

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МЕТРОЛОГИИ

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
[2] 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

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, экс./зач./КР/КП	
1	3	108	8	24	0		40	0	Э
Итого	3	108	8	24	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

Цель курса - дать студентам базовые знания в области нелинейной оптики - важнейшем разделе современной оптики. Курс ориентирован в основном на подготовку физиков-экспериментаторов, которые могут использовать лазерное излучение для проведения исследований. Задача курса - ознакомить студентов с основными механизмами нелинейного взаимодействия света со средами и основными проявлениями нелинейных механизмов при распространении лазерных пучков. При этом слушатели получают необходимые сведения для проведения собственных оценок и расчетов нелинейных эффектов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса - дать студентам базовые знания в области нелинейной оптики - важнейшем разделе современной оптики. Курс ориентирован в основном на подготовку физиков-экспериментаторов, которые могут использовать лазерное излучение для проведения исследований. Задача курса - ознакомить студентов с основными механизмами нелинейного взаимодействия света со средами и основными проявлениями нелинейных механизмов при распространении лазерных пучков. При этом слушатели получают необходимые сведения для проведения собственных оценок и расчетов нелинейных эффектов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс предполагает знание основ оптики. Курс предшествует дисциплине "Квантовая оптика"

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [2] – Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественно-научную 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 приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	3-ОПК-1 [2] – Знать современное состояние развития исследований и разработок приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики У-ОПК-1 [2] – Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения в области фотоники и оптоинформатики В-ОПК-1 [2] – Владеть: приемами оценки эффективности выбранного решения с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики
ОПК-3 [2] – Способен	3-ОПК-3 [2] – Знать основы информационных технологий

приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	У-ОПК-3 [2] – Уметь приобретать и использовать новые знания в своей предметной области; предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач В-ОПК-3 [2] – Владеть навыками решения профессиональных задач с использованием информационных систем и технологий
---	---

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
научно-исследовательский			
формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий 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 физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических	процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений	ПК-1.3 [1] - способен применять знания основ лазерной спектроскопии, в том числе высокого спектрального и временного разрешения; физических эффектов при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физических основ взаимодействия лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципов и методов когерентно-оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации при разработке лазерных систем и инновационных лазерных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный	З-ПК-1.3[1] - Знать: основы лазерной спектроскопии, в том числе высокого спектрального и временного разрешения; физические эффекты при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физические основы взаимодействия лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципы и методы когерентно-оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации ; У-ПК-1.3[1] - Уметь: применять знания основ лазерной спектроскопии, в

информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями		стандарт: 29.004	том числе высокого спектрального и временного разрешения; физических эффектов при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физических основ взаимодействия лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципов и методов когерентно-оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации при разработке лазерных систем и инновационных лазерных технологий ; В-ПК-1.3[1] - Владеть: навыками решения задач, связанных с разработкой лазерных систем и инновационных лазерных технологий
формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий;	процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции,	ПК-1.4 [1] - способен ставить экспериментальные задачи и проводить экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, лазерной диагностики и лазерных технологий;	3-ПК-1.4[1] - Знать: основные методы экспериментальных исследований с применением лазеров, методы сбора и обработки данных; У-ПК-1.4[1] - Уметь: ставить экспериментальные задачи и проводить

построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями	распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений	применять современные средства измерений, средства управления экспериментом, сбора и обработки данных <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, лазерной диагностики и лазерных технологий; применять современные средства измерений, средства управления экспериментом, сбора и обработки данных; В-ПК-1.4[1] - Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований в области лазерной физики и лазерных технологий, применения современных средств измерений
проектно-конструкторский			
анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания; постановка цели и задач проектирования	Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база лазерной техники,	ПК-3 [1] - способен разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с	3-ПК-3[1] - Знать: физические принципы действия приборов и систем лазерной техники, ; У-ПК-3[1] - Уметь:

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 технико-экономического обоснования.	технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения	определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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.
анализ состояния научно-технической проблемы, постановка цели и задач проектирования приборов и систем фотоники и оптоинформатики; разработка функциональных и структурных схем приборов и систем фотоники и оптоинформатики и установление технических требований на отдельные блоки и элементы;	элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров; элементная база и системы преобразования и отображения информации; устройства и системы на основе когерентной оптики и голографии; устройства и системы компьютерной фотоники; системы оптических и квантовых вычислений и	ПК-4 [2] - способен к разработке функциональных и структурных схем фотоники и оптоинформатики на уровне узлов, элементов, систем и технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-4[2] - Знать: физические принципы действия устройств и систем фотоники и оптоинформатики ; У-ПК-4[2] - Уметь: проводить сравнительный анализ изделий-аналогов; формулировать технические требования на отдельные узлы, элементы, системы и технологии ; разрабатывать и исследовать новые

