

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

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

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	3	108	24	8	0		40	0	Э
Итого	3	108	24	8	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются различные режимы как усиления лазерного излучения, так и генерации. Рассматриваются стационарные параметры и их устойчивость. Особенное внимание уделяется режиму когерентного и некогерентного взаимодействия излучения со средой. Анализируются нелинейные эволюционные уравнения и их применение для описания распространения импульсов в нелинейных и диспергирующих средах. Генераторы фемтосекундных импульсов, оптические гребёнки и их применение для измерения частот лазерного излучения и стандартов частоты.

Самостоятельная работа студентов необходима для выработки у них умения применения полученных теоретических знаний для решения практических задач, таких как умение выбрать оптимальный оптический резонатор для решения конкретной задачи, расчет параметров резонатора, исходя из потребности в определенных свойствах лазерного излучения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Теоретическая квантовая электроника» является формирование у магистрантов знаний и навыков, необходимых для успешной научной и профессиональной деятельности в различных областях лазерной физики, в частности для расчета параметров электромагнитных полей, генерирующихся в открытых оптических резонаторах (спектральный состав поля, его пространственная конфигурация, расходимость и др.).

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими разделами физики: оптикой, нелинейной оптикой, взаимодействием излучения с веществом, квантовой механикой, физикой твердого тела, лазерными технологиями и другими.

Для изучения данной дисциплины от студентов требуются знания в области оптики, электромагнетизма, квантовой механики, наличие базовых знаний об устройстве твердотельных, газовых и полупроводниковых лазеров, знание основ дифференциального и интегрального исчисления, линейной алгебры, теорий рядов.

Изучение данной дисциплины необходимо для овладения теоретической базой и методами решения задач связанных с расчетами параметров лазеров и лазерного излучения.

Курс теоретической квантовой электроники входит в число базовых при подготовке современных специалистов по лазерной физике на уровне магистров.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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 информационных технологий; разработка лазерных приборов и	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-1.2 [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; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	З-ПК-1.2[1] - Знать: основы теории резонансного взаимодействия излучения с веществом; теории квантовых усилителей и генераторов, методы создания и усиления коротких лазерных импульсов ; У-ПК-1.2[1] - Уметь: описывать процессы, происходящие при усилении и генерации лазерного излучения.; В-ПК-1.2[1] - Владеть: методами оценки параметров лазерного излучения

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			
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	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>	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 том числе высокого спектрального 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		Профессиональный стандарт: 29.004	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; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные	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;	ПК-1.4 [1] - способен ставить экспериментальные задачи и проводить экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, лазерной диагностики и лазерных технологий; применять современные средства измерений, средства управления экспериментом, сбора и обработки данных <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	З-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 экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, лазерной диагностики и лазерных технологий; применять

<p>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</p>	<p>элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений</p>		<p>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</p>
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий;</p>	<p>процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы</p>	<p>ПК-2 [1] - способен разрабатывать математические модели объектов исследования и выбирать численный метод их моделирования (анализа), разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения задачи</p>	<p>З-ПК-2[1] - Знать: численные методы анализа объектов исследования; стандартные языки программирования; стандартные и специальные пакеты математического моделирования; ; У-ПК-2[1] - Уметь: поставить задачу и определить набор</p>

<p>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</p>	<p>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</p>	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование процессов, явлений лазерной техники и технологий; разрабатывать простые и средней сложности математические модели лазерных технологических процессов и модели функционирования лазерных приборов и систем; анализировать полученные результаты моделирования процессов, явлений на основе физических представлений ; В-ПК-2[1] - Владеть: навыками компьютерного моделирования процессов, явлений лазерной техники и технологий</p>
проектно-конструкторский			
<p>анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания;</p>	<p>Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения;</p>	<p>ПК-3 [1] - способен разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знать: физические принципы действия приборов и систем лазерной техники, ;</p>

<p>постановка цели и задач проектирования лазерной техники и лазерных технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников;</p> <p>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;</p> <p>проектирование и конструирование лазерных приборов, систем, комплексов и технологий с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономического обоснования.</p>	<p>элементная база лазерной техники, технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения</p>	<p>лазерной техники с определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>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 ;</p> <p>В-ПК-3[1] - Владеть: методами анализа и расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем лазерной техники.</p>
--	---	---	--

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	раздел 1	1-8	12/4/0		25	КИ-8	З-ПК-1.2, У-ПК-1.2,

