ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ  
  
Протокол № 3   
  
от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ФИЗИКА ЛАЗЕРОВ

|  |  |
| --- | --- |
| 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 интерактивном режиме, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 1 | 3 | 108 | 16 | 32 | 0 |  | 24 | 0 | Э |
| Итого | 3 | 108 | 16 | 32 | 0 | 48 | 24 | 0 |  |

АННОТАЦИЯ

Содержанием учебной дисциплины является рассмотрение принципов работы лазеров, изучение физических основ генерации и усиления света.

В процессе освоения учебной дисциплины изучаются основные методы создания инверсной населенности, режимы генерации лазеров, методы получения коротких и ультракоротких лазерных импульсов. Изучаются методы решения скоростных уравнений, методы расчета параметров резонатораи и гауссовых пучков.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Задача курса - приобретение студентами знаний по свойствам активных сред лазеров, применение полученных знаний для изучения физики работы лазеров.

Цель курса - ознакомление с различными типами лазеров и с возможностями применения лазеров в качестве источников когерентного, монохроматического излучения, изучение законов физической оптики, лежащих в основе физики лазеров.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Содержание программы дисциплины представляет собой развитие и углубление полученных ранее знаний в области физики. В ней используются основные понятия и представления, отвечающие теоретической базе, освоенной студентами при изучении дисциплин в рамках бакалавриата.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
| УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий |

Профессиональные компетенции в соотвествии 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 |  |  |  |
| проведение фундаментальных научно-исследовательских работ с использованием гибридных лазерных систем фотоники (под гибридными лазерными системами понимаются устройства объединяющие в себе несколько подходов к формированию лазерного излучения, такие как связка полупроводникового лазера и системы волоконных и твердотельных усилителей, что позволяет использовать преимущества каждого блока системы); разработка новых методов в области лазерных технологий и создание приборов и систем на их основе | полупроводниковые, волоконные, твердотельные лазеры и усилители, и другие лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база, системы, материалы, методы и технологии, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; | ПК-3 [1] - способен разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы  *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-3[1] - Знать: физические принципы действия приборов и систем лазерной техники, ; У-ПК-3[1] - Уметь: проводить сравнительный анализ изделий-аналогов; формулировать технические требования на отдельные блоки, узлы и элементы приборов и систем лазерной техники; разрабатывать и исследовать новые способы и принципы функционирования приборов и систем лазерной техники ; В-ПК-3[1] - Владеть: методами анализа и расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем лазерной техники. |
| научно-исследовательский |  |  |  |
| формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерных технологий фотоники на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области лазерных технологий фотоники; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями | автокорреляционные, спектроскопические, интерферометрические и другие методы и системы для всестороннего исследования излучения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; математические модели объектов исследования | ПК-4.2 [1] - способен использовать знания основ теории резонансного взаимодействия излучения с веществом; теории квантовых усилителей и генераторов, методов создания и усиления коротких лазерных импульсов в своей практической деятельности  *Основание:* Профессиональный стандарт: 29.004 | З-ПК-4.2[1] - Знать основы теории оптических измерение и расчета элементов, узлов и систем оптотехники; У-ПК-4.2[1] - Уметь обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты исследований; В-ПК-4.2[1] - Владеть методами представления информации в систематизированном виде, оформлением научно-технических отчетов |

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** |
|  | *1 Семестр* |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Первый раздел | 1-8 | 8/16/0 |  | 25 | КИ-8 | З-ПК-3, З-ПК-4.2, З-УК-1 |
| 2 | Второй раздел | 9-16 | 8/16/0 |  | 25 | КИ-16 | У-ПК-3, В-ПК-3, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1 |
|  | *Итого за 1 Семестр* |  | 16/32/0 |  | 50 |  |  |
|  | **Контрольные мероприятия за 1 Семестр** |  |  |  | 50 | Э | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1 |