проектирование и конструирование различных типов оптических и оптоинформационных систем, блоков и узлов с использованием средств компьютерного проектирования, проведение проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием конструкторских решений; оценка технологичности конструкторских решений, разработка технологических процессов сборки и контроля элементов, устройств и систем; составление технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний, технические условия; участие в наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов.	оптические компьютеры; элементная база, системы и методы, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации;		способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации ; В-ПК-4[2] - Владеть: методами анализа и расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем фотоники и оптоинформатики
---	---	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	4/12/0		25	КИ-8	З-ПК-1.3, У-ПК-1.3,

							В-ПК-1.3, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
2	Раздел 2	9-16	4/12/0		25	КИ-16	3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.4, У-

							ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		8/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	3-ПК-1.3, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-

							3, 3-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4, У- ПК- 1.3, В- ПК- 1.3, 3-ПК- 1.4, У- ПК- 1.4, В- ПК- 1.4, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3- ОПК- 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.
	<i>1 Семестр</i>	8	24	0
1-8	Раздел 1	4	12	0
1 - 8	Тема 1 Что нелинейно в нелинейной оптике, принцип суперпозиции для поляризации среды. Нелинейно-	Всего аудиторных часов		
		4	12	
		Онлайн		

	оптические явления. Механизмы нелинейного взаимодействия излучения со средами: классификация. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Описание явлений. Генерация второй гармоники (ГВГ), разделение уравнений. Простейший осциллятор как модель нелинейности, правило Миллера. Замечание о квантовой модели. Решение уравнений ГВГ. Переход от волнового уравнения к уравнениям для медленных амплитуд. Точный синхронизм, слабое преобразование. Роль расстройки при слабом преобразовании. Точный синхронизм, полная перекачка энергии. Факторы, ограничивающие эффективность преобразования. Генерация суммарной и разностной частот. Типы синхронизмов. Вторая гармоника как генерация суммарной частоты. Типы синхронизмов. Соотношения Мэнли-Роу. Оптическое детектирование, генерация терагерцового излучения, Электрооптический эффект. Периодически поляризованные кристаллы. Параметрическая генерация света. Основные свойства спонтанного параметрического рассеяния света. Параметрическое усиление света. Шумы параметрических волн. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Явления третьего порядка. Две группы кубических нелинейных явлений. Генерация третьей оптической гармоники. Нелинейный показатель преломления среды. Роль стрикционного и ориентационного механизмов нелинейности. Наведенное двулучепреломление в средах. Самовращение эллипса поляризации излучения.			
9-16	Раздел 2	4	12	0
9 - 16	Тема 2 Самофокусировка излучения. Фазовая самомодуляция излучения. Самодифракция излучения. Четырех-волновые смещения в нелинейной оптике. Обращение волнового фронта. Электронные нелинейности, резонансное взаимодействие. Полуклассическая модель. Задача о просветлении среды, изменение показателя преломления. «Ядерные» нелинейности, механизмы. Нелинейный показатель преломления. Самофокусировка излучения, фазовая самомодуляция. Поляризационные эффекты нелинейного показателя преломления. Самовращение эллипса поляризации излучения. Методы измерения констант нелинейного взаимодействия. Метод возбуждения и зондирования. Метод 2-сканирования. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВКР. Роль четырехволновых процессов при ВКР. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВРМБ. ВРМБ как нелинейный процесс третьего порядка. Применение ВРМБ для обращения волнового фронта. Обзор не затронутых тем нелинейной оптики: фоторефрактивные нелинейности,	Всего аудиторных часов		
		4	12	
		Онлайн		

