

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Тагировский Да



20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Основы лазерной техники Б3.ДВ.4

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические измерения

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Семашко В.В.

**Рецензент(ы):**

Низамутдинов А.С.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный № 619718

Казань

2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) ведущий научный сотрудник, д.н. (доцент) Семашко В.В. НИЛ магнитной радиоспектроскопии и квантовой электроники им. С.А. Альтшулера Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии , Vadim.Semashko@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями учебной практики являются:

- а) практическое (экспериментальное) изучение физических явлений, эффектов и принципов, лежащих в основе нелинейной оптики и физики твердотельных лазеров;
- б) изучение современных экспериментальных методик, умение работать на научных приборах, оценивать достоверность результатов экспериментов;
- в) закрепление и углубление теоретической подготовки в рамках курсов "Квантовая радиофизика", "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах" и "Специальные вопросы квантовой электроники";
- г) приобретение практических навыков работы и компетенций в сфере квантовой электроники.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.4 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Практикум выполняется в рамках цикла Б3 и курсов "Квантовая радиофизика", "Спектроскопия лазерных кристаллов", "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах" и "Специальные вопросы квантовой электроники" и призвана обеспечить закрепление и углубление теоретической подготовки, а также привить практические навыки работы и компетенции в области квантовой радиофизики, квантовой электроники, метрологии лазерного и оптического излучения, физики твердотельных лазеров и вопросов применения лазерной техники в различных областях человеческой деятельности.

Требования к входным знаниям - обучаемый должен обладать:

- способностью к грамотной письменной и устной коммуникации на русском языке (ОК-1);
- способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования (ОК-2);
- способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОК-8);
- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-10);
- способностью к правильному использованию общенациональной и специальной терминологии (ОК-12);
- способностью к овладению иностранным языком в объеме, достаточном для чтения и понимания оригинальной литературы по специальности (ОК-13);
- способностью к овладению базовыми знаниями в области информатики и современных информационных технологий, программными средствами и навыками работы в компьютерных сетях; использованию баз данных и ресурсов Интернет (ОК-14)

В частности, обучаемый должен иметь знания в объеме общей физики, высшей математики, теоретической и атомной физики.

Практикум завершает образование по специальности бакалавриата и предшествует курсам магистратур "Физика конденсированного состояния", "Физика магнитных явлений" и планируемой к открытию "Квантовая радиофизика".

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОК-8);
пк-1	использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
пк-2	применять на практике базовые профессиональные навыки
пк-3	понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
пк-6	способностью к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники (ПК-6);

В результате освоения дисциплины студент:

**1. должен знать:**

Физические принципы функционирования устройств нелинейно оптики, практические способы реализации твердотельных квантовых генераторов и квантовых оптических усилителей

Основные схемы построения экспериментальных установок для исследования характеристик квантово-электронных устройств;

Основы обработки результатов измерений в области квантовой электроники и фотоники

**2. должен уметь:**

использовать современную физическую аппаратуру и оборудование;

применять на практике базовые знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки);

пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки);

анализировать и объяснять получаемые результаты экспериментов лабораторного практикума;

понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований;

составлять отчеты об экспериментальных исследованиях.

**3. должен владеть:**

основными методиками и навыками экспериментального исследования физических явлений нелинейной оптики и твердотельной квантовой электроники.

**4. должен демонстрировать способность и готовность:**

1. к постановке цели и выбору путей ее достижения, настойчивость в достижении цели (ОК-3);

2. к критическому переосмыслению накопленного опыта, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности (ОК-4);

3. работать самостоятельно и в коллективе, руководить людьми и подчиняться (ОК-6);

4. самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-10);
5. собирать, обобщать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий информацию, необходимую для формирования суждений по соответствующим специальным, научным, социальным и этическим проблемам (ОК-11);
6. использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач (ПК-1);
7. применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2);
8. понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-3);
9. использовать основные методы радиофизических измерений (ПК-4);
10. к владению компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиофизики (в соответствии с профилизацией) (ПК-5);
11. к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники (ПК-6);
12. к проведению занятий в учебных лабораториях вузов (ПК-9);
13. к организации работы молодежных коллективов исполнителей (ПК-11)

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### **4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

##### **Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Выполняются следующие лабораторные работы в произвольной последовательности: 1) Генерация гармоник лазерного излучения 2) Вынужденное комбинационное рассеяние 3) Параметрические генераторы оптического излучения	8	1-12	18	0	28	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. 4) 2. Твердотельные оптические усилители	8	13-18	18	0	8	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	36	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Выполняются следующие лабораторные работы в произвольной последовательности: 1) Генерация гармоник лазерного излучения 2) Вынужденное комбинационное рассеяние 3) Параметрические генераторы оптического излучения**  
**лекционное занятие (18 часа(ов)):**

