МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Факультет оптического приборостроения
Кафедра прикладной оптики

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор
А. Л. Степанченко
18 апреля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «Б1.В.ДВ.01.02 НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 12.03.02 Оптотехника

Направленность(профиль) подготовки: Оптико-электронные приборы и системы

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2025

Срок получения образования: 4 года

Объем: в зачетных единицах: 3 з.е.
в академических часах: 108 ак.ч.

Москва, 2025

Разработчики:
Доцент кафедры Прикладной оптики, к.т.н. Демин А. В.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 12.03.02 Оптотехника, утвержденного приказом Минобрнауки от 19.02.0017 № 948

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Оптического приборостроения	Председатель ученого совета факультета	Торшина И. П.	Рассмотрено	15.01.2025, № 2/24-25

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

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

3. Место дисциплины в структуре ОП

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

5. Содержание дисциплины
   5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
   5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля

6. Оценочные материалы текущего контроля

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

8. Порядок проведения промежуточной аттестации

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
   9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
   9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
   9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
   9.4. Оборудование и технические средства обучения

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - Освоение обучающимися компетенций в разделе физики, связанном с изучением нелинейных электромагнитных явлений оптического диапазона, происходящих обычно в поле лазерных пучков большой интенсивности.

Задачи изучения дисциплины:

- Получение обучающимися теоретических знаний по методам математического описания нелинейно-оптических процессов. Получение практических навыков по методам нелинейного преобразования частоты, эффектам самовоздействия света, вынужденного рассеяния, обращения волнового фронта и другим явлениям, важным для лазерной техники..

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-3 Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оптотехники и лазерной техники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования.

ПК-3.1 Разрабатывает функциональные и структурные схемы оптотехники, определяет физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов и программных средств проектирования и конструирования

Знать:

ПК-3.1/Зн9 Основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

ПК-3.1/Зн10 Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Уметь:

ПК-3.1/Ум12 Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов и системы электронного документооборота

ПК-3.1/Ум13 Разрабатывать отдельные программы и подпрограммы для решения различных задач проектирования, конструирования, исследования и контроля оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

Владеть:

ПК-3.1/Нв8 Разработкой функциональных и структурных схем оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов с определением физических принципов действия устройств, их структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы

ПК-3.2 Рассчитывает, визуализирует и моделирует действие оптических элементов и систем с использованием специализированного программного обеспечения, обрабатывает и анализирует результаты расчета с использованием специализированного программного обеспечения

Знать:

ПК-3.2/Зн5 Компьютерные технологии и программные средства проектирования и конструирования.

ПК-3.2/Зн9 Основы алгоритмизации и программирования

ПК-3.2/Зн10 Основы теории математического моделирования сложных технических систем

Уметь:

ПК-3.2/Ум4 Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов и системы электронного документооборота.

ПК-3.2/Ум9 Работать с базами данных и источниками информации.

ПК-3.2/Ум10 Производить компьютерное моделирование с использованием методов системного подхода для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования разрабатываемых оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей с учетом используемых технологий производства и сборки

Владеть:

ПК-3.2/Нв5 Определение требований к параметрам разрабатываемой оптотехники

ПК-3.3 Разрабатывает проектно- конструкторскую и техническую документацию на всех этапах жизненного цикла оптических, оптико-электронных приборов, механических блоков, узлов и деталей в соответствии с требованиями технического задания, стандартов качества, надежности, безопасности и технологичности с использованием систем автоматизированного проектирования

Знать:

ПК-3.3/Зн2 Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Уметь:

ПК-3.3/Ум2 Рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые системы, приборы, детали и узлы оптотехники на схемотехническом и элементном уровнях Рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые системы, приборы, детали и узлы оптотехники на схемотехническом и элементном уровнях

Владеть:

ПК-3.3/Нв2 Навыками расчета, проектирования и конструирования типовых систем, приборов, деталей и узлов оптотехники

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.ДВ.01.02 «Нелинейная оптика» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 8.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)

