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
проф. Таюрский Д.А.
"___"_____20___ г.

# Программа дисциплины

Лазерные материалы

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Физика магнитных явлений
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**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



ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) ведущий научный сотрудник, к.н. (доцент) Юсупов Р.В. (Центр квантовых технологий, КФУ), Roman.Yusupov@kpfu.ru

## 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 |
|---|---|
| ОПК-3 | Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач |
| ПК-2 | Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта |

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основы физики различных типов конденсированных активных лазерных сред: кристаллов и стекол, активированных редкоземельными ионами, кристаллов активированных ионами группы железа, кристаллов с центрами окраски;
- физику и свойства нелинейно-оптических и электрооптических кристаллов;
- основные принципы подбора активной лазерной среды для лазеров, работающих при непрерывной и импульсной накачке, в непрерывном режиме, режимах свободной генерации, модуляции добротности и синхронизации мод;
- основные подходы для целенаправленного поиска новых лазерных сред.

Должен уметь:

- применять полученные знания для работы с различными типами лазеров и лазерных систем;
- использовать методы физических исследований материалов квантовой электроники;
- использовать полученные знания для разработки лазерных систем различного назначения, учитывая свойства активных лазерных сред, нелинейных и электрооптических кристаллов.

Должен владеть:

- навыками работы с лабораторными макетами различных лазеров, модуляторов и дефлекторов, а также контрольно-измерительной аппаратурой;
- навыками расчета простейших лазерных систем;
- навыками проведения физического эксперимента.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания для работы с различными типами лазеров и лазерных систем;
- пользоваться основными измерительными приборами, используемыми в квантовой электронике, измерять основные параметры лазерного излучения, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по квантовой электронике;
- использовать методы физических исследований материалов квантовой электроники.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Физика магнитных явлений)" и относится к дисциплинам по выбору.
Осваивается на 2 курсе в 3 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 - 42 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 66 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 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 | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. Физико-химические параметры лазерных материалов | 3 | 4 | 0 | 0 | 10 |
| 2. | Тема 2. Лазерные кристаллы и стекла, активированные редкоземельными ионами | 3 | 4 | 2 | 0 | 10 |
| 3. | Тема 3. Процессы трансформации энергии возбуждения в активированных материалах | 3 | 4 | 2 | 0 | 8 |
| 4. | Тема 4. Кристаллы для перестраиваемых лазеров, активированные ионами группы железа | 3 | 4 | 4 | 0 | 10 |
| 5. | Тема 5. Кристаллы с центрами окраски | 3 | 4 | 2 | 0 | 8 |
| 6. | Тема 6. Активные среды для лазеров с полупроводниковой накачкой | 3 | 4 | 2 | 0 | 10 |
| 7. | Тема 7. Нелинейно-оптические и электрооптический кристаллы | 3 | 4 | 2 | 0 | 10 |
| | Итого | | 28 | 14 | 0 | 66 |

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Физико-химические параметры лазерных материалов**

Механические характеристики (твердость, качество полировки торцов). Оптические характеристики (пропускание на рабочей длине волны лазера, оптическая однородность). Теплофизические характеристики (предельная энергия накачки, термическая линза). Радиационная устойчивость. Сравнительный анализ разных кристаллических сред.

**Тема 2. Лазерные кристаллы и стекла, активированные редкоземельными ионами**

Кристаллы и стекла, активированные ионами трехвалентного неодима. Активные среды на основе примесных ионов трехвалентного эрбия. Кристаллы и стекла, активированные иттербием. Среды для генерации в ультрафиолетовом диапазоне на межконфигурационных переходах; примесные ионы трехвалентного церия и их схема энергетических уровней.

**Тема 3. Процессы трансформации энергии возбуждения в активированных материалах**

Внутрицентровые безызлучательные переходы. Безызлучательная передача энергии электронных возбуждений между оптическими центрами и её проявления. Тушение и сенсибилизация люминесценции. Кросс-релаксация, ап-конверсия. Миграция возбуждений. Микроскопическая модель передачи энергии. Экспериментальные и теоретические методы исследования миграции. Примеры многоуровневых функциональных схем лазеров на полиактивированных материалах.


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

**Тема 4. Кристаллы для перестраиваемых лазеров, активированные ионами группы железа**

Введение в физику вибронных лазеров. Уровни энергии ионов группы железа в кубическом кристаллическом поле (диаграмма Сугано-Танабе, сильное и слабое кристаллические поля). Конфигурационная диаграмма и сечение усиления для электронно-колебательных переходов. Поглощение из возбужденного состояния (примеры).

