

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук» (ИПФ РАН)

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по научной работе

_____ М.Ю. Глявин

« ____ » _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины
Нелинейная оптика

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки / специальность
03.06.01 Физика и астрономия

Направленность образовательной программы
01.04.21 Лазерная физика

Квалификация (степень)
Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
20__

1. Место и цели дисциплины в структуре образовательной программы (ОП)

Дисциплина «Нелинейная оптика» относится к числу профильных дисциплин вариативной части образовательной программы, является дисциплиной по выбору аспиранта, преподается на втором году обучения в четвертом семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у аспирантов современного представления о нелинейно-оптических эффектах и их применении;
- формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» и направленностью подготовки 01.04.21 Лазерная физика.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Таблица 1:

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и этап формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 <i>способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта (этап освоения – базовый)</i>	<i>З1 (ПК-1) Знать основные физические механизмы возникновения оптических нелинейностей различных материалов</i> <i>У1 (ПК-1) Уметь использовать знания основных нелинейно-оптических эффектов для оценки их появления и величины в различных экспериментах</i> <i>В1 (ПК-1) Владеть навыками расчёта основных параметров нелинейно-оптических эффектов (коэффициентов оптической нелинейности, инкрементами вынужденного рассеяния, порогов самовоздействия световых пучков)</i>
ПК-3 <i>способность свободно ориентироваться в разделах физики, необходимых для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (в соответствии с направленностью подготовки) (этап освоения – базовый)</i>	<i>З1 (ПК-2) Знать основные физические явления нелинейной оптики (генерацию гармоник, параметрический распад и генерацию разностной частоты, вынужденное рассеяние, нелинейные взаимодействия 2-х и 4-х световых волн, самовоздействие световых пучков).</i> <i>У1 (ПК-2) Уметь свободно применять полученные знания по нелинейной оптике для решения научно-инновационных задач, связанных с созданием нелинейно-оптических приборов и устройств, применяемых в лазерной физике и других разделах науки и техники</i> <i>В1 (ПК-2) Владеть методами описания нелинейно-оптических эффектов и навыками расчёта этих эффектов, которые могут проявляться в различных лазерных системах и приборах</i>

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 38 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, в т.ч. мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 70 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Структура дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
<u>Тема 1.</u> Физические причины и основные механизмы оптической нелинейности	16	6		6	10
<u>Тема 2.</u> Основные уравнения и приближения теории нелинейно-оптических взаимодействий световых волн	16	6		6	10
<u>Тема 3.</u> Удвоение частоты световых волн в нелинейной среде, генерация суммарной и разностной частот	14	4		4	10
<u>Тема 4.</u> Параметрическая генерация света в средах с квадратичной нелинейностью	14	4		4	10
<u>Тема 5.</u> Вынужденное рассеяние световых волн	14	4		4	10
<u>Тема 6.</u> Четырёхволновое взаимодействие световых пучков в нелинейной среде и динамическая голография	16	6		6	10
<u>Тема 7.</u> Самовоздействие световых пучков в т.ч. текущий контроль	16	6	4	6	10
Промежуточная аттестация - зачет				2	
Итого		108			

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий дисциплины «Нелинейная оптика» являются занятия лекционного типа с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), проблемный метод изложения материала, диалоговая форма проведения занятий и самостоятельная работа аспиранта.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Предусматривается также посещение аспирантами лекций и докладов ведущих специалистов по проблематике, относящейся к предмету курса. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе заслушивания докладов-презентаций и зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, доступные ресурсы в Интернет по тематике курса, а также конспекты и презентации лекций.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), и уровня их сформированности**

Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведены в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Для оценивания сформированности компетенций используется промежуточная аттестация в форме зачета. Зачет состоит из индивидуального собеседования и решения практических контрольных заданий. Критерии оценок выполнения задания:

Зачтено	В целом удовлетворительная подготовка, возможно с заметными, но не грубыми ошибками или недочетами. Аспирант дает полный ответ на все теоретические вопросы собеседования, возможно с небольшими неточностями; допускаются негрубые ошибки при ответах на дополнительные вопросы. Полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей, возможно с не всегда полной обоснованностью выводов.
Не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Аспирант дает ошибочные ответы как на теоретические вопросы, так и на наводящие и дополнительные вопросы преподавателя, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки.

6.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности профессиональных компетенций ПК-2, ПК-3:

1. Основные механизмы оптической нелинейности сред: тепловая, стрикционная, ориентационная, электронная, насыщение резонансного перехода.
2. Тензор нелинейно-оптической восприимчивости. Классификация нелинейно-оптических эффектов.
3. Условия волнового синхронизма в нелинейной оптике, необходимость их выполнения для реализации нелинейно-оптических эффектов.
4. Уравнения для связанных волн в среде с квадратичной нелинейностью. Взаимодействие трёх световых волн в средах с квадратичной нелинейностью.
5. Принципы нелинейно-оптического удвоения частоты световых волн (условия синхронизма, интенсивность второй гармоники, нелинейные среды для удвоения частоты).
6. Генерация суммарной частоты в нелинейно-оптической среде. Соотношения Мэнли-Роу. Режим насыщения при генерации суммарной частоты.
7. Генерация разностной частоты в нелинейно-оптической среде. Предельные возможности преобразования мощности исходных волн в мощность на разностной частоте.
8. Эффекты квадратичной нелинейности в периодически-ориентированных нелинейно-оптических кристаллах.
9. Параметрическое усиление и параметрическая генерация. Виды параметрических генераторов света. Их отличительные особенности.
10. Нелинейно-оптические преобразования частоты световых пучков как средство создания лазерных источников в плохо-освоенных спектральных диапазонах (ультрафиолетовом, среднем и дальнем инфракрасном).
11. Основные физические механизмы вынужденного рассеяния света. Вынужденное рассеяние световых волн: стартовые условия и причины лавинного нарастания волны рассеяния.
12. Стационарный и нестационарный режимы вынужденного рассеяния световых волн. Сдвиг частоты и ширина линии волн рассеяния.
13. Вынужденное рассеяние света на звуке и релеевское рассеяние с малым сдвигом частоты. Основные закономерности и режимы.
14. Особенности вынужденного комбинационного рассеяния световых волн. Взаимодействие стоксовых и антистоксовых компонент при вынужденном комбинационном рассеянии.

