

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.
(должность, уч. степень, звание)

В.И. Казаков
(инициалы, фамилия)

(подпись)
«16» 02 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нелинейная оптика»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	12.03.05
Наименование направления подготовки/ специальности	Лазерная техника и лазерные технологии
Наименование направленности/ специализации	Лазерная техника и лазерные технологии
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург – 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)
16.02.26

В.И. Казаков
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«16» февраля 2026 г, протокол №7/26

Заведующий кафедрой № 23

Д.Т.Н., проф.
(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.Р. Бестугин
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Марковская
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Нелинейная оптика» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии» направленности «Лазерная техника и лазерные технологии». Дисциплина реализуется кафедрой № 23.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-7 «Способен к участию в разработке технических требований и заданий на проектирование типовых схем приборов, узлов и деталей лазерной техники и лазерных оптико-электронных приборов и систем»

ПК-8 «Способен к расчёту, проектированию и конструированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими основами нелинейного взаимодействия интенсивного лазерного излучения с веществом, генерацией и преобразованием оптических частот, параметрическими процессами, нелинейными эффектами второго и третьего порядков, выбором нелинейно-оптических материалов и расчетом характеристик устройств преобразования лазерного излучения.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы и самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета (7 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у обучающихся системных знаний о физических закономерностях нелинейно-оптических процессов и практических навыков расчета, экспериментального исследования и выбора параметров устройств преобразования лазерного излучения. Освоение дисциплины должно обеспечить способность анализировать технические требования к нелинейно-оптическим системам, выбирать материалы, схемы и методы расчета, оценивать эффективность преобразования и ограничения, обусловленные фазовым синхронизмом, дисперсией, поглощением и оптической прочностью.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-7 Способен к участию в разработке технических требований и заданий на проектирование типовых схем приборов, узлов и деталей лазерной техники и лазерных опто-электронных приборов и систем	ПК-7.3.1 знать основные области применения лазерной техники и лазерных технологий; принципы построения и состав лазерных приборов и систем; принципы конструирования лазерных опто-электронных приборов, их узлов и элементов; оптические материалы и технологии; опасные и вредные эксплуатационные факторы, их предельно-допустимые уровни воздействия на человека, технику и окружающую среду при эксплуатации лазерных систем и технологий; методы работы с научно-технической литературой и информацией
Профессиональные компетенции	ПК-8 Способен к расчёту, проектированию и конструированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опто-электронных приборов и систем	ПК-8.У.1 уметь выбирать метод(ы) расчёта при разработке лазерных приборов и систем; разрабатывать конструкторскую документацию; конструировать типовые детали и узлы лазерной техники; подбирать по заданным параметрам и характеристикам элементную базу лазерных приборов и систем; анализировать, представлять и оформлять результаты проектно-конструкторской деятельности при разработке лазерных приборов, систем и технологий

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»;
- «Математика. Математический анализ»;
- «Основы оптики»;
- «Основы квантовой электроники»;
- «Лазеры и их применение»;
- «Кристаллооптика и электронные оптические устройства»;
- «Взаимодействие лазерного излучения с веществом».

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются при освоении дисциплин :

- «Основы проектирования лазерных систем»,
- «Лазерные системы специального назначения»,
- «Промышленное применение лазеров», в прохождении производственной преддипломной практики и подготовке выпускной квалификационной работы.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	74	74
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет,	Зачет,

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Основы нелинейной оптики					
Тема 1.1. Нелинейная поляризация и восприимчивости	3	0	2	0	14
Тема 1.2. Волновое уравнение в нелинейной среде					

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Раздел 2. Нелинейно-оптические процессы второго порядка Тема 2.1. Генерация второй гармоники и смещение частот Тема 2.2. Фазовый и квазифазовый синхронизм	4	0	6	0	18
Раздел 3. Нелинейно-оптические процессы третьего порядка Тема 3.1. Оптический эффект Керра и фазовая самомодуляция Тема 3.2. Четырехволновое смещение и вынужденное рассеяние	4	0	6	0	18
Раздел 4. Параметрические процессы и нелинейная оптика ультракоротких импульсов Тема 4.1. Параметрическое усиление и генерация Тема 4.2. Дисперсия, солитоны и компрессия импульсов	3	0	0	0	12
Раздел 5. Материалы, устройства и применения нелинейной оптики Тема 5.1. Нелинейные кристаллы, волокна и полупроводниковые среды Тема 5.2. Проектирование преобразователей частоты и оптическая безопасность	3	0	3	0	12
Итого в семестре:	17	0	17	0	74

