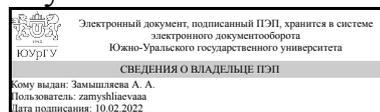


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Институт естественных и точных
наук



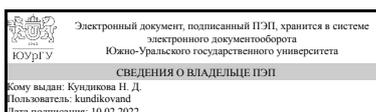
А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М1.02 Нелинейная оптика
для направления 03.04.01 Прикладные математика и физика
уровень Магистратура
магистерская программа Волоконная и лазерная оптика
форма обучения очная
кафедра-разработчик Оптоинформатика

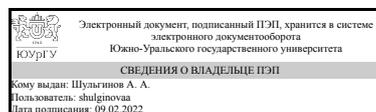
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 898

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., проф.



Н. Д. Кундикова

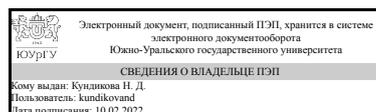
Разработчик программы,
к.физ.-мат.н., доц., доцент



А. А. Шульгинов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы
д.физ.-мат.н., проф.



Н. Д. Кундикова

1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса является дать основы теории нелинейного взаимодействия оптического излучения с веществом. Основные задачи курса: 1. Знакомство с основами нелинейной оптики. 2. Формирование у студентов естественнонаучной картины мира. 3. Усвоение основ нелинейной физики.

Краткое содержание дисциплины

Представление о физических основах нелинейно оптических явлений; теории нелинейных восприимчивостей; параметрическом взаимодействии света; нелинейных резонансных взаимодействиях; самофокусировки и фазовая модуляция света; нелинейно оптических эффектах, свойствах нелинейно-оптических сред; моделях нелинейно-оптических осцилляторов; методах описания нелинейно-оптических явлений; взаимодействии волн в нелинейно-оптических средах; генерацией оптических гармоник; свойствах лазерных пучков.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств	Знает: основные оптические явления, возникающие при взаимодействии мощного лазерного излучения с нелинейными средами. Умеет: использовать основные методы решения задач нелинейной оптики, излагать и анализировать основные положения нелинейной оптики. Имеет практический опыт: расчёта эффективности преобразования лазерного излучения во вторую и третью гармонику; экспериментальной работы при исследованиях нелинейно-оптических явлений; владеет теоретическими основами распространения монохроматического оптического излучения в нелинейной среде.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Лазерная оптика, Дифракционная оптика	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Лазерная оптика	Знает: модуляции полезных и вредных потерь в резонаторах лазеров; модовый состав излучения

	и синхронизации мод; простейшие модели импульсной лазерной генерации; основы оптики используемой для управления лазерными пучками. Умеет: применять полученные знания при работе с лазерами, а также при решении задач и чтении оригинальных статей как по самим лазерам, так и по их применению. Имеет практический опыт: расчёта генерации импульсов при модуляции добротности лазерных резонаторов; самостоятельной работы с лазерами и со специализированной литературой по лазерной физике.
Дифракционная оптика	Знает: методы расчета и синтеза ДОЭ; области применения ДОЭ; теорию дифракции света, функциональные возможности дифракционных оптических элементов (ДОЭ). Умеет: проектировать дифракционные оптические элементы; проектировать дифракционные оптические элементы. Имеет практический опыт: методами расчета дифракционных оптических элементов; математическим аппаратом теории дифракции.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 42,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	101,5	101,5	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к экзамену	30	30	
Выполнение домашних заданий	56	56	
Подготовка к итоговой контрольной работе	15,5	15,5	
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объём аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР

1	Уравнения нелинейной оптики	16	8	8	0
2	Нелинейно-оптические явления	16	8	8	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Представление о нелинейной оптики. Система уравнений Максвелла	2
2	1	Классическое и квантовое описание нелинейной восприимчивостей	2
3	1	Модель нелинейного осциллятора	2
4	1	Волновое уравнение для нелинейной среды	2
5	2	Уравнение связанных амплитуд. Условия фазового синхронизма	2
6	2	Генерация второй гармоники	2
7	2	Самофокусировка	2
8	2	Нелинейные эффекты третьего порядка	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Определение области явлений нелинейной оптики. Нелинейная поляризация. Связь между поляризацией и напряжённостью поля.	2
2	1	Свойства симметрии среды. Тензорные свойства нелинейных восприимчивостей. Вычисление нелинейных восприимчивостей	2
3	1	Модель Лоренца для гармонического осциллятора. Движение частицы в потенциальной яме. Теория возмущений для решения нелинейных задач. Зависимость нелинейной восприимчивости от свойств вещества	2
4	1	Волновой характер электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Дисперсия вещества. Неоднородное уравнение Гельмгольца	2
5	2	Основы метода медленно меняющихся амплитуд. Генерация суммарной и разностной частот. Методы согласования фаз волн в среде. Распространение волн в анизотропных кристаллах. Типы синхронизма в нелинейных кристаллах. Эллипсоид показателей преломления. Одноосные и двуосные кристаллы. Наведенная анизотропия. Соотношения Мэнли-Роу для описания нелинейных систем	2
6	2	Электромагнитная формулировка нелинейного взаимодействия. Генерация второй гармоники в приближении заданного поля. Условие синхронизма, коэффициент усиления в приближении заданного поля, перекачка мощности накачки во вторую гармонику. Свойства нелинейных материалов. Применение явления генерации второй гармоники. Генерация второй гармоники при различных условиях фазового синхронизма. Генерация второй гармоники в сфокусированных пучках	2
7	2	Генерация третьей гармоники. Генерация высших гармоник. Связь нелинейной восприимчивости третьего порядка с константами Керра. Самофокусировка и самодефокусировка. Критическая мощность. Фазовая самомодуляция. Оптическая бистабильность	2
8	2	Обращение волнового фронта при ВРМБ. Нелинейная адаптивная оптика. Параметрическая генерация света. Оптические солитоны. Нелинейные резонансные взаимодействия. Случайные процессы в нелинейной оптике. Обращение волнового фронта. Гетеродинамирование света. Многофотонные эффекты в нелинейной оптики. Нелинейная спектроскопия	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Учебно-методические материалы в электронном виде [1-4]	3	30
Выполнение домашних заданий	Учебно-методические материалы в электронном виде [1-4]; Дополнительная печатная литература [1, 2]	3	56
Подготовка к итоговой контрольной работе	Учебно-методические материалы в электронном виде [1-3]	3	15,5

6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Домашнее задание 1	1	2	2 балла начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные до окончания 4-ой недели семестра. 1 балл начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные после 4-ой недели семестра. 0 баллов ставится при отсутствии решения хотя бы одной задачи или ответа на хотя бы один вопрос.	экзамен
2	3	Текущий контроль	Домашнее задание 2	1	1	2 балла начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные до окончания 6-ой недели семестра. 1 балл начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные после 6-ой недели семестра. 0 баллов ставится при отсутствии решения хотя бы одной задачи или ответа на хотя бы один вопрос.	экзамен
3	3	Текущий контроль	Домашнее задание 3	1	1	2 балла начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные до окончания 8-ой недели	экзамен

						семестра. 1 балл начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные после 8-ой недели семестра. 0 баллов ставится при отсутствии решения хотя бы одной задачи или ответа на хотя бы один вопрос.	
4	3	Текущий контроль	Домашнее задание 4	1	1	2 балла начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные до окончания 10-ой недели семестра. 1 балл начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные после 10-ой недели семестра. 0 баллов ставится при отсутствии решения хотя бы одной задачи или ответа на хотя бы один вопрос.	экзамен
5	3	Текущий контроль	Домашнее задание 5	1	1	2 балла начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные до окончания 12-ой недели семестра. 1 балл начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные после 12-ой недели семестра. 0 баллов ставится при отсутствии решения хотя бы одной задачи или ответа на хотя бы один вопрос.	экзамен
6	3	Текущий контроль	Домашнее задание 6	1	1	2 балла начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные до окончания 14-ой недели семестра. 1 балл начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные после 14-ой недели семестра. 0 баллов ставится при отсутствии решения хотя бы одной задачи или ответа на хотя бы один вопрос.	экзамен
7	3	Текущий контроль	Домашнее задание 7	1	1	2 балла начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные до окончания 16-ой недели семестра. 1 балл начисляется за решение всех задач и ответы на все вопросы задания, сданные после 16-ой недели семестра. 0 баллов ставится при отсутствии решения хотя бы одной задачи или ответа на хотя бы один вопрос.	экзамен
8	3	Текущий контроль	Итоговая контрольная работа	5	6	Итоговая контрольная работа содержит 2 задачи, каждая из которых оценивается от 0 до 3 баллов. 0 баллов - решение отсутствует или оно неправильное, 1 балл - решение содержит формулы, необходимые для решения, 2 балла - преобразования формул	экзамен

						выполнены, но содержат ошибки, 3 балла - получены верные формулы, требуемые в условии задачи.	
9	3	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	6	<p>Экзаменационный билет содержит 1 теоретический вопрос (максимальный балл -3) и 1 задачу (максимальный балл - 3).</p> <p>Теоретический вопрос: 0 баллов - нет ответа, 1 балл - вопрос, в основном, не раскрыт, 2 балла - вопрос, по большей части, раскрыт, но содержит неточности, 3 балла - вопрос раскрыт полностью, студент свободно отвечает на вопросы по теме билета.</p> <p>Задача оценивается следующим образом: 0 баллов - решение отсутствует или оно неправильное, 1 балл - решение содержит формулы, необходимые для решения, 2 балла - преобразования формул выполнены, но содержат ошибки, 3 балла - получены верные формулы, требуемые в условии задачи.</p>	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>Экзамен проводится в письменно-устной форме. Студент получает билет. Время на письменный ответ - 2 акад. часа. Пользоваться учебниками или компьютером запрещается. По окончании письменной части экзамена начинается устная часть, где студент должен ответить на вопросы по теме билета.</p> <p>Проведение контрольного мероприятия промежуточной аттестации необязательно. Выставление экзаменационной оценки возможно по результатам текущего контроля.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ KM								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПК-4	Знает: основные оптические явления, возникающие при взаимодействии мощного лазерного излучения с нелинейными средами.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Умеет: использовать основные методы решения задач нелинейной оптики, излагать и анализировать основные положения нелинейной оптики.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: расчёта эффективности преобразования лазерного излучения во вторую и третью гармонику; экспериментальной работы при исследованиях нелинейно-оптических явлений; владеет теоретическими основами распространения монохроматического оптического излучения в нелинейной среде.	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

1. Ярив, А. Квантовая электроника [Текст] А. Ярив ; пер. с англ. Я. И. Ханина. - 2-е изд. - М.: Советское радио, 1980. - 488 с. ил.

2. Звелто, О. Принципы лазеров Перевод с англ. Е. В. Сорокина и др.; Под ред. Т. А. Шмаонова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Мир, 1990. - 558 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. План СРС

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. План СРС

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Делоне, Н. Б. Нелинейная оптика / Н. Б. Делоне. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 64 с. https://e.lanbook.com/book/2134
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дмитриев, В. Г. Прикладная нелинейная оптика / В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 512 с. https://e.lanbook.com/book/2728
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Розанов, Н. Н. Нелинейная оптика : учебное пособие / Н. Н. Розанов. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, [б. г.]. — Часть I : Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды — 2008. — 95 с. https://e.lanbook.com/book/2728
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дмитриев, В. Г. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта : монография / В. Г. Дмитриев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 256 с. https://e.lanbook.com/book/2138

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)"-Портал "Электронный ЮУрГУ" (<https://edu.susu.ru>)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	504 (16)	Проектор, компьютер, экран