

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. Минзарипов Р.Г.

"\_\_\_" 20\_\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Специальные вопросы квантовой электроники М2.ДВ.3

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая радиофизика

Квалификация выпускника: магистр

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 №

Казань

2014

## **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**

Курс предполагает изложение принципов работы приборов квантовой электроники и нелинейной оптики. Во-первых, рассматриваются физические представления о квантовых и нелинейных эффектах, лежащих в основе приборов. Далее обсуждаются примеры реализации приборов, рассматриваются различные схемы лазерных систем. В-третьих, обсуждаются вопросы применений различных приборов. Рассматриваются перспективы развития квантовой электроники и ее роль в техническом прогрессе

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.В.2 Профессиональный" и относится к вариативной части. Осваивается на 1 курсе ( 1 семестр).

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, а также специальных курсов, преподаваемых в рамках бакалавриата по специальностям "радиофизика" или "физика". Крайне желательно, чтобы обучаемый имел знания в рамках курсов "Спектроскопия лазерных кристаллов", "Физический эксперимент" и "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах", а также обладал практическими навыками, приобретенными при прохождении специальных физических практикумов в рамках курса "Квантовая радиофизика".

Курс "Специальные вопросы квантовой электроники" является составной частью курсов лекций по магистратуре "Квантовая радиофизика".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
пк-10	способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
пк-3	способностью 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

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы нелинейной оптики, физику работы перестраиваемых лазеров и лазеров с синхронизацией мод

теоретические знания об основных принципах построения лазерных систем с нелинейно-оптическими элементами, перестраиваемых лазеров и лазеров с синхронизацией мод

2. должен уметь:

объяснить теоретические основы нелинейной оптики, физику работы перестраиваемых лазеров и лазеров с синхронизацией мод

разбираться в основных принципах построения лазерных систем с нелинейно-оптическими элементами, перестраиваемых лазеров и лазеров с синхронизацией мод

3. должен владеть:

навыками в проектировании нелинейно-оптических устройств для генерации гармоник лазерного излучения, параметрических генераторов света, перестраиваемых лазеров на красителях, центрах окраски и кристаллах, активированных ионами переходных металлов, оптоэлектронных лазерных затворов.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применить свои знания на практике

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 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. 1) Нелинейная оптика (генерация гармоник, ВКР, ВРМБ) 2) Параметрическая генерация света 3) Перестраиваемые лазеры. 4) Генерация ультракоротких импульсов.	3	1-18	14	14	0	
	Итого			14	14	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. 1) Нелинейная оптика (генерация гармоник, ВКР, ВРМБ) 2) Параметрическая генерация света 3) Перестраиваемые лазеры. 4) Генерация ультракоротких импульсов.**  
**лекционное занятие (14 часа(ов)):**

Тема 1. Нелинейная оптика. Нелинейная поляризация диэлектрика. Методы измерения и теоретической оценки тензора квадратичной восприимчивости. Нелинейно-оптические явления. Генерация второй гармоники. Вынужденное комбинационное рассеяние. Рассеяние Мандельштама-Брэдлюэна. Применения техники ВКР и ВРМБ. Тема 2. Параметрическая генерация света. Параметрические процессы в радиотехнике и оптике. Параметрическая люминесценция, усиление, генерация. Оптические схемы параметрической генерации света (ПГС). 3) Перестраиваемые лазеры. Физические основы и методы внутрирезонаторной селекции спектра излучения перестраиваемых лазеров. 4) Генерация ультракоротких импульсов. Основные методы измерений характеристик быстропротекающих процессов. Экспериментальные установки и результаты.

