

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины** **Функциональные материалы фотоники**

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика  
Профиль подготовки: Распределенные интеллектуальные системы  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## 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. Низамутдинов А.С. (Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), Alexey.Nizamutdinov@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
ПК-2	Способностью самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-3	Способностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической и проектной документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Основы квантовой электроники, оптики, атомной физики.

Должен уметь:

строить физические модели процессов взаимодействия излучения с веществом, осуществлять рациональный выбор материалов для приборов фотоники, проводить исследования оптических свойств оптических материалов, использовать данные об оптических материалах для прогнозирования оптических и физико-химических свойств новых материалов фотоники

Должен владеть:

навыками работы с экспериментальной оптической техникой и методологией исследований и практических приложений с ее использованием, навыками работы с научной, учебной и справочной литературой и базами данных

Должен демонстрировать способность и готовность:

интерпретировать экспериментальные результаты исследований взаимодействия излучения с веществом, применять полученные знания о взаимодействии электромагнитного излучения с веществом на практике

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.07.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Распределенные интеллектуальные системы)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 26 часа(ов), в том числе лекции - 13 часа(ов), практические занятия - 13 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 46 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	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	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Предмет фотоники	3	3	0	3	0	0	0	8
2.	Тема 2. Источники излучения	3	3	0	3	0	0	0	9
3.	Тема 3. Приемники излучения	3	3	0	3	0	0	0	9
4.	Тема 4. Материалы интегральной оптики	3	2	0	2	0	0	0	9
5.	Тема 5. Модуляторы. Фотонные кристаллы.	3	3	0	3	0	0	0	9
	Итого		14	0	14	0	0	0	44

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Предмет фотоники**

Что такое функциональные материалы. Обзор методик и технологий.

Взаимодействие излучения с веществом. Фундаментальные электрические и оптические свойства материалов фотоники. Классы материалов. Соотношения между свойствами и структурой. Размерные эффекты, эффекты поверхности. Методы выращивания кристаллов, изготовления структур, изготовления Перенос заряда, передача энергии. Нелинейно-оптические явления. Магнитооптические явления. Управление оптическими свойствами среды.

**Тема 2. Источники излучения**

Законы излучения. Физические основы усиления электромагнитного излучения при взаимодействии с веществом. Спонтанное и индуцированное излучение и поглощение. Форма и ширина линии излучения. Естественная ширина. Коэффициенты Эйнштейна. Источники некогерентного излучения. Люминофоры, сенсibilизаторы, материалы даун- и ап-конверсии. Источники когерентного излучения. Инверсия населенностей энергетических уровней - необходимое условие возможности усиления излучения. Лазерные материалы и лазерные системы. Биомедицинские, энергетические и инфокоммуникационные применения.

**Тема 3. Приемники излучения**

Классификация приемников излучения. Основные параметры детекторов света. Детекторы на основе фотопроводимости. Фоторезисторы. Характеристики и параметры фоторезисторов. Фотодиоды. PINфотодиоды. Фототранзисторы. Электронно-оптические преобразователи. Сцинтилляционные детекторы. Полупроводниковые счетчики.

Сенсоры, основанные на принципах квантовой оптики и нелинейной оптики. Нейроморфная фотоника.

**Тема 4. Материалы интегральной оптики**

Классификация материалов интегральной оптики и нелинейно-оптических эффектов. Особенности распространения света в тонких слоях. Волноводы. Диэлектрический волновод. Оптика анизотропных сред. Основы оптического согласования. Эффекты и явления, используемые в технике интегральной оптики: электрооптические, магнитооптические, пьезооптические и акустооптические эффекты. Материалы и методы формирования планарных и канальных волноводно-оптических элементов.

Введение в принципы устройств квантовой оптики. Материалы устройств квантовой оптики. Квантовые компьютеры и системы передачи информации.

**Тема 5. Модуляторы. Фотонные кристаллы.**

Устройства управления характеристиками когерентных пучков: материалы фоторефракции, изоляторы Фарадея, материалы устройств синхронизации мод, насыщающиеся поглотители, техника SESAM. Микроэлектромеханические устройства: изготовление и принцип действия. Устройства отображения информации: материалы люминофоров, материалы модуляторов. Фотонные кристаллы. Плазмонные и метаматериалы. Двумерные и новые материалы.

**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 планируемыми результатами 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)**

электронная библиотечная система "ZNANIUM.COM" - [znanium.com](http://znanium.com)

электронная библиотечная система Издательства "Лань" - [e.lanbook.ru](http://e.lanbook.ru)

Электронное периодическое издание Laser Focus World - laserfocusworld.com

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	Практические занятия играют исключительно важную роль в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями. Практические занятия призваны углубить, расширить и детализировать эти знания. Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций, требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Сами практические занятия заключаются в подготовке, изложении и защите материала студентами на заданную тему в форме презентации. Защита заключается в дискуссии, в ответах на вопросы аудитории.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа предполагает достижение следующих целей в деле подготовки специалистов: способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение, способность оперировать углубленными знаниями в области квантовой электроники, способность использовать углубленные знания при оценке последствий своей профессиональной деятельности. Самостоятельная работа состоит в подготовке презентаций по заданным темам, подготовке к устному опросу.
зачет	Подготовку к зачету целесообразно начать с планирования и подбора литературы, проработки конспекта лекций. Прежде всего следует внимательно перечитать учебную программу и программные вопросы для подготовки к зачету, чтобы выделить из них наименее знакомые. Далее должен следовать этап повторения всего программного материала. На эту работу целесообразно отвести большую часть времени. Следующим этапом является самоконтроль знания изученного материала, который заключается в устных ответах на программные вопросы, выносимые на зачет. Тезисы ответов на наиболее сложные вопросы желательно записать, так как в процессе записи включаются дополнительные моторные ресурсы памяти.

### 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;
- 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 "Распределенные интеллектуальные системы".

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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Распределенные интеллектуальные системы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Панов, М. Ф. Физические основы фотоники : учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 564 с. - ISBN 978-5-8114-2319-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212564> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ландсберг, Г. С. Оптика : учебное пособие / Г. С. Ландсберг. - 7-е изд., стереот. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021. - 852 с. - ISBN 978-5-9221-1742-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185678> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кульчин, Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем / Ю. Н. Кульчин. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 440 с. - ISBN 978-5-9221-1646-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91158> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Салех, Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения : учебное пособие: в 2 томах. Том 1. / Б. Салех, М. Тейх - Долгопрудный : Издательский Дом 'Интеллект', 2012. - 760 с. - ISBN 978-5-91559-038-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/408129> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Салех, Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения: учебное пособие: В 2 томах. Том 2 / Б. Салех, М. Тейх, пер. с англ. В.Л. Дербов - Долгопрудный:Интеллект, 2012. - 784 с. ISBN 978-5-91559-135-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/408131> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанопотоника: учебное пособие / А. Н. Игнатов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 596 с. - ISBN 978-5-8114-5149-4. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/133479> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Пархоменко, Ю. Н. Физика и технология приборов фотоники. Солнечная энергетика и нанотехнологии: учебное пособие / Ю. Н. Пархоменко, А. А. Полисан. - Москва: МИСИС, 2013. - 142 с. - ISBN 978-5-87623-707-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/47466> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.



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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Распределенные интеллектуальные системы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

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.