15. Эффект обращения волнового фронта световых пучков в нелинейной среде (суть эффекта и основные возможности его реализации). Обращение волнового фронта световых пучков при вынужденном рассеянии
16. Четырёхволновое взаимодействие световых волн (условия синхронизма и возможные следствия). Динамическая голография. Обращение волнового фронта при четырёхволновом взаимодействии.
17. Эффект самовоздействия световых пучков в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков (условия возникновения и режимы протекания).
18. Неустойчивость плоской волны в нелинейной среде и её связь с самофокусировкой (самодефокусировкой) световых пучков.
19. Основные сферы использования нелинейной оптики в лазерных приборах и устройствах.
20. Использование статической и динамической голографии.
21. Использование эффекта обращения волнового фронта для создания мощных лазерных систем с высоким качеством пучка излучения.
22. Использование или методы предотвращения эффектов самовоздействия световых волн в лазерных системах.
23. Нелинейно-оптические эффекты в волоконно-лазерных системах. Особенности проявления эффектов вынужденного рассеяния и самовоздействия световых волн в одномодовых световодах.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Беспалов В.И., Пасманик Г.А. "Нелинейная оптика и адаптивные лазерные системы", Изд. ИПФАН 1986. – 5 экз.
2. С.А. Ахманов, Ю.Е. Дьяков, А.С. Чиркин, "Введение в статистическую радиофизику и оптику", Москва Изд. МГУ, 1989. -640 с. – 4 экз.
3. Бломберген Н. "Нелинейная оптика", Москва: Изд. Мир, 1966.-424 с. – 3 экз.
4. В.И. Беспалов, Г.А.Пасманик Нелинейная оптика и адаптивные лазерные системы. [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН] <http://www.iapras.ru/biblio/img/nell.pdf>

б) дополнительная литература:

1. Власов С.Н., Таланов В.И. "Самофокусировка световых волн", Изд. ИПФАН, 1986. – 3 экз.
2. Ярив А. "Квантовая электроника": Пер. с англ. / Под ред. Я.И. Ханина, Изд. Наука, 1980. -448 с. – 3 экз.
3. Шен И.Р. «Принципы нелинейной оптики», М.: Наука, 1989. – 3 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1) Н.Н. Розанов. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. 2008 - Учебные издания Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики: http://books.ifmo.ru/book/109/kogerentnaya_optika / uchebnoe_posobie_po_kursu_«kogerentnaya_i_nelineynaya_optika»..htm
- 2) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/optics.htm>
- 3) Электронная библиотека Института космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера (ИКФИА) <http://ikfia.ysn.ru/lektcii-i-obzory-dlya-studentov/9-uncategorised/769-optika.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Специальные помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет";
- Лицензионное программное обеспечение (*Windows, Microsoft Office*);
- Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются (при необходимости) электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленность 01.04.21 Лазерная физика.

Автор _____ О.Л. Антипов

Ответственный за направление подготовки _____ Вл.В. Кочаровский

Рецензент _____

Программа принята на заседании Ученого совета отделения нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН, протокол № _____ от _____ года.

Ученый секретарь ОНДиО _____ А.В. Коржиманов

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

ПК-2: Способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать основные физические механизмы возникновения оптических нелинейностей различных материалов	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь использовать знания основных нелинейно-оптических эффектов для оценки их появления и величины в различных экспериментах	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата
<u>Навыки:</u> Владеть навыками расчёта основных параметров нелинейно-оптических эффектов (коэффициентов оптической нелинейности, инкрементами вынужденного рассеяния, порогов самовоздействия световых пучков)	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	50 – 100%	0 – 50 %

ПК-3: Способность свободно ориентироваться в разделах физики, необходимых для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (в соответствии с направленностью подготовки)

Индикаторы компетенций	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать основные физические явления нелинейной оптики (генерацию гармоник, параметрический распад и генерацию разностной частоты, вынужденное рассеяние, нелинейные взаимодействия 2-х и 4-х световых волн, самовоздействие световых пучков)	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь свободно применять полученные знания по нелинейной оптике для решения научно-инновационных задач, связанных с созданием нелинейно-оптических приборов и устройств, применяемых в лазерной физике и других разделах науки и техники	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата
<u>Навыки:</u> Владеть методами описания нелинейно-оптических эффектов и навыками расчёта этих эффектов, которые могут проявляться в различных лазерных системах и приборах	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	50 – 100%	0 – 50 %