

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Семинар по квантовой и оптической электронике

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: бакалавр

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

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Лучкин А.Г. (кафедра технической физики и энергетики, Инженерный институт), AGLuchkin@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
ОК-6	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК-7	способностью демонстрировать знание иностранного языка на уровне, позволяющем работать с научно-технической литературой и участвовать в международном сотрудничестве в сфере профессиональной деятельности
ПК-1	готовностью к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

квантовую теорию излучения и поглощения электромагнитных волн веществом;  
 основные элементарные квантовые процессы с участием фотонов;  
 квантовую теорию релаксации и основные механизмы уширения спектральных линий;  
 физические принципы функционирования и основные характеристики квантовых усилителей и генераторов, а также других элементов и устройств оптической и квантовой электроники;  
 основные типы нелинейных и параметрических процессов при взаимодействии поля со средой;  
 основы базовых элементов и устройств квантовой и оптической электроники, применяемых в современных информационных системах;  
 возможности оптических методов передачи и обработки информации.

Должен уметь:

находить аналитические решения задач квантовой теории излучения;  
 делать численные оценки времен релаксации и вероятностей переходов для однофотонных процессов в зависимости от параметров спектральных линий для различных сред;  
 делать численные оценки инверсии населенностей и коэффициента усиления (поглощения) в двух-, трех- и четырехуровневых средах;  
 проводить аналитические расчеты и делать на их основе числовые оценки порога самовозбуждения, добротности различных резонаторов, мощности, частоты генерации для квантовых генераторов оптического диапазона длин волн;  
 использовать базовые элементы квантовой и оптической электроники и применять основные методы анализа квантовых и оптоэлектронных устройств для решения задач в системах передачи и обработки информации.

Должен владеть:

методами расчета оптических квантовых генераторов и элементов оптоэлектронных приборов и устройств

Должен демонстрировать способность и готовность:

провести расчет оптических квантовых генераторов и элементов оптоэлектронных приборов и устройств

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.05.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.01 "Техническая физика (Техническая физика)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 104 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 104 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 76 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

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

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

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Квантовая теория излучения и поглощения.	8	0	20	0	16
2.	Тема 2. Элементы квантовой кинетики и теории спектральных линий. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.	8	0	24	0	16
3.	Тема 3. Квантовые усилители и генераторы, инфракрасные системы на их основе. Методы управления лазерным излучением	8	0	20	0	16
4.	Тема 4. Методы регистрации оптических сигналов.	8	0	20	0	16
5.	Тема 5. Современная элементная база оптоэлектроники.	8	0	20	0	12
	Итого		0	104	0	76

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Введение. Квантовая теория излучения и поглощения.

Квантовая электродинамика и радиоэлектроника.

Роль квантовой электроники и оптоэлектроники в современных информационных технологиях.

Идея квантования электромагнитного поля.

Разложение электромагнитного поля по свободным типам колебаний.

Энергетический спектр и стационарные состояния свободного квантованного электромагнитного поля.

Понятие фотона и его свойства.

Операторы рождения и уничтожения для фотонов.

Оператор энергии взаимодействия системы заряженных частиц и электромагнитного поля.

Квантовая теория излучения.

Однофотонные и двухфотонные переходы в теории возмущений.

Матричные элементы оператора энергии взаимодействия поля с веществом для процессов однофотонного излучения и поглощения.

Индукированное и спонтанное излучение фотона, их вероятности в электродипольном приближении.

Вероятность однофотонного поглощения.

Правила отбора для электродипольного излучения (поглощения).

Параметрические и непараметрические многофотонные процессы, их применения в современных спектроскопических системах.

###### Тема 2. Элементы квантовой кинетики и теории спектральных линий. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.

Понятие о динамической и диссипативной подсистемах на примере спонтанного излучения атома.

Релаксация динамической подсистемы как процесс взаимодействия с диссипативной подсистемой.