**практическое занятие (14 часа(ов)):**

Практические занятия органически входят в лекционный курс в виде демонстрационных опытов на реальных устройствах квантовой электроники и предполагают участие студентов в практическом наблюдении и характеризации изучаемых физических явлений

#### 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. 1) Нелинейная оптика (генерация гармоник, ВКР, ВРМБ) 2) Параметрическая генерация света 3) Перестраиваемые лазеры. 4) Генерация ультракоротких импульсов.	3	1-18	подготовка презентаций	22	презентации
				подготовка рефератов	22	рефераты
	Итого					44

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

Реализуется модульно-рейтинговая система. Для этого учебный материал разделяется на логически завершенные части (модули), после изучения которых предусматривается аттестация в виде кратких опросов студентов.

Учебный материал излагается студентам в виде лекций с использованием мультимедийного комплекса, причем в начале изложения новых тем в интерактивной форме в виде беседы и/или краткого опроса обучающихся выявляется уровень их базовой подготовки и имеющиеся в ней пробелы. С учетом последних корректируется и формируется стратегия дальнейших лекционных занятий. В процессе обучения практикуются демонстрационные опыты на научном и учебно-научном оборудовании кафедры и лаборатории НИЛ МРС и КЭ.

Также реализуются проектные методы обучения, предполагающие самостоятельное изучение студентами определенного раздела дисциплины и представления полученных результатов в виде публичной презентации и реферата. Причем, с целью вовлечения в процесс изучения данной темы максимального числа студентов, активизации их творческой работы (самостоятельного осуществления целеполагания, сбора необходимой информации, ее анализа с разных точек зрения, формирования выводов и заключения, самоконтроля процесса получения знаний и его результатов), используются методы групповой и взаимооценки: рецензирование студентами работ друг друга и оппонирование ими проектов.

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

**Тема 1. 1) Нелинейная оптика (генерация гармоник, ВКР, ВРМБ) 2) Параметрическая генерация света 3) Перестраиваемые лазеры. 4) Генерация ультракоротких импульсов.**  
презентации, примерные вопросы:

Презентация предполагает изложение студентом материала по заданной теме. В качестве тем презентаций предлагаются: 1) Нелинейная поляризация диэлектрика и нелинейно-оптические явления; 2) Внутрирезонаторная генерация второй гармоники и лазеры с ВРГВ; 3)

Вынужденное комбинационное рассеяние и его практическое использование; 4) Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна и обращение волнового фронта; 5) Параметрическая люминесценция и генерация света; 6) Перестраиваемые лазеры; 7) Применение перестраиваемых лазеров; 8) Генерация ультракоротких импульсов.; 9) Применения техники ультракоротких импульсов. (Микроскопия, фемтохимия, прецизионная обработка материалов, оптическая томография, хирургия).

рефераты, примерные темы:

Подготовка рефератов предполагает письменное изложение материалов презентаций. Темы рефератов совпадают с темами презентаций.

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету или экзамену

1. Нелинейная поляризация диэлектрика.
2. Нелинейно-оптические явления.
3. Фазовый синхронизм.
4. Генерация второй гармоники.
5. Скалярный ООС-синхронизм.
6. Оптическая схема внерезонаторной генерации второй гармоники. Классические схемы.
7. Внутрирезонаторная генерация второй гармоники (ВРГВ).
8. Оптические схемы твердотельных лазеров с ВРГВ.
9. Параметрическая генерация света. Трехчастотное параметрическое взаимодействие световых волн в нелинейной оптике.
10. Оптические схемы параметрической генерации света (ПГС).

11. Лазеры на красителях. Активные среды. Способы накачки и энергетические характеристики.
12. Физические основы вибронных лазеров.
13. Перестраиваемые твердотельные лазеры на кристаллах, активированных ионами переходных металлов.
14. Генерация ультракоротких импульсов. Сложение волн. Основные методы измерений характеристик быстропротекающих процессов.
15. Активная синхронизация мод. Экспериментальные установки и результаты.
16. Пассивная синхронизация мод.
17. Эффект самофокусировки.
18. Физические принципы получения импульсов фемтосекундной длительности.
19. Чирпированные импульсы. Организация отрицательной дисперсии.