							В-ПК-1.2, 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-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	раздел 2	8-16	12/4/0		25	КИ-16	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 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-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		24/8/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 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-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

* – 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>3 Семестр</i>	24	8	0
1-8	раздел 1	12	4	0
1	Взаимодействие резонансного излучения с двухуровневой средой. Взаимодействие резонансного излучения с двухуровневой средой. Усиление квазинепрерывного излучения. Некогерентный режим усиления коротких лазерных импульсов: деформация импульса, сверхсветовое распространение импульса, предельная длина усилителя.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Усиление лазерных импульсов при когерентном взаимодействии излучения со средой: 2π- и π-импульсы. Усиление лазерных импульсов при когерентном взаимодействии излучения со средой: 2π - и π -импульсы. Деформация импульса произвольной формы при распространении через резонансную среду. Устойчивость 2π - и π -импульсов в резонансно поглощающей (усиливающей) среде.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Уравнения Блоха Уравнения Блоха: вывод из системы уравнений для матрицы плотности и из системы уравнений, описывающих взаимодействие лазерного импульса с двухуровневой средой – учёт соответствующих приближений.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Описание когерентного взаимодействия излучения со средой уравнениями Блоха Описание когерентного взаимодействия излучения со средой уравнениями Блоха: $\pi/2$ -, π - и 2π -импульсы; осцилляции Раби, фотонное эхо, деформация импульса произвольной формы.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Когерентное взаимодействие излучения с трёхуровневыми средами (λ – системы). Когерентное взаимодействие излучения с трёхуровневыми средами (λ – системы). Когерентное пленение населённостей; электромагнитно индуцированная прозрачность; остановка света, миниатюрные стандарты частоты.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Самофокусировка световых пучков: критическая мощность и длина самофокусировки. Самофокусировка световых пучков: критическая мощность и длина самофокусировки. Мелкомасштабная самофокусировка: инкремент нарастания пространственных возмущений светового пучка. Интеграл распада и пространственная фильтрация излучения. Двулучереломление в изотропной среде, наведённое	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

	полем электромагнитной волны, при наличии самофокусирующей нелинейности.			
7 - 8	Нелинейные эволюционные уравнения Римана, Бюргерса, Кортевега - де Фриза. Нелинейные эволюционные уравнения Римана, Бюргерса, Кортевега - де Фриза. Сохраняющиеся при распространении пространственные структуры, солитоны.	Всего аудиторных часов		
		3	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8-16	раздел 2	12	4	0
9	Распространение лазерных импульсов в среде с дисперсией. Распространение лазерных импульсов в среде с дисперсией. Изменение длительности и несущей частоты импульсов.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Возникновение чирпа при распространении импульса по нелинейной среде. Возникновение чирпа при распространении импульса по нелинейной среде. Нелинейные среды с дисперсией – нелинейное уравнение Шредингера (НУШ). Решение НУШ в виде уединённой волны (солитона). Среда с другими типами нелинейностей.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Лазер в режиме генерации: приближение больших R для непрерывных лазеров. Лазер в режиме генерации: приближение больших R для непрерывных лазеров. Скоростные уравнения и релаксационные колебания. Лазер с модулированной добротностью резонатора.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Квазиклассическая теория лазера. Квазиклассическая теория лазера. Одномодовый лазер бегущей волны: амплитуда и частота генерации. Релаксационные колебания и нарушение условия устойчивости решения – второй лазерный порог и динамический хаос.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Классы лазеров и неустойчивость лазерной генерации при внешнем воздействии. Классы лазеров и неустойчивость лазерной генерации при внешнем воздействии. Затягивание частоты и спектральная ширина линии генерации.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Лазер стоячей волны Лазер стоячей волны; механизм многомодовой генерации лазера с однородно уширенной линией усиления. Многомодовая генерация лазеров с неоднородно уширенными линиями усиления.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Комбинационное взаимодействие мод Комбинационное взаимодействие мод (пульсирующие решётки инверсной населённости) – фазировка спектральных компонент генерации многомодового лазера стоячей волны.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Лазер с синхронизированными модами – длительность и частота следования импульсов. Лазер с синхронизированными модами – длительность и частота следования импульсов. Спектрально ограниченные импульсы и импульсы с чирпом. Схемы	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