Практическая подготовка включает проведение и обработку результатов лабораторных исследований нелинейно-оптических процессов, расчет фазового синхронизма и эффективности преобразования частоты, выбор нелинейных материалов, источников излучения, оптических элементов и контрольно-измерительной аппаратуры.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Понятие нелинейно-оптического отклика среды. Разложение поляризации по степеням напряженности поля. Линейная и нелинейные восприимчивости, их тензорная природа, размерность и симметрия. Центросимметричные и нецентросимметричные среды. Перестановочная симметрия и приближение Клейнмана. Волновое уравнение в нелинейной среде. Приближение медленно меняющихся амплитуд. Связанные волновые уравнения, поток энергии и соотношения Мэнли–Роу.
2	Генерация второй гармоники, суммарной и разностной частот, оптическое выпрямление. Законы сохранения энергии и импульса. Фазовое рассогласование, длина когерентности и эффективность преобразования. Типы фазового синхронизма в одноосных и двуосных кристаллах.

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
	Угловой, температурный и спектральный синхронизм. Квазифазовый синхронизм и периодически поляризованные структуры. Влияние фокусировки, расходимости, поглощения и пространственного разбегания волн.
3	Нелинейная восприимчивость третьего порядка. Интенсивностная зависимость показателя преломления. Самофокусировка и дефокусировка, критическая мощность, керровская линза. Фазовая самомодуляция и кросс-модуляция, нелинейный фазовый набег и спектральное уширение. Четырехволновое смешение и условия синхронизма. Оптическая бистабильность. Вынужденное комбинационное и бриллюэновское рассеяние, пороговые условия и применения.
4	Параметрическое усиление и параметрическая генерация света. Сигнальная и холостая волны, коэффициент усиления, порог генерации, перестройка частоты. Особенности нелинейного взаимодействия ультракоротких импульсов. Групповая задержка, дисперсия групповых скоростей и временной разбег импульсов. Нелинейное уравнение Шредингера, оптические солитоны, компрессия импульсов и генерация суперконтинуума.
5	Нелинейно-оптические материалы: KDP/DKDP, BBO, LBO, KTP, LiNbO ₃ , полупроводники, стекла и оптические волокна. Спектральная прозрачность, эффективная нелинейность, двулучепреломление, тепловые свойства и порог оптического повреждения. Принципы выбора материала и схемы для заданной длины волны, мощности и длительности импульса. Конструкции генераторов гармоник, параметрических усилителей и ограничителей излучения. Методы измерения нелинейных параметров. Требования лазерной безопасности.

Лекционные занятия сопровождаются демонстрацией схем нелинейно-оптических преобразователей, характеристик нелинейных кристаллов и результатов численного моделирования. По отдельным вопросам проводятся управляемые дискуссии и анализ инженерных решений.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Численное моделирование нелинейной поляризации и гармонического состава отклика среды	2	2	1
2	Исследование генерации второй гармоники и зависимости эффективности преобразования от интенсивности накачки	3	3	2
3	Исследование фазового синхронизма и поляризационной зависимости генерации второй гармоники	3	3	2
4	Исследование оптического эффекта Керра, нелинейного фазового набег и фазовой самомодуляции	3	3	3
5	Моделирование четырехволнового смешения и спектрального преобразования в нелинейной среде	3	3	3
6	Выбор нелинейного кристалла и расчет параметров преобразователя частоты по заданным техническим требованиям	3	3	5
Всего		17	17	

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	30	30
Курсовое проектирование (КП, КР)	0	0
Расчетно-графические задания (РГЗ)	20	20
Выполнение реферата (Р)	0	0
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	8	8
Домашнее задание (ДЗ)	8	8
Контрольные работы заочников (КРЗ)	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	8	8
Всего:	74	74