Релаксация и уширение спектральных линий.

Соотношение неопределенностей энергия-время и естественная ширина линии излучения (спектральный контур линии спонтанного излучения).

Спонтанное излучение в оптике и радиодиапазоне. Добротность спектральной линии, оценки величин.

Физические основы построения квантовых стандартов частоты.

Механизмы уширения спектральных линий.

Квантовое кинетическое уравнение (уравнение для матрицы плотности динамической подсистемы, взаимодействующей с диссипативной подсистемой-термостатом).

Двухуровневая идеализация.

Уравнения для двухуровневой среды, взаимодействующей с классическим электромагнитным полем.

Продольное и поперечное времена релаксации и их физический смысл.

Оценки продольного и поперечного времен релаксации для различных сред.

Поведение двухуровневой среды при ее взаимодействии с резонансным электромагнитным полем.

Стационарные решения уравнений для двухуровневой среды, взаимодействующей с резонансным полем.

Эффекты насыщения и просветления среды в сильном электромагнитном поле.

Мощность, поглощаемая средой из электромагнитного поля.

Насыщающая мощность, ее оценки для различных сред, используемых в качестве рабочих материалов в квантовой электронике.

Применение эффекта насыщения для управления параметрами лазерного излучения.

Когерентное взаимодействие излучения с двухуровневой системой.

Уравнение переноса излучения в поглощающей (усиливающей) среде.

Коэффициент и показатель поглощения (усиления).

Оценки величины поглощения (усиления) для различных сред.

Электронный парамагнитный резонанс, его применение в науке (физика, химия, биология) и технике.

### **Тема 3. Квантовые усилители и генераторы, информационные системы на их основе. Методы управления лазерным излучением**

Термодинамически неравновесная система.

Инверсия населенностей.

Метод оптической накачки.

Трех- и четырех-уровневые системы.

Представление 3-х и 4-х уровневых систем эквивалентной 2-х уровневой системой.

Инверсия населенностей в твердотельных лазерах с оптической накачкой.

Создание инверсной разности населенностей в газах с помощью газового разряда.

Гелий-неоновый лазер, величины инверсной разности населенностей для газовых лазеров.

Создание инверсной разности населенностей методом сортировки атомов неоднородными статическими электрическими и магнитными полями.

Водородный мазер.

Атомно-лучевая трубка.

Квантовые стандарты времени и частоты.

Полуклассические уравнения квантового генератора.

Одномодовое приближение.

Примеры возникновения многомодового режима генерации (выжигание спектральных и пространственных провалов).

Стационарный режим колебания квантового генератора и его характеристики.

Условие самовозбуждения квантового генератора.

Эффект затягивания частоты в квантовом генераторе.

Оптический резонатор.

Собственная и нагруженная добротность резонатора.

Время жизни фотона в резонаторе.

Мощность квантового генератора.

Максимальная мощность квантового генератора при оптимальной связи с нагрузкой.

Оценка мощности для различных типов мазеров и лазеров.

Балансные уравнения для квантового генератора.

Учет спонтанного излучения в балансных уравнениях.

Типы и основные характеристики современных лазерных систем.

Полупроводниковый инжекционный лазер.

Полупроводниковые лазеры и светоизлучающие диоды: их спектральные, мощностные и модуляционные характеристики.

Шумы излучения лазеров.

Ширина спектральной линии генерации.

Применение полупроводниковых лазеров в оптических системах передачи информации.

#### **Тема 4. Методы регистрации оптических сигналов.**

Регистрация оптического излучения.

Прямое детектирование и гетеродинирование.

Классификация фотоприемников.

Фотоприемники на основе внутреннего и внешнего фотоэффекта.

Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители.

Полупроводниковые фотоприемники.

Фоторезисторы и фотодиоды (лавинные фотодиоды и pin - диоды); принцип действия и устройство.

Фотогальванический и фотодиодный режим работы.

Вольт-амперная и спектральная характеристики, быстродействие и чувствительность фотодиодов.

Фототранзисторы, фотоприемные ПЗС - матрицы.

Шумы фотодиодных приемников излучения.

Порог чувствительности, обнаружительная способность.

Квантовый предел чувствительности при приеме оптических сигналов.

#### **Тема 5. Современная элементная база оптоэлектроники.**

Распространение света в анизотропных средах и оптических волноводах.

Лучевой и волновой анализ оптических волноводов.

Интегральные оптические элементы на основе планарных оптических волноводов - моды, волноводные параметры, соотношения ортогональности мод, поток мощности, переносимой в оптическом волноводе.

Волоконные световоды как основа современных систем оптической связи.

Моды волоконных световодов.

Гауссово приближение при анализе полей одномодовых световодов.

Дисперсионные свойства волоконных световодов.

Потери на поглощение и рассеяние в волоконных световодах.

Возбуждение оптических волноводов.

Оптическое согласование волоконного волновода с лазерным излучателем.

Нелинейные явления и преобразование частот в волоконных световодах.

Преимущества и недостатки волоконно-оптических линий связи (ВОЛС).

Пассивные и активные компоненты оптических линий: разъемы, ответвители, мультиплексоры, приемные и передающие модули, ретрансляторы, квантовые усилители.

Аналоговые и цифровые методы модуляции в ВОЛС.

Информационная емкость канала связи, дальность передачи.

Временное, частотное и волновое уплотнение каналов.

Когерентные линии оптической связи.

Использование квантовых свойств оптического излучения для повышения защищенности телекоммуникационных систем.

Оптоэлектронные и оптические процессоры.

Интегральная оптика и интегральная оптоэлектроника.

Оптоэлектронные датчики.

Новые достижения в области квантовой и оптической электроники

#### **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 планируемому результату 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)**

Архивы научных журналов - <http://archive.neicon.ru/xmlui>

Квантовая статистика. Примесные полупроводники. Лазер. Мазер. p-n переход. Лекции-семинары автора экзаменационных задач и теоретических вопросов по курсу физики почти для всех специальностей РГУ нефти и газа проф. Белоухова Леля - <https://www.youtube.com/watch?v=Rkm3kfpCKI8>

Народный лекторий "Хочу все знать". Инструменты будущего: рентгеновский лазер на свободных электронах. - <https://www.youtube.com/watch?v=l8yV-Bhvp7c>

Научная электронная библиотека (НЭБ) - <http://elibrary.ru/>

ЭБС Znanium - <http://znanium.com/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. При подготовке к практическим занятиям необходимо: - изучить соответствующую литературу; - иллюстрировать теоретические положения самостоятельно подобранными примерами; - разобрать примеры решения типовых задач (приводятся в методических указаниях); При выполнении практических работ студент пользуется справочной литературой и вычислительной техникой.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов - планируемая учебная, учебноисследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия или при частичном участии преподавателя, оставляющим ведущую роль в работе студентам. Количество часов на самостоятельную работу студента по дисциплине устанавливается учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины. В рабочей программе указываются виды планируемой самостоятельной работы студента, их содержание, трудоемкость выполнения, методы контроля и перечень рекомендуемой учебной и учебно-методической литературы. Самостоятельная работа студентов проводится с целью: - систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений; - углубления и расширения теоретических знаний; - формирования умений использовать справочную литературу; - развития познавательных и творческих способностей студентов; - формирования самостоятельности мышления; - развития исследовательских умений. Для достижения указанной цели студенты должны решать следующие задачи: - изучить рекомендуемые литературные источники; - изучить основные понятия и определения; - решить предложенные задачи; - ответить на контрольные вопросы. В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: - аудиторная (самостоятельная работа на учебных занятиях под руководством преподавателя); - внеаудиторная (самостоятельная работа по заданию преподавателя, но без его участия). Основными видами внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине 'Физическая химия' являются: - индивидуальные домашние задания; - подготовка к практическим занятиям; - решение тестов; - подготовка к зачету и экзамену.
зачет	Зачет нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Зачет проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся дается время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.