8 семестр	108	3	26	26	35	Экзамен (21)
Всего	108	3	26	26	35	21

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотнесенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Основные уравнения в нелинейной среде. Вектор нелинейной поляризованности	**30**	**8**	**10**	**12**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 1.1. Уравнение Максвелла в нелинейной среде	14	4	6	4	
Тема 1.2. Нелинейная поляризация.	16	4	4	8	
Раздел 2. Возбуждение волн нелинейной поляризованности	**24**	**6**	**6**	**12**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 2.3. Связанные волны в нелинейной среде	12	3	3	6	
Тема 2.4. Генерация излучения в квадратичных средах	12	3	3	6	
Раздел 3. Фазовый синхронизм коллинеарных волн при трехчастотном взаимодействии	**14**	**4**	**4**	**6**	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Тема 3.5. Фазовый синхронизм	14	4	4	6	
Раздел 4. Параметрическая генерация света. Нелинейный показатель преломления	**11**	**4**	**4**	**3**	ПК-3.1
Тема 4.6. Параметрическая генерация света.	11	4	4	3	
Раздел 5. Вынужденное рассеяние и обращение волнового фронта.	**8**	**4**	**2**	**2**	ПК-3.1
Тема 5.5. Вынужденное рассеяние	8	4	2	2	
Итого	**87**	**26**	**26**	**35**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Основные уравнения в нелинейной среде. Вектор нелинейной поляризованности

Тема 1.1. Уравнение Максвелла в нелинейной среде

Лекция № 1. Макроскопическая нелинейная оптика. Непараметрические нелинейно-оптические явления. Поляризованность и восприимчивость веществ.
Практическое занятие № 1. Проведение оценки амплитуд электрического поля.

Тема 1.2. Нелинейная поляризация.

Лекция № 2. Ангармонический осциллятор. Свойства симметрии тензоров восприимчивости. Эффективная восприимчивость.
Практическое занятие № 2. Определение показателя преломления и коэффициента поглощения
Лекция № 3. Фазовый синхронизм. Оптические процессы в нелинейной среде во временном представлении
Практическое занятие №3. Оценка эффективной восприимчивости в отрицательном кристалле при скалярном синхронизме.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Раздел 2. Возбуждение волн нелинейной поляризованности

Тема 2.3. Связанные волны в нелинейной среде

Лекция № 4. Уравнения для связанных амплитуд. Соотношения Мэнли-Роу.
Практическое занятие № 4. Эффективная длина нелинейного взаимодействия.
Лекция № 5. Генерация суммарной частоты. Генерация второй гармоники.
Практическое занятие № 5. Определение длины волны генерируемой суммарной частоты.
Практическое занятие № 6. Определение поляризации второй гармоники при p-поляризации волны накачки для нецентросимметричного кристалла.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Тема 2.4. Генерация излучения в квадратичных средах

Лекция№ 6. Генерация суммарной и разностной частот в приближении плоских волн.

Раздел 3. Фазовый синхронизм коллинеарных волн при трехчастотном взаимодействии

Тема 3.5. Фазовый синхронизм

Лекция № 7. Условие фазового синхронизма при трехчастотном взаимодействии в одноосном кристалле.
Практическое занятие № 7. Определение максимальной величины сноса энергии необыкновенной волны.

Раздел 4. Параметрическая генерация света. Нелинейный показатель преломления

Тема 4.6. Параметрическая генерация света.

Лекция № 8. Параметрическое усиление. Параметрический генератор. Перестроение частоты ПГС. Нелинейный показатель преломления.
Практическое занятие № 8. Построение перестроечных характеристик параметрических генераторов

Раздел 5. Вынужденное рассеяние и обращение волнового фронта.

Тема 5.5. Вынужденное рассеяние

Лекция № 9. Обращение волнового фронта при вынужденном рассеянии.
Практическое занятие № 9. Оценка порогового значения интенсивности накачки рубинового лазера для процесса генерации второй субгармоники в кристалле КДР.

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:
- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Экзамен, 8 семестр.
при проведении промежуточной аттестации, применяется среднее арифметическое значения оценок, полученных за каждый элемент оценивания, указанный в билете (вопрос и два практических задания). Итоговая оценка по дисциплине (модулю) рассчитывается как отношение суммы оценок, полученных обучаемым за каждый вопрос и задания в билете(вопрос и 2 задания, далее -элемент контроля) поделенное на количество полученных оценок (3). При проведении оценивания по вопросам и заданиям, указанным в билете, в ходе промежуточной аттестации, преподаватель может учитывать результаты текущего контроля

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Основные уравнения в нелинейной среде. Вектор нелинейной поляризованности
Контролируемые ИДК: ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3

Тема 1.2. Нелинейная поляризация.
Форма контроля/оценочное средство: Тестирование
Вопросы/Задания:

1. Материальные уравнения.