\* – 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 |
| Э | Экзамен |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *1 Семестр* | 16 | 32 | 0 |
| **1-8** | **Первый раздел** | 8 | 16 | 0 |
| 1 | **1. Введение** Абсолютно черное тело. Поглощение и испускание электромагнитного излучения. Принцип работы лазеров. Принципиальная схема лазера. Основные свойства лазерного излучения. Уровни энергии атомов, молекул, кристаллов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 2 - 3 | **2. Лазерные переходы.** Вероятности спонтанных и индуцированных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Время жизни и ширина линии перехода.  Безызлучательные переходы. Сечение поглощения, излучения: 2-х, 3 - х и 4 -х уровневые системы переходов. Условия получения инвертированного состояния. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 4 - 5 | **3. Скоростные уравнения.** 3-х и 4 -х уровневые схемы переходов. Условия непрерывного режима генерации. Взаимосвязь скорости накачки, инверсии населённости и числа фотонов в резонаторе лазера. Пороговая скорость накачки и выходная мощность, оптимальная обратная связь.  Релаксационный генератор. Частота релаксационных колебаний. Пиковая мощность и энергия лазерного импульса. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 6 | **4. Квантовое описание излучения.**  Уравнение Шредингера и волновая функция.  Частица в потенциальной яме. Частица на границе. Туннельный эффект.  Релаксационные процессы. Механизмы релаксации.  Однородное и неоднородное уширение. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 7 - 8 | **5. Моды резонатора.** Уравнения Максвелла. Волновое уравнение.  Объемный резонатор. Пространственная структура поля, собственные частоты и поляризационные характеристики.  Поперечные и продольные моды. Открытый резонатор.  Селекция мод. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| **9-16** | **Второй раздел** | 8 | 16 | 0 |
| 9 - 10 | **6. Оптические резонаторы.**  Потери и эффективное время жизни фотона в резонаторе.  Порог генерации и устойчивость. Коэффициент усиления. Эффект насыщения.  Устойчивые и неустойчивые резонаторы.  Параметры Френеля. Дифракционные потери и оптимальные значения.  Эквивалентные резонаторы | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 11 - 12 | **7. Лазерные пучки.**  Параметры лазерных пучков. ABCD матрица.  Гауссов пучок. Перетяжка пучка и конфокальный параметр. Параметр M2.  Спектральное сложение пучков. Когерентное сложение пучков. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 13 - 14 | **8. Типы накачки.**  Оптическая, ламповая, лазерная. Накачка током. Накачка п\п лазерными диодами. Химическая. Газодиманическая. Ядерная. Лазер на свободных электронах. Эффект Комптона. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 15 | **9. Генерация лазерного излучения.**  Режим свободной генерации. Конкуренция мод.  Флуктуации лазерного излучения.  Добротность резонатора. Режим модуляции добротности.  Оптические затворы: механические, электрооптические, акустооптические, пассивные (просветляющиеся). | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 16 | **10. Синхронизация мод.**  Режим синхронизации мод. Параметры сверхкоротких импульсов: длительность, пиковая и средняя мощности.  Взаимосвязь параметров лазерного импульса с характеристиками активной среды. Активная синхронизация мод. Амплитудная и фазовая модуляции. Режим синхронной накачки. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | 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 и семинаров, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания, повторения ранее пройденного материала.

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)** |
| ПК-3 | З-ПК-3 | Э, КИ-8 |
| ПК-3 | У-ПК-3 | Э, КИ-16 |
| ПК-3 | В-ПК-3 | Э, КИ-16 |
| ПК-4.2 | З-ПК-4.2 | Э, КИ-8 |
| ПК-4.2 | У-ПК-4.2 | Э, КИ-16 |
| ПК-4.2 | В-ПК-4.2 | Э, КИ-16 |
| УК-1 | З-УК-1 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| УК-1 | У-УК-1 | Э, КИ-16 |
| УК-1 | В-УК-1 | Э, КИ-16 |

Оценочные средства приведены в Приложении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 537 К23 Лекции по квантовой электронике : Учеб. пособие для вузов, Карлов Н.В., М.: Наука, 1983

2. 621.37 К30 Введение в физику лазеров : , Качмарек Ф.;Пер.с пол., М.: Мир, 1981

3. 537 З-43 Принципы лазеров : , О. Звелто, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 530.6 И98 Оптические квантовые генераторы : , Е.Ф. Ищенко, Ю.М. Климков, М.: Сов.радио, 1968

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

• По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть общим либо индивидуальным.

• При использовании индивидуальных заданий возможно по усмотрению преподавателя требовать от студента письменный отчет о проделанной работе. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы применять индивидуальные контрольные вопросы.

• При проверке общих заданий ведутся коллективные обсуждения со студентами.

• Для контроля разделов используются тестовые задания. Балл вычисляется исходя из набранной суммы очков за ответы на вопросы тестового задания, нормированной на максимальный балл раздела.

• В результате освоения данной дисциплины студент должен понимать границы применимости различных теорий, освещающихся в рамках курса, и представлять возможности их использования в реальных условиях, при конкретных практических постановках задач.

• Знания, приобретенные студентом при освоении данной дисциплины, необходимы для успешного обучения по профилю кафедры.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Указания для проведения лекций

• На первой лекции необходимо сделать по возможности наиболее детальный обзор содержания курса, показать актуальность курса и дать перечень рекомендованной литературы.

• При чтении лекций необходимо использовать единую систему обозначений.

• При последовательном освещении каждой темы перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных результатах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и при необходимости обсудить их коллективно.

• Внимательно относиться к вопросам студентов, при необходимости давать дополнительные подробные пояснения и проводить обсуждения по задаваемым вопросам (здесь возможен выборочный контроль активности студентов).

• При чтении лекций наибольшее внимание следует уделять связи и взаимной последовательности основных рассматриваемых теорий. У студентов должны сложиться правильные представления о практических сторонах рассматриваемого материала, о существующих ограничениях применимости рассматриваемых теорий.

• При чтении лекций необходимо по возможности пользоваться демонстрационным материалом.

• В процессе лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным используемым общим понятиям и важнейшим результатам, полученным ранее (здесь возможен выборочный контроль знаний и компетентности студентов).

• Перед окончанием лекции необходимо давать рекомендации студентам для подготовки к очередным занятиям.

• На заключительной лекции курса уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе, отметить общность методов информационной оптики и их индивидуальные особенности, возникающие при решении различных конкретных задач.

Указания по контролю самостоятельной работы студентов

• По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть общим либо индивидуальным.

• При использовании индивидуальных заданий возможно по усмотрению преподавателя требовать от студента письменный отчет о проделанной работе. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы применять индивидуальные контрольные вопросы.

• При проверке общих заданий следует вести коллективные обсуждения со студентами.

Автор(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Трикшев Антон Игоревич |  |