ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ  
  
Протокол № 3  
  
от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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

Нелинейная оптика – раздел оптики, в котором исследуется совокупность оптических явлений, наблюдающихся при взаимодействии световых полей с веществом, у которого имеется нелинейная реакция вектора поляризованности P на вектор напряжённости электрического поля E световой волны. В большинстве веществ данная нелинейность наблюдается лишь при очень высоких интенсивностях света, достигаемых при помощи лазеров. Принято считать как взаимодействие, так и сам процесс линейными, если его вероятность пропорциональна первой степени интенсивности излучения. Если эта степень больше единицы, то как взаимодействие, так и процесс называются нелинейными. Таким образом возникли термины линейная и нелинейная оптика. В нелинейной оптике принцип суперпозиции не выполняется. В данном курсе рассматриваются законы распространения излучения в нелинейных средах, возможные механизмы нелинейного отклика, нелинейно оптические эффекты.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели курса: изучение законов распространения излучения в нелинейных средах, изучение основных нелинейно-оптических эффектов (параметрическое рассеяние, комбинационное рассеяние, генерация оптических гармоник и т.д.) и способов их создания.

Задача курса состоит в том, чтобы познакомить студентов с предметом нелинейной оптики и физическими механизмами, обеспечивающими проявление нелинейно-оптических явлений при взаимодействии излучения с веществом, а также сформировать целостное представление о современном уровне знаний в области нелинейной оптики и возможности применения этих знаний в проведении собственных научных исследованиях.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина представляет собой дисциплину цикла профессиональных дисциплин, вариативной ее части. Она базируется на курсах дисциплин «Физика лазеров», «Физическая оптика» вариативной части математического и естественнонаучного цикла и «Экспериментальные методы лазерной физики» базовой части профессионального цикла дисциплин.

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 знаний о нелинейно-оптических процессах для осуществления взаимодействия интенсивного лазерного излучения с веществом; разработка новых материалов и методов в области лазерных технологий и создание приборов и систем на основе нелинейно-оптических явлениях | 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. |

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, У-ПК-3, В-ПК-3, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1 |
| 2 | Второй раздел | 9-16 | 8/16/0 |  | 25 | КИ-16 | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 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-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 | **Уравнения Максвелла.**  Волновое уравнение с нелинейной поляризацией. Феноменологическое описание квадратичной восприимчивости, ее основные свойства. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 2 | **Механизмы оптического ангармонизма.** Рассматриваются разные механизмы ангармонизма: модель ангармонического осциллятора и модель электронного газа. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 3 - 4 | **Генерация анизотропной второй гармоники.** Феноменологическая природа явления. Описание нелинейной поляризации. Тензор нелинейной восприимчивости. Метод определения ненулевых компонент тензора нелинейной восприимчивости. Примеры. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 5 | **Трехчастотное параметрическое взаимодействие.** Приближение метода медленно меняющихся амплитуд, волновые уравнения для амплитуд полей. Роль фазового синхронизма. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 6 - 7 | **Генерация суммарной и разностной частоты в нелинейной среде.**  Разные приближения. Когерентная длина. Соотношение Мэнли-Роу. Параметрическое усиление. Генерация терагерцового излучения. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 8 | **Методы достижения фазового синхронизма при трехчастотном взаимодействии.**  Виды фазового синхронизма. Эффекты, ограничивающие эффективность нелинейного преобразования в условиях фазового синхронизма в нелинейной среде. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| **9-16** | **Второй раздел** | 8 | 16 | 0 |
| 9 | **Особенности генерации второй гармоники при импульсной фемтосекундной накачке.**  Эффективность преобразования излучения. Эффект сноса. Групповой синхронизм. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 10-12 | **Различные типы рассеяния излучения.**  Спонтанное и вынужденное параметрическое рассеяние света. Параметрический генератор света. Спонтанное комбинационное рассеяние света. Модель Плачека. Вынужденное комбинационное рассеяние. Спонтанное и вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. | Всего аудиторных часов | | |
| 3 | 6 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 13 | **Эффекты самовоздействия света.**  Самофокусировка пространственно-ограниченных пучков в средах с керровской нелинейностью. Критическая мощность. Метод Z-сканирования. Фазовая самомодуляция в нелинейной среде. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 14 | **Непараметрические процессы.**  Эффект ограничения. Насыщение поглощения. Оптическая бистабильность. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 15 | **Обращение волнового фронта.**  Укороченные уравнения. Механизм эффекта | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 16 | **Фотонные кристаллы.**  Нелинейные фотонные кристаллы. Фазовый квазисинхронизм в нелинейных фотонных кристаллах. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 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 реализации программы дисциплины предусматривается использование в учебном процессе различных образовательных технологий с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. Аудиторные занятия (30 часов) предполагают применение на лекциях технических средств обучения (ПК и компьютерного проектора). Внеаудиторная работа в рамках самостоятельной работы студентов (18 часов) подразумевает работу над рефератом (обзором), встречи и консультации с преподавателями, экскурсии в учебно-исследовательские лаборатории.

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, КИ-16 |
| У-ПК-3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| В-ПК-3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| УК-1 | З-УК-1 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| У-УК-1 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| В-УК-1 | Э, 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»* | А | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно 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*» | В | 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 | С |
| 70-74 | D |
| 65-69 | 3 – «*удовлетворительно*» | 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 | Е |
| 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. |

Оценочные средства приведены в Приложении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 532.2 Нелинейная оптика: Д.В. Сизмин, Саров, 2015

2. 532.2 Принципы нелинейной оптики: И.Р.Шен, Москва, 1989

3. 532.2 Физическая оптика: С.А.Ахманов, С.Ю.Никитин. Москва, 1998

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Дополнительная литература не требуется

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.

Автор(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Мурзина Татьяна Владимировна, д.ф.-м.н., профессор  Ушаков Александр Александрович, к.ф.-м.н. |  |