	генераторов фемтосекундных импульсов; усиление фемтосекундных импульсов. Генераторы фемтосекундных импульсов и оптические стандарты частоты.			
--	--	--	--	--

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 (лекции с визуализацией), а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания и 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-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
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-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2	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

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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К 44 Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие для вузов, Киселев Г. Л., Санкт-Петербург: Лань, 2023
2. 621.37 К85 Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : учебное пособие, Крюков П.Г., Долгопрудный: Интеллект, 2012

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.37 О-63 Гауссовы пучки и оптические резонаторы : Учеб. пособие, Ораевский А.Н., М.: МИФИ, 1987
2. 621.37 З-91 Генерация и усиление коротких лазерных импульсов : Учеб.пособие, Зубарев И.Г., М.: МИФИ, 1991
3. ЭИ К 44 Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие, Киселев Г. Л., Санкт-Петербург: Лань, 2020
4. ЭИ Б 95 Лазерные резонаторы : учебное пособие, Силичев О. О., Быков В. П., Москва: Физматлит, 2004
5. 537 К23 Лекции по квантовой электронике : , Карлов Н.В., М.: Наука, 1988
6. 621.37 А64 Оптические резонаторы и лазерные пучки : , Ананьев Ю.А., М.: Наука, 1990
7. 535 К38 Оптические солитоны : от световодов к фотонным кристаллам, Агравал Г.П., Кившарь Ю.С., М.: Физматлит, 2005
8. 535 Ш47 Принципы нелинейной оптики : , Шен И.Р., М.: Наука, 1989
9. 621.37 А16 Современная оптика гауссовых пучков : , Волостников В.Г., Абрамочкин Е.Г., Москва: Физматлит, 2010
10. ЭИ К 85 Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики : , Крюков П. Г., Москва: Физматлит, 2008

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

При изучении курса «Теоретическая квантовая электроника» необходимо основное внимание уделить вопросам о необходимом условии возникновения лазерной генерации –

пороговой инверсной населенности и пороговом коэффициенте усиления и связи этих параметров с различными видами потерь излучения в активной среде резонатора лазера.

При изучении оптических резонаторов необходимо хорошо разбираться в вопросах, связанных с определением параметров электромагнитного поля (частота, пространственная конфигурация, расходимость гауссовых пучков) в зависимости от конфигурации резонатора того либо иного типа.

Сдача экзаменов сводится к ответу на вопросы экзаменационных билетов. Каждый экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса по программе лекционного курса.

Обращать особое внимание на характер уширения линии усиления активной среды квантового генератора и класс лазера. Владеть методами описания усиленных лазерных импульсов в различных режимах. Выяснять принципиальные различия в физических механизмах формирования 2π – импульсов и временных солитонов нелинейного уравнения Шредингера. Понимать физическую природу формирования оптического комба, и его роль в спектроскопии сверхвысокого разрешения и стандартах частоты.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При преподавании данного курса необходимо акцентировать внимание студентов на том, как в зависимости от параметров резонатора меняются свойства генерируемых электромагнитных полей – пространственная конфигурация поля, спектральный состав поля, расходимость, возможность или невозможность наличия стационарных полей в резонаторе и т. д.

Самостоятельная работа студентов необходима для выработки у них умения применения полученных теоретических знаний для решения практических задач, таких как умение выбрать оптимальный оптический резонатор для решения конкретной задачи, расчет параметров резонатора, исходя из потребности в определенных свойствах лазерного излучения.

Обратить внимание на то, что для возбуждения большинства известных лазеров используется всего два основных метода. Это оптическая накачка для всех твердотельных лазеров кроме инжекционных полупроводниковых лазеров, и электрический разряд для газовых лазеров. Причём для маломощных типов лазеров используется тлеющий разряд, а для мощных лазеров самостоятельный разряд или электронный пучок

Характер уширения линии усиления активной среды лазера, однородный или неоднородный, существенно влияет на спектральные характеристики генерируемого излучения. Использование лазерного излучения позволяет реализовать режим когерентного взаимодействия излучения с материальной средой. Это привело к экспериментальному наблюдению таких новых эффектов как самопрозрачность и электромагнитно индуцированная прозрачность вещества, когерентное пленение населённостей и т.д.

Подчеркнуть принципиальную разницу при усилении лазерных импульсов в режиме когерентного и некогерентного взаимодействия излучения со средой.

Автор(ы):

Зубарев Иосиф Геннадиевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

д.ф.м.н., профессор Евтихий Н.Н.