

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Нелинейная оптика

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика  
Направленность (профиль) подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии  
Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2025

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Сибгатуллин М.Э. (Кафедра оптики и нанофотоники, Отделение физики), Mansour.Sibgatoullin@kpfu.ru ; заведующий кафедрой, д.н. Харинцев С.С. (Кафедра оптики и нанофотоники, Отделение физики), skharint@gmail.com

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные физические процессы, определяющие проявление нелинейных явлений при взаимодействии оптического излучения с веществом; актуальные задачи в области нелинейной оптики для корректной постановки и решения исследовательских задач с применением современной приборной базы и информационных технологий на основе отечественного и зарубежного опыта.

Должен уметь:

применять полученные знания основных нелинейных оптических физических процессов для анализа и интерпретации наблюдаемых нелинейных оптических явлений, постановки исследовательских задач, корректно и грамотно применять полученные знания при проведении научных исследований, обоснованно, организованно и профессионально проводить исследовательскую работу в области нелинейной оптики.

Должен владеть:

навыками проведения самостоятельных научных исследований в области нелинейной оптики, навыками самостоятельной работы с информацией с целью сбора, систематизации и обобщения, терминологией, применяемой при описании нелинейных оптических процессов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению и получению новых знаний.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.09.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 65 часа(ов), в том числе лекции - 30 часа(ов), практические занятия - 34 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 43 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение в нелинейную оптику. История развития. Нелинейные оптические восприимчивости. Волны в нелинейных средах. Электрооптические эффекты. Магнитооптические эффекты. Оптическое выпрямление.	8	3	0	4	0	0	0	3
2.	Тема 2. Генерация суммарной частоты. Генерация гармоник. Генерация разностной частоты. Параметрическое усиление и генерация.	8	3	0	4	0	0	0	5
3.	Тема 3. Вынужденное комбинационное рассеяние света. Вынужденное рассеяние света	8	4	0	4	0	0	0	5
4.	Тема 4. Двухфотонное поглощение. Нелинейная оптическая спектроскопия.	8	3	0	4	0	0	0	4
5.	Тема 5. Четырехволновое смещение. Спектроскопия четырехволнового смещения.	8	3	0	4	0	0	0	5
6.	Тема 6. Двухлучепреломление, наведенное сильным полем. Самофокусировка.	8	4	0	4	0	0	0	5
7.	Тема 7. Многофотонная спектроскопия. Детектирование отдельных атомов и молекул.	8	4	0	4	0	0	0	5
8.	Тема 8. Нелинейные волны в оптических волноводах.	8	3	0	4	0	0	0	5
9.	Тема 9. Оптический пробой. Нелинейные оптические эффекты в плазме.	8	3	0	4	0	0	0	4
	Итого		30	0	36	0	0	0	41

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

**Тема 1. Введение в нелинейную оптику. История развития. Нелинейные оптические восприимчивости. Волны в нелинейных средах. Электрооптические эффекты. Магнитооптические эффекты. Оптическое выпрямление.**

Уравнения Максвелла в нелинейной среде. Модель ангармонического осциллятора. Газ свободных электронов. Классификация нелинейно-оптических эффектов. Нелинейные материалы Оптические восприимчивости. Нелинейная поляризация. Волновое уравнение в нелинейной среде. Взаимодействие световых волн. Энергия поля в нелинейной среде. Оптические свойства вещества при наложении внешнего электрического и магнитного поля. Модуляция и демодуляция света. Обратные эффекты Фарадея и Коттона-Мутона.

**Тема 2. Генерация суммарной частоты. Генерация гармоник. Генерация разностной частоты. Параметрическое усиление и генерация.**

Условие фазового синхронизма. Влияние поглощения. Генерация второй гармоники. Генерация третьей гармоники. Оптические гармоники в газах. Получение излучения в ИК-диапазоне. Двухрезонаторный параметрический генератор. Однорезонаторный параметрический генератор. Частотная перестройка параметрических резонаторов. Параметрическая флуоресценция. Параметрический генератор с обратной волной.

**Тема 3. Вынужденное комбинационное рассеяние света. Вынужденное рассеяние света**

Взаимодействие волны накачки со стоксовой волной. Параметрическое взаимодействие оптической волны и волны возбуждения среды. Вынужденное комбинационное рассеяние на молекулярных колебаниях (оптических фононах). Связь стоксовой и антистоксовой компонент. Комбинационное рассеяние высших порядков. Вынужденное комбинационное рассеяние в самофокусирующей среде. Вынужденное комбинационное рассеяние в среде без самофокусировки. Измерение комбинационного усиления. Антистоксовы и высшие компоненты рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние с широкополосным источником накачки. Обращенное комбинационное рассеяние. перестраиваемые источники ИК излучения, основанные на вынужденном комбинационном рассеянии. Перестраиваемый источник УФ диапазона, основанный на антистоксовом вынужденном комбинационном рассеянии. Вынужденное комбинационное рассеяние как метод спектроскопии высокого разрешения. Нестационарное вынужденное комбинационное рассеяние света. Измерение времен релаксации. Вынужденное рассеяние света Мандельштама-Бриллюэна. Вынужденные температурные рассеяния Бриллюэна и Рэлея. Вынужденное рассеяние крыла линии Рэлея. Концентрационное рассеяние. Вынужденное комптоновское рассеяние.

#### **Тема 4. Двухфотонное поглощение. Нелинейная оптическая спектроскопия.**

Двухфотонный переход. Экспериментальное наблюдение двухфотонного поглощения. Спектроскопия двухфотонного поглощения в твердых телах. Спектроскопия двухфотонного поглощения в молекулярных жидкостях и газах. Двухфотонное поглощение для изучения возбужденных электронных состояний атомов. Неоднородное уширение спектральных переходов. Спектроскопия насыщения при возбуждении. Поглощение слабой пробной волны в присутствии мощной волны накачки. Поглощение пробной волны в присутствии встречно распространяющейся волны накачки с той же частотой. Спектроскопия насыщения в многоуровневой системе. Спектроскопия двухфотонного поглощения, свободная от доплеровского уширения. Поляризационная спектроскопия высокого разрешения. Оптические биения.

#### **Тема 5. Четырехволновое смещение. Спектроскопия четырехволнового смещения.**

Процесс с участием четырех взаимодействующих электромагнитных волн. Кубическая нелинейная восприимчивость. Одиарный резонанс. Двойной резонанс. Тройной резонанс. Три поля накачки, генерация новых мод на выходе. Совпадение моды поля на выходе и одного из полей на входе. Параметрическое усиление и генерация с обратной волной. Вырожденное четырехволновое смещение. Обращение волнового фронта при четырехволновом смещении. Генерация перестраиваемого ИК и УФ излучения. Нестационарное четырехволновое смещение. Четырехволновое смещение как метод спектроскопии. Когерентное антистоксово комбинационное рассеяние света. Поляризационная спектроскопия когерентного антистоксова комбинационного рассеяния света. Когерентное стоксово рассеяние света. Спектроскопия на эффекте Керра, индуцированном комбинационным резонансом. Четырехволновое смещение при наличии множественных резонансов. Когерентная спектроскопия низкочастотных резонансов, активная спектроскопия рассеяния. Нестационарная спектроскопия четырехволнового смещения.

#### **Тема 6. Двухлучепреломление, наведенное сильным полем. Самофокусировка.**

Показатели преломления, наведенные сильным оптическим полем. Электронный вклад. Комбинационный (двухфотонный вклад). Электрострикция. Переориентация и перераспределение молекул. Вращение эллипса поляризации. Нестационарные эффекты. Области применения изменения показателя преломления. Физическое описание явления самофокусировки. Квазистационарная самофокусировка. Самофокусировка в предфокальной области. Нити и движущиеся фокусы. Нестационарная самофокусировка. Самофокусировка в твердом теле. Фазовая самомодуляция. Самообострение импульса. Самодефокусировка.

#### **Тема 7. Многофотонная спектроскопия. Детектирование отдельных атомов и молекул.**

Многофотонные переходы. Вероятность фотонного перехода. Реализация многофотонной спектроскопии. Флуоресцентная спектроскопия многофотонного возбуждения. Многофотонная ионизационная спектроскопия. Ридберговские атомы. Автоионизационная спектроскопия. Селективное детектирование. Лазерная маркировка атомов. Детектирование атомов с помощью лазера. Экспериментальная реализация. Лазерно-индуцированная флуоресценция. Фотоионизация.

#### **Тема 8. Нелинейные волны в оптических волноводах.**

Оптические волноводы. Геометрические характеристики волокна. Оптические характеристики волокна. Механические характеристики волокна. Типы оптических волокон (одномодовое, многомодовое, ступенчатое одномодовое, многомодовое градиентное). Технология создания оптических волокон. Нелинейные процессы в оптических волноводах. Фазовая самомодуляция и дисперсия групповых скоростей. Предельно короткие и сверхкороткие оптические импульсы, их распространение по световодам. Сжатие оптических импульсов. Оптические системы связи.

