

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**  
**ГЕНЕРАЦИЯ И УСИЛЕНИЕ КОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ**

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.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
3	2	72	16	16	0		40	0	3
Итого	2	72	16	16	0	0	40	0	

## **АННОТАЦИЯ**

В курсе изучаются современные методы модуляции добротности резонаторов лазеров. Рассматриваются различные способы управления формой и спектром генерируемых импульсов. Особое внимание уделяется генераторам фемтосекундных импульсов и их применением 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**

Целью изучения дисциплины «Генерация и усиление коротких лазерных импульсов» является формирование у магистрантов навыков, необходимых для успешной научной и профессиональной деятельности в области физики мощных лазеров. Методы управления временными и спектральными характеристиками генерируемых импульсов. Преобразование частоты лазерного излучения при квадратичных нелинейных процессах и в том числе генерация высших гармоник.. Методы измерения длительности, амплитуды и фазы фемтосекундных лазерных импульсов. Дуализм волна – частица в применении к фотону и квантовая криптография.

### **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
--	---------------------------	---	---

		<b>опыта)</b>	
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 технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой	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 ; <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 усиливании и генерации лазерного излучения.; В-ПК-1.2[1] - Владеть: методами оценки параметров лазерного излучения

результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями			
<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>построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий;</p> <p>разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов;</p> <p>оптических информационных технологий;</p> <p>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;</p> <p>процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения;</p> <p>элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения;</p> <p>математические модели объектов исследования;</p> <p>методы лазерно-физических измерений</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;</p> <p>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;</p> <p>В-ПК-1.4[1] - Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований в области лазерной физики и лазерных технологий, применения современных средств измерений</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>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</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 [1] - способен выбирать оптимальный метод и разрабатывать программы экспериментальных исследований лазерных приборов, систем, комплексов и технологий; проводить оптические, фотометрические и электрические измерения с выбором необходимых технических средств и обработкой полученных результатов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-1[1] - Знать: основные методы исследований лазерных приборов, систем, комплексов и технологий; источники и приёмники оптического излучения; элементную базу лазерной техники; области применения лазерной техники и лазерных технологий;</p> <p>У-ПК-1[1] - Уметь: выбирать необходимые технические средства для проведения оптических, фотометрических и электрических измерений; обрабатывать полученные экспериментальные результаты ;</p> <p>В-ПК-1[1] - Владеть: навыками проведения оптических, фотометрических и электрических измерений, обработки экспериментальных</p>

<p>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>			данных
--	--	--	--------

проектно-конструкторский			
<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 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>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><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</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 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</p>

проектирование и конструирование лазерных приборов, систем, комплексов и технологий с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономического обоснования.				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
<i>3 Семестр</i>							
1	Часть 2	9-16	16/7/0		48	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Часть 1	8-8	0/1/0		2	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
<i>Итого за 3 Семестр</i>			16/16/0		50		

	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, З-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
3	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	3 Семестр	16	16	0
<b>9-16</b>	<b>Часть 2</b>	16	7	0
9	Введение. Характеристические интенсивности лазерного излучения. Требуемые параметры лазерного излучения для наблюдения различных нелинейных процессов.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	1 0 0	0
10	Методы модуляции добротности резонаторов лазеров. Захват Q-модулированного лазера внешним сигналом. Синхронизация Q – модулированных лазеров.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	1 0 0	0
11	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 2 Онлайн 0	1 0 0	0
12	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 2 Онлайн 0	1 0 0	0
13	Эффективное значение квадратичной нелинейной восприимчивости среды – учёт реальной структуры нелинейного кристалла. Кристаллы с регулярной	Всего аудиторных часов 2 Онлайн	1 0	0

	доменной структурой. Корреляционные методы измерения длительности фемтосекундных лазерных импульсов	0	0	0
14	Методы восстановления амплитуды и фазы фемтосекундных импульсов: методы самосравнения (FROG, MiPS), методы со спектральной интерференцией (SPIDER, PROUD).	Всего аудиторных часов 2	1	0
		Онлайн 0	0	0
15 - 16	Дуализм волна – частица. Эксперименты с одиночными фотонами: опыт Юнга, антикорреляция фотонов, опыт Брауна – Твисса, интерферометр Маха – Цендера; теория “заговора”; отложенный выбор.	Всего аудиторных часов 4	1	0
		Онлайн 0	0	0
<b>8-8</b>	<b>Часть 1</b>	0	1	0
8	Занятие 0 Вводное занятие	Всего аудиторных часов 0	1	0
		Онлайн 0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и семинаров, а также 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:

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы освоения</b>	<b>Аттестационное мероприятие (КП 1)</b>
ПК-1	3-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16

	У-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16
ПК-1.2	З-ПК-1.2	3, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.2	3, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.2	3, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-1.4	3, КИ-8, КИ-16
ПК-1.4	У-ПК-1.4	3, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.4	3, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-3	3, КИ-8, КИ-16
ПК-3	У-ПК-3	3, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	3, 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 иочно 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 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 Х19 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, Аgraval 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**

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 по «Теоретической квантовой электронике», 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 осцилирующего 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.

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

Рассмотрены различные корреляционные методы измерения длительности фемтосекундных лазерных импульсов.

Дано представление о методах восстановления амплитуд и фаз фемтосекундных импульсов: методы самосравнения (FROG, MIIPS) и методы со спектральной интерференцией (SPIDER, PROUD).

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Во Введении необходимо обратить внимание студентов на то, что для каждого конкретного применения требуется лазерное излучение со своими специальными параметрами. Привести некоторые примеры: обработка материалов (металлов и прозрачных диэлектриков), спектроскопия и иные научные применения, передача информации, военные применения, бытовая техника и др. на выбор. Отсюда будет понятно, что необходимы методы управления параметрами лазерного излучения и, в частности, эффективные усилители.

Поскольку этот курс студенты слушают после того, как они прослушали курс по «Теоретической квантовой электронике», они уже имеют представление о лазерных генераторах непрерывного излучения и о однопроходных усилителях. Поэтому их необходимо познакомить с методами модуляции добротности резонаторов лазеров, активных и пассивных. Подчеркнуть 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 показать преимущества многопроходных лазерных усилителей как с точки зрения коэффициента усиления, так и достижения эффективного съёма запасённой энергии.

Напомнить студентам сведения о поле осциллирующего диполя. Эти данные будут необходимы для вычисления эффективного значения квадратичной нелинейной восприимчивости среды. Дать представление о генерации высших гармоник лазерного излучения при ионизации атомов благородных газов фемтосекундным лазерным излучением.

Рассмотреть нелинейные методы преобразования лазерного излучения: генерация второй гармоники, суммарной и разностной частоты, а также параметрическое усиление световых импульсов. Подчеркнуть роль влияния дисперсии среды на эти процессы и необходимость обеспечения условий фазового синхронизма для достижения эффективного преобразования. 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.

Рассмотреть различные корреляционные методы измерения длительности фемтосекундных лазерных импульсов.

Дать представление о методах восстановления амплитуд и фаз фемтосекундных импульсов: методы самосравнения (FROG, MiPS) и методы со спектральной интерференцией (SPIDER, PROUD).

Автор(ы):

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

Рецензент(ы):

д.ф.м.н., профессор Проценко Е.Д.