### 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 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки "Техническая физика".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.05.02 Семинар по квантовой и оптической  
электронике

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

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Основная литература:**

1. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов - 2. В 2 т. Т. 1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Батенин [и др.]. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2009. ? 544 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59558>. ? Загл. с экрана.
2. Батенин, В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов ? 2. Т.1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2009. ? 544 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2668>. ? Загл. с экрана.
3. Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2010. ? 499 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2350>. ? Загл. с экрана.
4. Основы квантовой электроники: учебное пособие / Иванов И. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2011. - 174 с. ISBN 978-5-9275-0873-0 Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/556192>
5. Цуканов, В.Н. Волоконно-оптическая техника[Электронный ресурс] / В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев. - М.: Инфра-Инженерия. - 2011. - 640 с. - ISBN 978-5-9729-0078-7 Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/519912>
6. Оптические измерения [Электронный ресурс] / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин и др. - М.: Университетская книга; Логос, 2012. - 416 с. - ISBN 978-5-98704-173-2. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/469178>
7. Элементы квантовой оптики и квантовой механики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: В.Я. Чечуев, С.В. Викулов, И.М. Дзю. - Новосибирск: НГАУ, 2012. - 89 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516850>
8. Гусев, В. Г. Оптические и оптоэлектронные устройства для биологии и медицины (в вопросах и ответах)[Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Гусев, Т. В. Мирина, Н. В. Мирин. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА, 2012. - 266 с. - ISBN 978-5-9765-1520-8 Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/456262>
9. Лазеры ультркоротких импульсов и их применения: Учебное пособие / П.Г. Крюков. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 248 с.: 60x90 1/16. (обложка) ISBN 978-5-91559-091-4, 1500 экз. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/365088>

**Дополнительная литература:**

1. Привалов, В.Е. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Е. Привалов, А.Э. Фотиади, В.Г. Шеманин. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2013. ? 288 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5851>. ? Загл. с экрана.
2. Квантовая информатика и квантовые биты на основе сверхпроводниковых джозефсоновских структур: Учебник / Е.В. Ильичев, Я.С. Гринберг. - Новосибирск: НГТУ, 2013. - 172 с.: 70x100 1/16. (переплет) ISBN 978-5-7782-2287-8, 3000 экз. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/490017>
3. Молчанов, А.Г. Энергосберегающее оптическое облучение промышленных теплиц [Электронный ресурс] : монография / А.Г. Молчанов, В.В. Самойленко; Ставропольский государственный аграрный университет. - Ставрополь: АГРУС, 2013. - 120 с. - ISBN 978-5-9596-0826-2. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/515174>
4. Материаловедение и технологии электроники: Учебное пособие / В.И. Капустин, А.С. Сигов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 427 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-008966-9, 200 экз. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/416461>
5. Хомич, В.Ю. Основы создания систем электроразрядного возбуждения мощных CO<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>- и F<sub>2</sub>-лазеров [Электронный ресурс] : монография / В.Ю. Хомич, В.А. Ямщиков. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2015. ? 168 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91172>. ? Загл. с экрана.

6. Приборы квантовой и оптической электроники : курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Ю. Юрчук [и др.]. ? Электрон. дан. ? Москва : МИСИС, 2016. ? 118 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93631>. ? Загл. с экрана.
7. Лазеры: применения и приложения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.С. Борейшо [и др.]. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. ? 520 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87570>. ? Загл. с экрана.
8. Богданов, А.В. Волоконные технологические лазеры и их применение [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Богданов, Ю.В. Голубенко. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. ? 208 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72971>. ? Загл. с экрана.

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.05.02 Семинар по квантовой и оптической  
электронике

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

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: бакалавр

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.