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
55 Ш27	Кристаллография : учебник / М. П. Шаскольская. - М. : Высш. шк., 1976. - 391 с. : фото, рис., табл. - Библиогр.: с. 384. - Предм. указ.: с. 386 - 389. - 1.52 р	4
54 Н73	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки : учебник / И. И. Новиков, К. М. Розин. - М. : Металлургия, 1990. - 336 с. : рис., табл. - Библиогр. с. 332 (19 назв.).	5
lib.guap.ru	Варфоломеев, Г. А. Оптика лазеров : [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Г. А. Варфоломеев, Е. Н. Котликов ; С.-Петербур. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Документ включает в себя 1 файл, размер: (380 КБ). - СПб. : Изд-во ГУАП, 2007. - 68 с. - Систем. требования: Acrobat Reader 5.x. - Библиогр.: с. 68 (12 назв.). - ISBN 978-5-8088-0295-7 : 40.00 р.	электронный ресурс
http://lib.ysu.am/disciplines_bk/cce1226f312d5f73b4d8dd86e878c5b3.pdf	Boyd, R. W. Nonlinear Optics / R. W. Boyd. – 4th ed. – London : Academic Press, 2020. – 634 p.	Электронный ресурс
https://quantum-electronics.ru/wp-content/uploads/2011/12/14742.pdf	Дмитриев, В. Г. Прикладная нелинейная оптика / В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. – 2-е изд. – Москва : Физматлит, 2004. – 512 с.	Электронный ресурс
<a %c0%f5%ec%e0%ed%ee%e2%20%d1.%c0..._%20%d4%e8%e7%e8%f7%e5%f1%ea%e0%f7%20%ee%ef%f2%e8%ea%e0.(2004).pdf"="" (seriya)="" href="https://vgershov.lib.ru/ARCHIVES/K/" klassicheskiy="" uchebnik"="" universitetskiy="">https://vgershov.lib.ru/ARCHIVES/K/"Klassicheskiy universitetskiy uchebnik" (seriya)/%C0%F5%EC%E0%ED%EE%E2%20%D1.%C0..._%20%D4%E8%E7%E8%F7%E5%F1%EA%E0%F7%20%EE%EF%F2%E8%EA%E0.(2004).pdf	Ахманов, С. А. Физическая оптика : учебник / С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин. – 2-е изд. – Москва : Издательство Московского университета ; Наука, 2004. – 656 с.	Электронный ресурс

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине «Дополнительные разделы инженерного ядра» размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»
http://lib.aanet.ru/	Доступ в ЭБС «Лань» осуществляется по договору № 25, 26, 27, от 31.01.2024 Доступ в ЭБС «ZNANIUM» осуществляется по договору № 058 от 27.02.2023 Доступ в ЭБС «ЮРАЙТ» осуществляется по договору № 257 от 29.05.2023
https://www.elibrary.ru/	Доступ в БД по договору SU-675/2024/746 от 27.12.2023 г.

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Веб-браузер
2	Программа для просмотра и подготовки документов в формате PDF
3	Система проектирования и моделирования CadFlo

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Система электронного обучения ГУАП (LMS)
2	Электронный каталог и электронные библиотечные системы библиотеки ГУАП

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная учебная аудитория, оснащенная компьютером преподавателя, проектором и экраном	51-06-03
2	Лаборатория «Лазерной техники и лазерных технологий»	51-06-03

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов к зачету;

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.
Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Предмет и задачи нелинейной оптики. Условия возникновения нелинейного отклика вещества.	ПК-7.3.1
2	Разложение поляризации среды по степеням напряженности электрического поля.	ПК-7.3.1
3	Нелинейные восприимчивости второго и третьего порядков, их физический смысл и размерность.	ПК-7.3.1
4	Тензорный характер нелинейной восприимчивости. Влияние симметрии среды.	ПК-7.3.1
5	Волновое уравнение в нелинейной среде и приближение медленно меняющихся амплитуд.	ПК-7.3.1
6	Связанные волновые уравнения и соотношения Мэнли–Роу.	ПК-7.3.1
7	Генерация второй гармоники: физический принцип и основные характеристики.	ПК-7.3.1
8	Генерация суммарной и разностной частот. Оптическое выпрямление.	ПК-7.3.1
9	Законы сохранения энергии и импульса при смешении оптических волн.	ПК-7.3.1
10	Фазовое рассогласование, длина когерентности и их влияние на эффективность преобразования.	ПК-7.3.1
11	Фазовый синхронизм первого и второго типов в нелинейных кристаллах.	ПК-7.3.1
12	Квазифазовый синхронизм и периодически поляризованные нелинейные среды.	ПК-7.3.1
13	Параметрическое усиление и параметрическая генерация света.	ПК-7.3.1
14	Оптический эффект Керра и интенсивностная зависимость показателя преломления.	ПК-7.3.1
15	Самофокусировка, критическая мощность и керровская линза.	ПК-7.3.1
16	Фазовая самомодуляция и кросс-модуляция оптических волн.	ПК-7.3.1
17	Четырехволновое смешение и условия эффективного взаимодействия.	ПК-7.3.1
18	Вынужденное комбинационное и бриллюэновское рассеяние.	ПК-7.3.1
19	Нелинейное уравнение Шредингера и оптические солитоны.	ПК-7.3.1
20	Генерация суперконтинуума и компрессия ультракоротких импульсов.	ПК-7.3.1