	плазменные нелинейности, нелинейность «вакуума».			
--	--	--	--	--

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

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1 - 8	Нелинейно-оптические явления. Механизмы нелинейного взаимодействия излучения со средами: классификация. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Описание явлений. Генерация второй гармоники (ГВГ), разделение уравнений. Простейший осциллятор как модель нелинейности, правило Миллера. Решение уравнений ГВГ. Переход от волнового уравнения к уравнениям для медленных амплитуд. Точный синхронизм, слабое преобразование. Роль расстройки при слабом преобразовании. Точный синхронизм, полная перекачка энергии. Факторы, ограничивающие эффективность преобразования. Генерация суммарной и разностной частот. Типы синхронизмов. Вторая гармоника как генерация суммарной частоты. Типы синхронизмов. Соотношения Мэнли-Роу. Оптическое детектирование, генерация терагерцового излучения, Электрооптический эффект. Периодически поляризованные кристаллы. Параметрическая генерация света. Основные свойства спонтанного параметрического рассеяния света. Параметрическое усиление света. Шумы параметрических волн. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Явления третьего порядка. Две группы кубичных нелинейных явлений. Генерация третьей оптической гармоники. Нелинейный показатель преломления среды. Роль стрикционного и ориентационного механизмов нелинейности. Наведенное двулучепреломление в средах. Самовращение эллипса поляризации излучения.
9 - 16	Самофокусировка излучения. Фазовая самомодуляция излучения. Самодифракция излучения. Четырех-волновые смешения в нелинейной оптике. Обращение волнового фронта. Электронные нелинейности, резонансное

	взаимодействие. Полуклассическая модель. Задача о просветлении среды, изменение показателя преломления. «Ядерные» нелинейности, механизмы. Нелинейный показатель преломления. Самофокусировка излучения, фазовая самомодуляция. Поляризационные эффекты нелинейного показателя преломления. Самовращение эллипса поляризации излучения. Методы измерения констант нелинейного взаимодействия. Метод возбуждения и зондирования. Метод 2-сканирования. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВКР. Роль четырехволновых процессов при ВКР. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена (ВРМБ). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВРМБ. ВРМБ как нелинейный процесс третьего порядка. Применение ВРМБ для обращения волнового фронта.
--	--

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки, курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

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-1.3	З-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1.4	З-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-16
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
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-3	З-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-16

	В-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	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»	A	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»	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	3 – «удовлетворительно»	E	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			
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. ЭИ Q23 Quantum Optics : , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2008
2. ЭИ А 44 Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012
3. 53 С34 Общий курс физики Т.4 Оптика, , Москва: Физматлит;МФТИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.37 Д29 Взаимодействие лазерного излучения с веществом : курс лекций, Делоне Н.Б., М.: Наука, 1989
2. 535 Д29 Основы нелинейной оптики атомарных газов : , Делоне Н.Б.,Крайнов В.П., М.: Наука, 1986
3. 535 Д53 Прикладная нелинейная оптика : , Дмитриев В.Г.,Тарасов Л.В., М.: Физматлит, 2004
4. 537 И46 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом : Учеб. пособие для вузов, Ильинский Ю.А.,Келдыш Л.В., М.: МГУ, 1989
5. 536 Б70 Нелинейная оптика : , Н. Бломберген, Москва: Мир, 1966
6. 535 Ц46 Прикладная нелинейная оптика : , Ф. Цернике; Пер.с англ., М.: Мир, 1976
7. 535 Ш47 Принципы нелинейной оптики : , Шен И.Р.;Пер.с англ., 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

Данный курс предназначен для студентов магистратуры. Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия атомной физики, квантовой

механики. Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя следующие темы: Нелинейно-оптические явления. Механизмы нелинейного взаимодействия излучения со средами: классификация. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Описание явлений. Генерация второй гармоники (ГВГ), разделение уравнений. Простейший осциллятор как модель нелинейности, правило Миллера. Решение уравнений ГВГ. Переход от волнового уравнения к уравнениям для медленных амплитуд. Точный синхронизм, слабое преобразование. Роль расстройки при слабом преобразовании. Точный синхронизм, полная перекачка энергии. Факторы, ограничивающие эффективность преобразования. Генерация суммарной и разностной частот. Типы синхронизмов. Вторая гармоника как генерация суммарной частоты. Типы синхронизмов. Соотношения Мэнли-Роу. Оптическое детектирование, генерация терагерцового излучения, Электрооптический эффект. Периодически поляризованные кристаллы. Параметрическая генерация света. Основные свойства спонтанного параметрического рассеяния света. Параметрическое усиление света. Шумы параметрических волн. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Явления третьего порядка. Две группы кубических нелинейных явлений. Генерация третьей оптической гармоники. Нелинейный показатель преломления среды. Роль стрикционного и ориентационного механизмов нелинейности. Наведенное двулучепреломление в средах. Самовращение эллипса поляризации излучения. Самофокусировка излучения. Фазовая самомодуляция излучения. Самодифракция излучения. Четырех-волновые смешения в нелинейной оптике. Обращение волнового фронта. Электронные нелинейности, резонансное взаимодействие. Полуклассическая модель. Задача о просветлении среды, изменение показателя преломления. «Ядерные» нелинейности, механизмы. Нелинейный показатель преломления. Самофокусировка излучения, фазовая самомодуляция. Поляризационные эффекты нелинейного показателя преломления. Самовращение эллипса поляризации излучения. Методы измерения констант нелинейного взаимодействия. Метод возбуждения и зондирования. Метод 2-сканирования. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВКР. Роль четырехволновых процессов при ВКР. Вынужденное рассеяние Манделыптама-Бриллюена (ВРМБ). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВРМБ. ВРМБ как нелинейный процесс третьего порядка. Применение ВРМБ для обращения волнового фронта.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

