

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 Б1.В.ДВ.5

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Лучкин А.Г.

**Рецензент(ы):**

Кашапов Н.Ф.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

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

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

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

Регистрационный No 868131318

Казань

2018

## Содержание

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

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Лучкин А.Г. кафедра технической физики и энергетики Инженерный институт, AGLuchkin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

сформировать современное представление о фотонной структуре электромагнитного поля, об элементарных квантовых актах однофотонного и многофотонного взаимодействия поля с веществом и их конкретном проявлении при преобразовании, усилении и генерации когерентного электромагнитного излучения в квантовых генераторах оптического диапазонов длин волн и других устройствах современной оптоэлектроники

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 16.03.01 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплины Б2.ДВ3 'Семинар по квантовой и оптической электронике' входит в цикл Б2 подготовки бакалавров по направлению 16.03.01 'Техническая физика' и является обязательным для изучения студентами по профилю 'Физика плазмы'

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью демонстрировать знание второго языка на уровне, позволяющем работать с научно-технической литературой и участвовать в международном сотрудничестве в сфере профессиональной деятельности
ПК-12 (профессиональные компетенции)	готовностью обосновывать принятие технических решений при разработке технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований

В результате освоения дисциплины студент:

#### 1. 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.

**2. 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.

**3. должен владеть:**

методами расчета оптических квантовых генераторов и элементов оптоэлектронных приборов и устройств

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

провести расчет оптических квантовых генераторов и элементов оптоэлектронных приборов и устройств

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 семестре.

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

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

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

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

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

**Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	

1	Тема 1. Введение. Квантовая теория						
---	------------------------------------	--	--	--	--	--	--

излучения и поглощения.

8	1-2	0	14	0	Устный опрос
---	-----	---	----	---	--------------

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Элементы квантовой кинетики и теории спектральных линий.	8	3-4	0	12	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Квантовые усилители и генераторы, информационные системы на их основе.	8	5-6	0	12	0	Письменная работа
4.	Тема 4. Методы управления лазерным излучением	8	7-8	0	12	0	Реферат
5.	Тема 5. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.	8	9-10	0	12	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Методы регистрации оптических сигналов.	8	11-12	0	12	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Современная элементная база оптоэлектроники.	8	13-14	0	12	0	Реферат
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			0	86	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

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

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

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. Индуцированное 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.

**практическое занятие (12 часа(ов)):**

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.

**Тема 3. Квантовые усилители и генераторы, информационные системы на их основе.****практическое занятие (12 часа(ов)):**

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 4. Методы управления лазерным излучением****практическое занятие (12 часа(ов)):**

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 лазер. Атомно-лучевая трубка. Квантовые стандарты времени и частоты. Полуклассические уравнения квантового генератора. Одномодовое приближение. Примеры возникновения многомодового режима генерации (выжигание спектральных и пространственных провалов).

**Тема 5. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.****практическое занятие (12 часа(ов)):**

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 6. Методы регистрации оптических сигналов.****практическое занятие (12 часа(ов)):**

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. Распространение света в анизотропных средах и оптических волноводах. Лучевой и волновой анализ оптических волнопроводов. Интегральные оптические элементы на основе планарных оптических волнопроводов - 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.

### **Тема 7. Современная элементная база оптоэлектроники.**

#### **практическое занятие (12 часа(ов)):**

Возбуждение оптических волнопроводов. 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.

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

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
1.	Тема 1. Введение. Квантовая теория излучения и поглощения.	8	1-2	подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
2.	Тема 2. Элементы квантовой кинетики и теории спектральных линий.	8	3-4	подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
3.	Тема 3. Квантовые усилители и генераторы, информационные системы на их основе.	8	5-6	подготовка к письменной работе	10	Письменная работа
4.	Тема 4. Методы управления лазерным излучением	8	7-8	подготовка к реферату	8	Реферат



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.	8	9-10	подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
6.	Тема 6. Методы регистрации оптических сигналов.	8	11-12	подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
7.	Тема 7. Современная элементная база оптоэлектроники.	8	13-14	подготовка к реферату	8	Реферат
	Итого				58	

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

Используются следующие формы учебной работы: семинарские занятия с представлением презентаций и обсуждения проработанного материала, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

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

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

Устный опрос , примерные вопросы:

В чем заключается идея квантования электромагнитного поля? Что такое фотон и каковы его свойства? Назовите основные положения квантовой теории излучения. Каковы правила отбора для электродипольного излучения и поглощения?