#### **Тема 9. Оптический пробой. Нелинейные оптические эффекты в плазме.**

Оптический пробой. Лазерная ионизация. Образование плазмы при оптическом пробое. Оптический пробой в газах. Оптический пробой в твердых телах. Плазма, ее основные свойства. Элементарные процессы в плазме. Процессы релаксации, переноса в плазме. Колебания и волны в плазме, неустойчивость плазмы. Взаимодействие лазерного излучения с плазмой. Генерация гармоник в плазме. Вынужденное комбинационное рассеяние в плазме. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна в плазме. Параметрические процессы в плазме. Самофокусировка в плазме.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

"Национальная электронная библиотека (НЭБ)" - <https://rusneb.ru/>

ЭБС "Университетская библиотека online" - <http://biblioclub.ru/>

ЭБС Знаниум - <https://znanium.com/>

ЭБС Консультант студента - <https://www.studentlibrary.ru/>

ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	На лекционных занятиях студенты должны пытаться активно участвовать в проведении занятия: критически мыслить, сравнивать известное с вновь получаемыми знаниями, пытаться понять логику изложения материала. Необходимо задавать лектору вопросы во время проведения лекции, если это поможет в понимании и усвоении материал.
практические занятия	При проведении практических занятий необходимо четко выполнять поставленные преподавателем задачи. При этом необходимо проявлять самостоятельность при получении промежуточных результатов. При необходимости необходимо обратиться к преподавателю за пояснениями по возникающим вопросам. При ответе студент должен четко выразить свое мнение, ответить на дополнительные вопросы.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. В рамках изучаемой дисциплины используются задания, предполагающие более углублённое изучение вопросов, рассмотренных на лекциях, или изучение дополнительных вопросов, не рассматриваемых на лекциях, но имеющих непосредственное отношение к изучаемым темам. Выполнение каждого задания может включать в себя следующие виды самостоятельной работы: - работа с различными источниками информации: изучение основной и дополнительной литературы, работа со словарями и справочниками, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета; - решение задач, требующих проведения численных расчётов или поиска необходимой информации в различных источниках.
зачет	При подготовке к зачету необходимо запоминать определённый объем информации. Студент должен понимать, что программа составляется по определенным правилам: имеет свою логику изложения основного учебного материала, обладает структурой, в которой каждый элемент занимает определенное место. К зачету необходимо начинать готовиться с первой лекции, семинара по данному курсу.

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

### 12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика квантовых систем и квантовые технологии".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

#### Основная литература:

1. Дроздов, А. А. Основы нелинейной оптики : учебное пособие / А. А. Дроздов, С. А. Козлов. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2021. - 69 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/283604> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Беспрозванных, В. Г. Нелинейная оптика : учебное пособие / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. - Пермь : ПНИПУ, 2011. - 200 с. - ISBN 978-5-398-00574-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160303> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Портнов, О. Г. Технология объемных монокристаллов полупроводников и диэлектриков : выращивание технологичных монокристаллов иодата лития для устройств нелинейной оптики : учебное пособие / О. Г. Портнов ; под редакцией В. В. Антипова. - Москва : МИСИС, 2014. - 143 с. - ISBN 978-5-87623-799-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/117219> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Старовойтов, А. А. Лабораторный практикум по основам нелинейной оптики : учебное пособие / А. А. Старовойтов. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2019. - 74 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/136399> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Червяков, Г. Г. Нелинейные процессы СВЧ-электроники и когерентной оптики : учебное пособие / Г. Г. Червяков ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 298 с. - ISBN 978-5-9275-2548-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1021589> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: по подписке.

#### Дополнительная литература:

1. Беспрозванных, В. Г. Нелинейная оптика : учебное пособие / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. - Пермь : ПНИПУ, 2011. - 200 с. - ISBN 978-5-398-00574-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160303> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Делоне, Н. Б. Нелинейная оптика / Н. Б. Делоне. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 64 с. - ISBN 5-9221-0428-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2134> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Дмитриев, В. Г. Прикладная нелинейная оптика / В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 512 с. - ISBN 5-9221-0453-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2728> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Беспрозванных, В. Г. Нелинейные эффекты в волоконной оптике : учебное пособие / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. - Пермь : ПНИПУ, 2011. - 228 с. - ISBN 978-5-398-00745-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160304> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Акципетров, О. А. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур : монография / О. А. Акципетров, И. М. Баранова, К. Н. Евтюхов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 544 с. - ISBN 978-5-9221-1402-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5255> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Манцызов, Б. И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов / Б. И. Манцызов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 208 с. - ISBN 978-5-9221-1201-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59587> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Желтиков, А. М. Сверхкороткие импульсы и методы нелинейной оптики : учебное пособие / А. М. Желтиков. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 296 с. - ISBN 5-9221-0693-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59427> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Дмитриев, В. Г. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта : монография / В. Г. Дмитриев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 256 с. - ISBN 5-9221-0080-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2138> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей : сборник научных трудов / под редакцией С. А. Козлова, И. П. Гурова. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2008. - 69 с. - ISBN 978-6-7577-0320-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/43646> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
10. 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. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/43669> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Портнов, О. Г. Технология объемных монокристаллов полупроводников и диэлектриков : выращивание технологичных монокристаллов иодата лития для устройств нелинейной оптики : учебное пособие / О. Г. Портнов ; под редакцией В. В. Антипова. - Москва : МИСИС, 2014. - 143 с. - ISBN 978-5-87623-799-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/117219> (дата обращения: 06.09.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.