– Контроль итогов (8 и 16 неделя обучения).

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопросов из списка вопросов. Время на подготовку – 20 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Методика проведения оценивания студентов на рубежном контроле основывается на «Контроле итогов» (КИ). В рамках данной методики, оценка в баллах выставляется студенту на основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра (КИ-8) и отдельно для второй (КИ-16). Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

Форма реализации промежуточного контроля – экзамен. К экзамену допускаются студенты, имеющие по итогам КИ-8 и КИ-16 в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на экзамене составляет 50 баллов.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Данный курс предназначен для студентов магистратуры. Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия атомной физики, квантовой механики. Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя следующие темы: Нелинейно-оптические явления. Механизмы нелинейного взаимодействия излучения со средами: классификация. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Описание явлений. Генерация второй гармоники (ГВГ), разделение уравнений. Простейший осциллятор как модель нелинейности, правило Миллера. Решение уравнений ГВГ. Переход от волнового уравнения к уравнениям для медленных амплитуд. Точный синхронизм, слабое преобразование. Роль расстройки при слабом преобразовании. Точный синхронизм, полная перекачка энергии. Факторы, ограничивающие эффективность преобразования. Генерация суммарной и разностной частот. Типы синхронизмов. Вторая гармоника как генерация суммарной частоты. Типы синхронизмов. Соотношения Мэнли-Роу. Оптическое детектирование, генерация терагерцового излучения, Электрооптический эффект. Периодически поляризованные кристаллы. Параметрическая генерация света. Основные свойства спонтанного параметрического рассеяния света. Параметрическое усиление света. Шумы параметрических волн. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Явления третьего порядка. Две группы кубических нелинейных явлений. Генерация третьей оптической гармоники. Нелинейный показатель преломления среды. Роль стрикционного и ориентационного механизмов нелинейности. Наведенное двулучепреломление в средах. Самовращение эллипса поляризации излучения. Самофокусировка излучения. Фазовая самомодуляция излучения. Самодифракция излучения. Четырех-волновые смещения в нелинейной оптике. Обращение волнового фронта. Электронные нелинейности, резонансное взаимодействие. Полуклассическая модель. Задача о просветлении среды, изменение показателя преломления. «Ядерные» нелинейности, механизмы. Нелинейный показатель преломления. Самофокусировка излучения, фазовая самомодуляция. Поляризационные эффекты нелинейного показателя преломления. Самовращение эллипса поляризации излучения. Методы измерения констант нелинейного взаимодействия. Метод возбуждения и зондирования. Метод 2-сканирования. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВКР. Роль четырехволновых процессов при ВКР. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена (ВРМБ). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВРМБ. ВРМБ как нелинейный процесс третьего порядка. Применение ВРМБ для обращения волнового фронта.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

– Контроль итогов (8 и 16 неделя обучения).

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопросов из списка вопросов. Время на подготовку – 20 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Методика проведения оценивания студентов на рубежном контроле основывается на «Контроле итогов» (КИ). В рамках данной методики, оценка в баллах выставляется студенту на

основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра (КИ-8) и отдельно для второй (КИ-16). Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

Форма реализации промежуточного контроля – экзамен. К экзамену допускаются студенты, имеющие по итогам КИ-8 и КИ-16 в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на экзамене составляет 50 баллов.

Автор(ы):

Масалов Анатолий Викторович, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Пальчиков В.Г., профессор, д.ф.-м.н.