Лекция 1. Основные понятия и определения, относящиеся к квантовой электроники и физике лазеров. Полуфеноменологическая теория Эйнштейна. История развития физики 20 века, предваряющая создание лазеров. Лекция 2. Вероятностный метод описания процессов в КМС. Оптический спектр. Лекция 3. Вероятностный метод описания многоуровневых КМС в стационарном режиме - Лекция 4. Вероятностный метод описания многоуровневых КМС  
Лекция 5. Эффекты в активных средах в отсутствии резонатора, квантовые усилители и однопроходные лазеры Тема 2. Стационарная лазерная генерация Лекция 6. Колебательные системы оптического диапазона. Лекция 7-8. Стационарная лазерная генерация. Лекция 9-10. Трехуровневая схема лазерного генератора . Лекция 11-12. Четырехуровневая схема лазерного генератора

**лабораторная работа (28 часа(ов)):**

Изучается теория нелинейно-оптических эффектов (генерации гармоник, вынужденного комбинационного рассеяния и параметрической генерации света) и проводятся лабораторные работы по их наблюдению и исследованию их характеристик. Подробное описание лабораторных работ изложено в соответствующих методических указаниях

**Тема 2. 4) Твердотельные оптические усилители**

**лекционное занятие (18 часа(ов)):**

Тема 3. Нестационарный режим лазерной генерации Лекция 13-14. Нестационарный режим лазерной генерации Лекция 14-15. Режим генерации гигантского импульса Тема 4. Основные типы лазеров Лекция 16-18. Основные типы лазеров . Твердотельные лазеры. Требования, предъявляемые к активным средам твердотельных лазеров. Современные проблемы твердотельных лазеров. Практически значимая активная среда. Рубиновый и неодимовый лазеры. Лазерное стекло и его свойства. Газовые лазеры. Лазеры на нейтральных атомах. Гелий?неоновый лазер. Лазер на парах меди. Ионные лазеры. Аргоновый лазер. Двухступенчатое возбуждение. Катафорез. Гелий?кадмийовый лазер. Пенningовский механизм ионизации и возбуждения. Эффект катафореза.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Изучается теория усиления непрерывного и импульсного оптического излучения. Осуществляются экспериментальные исследования характеристик оптического усиления света. Подробное описание упражнений, составляющих суть лабораторной работы, приведено в методических указаниях

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Выполняются следующие лабораторные работы в произвольной последовательности: 1) Генерация гармоник лазерного излучения 2) Вынужденное комбинационное рассеяние 3) Параметрические генераторы оптического излучения	8	1-12	Как правило, выполнение работ осуществляется в три этапа коллективом, состоящим из двух-трех студент	42	Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов
2.	Тема 2. 4) 2. Твердотельные оптические усилители	8	13-18	Как правило, выполнение работ осуществляется в три этапа коллективом, состоящим из двух-трех студент	30	Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов
	Итого				72	

#### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Самостоятельная работа студентов в современных физических лабораториях (включая работу в группах). Разбор результатов реальных экспериментов. Использование в профессиональной деятельности современных IT-технологий, включая компьютерные симуляции, интернет ресурсы. 100% аудиторных занятий проводятся в активно-интерактивной форме.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Выполняются следующие лабораторные работы в произвольной последовательности: 1) Генерация гармоник лазерного излучения 2) Вынужденное комбинационное рассеяние 3) Параметрические генераторы оптического излучения**

Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов , примерные вопросы:

Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов , примерные вопросы: Для получения допуска студент должен продемонстрировать знания техники безопасности при проведении экспериментов, принципов функционирования и конкретных приемов работы на предполагаемом к использованию экспериментальном оборудовании, применяемых экспериментальных методик. Защита результатов НИР по лабораторной работе заключается в демонстрации студентом знаний теории по предмету лабораторной работы, а также правильной и обоснованной интерпретации полученных экспериментальных результатов.

### **Тема 2. 4) Твердотельные оптические усилители**

Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов , примерные вопросы:

Допуск к проведению экспериментальной части лабораторной работы; Защита результатов , примерные вопросы: Для получения допуска студент должен продемонстрировать знания техники безопасности при проведении экспериментов, принципов функционирования и конкретных приемов работы на предполагаемом к использованию экспериментальном оборудовании, применяемых экспериментальных методик. Защита результатов НИР по лабораторной работе заключается в демонстрации студентом знаний теории по предмету лабораторной работы, а также правильной и обоснованной интерпретации полученных экспериментальных результатов.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Самостоятельная работа студентов позволяет развить следующие компетенции:

при подготовке к получению допуска на выполнение лабораторных работ - ПК-1, ПК-2, ПК-3

при выполнении упражнений лабораторных работ - ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6

при подготовке к защите результатов лабораторной работы - ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ОК-8

при устных ответах на вопросы - ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ОК-8