## **7.1. Основная литература:**

1. Ландсберг Г.С. Оптика / "Физматлит", 2010, 848 стр.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2238](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2238)
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.
3. Павлов, В.В. Оптический параметрический генератор / Павлов В.В., Семашко В.В. - Метод.пособие., Институт Физики КФУ, Казань, 2014., 68 стр.  
(<http://kpfu.ru/portal/docs/F1427113584/Parametricheskie.generatory.sveta.pdf>)
4. Инжекционные лазеры: лабораторные работы /сост. А. С. Низамутдинов, В. В. Семашко, А. Н. Юнусова. - Метод.пособие., Казань: Казан. ун-т, 2011. - 44 с.
5. Гордеев Е.Ю., Никитин С.И., Родионова М.П., Семашко В.В., Силкин Н.И., Юсупов Р.В. Оптические квантовые генераторы на кристалле рубина и на газовой смеси гелия и неона: Лабораторный практикум по курсу "Квантовая радиофизика". - Метод.пособие., Казань: Казан. ун-т, 2011. - 64 с.
6. Современные полупроводниковые инжекционные лазеры / Марисов М.А., Низамутдинов А.С., Семашко В.В., Метод.пособие, - Институт Физики КФУ, Казань, 2014., 68 стр.  
([http://kpfu.ru/portal/docs/F1623905460/Poluprovodnikovyi\\_lazer\\_2014.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1623905460/Poluprovodnikovyi_lazer_2014.pdf))

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. 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.
2. Введение в физику лазеров : перевод с польского / Ф. Качмарек ; Пер. В. Д. Новикова; Под ред. и с предисл. М. Ф. Бухенского .? Москва : Мир, 1981 .? 540 с. : ил.
3. Лекции по квантовой электронике / Н.В. Карлов .? М. : Наука, 1983 .? 319с
4. Лекции по квантовой электронике : учебное руководство / Н. В. Карлов .? Издание 2-е, исправленное и дополненное .? Москва : Наука, 1988 .? 336 с. : ил. ; 22 см. ? ISBN 5-02-013855Х
5. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения : лазеры, резонаторы, динамика процессов / Л. В. Тарасов .? Москва : Радио и связь, 1981 .? 440 с. : ил.
6. А.К. Пржевуский, Н.В. Никоноров. "Конденсированные лазерные среды".
7. Учебное пособие, курс лекций. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009 г. - 147 стр.
8. В.И.Дудкин,Л.Н.Пахомов. Квантовая электроника. Приборы и их применение.// М.:Техносфера, 2006. - 433 с.
9. Ю.Айхлер, Г.-И.Айхлер. Лазеры. Исполнение, управление, применение // М.:Техносфера. 2008. -440 с.

10. Прикладная нелинейная оптика / В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов .? Изд. 2-е, перераб. и доп. ? М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004 .? 512 с. : ил. ; 22 .? пред.изд.1982г. ? Библиогр.: с. 477-512 .? ISBN 5-9221-0453-5.
11. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. / "Физматлит", 2004, 320 стр. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2674](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2674)
12. И.М.Нагибина, В.А.Москалев, Н.А.Полушкина, В.Л.Рудин. Прикладная физическая оптика.// М.: Высш.шк., 2002, 565 с.: ил.
13. Басиев Т.Т. Новые кристаллы для лазеров на вынужденном комбинационном рассеянии. // Физика твердого тела, 2005, том 47, вып. 8, с.1354-13581. Ахманов С.А., Хохлов. Р.В. Проблемы нелинейной оптики. М.: ВИНИТИ, 1964.
14. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: Наука, 1989.

### **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://portal.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8224](http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=8224)

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

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

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

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

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

Освоение дисциплины "Специальные вопросы квантовой электроники" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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.

Используется оснащение учебных аудиторий кафелры квантовой электроники и радиоспектроскопии

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Квантовая радиофизика .

Автор(ы):

Семашко В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Низамутдинов А.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201\_\_ г.