

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

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

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
2	3	108	15	30	0		27	0	Э
Итого	3	108	15	30	0	0	27	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются принципы усиления и генерации излучения видимого, ИК и УФ диапазонов на основе индуцированного испускания излучения, современные методы модуляции добротности резонаторов лазеров. Рассматриваются различные способы управления формой и спектром генерируемых импульсов. Особое внимание уделяется генераторам фемтосекундных импульсов и их применениям в оптических стандартах частоты, экспериментах по спектроскопии сверхвысокого разрешения, в технологии и т.д. Подробно рассматриваются нелинейно оптические методы преобразования частоты лазерного излучения. Изучаются способы измерения длительности фемтосекундных лазерных импульсов, а также методы восстановления их амплитуды и фазы.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями изучения дисциплины «Теоретические основы лазерной физики» является формирование у студентов знаний и навыков, необходимых для успешной научной и профессиональной деятельности в различных областях лазерной физики. В курсе изучаются методы расчета параметров электромагнитных полей, физическая сущность усиления и генерации света на основе индуцированного испускания излучения, и принципы действия наиболее важных лазеров, методы формирования коротких лазерных импульсов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими разделами физики: оптика, нелинейная оптика, спектроскопия, в том числе сверхвысокого разрешения, физика твёрдого тела, взаимодействие излучения с веществом, лазерный термоядерный синтез, лазерная плазма, сверхсильные электромагнитные поля и обнаружение нелинейных эффектов в квантовой электродинамике, генерация и ускорение заряженных частиц, хранение, передача и обработка информации, информационные технологии, измерительные системы, квантовая криптография, технологические применения лазеров и т.д.

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

		опыта)	
научно-исследовательский			
<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; 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</p>	<p>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</p>	<p>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;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>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</p>

<p>результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями</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; 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</p>	<p>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</p>	<p>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</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>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 временного разрешения; физических эффектов при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физических основ взаимодействия лазерного излучения с</p>

<p>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>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</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; 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,</p>	<p>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;</p>	<p>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</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>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 современные средства измерений, средства управления экспериментом, сбора и обработки данных; В-ПК-1.4[1] - Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований в области лазерной</p>

<p>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>методы лазерно-физических измерений</p>		<p>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; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров,</p>	<p>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</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><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>3-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 параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование процессов, явлений лазерной техники и технологий; разрабатывать простые и средней сложности</p>

<p>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>систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений</p>		<p>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>
<p>проектно-конструкторский</p>			
<p>анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания; постановка цели и задач проектирования лазерной техники и лазерных технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; разработка</p>	<p>Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база лазерной техники, технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения</p>	<p>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</p>	<p>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</p>

<p>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.</p>		<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>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.</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/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Часть 2	9-15	7/14/0		25	КИ-15	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
2	Часть 1	8-8	8/16/0		25	КИ-8	У-ПК-1.2, В-ПК-1.4, 3-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, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	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, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2

* – 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>2 Семестр</i>	15	30	0
9-15	Часть 2	7	14	0

9	Занятие 8 Характеристические интенсивности лазерного излучения. Требуемые параметры лазерного излучения для наблюдения различных нелинейных процессов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
10	Занятие 9 Методы модуляции добротности резонаторов лазеров. Захват Q-модулированного лазера внешним сигналом. Синхронизация Q – модулированных лазеров.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
11	Занятие 10 Многопроходные усилители мощных лазерных систем для исследований по ЛТС (лазерный термоядерный синтез). Излучение осциллирующего диполя при гармоническом и негармоническом движении. Генерация высших гармоник лазерного излучения.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
12	Занятие 11 Генерация второй гармоники лазерного излучения; генерация суммарной и разностной частоты. Параметрическая генерация и усиление света. Влияние дисперсии среды на эффективность преобразования излучения при нелинейных процессах. Условие фазового синхронизма	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
13	Занятие 12 Эффективное значение квадратичной нелинейной восприимчивости среды – учёт реальной структуры нелинейного кристалла. Кристаллы с регулярной доменной структурой. Корреляционные методы измерения длительности фемтосекундных лазерных импульсов	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
14	Занятие 13 Методы восстановления амплитуды и фазы фемтосекундных импульсов: методы самосравнения (FROG, MIPPS), методы со спектральной интерференцией (SPIDER, PROUD).	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
15	Занятие 14 Дуализм волна – частица. Эксперименты с одиночными фотонами: опыт Юнга, антикорреляция фотонов, опыт Брауна – Твисса, интерферометр Маха – Цендера; теория “заговора”; отложенный выбор.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
8-8	Часть 1	8	16	0
1	Занятие 1 Радиолокаторы, радиоспектроскопы, повышение разрешающей способности радиоспектроскопов. Роль обратной связи – резонатор. Молекулярный генератор на пучке молекул аммиака. Лазеры в науке, технике, медицине, быту, специальные применения лазеров.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
2	Занятие 2 Получение инверсной населённости при самостоятельном и несамостоятельном электрическом разряде (гелий-неоновые лазеры, лазеры на парах металлов, СО2 лазеры). Экимерные лазеры. Взрывные фотодиссоциационные лазеры. Химический кислород-йодный лазер, лазеры на	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		

	химических реакциях			
3	Занятие 3 Некогерентная оптическая накачка. Пороговые энергии накачки рубинового и неодимового лазеров. Полупроводниковая накачка твердотельных и волоконных лазеров, вибронные кристаллы	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Занятие 4 Уравнения Максвелла, вектор Умова – Пойнтинга; дипольное поглощение (усиление) излучения. Распространение электромагнитной волны в средах с комплексной восприимчивостью вещества. Классическая теория дисперсии.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Занятие 5 Матрица плотности, резонансная восприимчивость двухуровневой среды. Связь действительной и мнимой частей комплексной восприимчивости – оптически прозрачные среды с большими значениями коэффициентов преломления	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Занятие 6 Однородное и неоднородное уширение линии поглощения (усиления) вещества; механизмы уширения: спонтанное излучение, полевого уширение, столкновения частиц, конечное время взаимодействия частицы с полем, тепловое движение частиц (доплер-эффект в газах и фононное уширение в твёрдых телах).	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Занятие 7 Насыщение переходов. Выжигание провала в контуре неоднородно – уширенной линии - провал Беннета. Внутридоплеровская спектроскопия насыщения. Насыщение линии в оптических генераторах - провал Лэмба. Стандарты частоты с внутрирезонаторной поглощающей ячейкой. Бездоплеровская двухфотонная спектроскопия.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

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

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторские занятия в виде лекций и семинаров, а также современные компьютерные технологии и 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-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.3	З-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.4	З-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15

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,

75-84		С	если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
70-74		D	
65-69			
60-64	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.
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 Б 73 Волоконные технологические лазеры и их применение : , Голубенко Ю. В., Богданов А. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ К 44 Квантовая и оптическая электроника : , Киселев Г. Л., Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. 621.37 К59 Основы фемтосекундной оптики : , Козлов С.А., Самарцев В.В., Москва: Физматлит, 2009
4. ЭИ К 59 Основы фемтосекундной оптики : учебное пособие, Козлов С. А., Самарцев В. В., Москва: Физматлит, 2009
5. ЭИ К 85 Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики : , Крюков П. Г., Москва: Физматлит, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.37 К85 Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : учебное пособие, Крюков П.Г., Долгопрудный: Интеллект, 2012
2. 537 X19 Лекции по квантовой радиофизике : , Ханин Я.И., Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2005
3. 537 К23 Лекции по квантовой электронике : , Карлов Н.В., М.: Наука, 1988

4. 535 К38 Оптические солитоны : от световодов к фотонным кристаллам, Агравал Г.П., Кившарь Ю.С., М.: Физматлит, 2005

5. 535 Ш47 Принципы нелинейной оптики : , Шен И.Р., М.: Наука, 1989

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении курса «Теоретические основы лазерной физики» необходимо помнить 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.

Необходимо обращать особое внимание на характер уширения линии усиления активной среды квантового генератора и класс лазера, а также владеть методами описания усиленных лазерных импульсов в различных режимах. Следует выяснить 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.

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

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Во Введении студентам необходимо обратить внимание на то, что для каждого конкретного применения требуется лазерное излучение со своими специальными параметрами. Для этого необходимо ознакомиться с некоторыми примерами: обработка материалов (металлов и прозрачных диэлектриков), спектроскопия и иные научные применения, передача информации, военные применения, бытовая техника и др. Отсюда становится понятно, что необходимо разрабатывать методы управления различными параметрами лазерного излучения и, в частности, эффективные усилители.

Поскольку этот курс студенты слушают после того, как они прослушали курс «Квантовая радиофизика», они уже имеют представление о лазерных генераторах непрерывного излучения и о однопроходных усилителях. Поэтому необходимо обратить

особое внимание на методы модуляции добротности резонаторов лазеров, активных и пассивных. Выяснить как общие черты этих методов так и их различия, такие как возможность синхронизации различных лазерных устройств, и управление временем развития генерации для управления шириной спектра излучения и т.д.

На примере лазерных систем для управляемого термоядерного синтеза необходимо изучить преимущества многопроходных лазерных усилителей как с точки зрения коэффициента усиления, так и достижения эффективного съёма запасённой энергии.

Студентам следует вспомнить сведения о поле осциллирующего диполя. Эти данные будут необходимы для вычисления эффективного значения квадратичной нелинейной восприимчивости среды. В курсе также будут даны представления о генерации высших гармоник лазерного излучения при ионизации атомов благородных газов фемтосекундным лазерным излучением.

Следует рассмотреть нелинейные методы преобразования лазерного излучения: генерация второй гармоники, суммарной и разностной частоты, а также параметрическое усиление световых импульсов. Надо подчеркнуть роль влияния дисперсии среды на эти процессы и необходимость обеспечения условий фазового синхронизма для достижения эффективного преобразования. Надо рассмотреть учёт реальной структуры кристалла, т.е. матрицы нелинейных коэффициентов восприимчивости для нахождения эффективного значения этого коэффициента. Ввести представление о кристаллах с регулярной доменной структурой.

Необходимо рассмотреть различные корреляционные методы измерения длительности фемтосекундных лазерных импульсов и дать представление о методах восстановления амплитуд и фаз фемтосекундных импульсов: методы самосравнения (FROG, MIIPS) и методы со спектральной интерференцией (SPIDER, PROUD).

Автор(ы):

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

Рецензент(ы):

д.ф.м.н., профессор Евтихийев Н.Н..