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем получения студентами допуска к выполнению экспериментальной части каждой из работ практикума. Для получения допуска студент должен продемонстрировать знания техники безопасности при проведении экспериментов, принципов функционирования и конкретных приемов работы на предполагаемом к использованию экспериментальном оборудовании, применяемых экспериментальных методик. Максимальное число набираемых баллов для каждой из работ на этом этапе составляет до 20 баллов. Остальные 80 баллов за каждую из работ наблюдаются по результатам проведения запланированных экспериментов (до 40 баллов) и по результатам усвоения теоретического материала (до 40 баллов). Окончательные результаты студента по данному специальному практикуму определяются путем суммирования заработанных баллов по каждой из работ и деления их на 8 для студентов кафедры квантовой электроники и радиоспектроскопии и на 4 для студентов других кафедр.

Зачет по данному предмету считается сданным в случае выполнения всех запланированных лабораторных работ.

Список вопросов к лабораторным работам (к зачету):

а) Лабораторные работы "Генерация гармоник лазерного излучения" и "Параметрические генераторы":

1. Нелинейная поляризация света. Основные соотношения.
2. Что такое условие фазового синхронизма в двулучепреломляющих кристаллах?
3. Зависимость интенсивности второй гармоники от интенсивности основной частоты генерации лазера?
4. Причины, ограничивающие коэффициент преобразования лазерного излучения во его вторую гармонику?
5. Сходства и различия параметрического усиления электрических колебаний и оптического параметрического усиления.
6. Принцип работы двухчастотного параметрического усилителя электрических колебаний.
7. Принцип работы параметрического генератора света.
8. Реализация параметрической генерации света. Первые эксперименты и современное состояние.
9. Перестройка частоты при параметрической генерации.
10. Принцип работы используемого в лабораторной работе лазера YAG:Nd.
11. Особенности работы используемой в лабораторной работе параметрической приставки-преобразователя.

б) Лабораторная работа "Твердотельные оптические усилители"

1. Квантовый генератор и квантовый усилитель, их назначения и различия.
2. Полоса пропускания усилителя бегущей волны.
3. Максимальная выходная мощность при усилении непрерывных сигналов.
4. Максимум выходной плотности энергии при импульсном режиме усиления.
5. Форма и длительность импульсов при усилении.
6. Основные свойства лазерного излучения
7. Пространственная и временная когерентность. Длина когерентности.
8. Измерение когерентности световой волны.
9. Направленность лазерного излучения. Свойства пучка с гауссовым профилем.
10. Яркость лазерного излучения.

в) Лабораторная работа "Вынужденное комбинационное рассеяние"

1. Классическая и квантовая интерпретация комбинационного рассеяния света
2. Стоксовы и антистоксовы компоненты
3. Вынужденное комбинационное рассеяние света (ВКР). Порог ВКР
4. Коэффициенты преобразования излучения в компоненты ВКР. Методы увеличения коэффициента преобразования.
5. Особенности ВКР в газах. Колебательные и вращательные компоненты.
6. Методы наблюдения ВКР
7. ВКР лазеры и приставки

## 7.1. Основная литература:

1. Ландсберг Г.С. Оптика / "Физматлит", 2010, 848 стр. <http://e.lanbook.com/view/book/2238/>
2. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. / "Физматлит", 2004, 320 стр. <http://e.lanbook.com/view/book/2674/>
3. Демтрёдер В., Современная лазерная спектроскопия (уч.пособие)/В.Демтрёдер,( пер. с англ.) - Долгопрудный: Интеллект,2014. - 1071с.

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. Н.В.Карлов, Лекции по квантовой электронике. М.: "Наука", 1988.
2. Принципы лазеров = Principles of lasers : перевод с английского / О. Звелто ; Пер. Д. Н. Козлова, С. Б. Созинова, К. Г. Адамович; Под ред. Т. А. Шмаонова ., Издание 4-е ., Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008 , 720 с. : ил. ; 24 см

## **7.3. Интернет-ресурсы:**

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии -  
<http://www.umup.narod.ru/cat20.html>

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии -  
[http://www.ph4s.ru/book\\_ph\\_spektroskop.html](http://www.ph4s.ru/book_ph_spektroskop.html)

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - <http://www.natahaus.ru/>

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - <http://www.knigafund.ru/>

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии -  
<http://lib.myilibrary.com/Home.aspx>

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии -  
[http://portal.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8224](http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=8224)

электронная библиотечная система - <http://znanium.com>

электронная библиотечная система Издательства "Лань" - <http://e.lanbook.com>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Основы лазерной техники" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Комплект лабораторного оборудования, созданный на кафедре квантовой электроники и радиоспектроскопии Института физики Казанского (Приволжского) Федерального университета

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Радиофизические измерения .

Автор(ы):

Семашко В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Низамутдинов А.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201\_\_ г.