#### Тема 2. Элементы квантовой кинетики и теории спектральных линий.

Устный опрос , примерные вопросы:

Приведите пример динамической и диссипативной подсистемы. Опишите процесс релаксации и уширения спектральных линий. Каковы физические основы построения квантовых стандартов частоты? Запишите уравнение переноса излучения в поглощающей среде. Оцените величины поглощения для различных сред.

#### Тема 3. Квантовые усилители и генераторы, информационные системы на их основе.

Письменная работа , примерные вопросы:

1. Модуляция лазерного излучения. 2. Электрооптическая и магнитооптическая модуляция. 3. Взаимодействие света с акустическими волнами; дифракция Брэгга и Рамана-Ната. 4. Электрооптические и акустооптические модуляторы и дефлекторы. 5. Оптические изоляторы. 6. Нестационарные режимы генерации. 7. Методы повышения мощности генерации лазеров. 8. Метод модулированной добротности. 9. Метод синхронизации мод в лазерах. 10. Генерация гигантских импульсов.

#### Тема 4. Методы управления лазерным излучением

Реферат , примерные вопросы:

Каковы физические основы построения квантовых стандартов частоты? Запишите уравнение переноса излучения в поглощающей среде. Оцените величины поглощения для различных сред.

#### Тема 5. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.

Устный опрос , примерные вопросы:

Назовите основные принципы регистрации оптического излучения. Приведите примеры фотоэлементов и фотоэлектронных умножителей. Опишите фотогальванический и фотодиодный режимы работы.

### **Тема 6. Методы регистрации оптических сигналов.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Постройте вольтамперную и спектральную характеристики фотодиодов. Каков предел чувствительности приема оптических сигналов

### **Тема 7. Современная элементная база оптоэлектроники.**

Реферат , примерные вопросы:

1. Оптовыпрямители - лазеры
2. Оптовыпрямители - светоизлучающие приборы
3. Фотоэлектрические приемники излучения
4. Фотоприемники с р-п переходом
5. Фоторезисторы с р-п переходом
6. Приборы, управляющие излучением: модуляторы
7. Приборы, управляющие излучением: дефлекторы
8. Приборы, управляющие излучением: управляющие транспаранты
9. Приборы для отображения информации, индикаторные панели
10. Приборы для электрической изоляции - оптроны

### **Итоговая форма контроля**

зачет

Примерные вопросы к зачету:

Примерные вопросы на зачет

1. Сформулировать правила отбора для гармонического осциллятора.
2. Обосновать применимость теории возмущения в атоме водорода при возбуждении его электрическим полем
3. Для двухуровневой системы получить зависимость от времени вероятности нахождения электрона на уровнях от времени под действием внешнего переменного электрического поля
4. Почему происходит уширение спектральных линий поглощения (излучения) вещества в сильных полях.
5. Почему в оптическом диапазоне длин волн для измерения ширины линии можно использовать явление флуоресценции, а в радиодиапазоне - только вынужденное излучение или поглощение среды.
6. Для выбранного механизма получить выражение для неоднородно уширенного контура линии. Для выбранных условий оценить её ширину.
7. Известно, что время жизни электрона в возбужденном состоянии  $\tau$ . Получить выражение для спектральной формы линии.
8. Отношение населенностей двух уровней для вещества, находящегося в состоянии равновесия при температуре 3000К, равно 10. Вычислить частоту излучения, соответствующую переходу между этими уровнями.
9. Типичное время жизни для разрешённого электродипольного перехода в видимом диапазоне  $\sim 10$  нс. Оценить естественную ширину линии рентгеновского лазера, излучающего в диапазоне 10 нм.
10. Механизмы однородного уширения. Вывести выражение для однородно уширенного контура линии. Дать оценку её ширины (в см<sup>-1</sup>) для одного из радиационных переходов He.
11. Механизмы неоднородного уширения. Для выбранного механизма получить выражение для неоднородно уширенного контура линии. Для выбранных условий оценить её ширину (в см<sup>-1</sup>).
12. Доплеровская ширина линии 500 МГц. Оценка времени жизни уровня 10<sup>-8</sup>с. Предложить метод измерения ширины лоренцевского контура.
13. Обосновать принципиальные трудности создания УФ и рентгеновских активных сред.
14. Связь коэффициента ненасыщенного усиления с коэффициентами Эйнштейна. Сравнить зависимости коэффициента усиления от мощности накачки в случае однородного и неоднородного насыщения усиления.

