | 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8 |
| 2 | Второй раздел | 9-16 | 0/16/0 | | 25 | КИ-16 | 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, |

| | | | | | | |
|--|---|--------|--|----|---|---|
| | | | | | | 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8 |
| | <i>Итого за 3 Семестр</i> | 0/32/0 | | 50 | | |
| | Контрольные мероприятия за 3 Семестр | | | 50 | 3 | 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8 |

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| КИ | Контроль по итогам |
| З | Зачет |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|--|--|-------------------|---------------|
| | <i>3 Семестр</i> | 0 | 32 | 0 |
| 1-8 | Первый раздел | 0 | 16 | 0 |
| 1 - 3 | Введение Принципы работы лазера. Твердотельные лазеры. Вспомогательное излучение накачки в системах со многими уровнями энергии. Безизлучательная релаксация в твердом теле. Колебательный спектр матрицы. Примеры ионов неодима, иттербия, эрбия. Ион-ион взаимодействие. Выбор оптимальной концентрации. Рубиновый и неодимовый лазеры. Волоконные лазеры. | Всего аудиторных часов 0 Онлайн 0 | 6 0 | 0 |
| 4 - 5 | Построение лазерных резонаторов | Всего аудиторных часов | | |

| | | | | |
|-------------|---|------------------------|----|---|
| | Кольцевые и линейные схемы. Способы создания обратной связи. Отражатели на объемных зеркалах, мультиплексорах и брэгговских решетках. Организация ввода излучения накачки в активное волокно. | 0 | 4 | 0 |
| | Онлайн | | | |
| | 0 | 0 | 0 | |
| 6 - 8 | Лазеры на нелинейных эффектах Вынужденное комбинационное рассеяние в оптических волокнах. Построение ВКР-лазеров с использованием различных материалов. Импульсные ВКР-лазеры. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна в волокнах. ВРМБ-лазеры, совместное действие ВРМБ-усиления и усиления в активных волокнах. Четырехфотонное смешение и параметрические генераторы. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 0 | 6 | 0 |
| | Онлайн | | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 9-16 | Второй раздел | 0 | 16 | 0 |
| 9 - 11 | Лазеры с модуляцией добротности Модуляция добротности как способ генерации импульсов с высокой энергией. Самомодуляция добротности. Использование насыщающихся волоконных поглотителей. Использование углеводородных нанотрубок для модуляции добротности. Активная модуляция. Брэгговская волоконная решетка как модулятор добротности. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 0 | 6 | 0 |
| | Онлайн | | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 12 - 13 | Лазеры с синхронизацией мод Синхронизация мод как способ получения ультракоротких импульсов. Использование нелинейных свойств волокна, нелинейное вращение поляризации. Удлинение резонатора. Пассивная синхронизация мод. Активная синхронизация мод. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 0 | 4 | 0 |
| | Онлайн | | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 14 - 16 | Применение современных программных средств для проектирования лазеров и их элементов Ознакомление с возможностями проектирования лазеров и их компонентов при помощи современных программных средств проектирования, таких как SolidWorks и Zemax. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 0 | 6 | 0 |
| | Онлайн | | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания, повторении ранее пройденного материала. Часть занятий проводится в интерактивной форме.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ОПК-1 | З-ОПК-1 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ОПК-1 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ОПК-1 | З, КИ-8, КИ-16 |
| ОПК-2 | З-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-16 |
| ПК-4 | З-ПК-4 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ПК-4 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ПК-4 | З, КИ-8, КИ-16 |
| ПК-6 | З-ПК-6 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ПК-6 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ПК-6 | З, КИ-8, КИ-16 |
| ПК-7 | З-ПК-7 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ПК-7 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ПК-7 | З, КИ-8, КИ-16 |
| ПК-8 | З-ПК-8 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ПК-8 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ПК-8 | З, КИ-8, КИ-16 |

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100 | 5 – «отлично» | A | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно |

| | | | |
|---------|---------------------------|---|---|
| | | | увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89 | 4 – «хорошо» | B | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |
| 75-84 | | C | |
| 70-74 | | D | |
| 65-69 | | | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. |
| 60-64 | 3 – «удовлетворительно» | E | |
| Ниже 60 | 2 – «неудовлетворительно» | F | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К 44 Квантовая и оптическая электроника : , Киселев Г. Л., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ Ж 86 Материалы микро- и оптоэлектроники: кристаллы и световоды : учебное пособие для вузов, Жукова Л. В. [и др.], Москва: Юрайт, 2022
3. 537 З-43 Принципы лазеров : , Звелто О., Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 537 К23 Лекции по квантовой электронике : , Карлов Н.В., М.: Наука, 1988
2. 535 М54 Методы компьютерной оптики : Учеб. пособие для вузов, , М.: Физматлит, 2000
3. 535 Ш47 Принципы нелинейной оптики : , Шен И.Р., М.: Наука, 1989

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Курс дисциплины «Основы проектирования и производства лазеров и их компонентов» строится по следующему плану. Сначала обсуждаются основные принципы работы лазеров, рассматриваются конструкции лазеров различных типов. Далее рассказывается о конструкциях резонаторов. Затем рассматриваются основные положения нелинейной оптики и более подробно те эффекты, которые используются при создании лазеров. Далее рассматриваются режимы модуляции добротности и синхронизации мод.

Заключительные разделы курса посвящены ознакомлению с возможностями проектирования лазеров и их компонентов при помощи современных программных средств проектирования, таких как SolidWorks и Zemax.

С целью выработки профессиональных компетенций студентов на занятиях используется интерактивная форма (20%) проведения занятий. Активная форма проведения занятий предполагает, в частности, что студенты самостоятельно прорабатывают отдельные дополнительные разделы курса с учетом дополнительной литературы, сообщаемой преподавателем.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс дисциплины «Основы проектирования и производства лазеров и их компонентов» строится по следующему плану. Сначала обсуждаются основные принципы работы лазеров, рассматриваются конструкции лазеров различных типов. Далее рассказывается о конструкциях резонаторов. Затем рассматриваются основные положения нелинейной оптики и более подробно те эффекты, которые используются при создании лазеров. Далее рассматриваются режимы модуляции добротности и синхронизации мод.

Заключительные разделы курса посвящены ознакомлению с возможностями проектирования лазеров и их компонентов при помощи современных программных средств проектирования, таких как SolidWorks и Zemax.

С целью выработки профессиональных компетенций студентов на занятиях используется интерактивная форма (20%) проведения занятий. Активная форма проведения занятий предполагает, в частности, что студенты самостоятельно прорабатывают отдельные дополнительные разделы курса с учетом дополнительной литературы, сообщаемой преподавателем.

Автор(ы):

Петровский Виктор Николаевич, к.ф.-м.н., с.н.с.

Евтихиев Николай Николаевич, д.ф.-м.н., профессор