**Тема 5. Кристаллы с центрами окраски**

Физика материалов с лазерно-активными центрами окраски. Методы создания центров окраски в диэлектрических кристаллах и их стабилизации. Взаимосвязь эффективности образования центров окраски и качества кристаллов. Схема энергетических уровней F-центра. Различные виды центров окраски (F-центр, FA-центр, F2-центр, F3-центр, Tl0-центр).

**Тема 6. Активные среды для лазеров с полупроводниковой накачкой**

Основные тенденции развития твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой. Одночастотные чип-лазеры (линейные и кольцевые чип-лазеры), лазеры на микросферах. Слэб-лазеры, дисковые лазеры. Мощные твердотельные лазеры, волоконные лазеры. Важные аспекты формирования активированного оптоволокна.

**Тема 7. Нелинейно-оптические и электрооптический кристаллы**

Линейный электрооптический эффект и характеристики электрооптического качества кристаллов. Поляризационно-оптические затворы и модуляторы света.

Распространение света в нелинейных оптических средах. Реализация условий фазового синхронизма. Эффективные коэффициенты нелинейности. Расчет преобразователя частоты.

## 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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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)

American Physical Society (APS) - http://libress.kpfu.ru/proxy/http://pubs.acs.org

Elsevier (Science Direct) - http://libress.kpfu.ru/proxy/http://www.sciencedirect.com/

Scopus - http://libress.kpfu.ru/proxy/http://www.scopus.com/home.url

Сетевые ресурсы библиотеки КФУ - http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=8224

электронно-библиотечная система Znanium - http://znanium.com

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

| Вид работ | Методические рекомендации |
|---|---|
| лекции | Лекции являются основной формой преподнесения преподавателем теоретической информации по заданной дисциплине. В начале курса преподаватель информирует студентов о формате проведения лекций и о том, как будет осуществляться обратная связь для контроля освоения студентами материала курса. Преподаватель вовлекает аудиторию в обсуждение важных моментов на лекциях, акцентируя наиболее продуктивные подходы к освоению материала. Студенты активно участвуют в дискуссиях, а также задают уточняющие вопросы при возникновении таковых. |
| практические занятия | На практических занятиях теоретическая информация, полученная на лекциях, используются для решения важных частных задач, трансформируясь при этом в знания, умения и навыки. Практические занятия могут проходить как в учебных аудиториях, так и в научных лабораториях, где студенты знакомятся с современной научной аппаратурой и аспектами ее использования в проведении экспериментальных исследований. |

| Вид работ | Методические рекомендации |
|---|---|
| самостоя-тельная работа | Самостоятельная работа в течение семестра ведется в следующих формах: (1) - повторение пройденного материала и подготовка к устным опросам; (2) - обобщающая подготовка к промежуточному коллоквиуму по пройденному за примерно половину семестра материалу; (3) - подготовка презентаций по предложенным темам для представления на суд преподавателя и студентов. Повторение пройденного материала служит для закрепления знаний и их расширения с использованием рекомендованной для изучения курса основной и дополнительной литературой. |
| зачет | Зачет проводится очно, в назначенное время и в назначенной аудитории. Вопросы на зачет учащийся выбирает вслепую, случайным образом из набора билетов, содержащих по два теоретических вопроса. Максимальный балл за каждый вопрос на зачете - 25, в сумме студент на зачете не может получить более 50 баллов. Баллы, полученные на зачете, суммируются с баллами, полученными в течение семестра, определяя итоговую оценку студента. |

## 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.

Мультимедийная аудитория.

## 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;


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

- 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 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе "Физика магнитных явлений".

*Приложение 2*
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*
*Б1.В.ДВ.6 Лазерные материалы*

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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Физика магнитных явлений
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Основная литература:**

1. Ландсберг, Г. С. Оптика [Электронный ресурс] : Учеб. пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. - 6-е изд., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 848 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=421053

2. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Учебное пособие: В 2 томах Том 1 / Салех Б., Тейх М.К., Дербов В.Л. - Долгопрудный:Интеллект, 2012. - 760 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=408129

3. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Учебное пособие: В 2 томах Том 2 / Салех Б., Тейх М.К., Дербов В.Л. - Долгопрудный:Интеллект, 2012. - 784 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=408131

**Дополнительная литература:**

1. Фотонные кристаллы и нанокомпозиты: структурообразование, оптические и диэлектрические свойства: Монография / Шабанов В.Ф., Зырянов В.Я. - Новосиб.:СО РАН, 2009. - 257 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=924739

2. Новые инфракрасные материалы: кристаллы и световоды: Монография / Жукова Л.В., Корсаков А.С., Врублевский Д.С., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, 2017. - 280 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=960136

*Приложение 3*
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*
*Б1.В.ДВ.6 Лазерные материалы*

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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Физика магнитных явлений
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

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.