15. Двух-, трёх- и четырёхуровневая схемы лазеров: возможности реализации, достоинства и недостатки. Оптимальная ширина уровней.
16. Nd:АИГ лазер: квантовая схема, преимущество матрицы, организация эффективной накачки.
17. Традиционное устройство Nd лазера известно. Почему бы не сделать лазер того же диапазона на парах неодима? На газообразном соединении Nd, например, с галогеном?
18. Почему в лазерах, работающих на молекулярных переходах, используют полированные металлические зеркала, а в лазерах, работающих на электронных переходах, - диэлектрические?
19. Показать, что абсолютная ширина линии открытого оптического резонатора с плоскими зеркалами не зависит от частоты. Оценить (в см<sup>-1</sup>) интервал между продольными модами и ширину линии такого резонатора для  $R=0,99$  и  $L= 1$  м.
20. Изобразить структуру мод (линии уровня интенсивности, поляризацию, профиль напряжённости поля) TEM<sub>00</sub> и TEM<sub>11</sub> открытого резонатора с круглыми зеркалами. Для какой из них следует ожидать больших дифракционных потерь?
21. Изобразить и обосновать спектральный контур насыщенного усиления в резонаторе газового лазера при возбуждении в нём одной моды с частотой, лежащей в стороне от центра линии вещества.
22. Оценить число продольных мод, генерируемых He-Ne лазером длиной  $\sim 1$  м, считая, что температура разряда не слишком отличается от комнатной. Зависит ли ширина провала в насыщенном контуре усиления и ширина линии излучения лазера от длины резонатора?
23. Найти значение ненасыщенного коэффициента усиления для полупроводникового лазера с длиной активной области 100 мкм при использовании сколов по кристаллическим поверхностям в качестве зеркал.
24. Оценить ширину Лэмбовского провала для He-Ne лазера и сравнить полученное значение с доплеровской шириной линии.
25. Объяснить принцип действия и преимущества ДГС с отдельным ограничением. Типичные оптические параметры ДГС. Изобразить зонную диаграмму, привести вариант используемых материалов.
26. Обосновать необходимость многокомпонентных материалов для приготовления диодных структур. Преимущества и недостатки соединения AlGaAs как материала для лазерных диодов. Привести пример материалов для диодной структуры на "телекоммуникационный" диапазон  $\sim 1,3$  мкм
27. Особенности гетероструктуры на основе InGaAsP/InP. Вид ватт-амперной характеристики, спектр лазера и светодиода на её основе.
28. Чем определяется ширина полосы лазерного диода как источника информации? Почему светодиоды уступают им по этому параметру? Указать оценки для обоих случаев.
29. Как и почему зависит от температуры рабочая частота лазерного диода? Почему с ростом температуры снижается эффективность генерации?
30. Чем определяется толщина активной области лазерного диода, выполненного на основе простейшей гомоструктуры?
31. Указать и обосновать преимущества лазерных диодов с распределённой обратной связью и распределённым брэгговским отражением по сравнению с диодами простейшей геометрии.
32. Сравнить эффективность управления сигналами от лазерного диода путём модуляции накачки, модуляции добротности и модуляции выходного пучка.
33. Оценить ширину линии излучения и интервал между продольными модами для типичного лазерного диода

### 7.1. 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>

## 7.2. 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>

## 7.3. Интернет-ресурсы:

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. Белопухова 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/>

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

Освоение дисциплины "Семинар по квантовой и оптической электронике" 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 "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и 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 "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.

Освоение дисциплины "Семинар по тепловым энергетическим системам и установкам" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 30 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, audi, 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Лучкин А.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кашапов Н.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.