Раздел 2. Возбуждение волн нелинейной поляризованности
Контролируемые ИДК: ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3

Тема 2.3. Связанные волны в нелинейной среде
Форма контроля/оценочное средство: Тестирование
Вопросы/Задания:
1. Связь волнового числа с длиной волны

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

8 семестр, Экзамен
Контролируемые ИДК: ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3
Вопросы/Задания:
1. Способность к разработке технологических процессов и технической документации на изготовление, сборку, юстировку, юстировку и контроль механических, оптических, оптико-электронных блоков, узлов и деталей
1. Уравнения Максвелла в нелинейной среде.
2. Материальные уравнения.
3. Поляризация электромагнитных волн.
4. Чем отличаются продольные и поперечные волны?
5. Монохроматическая плоская волна в комплексной и вещественной формах.
6. Дисперсионное уравнение для плоской электромагнитной волны.
7. Связь показателя преломления света с диэлектрической и магнитной проницаемостями среды.
8. Что характеризует волновой вектор?
9. Связь волнового числа с длиной волны.
10. Определение фазовой скорости волны.
12. Скорость и направление какого процесса характеризуется фазовой скоростью?
13. Вектор плотности потока энергии электромагнитной волны (вектор Пойнтинга).
14. Интенсивность плоской электромагнитной волны.
15. Комбинационные частоты.
16. Генерация оптических гармоник в среде с квадратичной нелинейностью.
17. Условие фазового синхронизма.
18. Приближение медленно меняющихся амплитуд.
19. Приближение заданного поля.
20. Длина когерентности.
21. Условие фазового синхронизма. Векторный и скалярный синхронизмы.
22. Существует ли понятие угла синхронизма в недиспергирующей нелинейной среде?
23. Нормальная и аномальная дисперсия света.
24. Одноосные и двухосные кристаллы.
25. Отрицательные и положительные одноосные кристаллы.
26. Обыкновенные и необыкновенные волны.
27. При каких условиях на выходе из кристаллической пластинки

получается свет, поляризованный по левому (правому) кругу, если амплитуды обыкновенной и необыкновенной волн одинаковы?
28. s-поляризация и p-поляризация.
29. Угол анизотропии.
30. Эффективные восприимчивости.
31. Характерная длина нелинейного взаимодействия при генерации суммарной и разностной частот.
32. Характерная длина нелинейного взаимодействия при генерации второй гармоники.
33. Характерная длина нелинейного взаимодействия при генерации второй субгармоники.
34. Требуется ли затравочная волна при генерации второй гармоники?
35. Требуется ли затравочная волна при генерации второй субгармоники?
36. Влияние учета поглощения среды на генерацию гармоник.
37. Пороговый характер генерации второй субгармоники.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Дмитриев В.Г. Прикладная нелинейная оптика. / В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Издательство ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 512 - 5-9221-0453-5. - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Исламов Р.Ш. Нелинейная оптика: учебное пособие. / Р.Ш. Исламов. - МИИГАиК, 2008. - 152 - 978-5-91188-011-8. - Текст: непосредственный.

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. http://modtran.spectral.com/modtran_home - MODTRAN® Web App
2. https://www.spectralcalc.com/blackbody_calculator/blackbody.php - Blackbody Calculator.
3. https://www.spectraplot.com/blackbody - Blackbody Emission Simulator.
4. https://cyberleninka.ru/ - Научная электронная библиотека КиберЛенинка, построенная на парадигме открытой науки (Open Science).
5. https://www.iprbookshop.ru/ - Электронно-библиотечная система "IPRbooks"
6. https://sdo.miigaik.ru/ - Система дистанционного обучения Московского государственного университета геодезии и картографии
7. https://lib.miigaik.ru/ - ИРБИС64 электронная библиотека

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения
(обновление производится по мере появления новых версий программы)
Не используется.

Перечень информационно-справочных систем
(обновление выполняется еженедельно)
Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Для практических занятий
Автоматизированное рабочее место (АРМ) - 10 шт.
Меловая доска - 1 шт.
МФУ - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

При изучении дисциплины следует связывать изучаемый материал со сведениями из курсов математики и физики, что позволяет формировать устойчивые знания.
Систематически готовиться к лекционным и практическим занятиям по вопросам, выдаваемым на лекциях для самоподготовки.
Выполнять в срок домашние задания и разделы курсовой работы для закрепления полученных практических навыков.

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.