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
21	Основные нелинейно-оптические кристаллы и критерии их выбора.	ПК-7.3.1
22	Оптическая прочность материалов и требования безопасности при работе с интенсивным лазерным излучением.	ПК-7.3.1
23	Определить длину волны второй гармоники для заданной длины волны накачки и обосновать выбор спектральных элементов схемы.	ПК-8.У.1
24	Рассчитать фазовое рассогласование и длину когерентности по заданным показателям преломления.	ПК-8.У.1
25	Определить период квазифазового синхронизма для заданных длин волн и температуры.	ПК-8.У.1
26	Оценить зависимость эффективности генерации второй гармоники от длины кристалла, интенсивности накачки и фазового рассогласования.	ПК-8.У.1
27	Выбрать нелинейный кристалл для преобразования заданной длины волны с учетом прозрачности, эффективной нелинейности и оптической прочности.	ПК-8.У.1
28	Рассчитать нелинейное изменение показателя преломления при заданных интенсивности и коэффициенте n_2 .	ПК-8.У.1
29	Рассчитать нелинейный фазовый набег и В-интеграл в нелинейной среде.	ПК-8.У.1
30	Оценить критическую мощность самофокусировки для заданного материала и длины волны.	ПК-8.У.1
31	Определить частоты сигнальной и холостой волн параметрического преобразователя по закону сохранения энергии.	ПК-8.У.1
32	Выбрать параметры фокусировки пучка в нелинейном кристалле с учетом эффективности, дифракции и порога повреждения.	ПК-8.У.1
33	Разработать структурную схему установки для исследования генерации второй гармоники и указать назначение ее элементов.	ПК-8.У.1
34	Разработать структурную схему измерения нелинейного показателя преломления или нелинейного поглощения.	ПК-8.У.1
35	Проанализировать экспериментальную зависимость эффективности преобразования от мощности накачки и объяснить возможные отклонения от теории.	ПК-8.У.1
36	Сформулировать технические требования к нелинейно-оптическому преобразователю для заданного лазерного источника и области применения.	ПК-8.У.1

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Какой этап должен предшествовать выбору расчетного метода? а) оформление отчета; б) формализация задачи; в) округление результата; г) построение диаграммы.	ОПК-1.У.1
2	Какой признак в наибольшей степени повышает надежность научно-технического источника? а) отсутствие автора; б) наличие ссылок и рецензирования; в) большое количество иллюстраций; г) краткость текста.	УК-1.3.1
3	Что необходимо сделать с результатом, полученным с помощью генеративной системы искусственного интеллекта? а) использовать без изменений; б) проверить по независимым источникам и расчетам; в) удалить исходные данные; г) заменить единицы измерения.	УК-1.У.1
4	Размерность мощности в системе СИ: а) $\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}$; б) $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^3$; в) $\text{кг}/\text{м}^3$; г) $\text{м}/\text{с}^2$.	ОПК-1.У.1
5	Относительная погрешность определяется как: а) отношение абсолютной погрешности к измеренному значению; б) сумма всех измерений; в) квадрат среднего значения; г) разность максимума и минимума без нормирования.	ОПК-1.У.1
6	Какой показатель характеризует разброс результатов относительно среднего значения? а) дисперсия; б) медиана единиц измерения; в) размерность; г) коэффициент преломления.	ОПК-1.У.1
7	Какой закон используется для расчета токов и напряжений в линейной электрической цепи? а) закон Ома; б) закон Снеллиуса; в) закон Бугера; г) закон Стефана–Больцмана.	ОПК-1.У.1
8	При переходе светового луча из воздуха в среду с большим показателем преломления угол преломления: а) увеличивается; б) уменьшается; в) всегда равен 90° ; г) не определяется.	ОПК-1.У.1
9	Что является обязательным условием корректной математической модели? а) максимальное число переменных; б) соответствие цели и принятым допущениям; в) отсутствие единиц измерения; г) использование только аналитического решения.	ОПК-1.В.1
10	При графическом представлении экспериментальной зависимости на осях должны быть указаны: а) только номера точек; б) величины и единицы измерения; в) фамилии авторов; г) форматы файлов.	ОПК-1.В.1
11	Какой критерий следует учитывать при выборе средства измерений? а) только внешний вид; б) диапазон и требуемую точность; в) только массу прибора; г) только год выпуска.	ОПК-1.В.1
12	На заключительном этапе решения инженерной задачи необходимо: а) проверить результат и сформулировать вывод; б) удалить промежуточные расчеты; в) изменить исходные данные; г) отказаться от оценки погрешности.	ОПК-1.В.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Лекционный материал осваивается последовательно по разделам дисциплины: основы нелинейного отклика вещества; процессы второго порядка; процессы третьего порядка; параметрические взаимодействия и ультракороткие импульсы; материалы и устройства. При работе с материалом необходимо фиксировать определения, условия применимости моделей, законы сохранения, расчетные соотношения и физические ограничения. Особое внимание уделяется взаимосвязи параметров лазера, нелинейной среды, геометрии взаимодействия и эффективности преобразования.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой

эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются индивидуально или в составе малой группы по утвержденному заданию. Перед началом работы обучающийся изучает физические основы процесса, схему установки, правила эксплуатации оборудования и требования лазерной безопасности, выполняет предварительные расчеты и проходит допуск. В ходе работы необходимо собрать или подготовить модель установки, провести измерения либо численный эксперимент, оценить погрешности, построить графические зависимости и сопоставить результаты с теорией

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать: название и цель; схему установки или расчетной модели; основные теоретические положения; исходные данные; порядок выполнения; таблицы измерений; результаты расчетов и графики; оценку погрешности; анализ результатов и выводы

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет оформляется в соответствии с требованиями преподавателя и защищается устно. К защите обучающийся должен объяснить физику исследуемого эффекта, назначение элементов схемы, примененные методы обработки и причины расхождения результатов

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине.

Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала, выполнение расчетно-графических и домашних заданий, подготовку к лабораторным работам и обработку их результатов, анализ научно-технической литературы, подготовку к текущему контролю и зачету. Особое внимание следует уделять расчету фазового

рассогласования и длины когерентности, оценке эффективности преобразования, нелинейного фазового набег и порога самофокусировки, а также выбору материалов по справочным данным.

При самостоятельном решении задач рекомендуется придерживаться последовательности: определить тип нелинейного процесса; записать законы сохранения и условия синхронизма; выбрать модель и допущения; привести величины к единой системе единиц; выполнить аналитический или численный расчет; проверить физическую размерность и предельные случаи; оценить влияние поглощения, дисперсии, фокусировки и порога повреждения; сформулировать инженерный вывод.

Материалы для самостоятельной работы размещаются в системе электронного обучения ГУАП и включают конспекты, перечни вопросов, варианты расчетных заданий, методические материалы к лабораторным работам, справочные данные по нелинейным материалам и ссылки на рекомендуемые электронные ресурсы.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости проводится по результатам допуска, выполнения и защиты лабораторных работ, расчетно-графических и домашних заданий, кратких тестов и устных опросов. Контролируется знание физических механизмов нелинейных процессов, умение применять законы сохранения и условия синхронизма, выполнять расчеты, выбирать материалы и элементы схемы, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.

Результаты текущего контроля учитываются при проведении зачета. Обучающийся должен выполнить и защитить все предусмотренные лабораторные работы и представить обязательные расчетные задания. Невыполненные или неудовлетворительно выполненные работы подлежат доработке до прохождения промежуточной аттестации.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Зачет включает проверку выполнения и защиты лабораторных работ, ответ на теоретические вопросы и решение расчетной или ситуационной задачи из перечня таблицы 16. Допускается использование тестирования и устного собеседования. Обучающийся должен показать понимание физических основ нелинейно-оптических процессов, способность выбирать расчетные методы и элементы схемы, выполнять оценочные расчеты и обосновывать техническое решение.

- Оценка «зачтено» выставляется при выполнении обязательных работ, правильном изложении основных положений дисциплины и способности решить типовую задачу с несущественными ошибками. Оценка «не зачтено» выставляется при отсутствии обязательных лабораторных работ, существенных пробелах в понимании нелинейных процессов, неспособности применить основные расчетные соотношения или обосновать выбранное решение.

- При оценивании учитываются корректность терминологии и физических представлений, знание свойств нелинейных материалов и принципов построения устройств, правильность расчетов, соблюдение требований лазерной безопасности, качество обработки экспериментальных данных и аргументированность выводов.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой