

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Направление/специальность подготовки	12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
Специализация/профиль/программа подготовки	Лазерная техника и лазерные технологии
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)								ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
				АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	3	108	51	17	17	17	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА  
Погода Анастасия Павловна, к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ОПК-1**

знания:

на уровне представлений:

1. полное описание энергетических состояний и уровней энергии атома определенного химического элемента;

2. описание возможных энергетических переходов атоме;

3. виды симметрий и сингонии кристалла, свойства кристалла обусловленные его строением;

4. основные кинетические уравнения в активных средах (инверсия населенностей);

на уровне понимания:

1. причины уширения спектральных линий;

2. физические процессы в активной среде, обусловленные ее агрегатным состоянием, химическим составом и строением;

3. причины смещения энергетических уровней в результате повышения температуры, легирования и т.д.;;

умения:

теоретические:

1. строить модели энергетических состояний атома с учетом принципа Паули и правила Гунда;

2. определить электронную конфигурацию состояния по названию уровня в приближении Рассела-Сандерса;

3. определить возможность перехода согласно правилам отбора;

4. провести анализ причин уширения спектральной линии в газовом и твердотельном лазере;

5. определить группу симметрии и сингонию кристалла по его решетке;

практические:

1. определить ширину спектральной линии, время и длину когерентности с помощью эталона Фабри-Перо;

2. определить коэффициент усиления и КПД лазера;

3. определить порог генерации лазера;

4. определить по спектру поглощения изотропность кристалла;

5. определить по спектру поглощения назначение (рабочая среда, затвор) кристалла;

6. изменения режима работы лазера, получение модуляции добротности резонатора;;

навыки:

анализа физических процессов, происходящих в лазерных средах;

анализа свойств вещества по его строению и химическому составу;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОПТИКА ЛАЗЕРОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		
3	5	<b>Раздел 1. Квантовая механика атома.</b> 1. Корпускулярно-волновой дуализм света. Параметры излучения. 2. Модели атома. Модели Бора, Томсона, Резерфорда. 3. Квантовые числа. Полный орбитальный и спиновый момент системы. Принцип Паули. Правило Гунда. Связь энергетической схемы элемента с положением элемента в таблице Менделеева. 4. Описание уровней энергий. Приближение Рассела-Сандерса. 5. Населенность энергетических уровней. Распределение Больцмана, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.	24	8	4	0	4	16	25
3	5	<b>Раздел 2. Физические основы взаимодействия квантовых систем с электромагнитным полем.</b> 1. Спонтанные и индуцированные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Правила отбора: запрещенные и разрешенные переходы. Сечение перехода и коэффициент поглощения (усиления). Спектр излучения. 2. Уширение спектральных линий. Соотношение неопределенностей «энергия — время», естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Вероятность индуцированных переходов при монохроматическом излучении. Однородное и неоднородное уширения. Гауссова форма линии при доплеровском уширении. 3. Когерентность. Длина и время когерентности.	24	12	4	4	4	12	25
3	5	<b>Раздел 3. Генерация и усиление электромагнитного излучения.</b> 1. Возбуждение активного вещества. Условие самовозбуждения и насыщение усиления. 2. Генерация лазерного излучения. Условие генерации. Порог генерации. Мощность генерации. Одномодовый и многомодовый режим генерации. 3. Распространение гауссовых пучков. 4. Продольные и поперечные моды. Селекция продольных и поперечных мод. Характеристики качества излучения. 5. Нестационарная генерация. Затягивание частоты. Модуляция добротности. Режим синхронизации мод.	26	14	4	6	4	12	25
3	5	<b>Раздел 4. Лазерные среды, их строение и свойства.</b> 1. Газовые смеси как рабочая среда лазера. Столкновительные процессы в газовых смесях. Плазма. 2. Жидкость как рабочая среда лазера. Красители. 3. Введение в кристаллографию. Элементарная ячейка. Решетка. Виды симметрии. Сингонии. Изотропные и анизотропные кристаллы. 4. Кристалл как рабочая среда лазера. Легирование. Влияние легирования на положение уровней энергии в кристалле. 5. Кристалл как пассивный затвор. Влияние строения кристалла на его оптические свойства. 6. Нелинейный кристалл. Преобразование частоты: генерация второй гармоники и параметрическая генерация.	34	17	5	7	5	17	25
Всего за 5 семестр			108	51	17	17	17	57	100
Всего по дисциплине			108	51	17	17	17	57	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Квантовая механика атома.	Построение модели атома по уровням энергии. Создание схемы энергетических уровней гелия и неона в гелий-неоновом лазере и их классификация по теории Рассела-Сандерса, указание переходов.	2
2		Классификация энергетических уровней в приближении Рассела-Сандерса.	2
3	Раздел 2. Физические основы взаимодействия квантовых систем с электромагнитным полем.	Различные схемы лазерной генерации. Понятие о динамических уравнениях инверсии населенностей.	2
4		Расчет ширины полосы генерации лазера, длины и времени когерентности. Анализ причин уширения спектральных линий различных типов лазеров.	2
5	Раздел 3. Генерация и усиление электромагнитного излучения.	Расчет порога генерации, коэффициента усиления лазера. Решение задач по определению параметров лазерной генерации.	4
6	Раздел 4. Лазерные среды, их строение и свойства.	Сообщения по теме «Гелий-неоновый лазер. Физические процессы, устройство, характеристики излучения и области применения».	2

7		Сообщения по теме «Твердотельный лазер на редкоземельных металлах: Nd:YAG лазер. Физические процессы, устройство, характеристики излучения и области применения».	2
8		Нелинейные кристаллы и их использование для преобразования частоты: генерация второй гармоники и параметрическая генерация. Кристалл как пассивный затвор.	1
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Физические основы взаимодействия квантовых систем с электромагнитным полем.	Измерение ширины спектральной линии генерации He-Ne лазера. Определение длины и времени когерентности	4
2	Раздел 3. Генерация и усиление электромагнитного излучения.	Типы накачки лазеров. Сравнение КПД твердотельных лазеров с ламповой и диодной накачкой. Определение порога генерации и коэффициента усиления твердотельного лазера	6
3	Раздел 4. Лазерные среды, их строение и свойства.	Изотропные и анизотропные кристаллы. Определение назначения кристалла по спектру поглощения	3
4		Модуляция добротности резонатора. Пассивный затвор	2
5		Генерация второй гармоники. Кристалл КТР	2
Всего за 5 семестр			17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Квантовая механика атома.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	12
2		Выполнение домашнего задания «Построение модели электронного состояния невозбужденного атома определенного химического элемента».	4
3	Раздел 2. Физические основы взаимодействия квантовых систем с электромагнитным полем.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	8
4		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение ширины спектральной линии генерации He-Ne лазера. Определение длины и времени когерентности».	4
5	Раздел 3. Генерация и усиление электромагнитного излучения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	8
6		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Типы накачки лазеров. Сравнение КПД твердотельных лазеров с ламповой и диодной накачкой. Определение порога генерации и коэффициента усиления твердотельного лазера».	4
7	Раздел 4. Лазерные среды, их строение и свойства.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	8
8		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Изотропные и анизотропные кристаллы. Определение назначения кристалла по спектру поглощения»	3
9		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Модуляция добротности резонатора. Пассивный затвор»	3
10		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Генерация второй гармоники. Кристалл КТР»	3
Всего за 5 семестр			57

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5				ДЗ	Колл	ДР	ЛР, Отч. по ЛР		ЛР, Отч. по ЛР	ДР		ЛР, Отч. по ЛР	Колл	ЛР, Отч. по ЛР	ЛР, Отч. по ЛР	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Колл – коллоквиум;
- ЛР – лабораторная работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
2. О. Звелто. . Принципы лазеров. СПб.: Лань, 2008, 29 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. Ярив. . Введение в оптическую электронику. М.: Высш. шк., 1983, 2 экз.
2. Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://www.urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Компьютерный комплект.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Лазер юстировочный ЛГН;
2. Лазер твердотельный, Nd:YAG;
3. Комплект оптики;
4. Измеритель мощности Ophir Vega с измерительными головками;
5. Осциллограф цифровой АКИП–4116/2;
6. Комплект нелинейных кристаллов;
7. Фотодиод Ophir FPS1 SENSOR;
8. Спектрометр Avantes Avaspec 2048;
9. Камера Ophir Spiricon SP620U.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с началами квантовой механики атома, волновой оптикой, а также особенностями строения лазерных сред, влиянием строения на их оптические свойства, вопросами спектроскопии рассмотренных веществ.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Квантовая механика атома.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (1-4) А. Ярив. . Введение в оптическую электронику: М.: Высш. шк., 1983 (1-2)	12
Выполнение домашнего задания «Построение модели электронного состояния невозбужденного атома определенного химического элемента».		4
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Физические основы взаимодействия квантовых систем с электромагнитным полем.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1,4,7,9) О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (1,2,7)	8
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение ширины спектральной линии генерации He-Ne лазера. Определение длины и времени когерентности».		4
Итого по разделу 2		12
Раздел 3. Генерация и усиление электромагнитного излучения.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (6,8,11) О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (3-5) Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (2-4,7)	8
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Типы накачки лазеров. Сравнение КПД твердотельных лазеров с ламповой и диодной накачкой. Определение порога генерации и коэффициента усиления твердотельного лазера».		4
Итого по разделу 3		12
Раздел 4. Лазерные среды, их строение и свойства.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (8,10) Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (13,19,20,21,27) О. Звелто. . Принципы	8
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Изотропные и анизотропные кристаллы. Определение назначения кристалла по спектру поглощения»		3
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Модуляция добротности резонатора. Пассивный затвор»		3
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы		3

«Генерация второй гармоники. Кристалл КТР»	лазеров: СПб.: Лань, 2008 (6)	
Итого по разделу 4		17

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Домашнее задание

Комплект индивидуальных заданий к домашнему заданию «Построение модели электронного состояния невозбужденного атома определенного химического элемента» представлен в УМК.

Домашнее задание считается выполненным успешно при следующих условиях:

- правильное выполнение всех пунктов, предусмотренных заданием;
- корректное оформление полученных результатов.

#### Коллоквиум

Оценка «отлично» ставится, если ответ является полным и правильным.

Оценка «хорошо» ставится, если ответ является полным и правильным, при этом допущены несущественные ошибки, исправленные после наводящих вопросов преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке основных понятий и законов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если при ответе обнаружено непонимание основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые учащийся не может исправить при наводящих вопросах преподавателя.

#### Лабораторная работа

Допуск к ЛР:

- допуск к выполнению первых двух ЛР не предусмотрен.
- для допуска к выполнению третьей и последующих ЛР необходима защита одной из выполненных ранее работ и выполнение домашнего задания.

Отчет по ЛР:

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатной или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Каждое задание на лабораторную работу содержит набор параметров в соответствии с индивидуальным или групповым вариантом (комплекты индивидуальных заданий по лабораторным работам представлены в УМК).

Критерии оценивания:

Лабораторная работа считается выполненной успешно (принимается) при следующих условиях:

- правильное выполнение всех пунктов, предусмотренных заданием;
- правильное построение и оформление в соответствии с требованиями государственных стандартов ЕСКД графиков для всех получаемых в ходе выполнения задания характеристик;
- успешная защита лабораторной работы.

Защита ЛР:

Защита ЛР предусматривает обсуждение порядка решения предусмотренных ее тематикой задач, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

#### Отчет по ЛР

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе, или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- некорректной обработки результатов.

### **Дифференцированный зачет**

Допуск к дифференцированному зачёту по дисциплине оформляется при следующих условиях:

- успешное выполнение домашнего задания;
- успешное выполнение индивидуальных заданий к лабораторным работам и представление отчетных материалов;
- защита всех лабораторных работ.

Порядок проведения зачета: письменный, 30 минут.

Оценка «отлично» ставится, если студент дал 90%÷100% правильных ответов.

Оценка «хорошо» ставится, если студент дал 80%÷90% правильных ответов.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент дал 60%÷80% правильных ответов.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент дал менее 60% правильных ответов.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-1		
3	5	Раздел 1. Квантовая механика атома.	24	8	4	0	4	16	25	Коллоквиум, Домашнее задание	
3	5	Раздел 2. Физические основы взаимодействия квантовых систем с электромагнитным полем.	24	12	4	4	4	12	25	Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Коллоквиум	
3	5	Раздел 3. Генерация и усиление электромагнитного излучения.	26	14	4	6	4	12	25	Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Коллоквиум	
3	5	Раздел 4. Лазерные среды, их строение и свойства.	34	17	5	7	5	17	25	Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Коллоквиум	
Всего за 5 семестр			108	51	17	17	17	57	100		
Всего по дисциплине			108	51	17	17	17	57	100		



## Оценочные материалы по дисциплине ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

**ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники**

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Кристалл с какой из перечисленных сингоний является изотропным?
- А) Моноклинная
  - Б) Кубическая
  - В) Тетрагональная
  - Г) Ромбическая
- № 2 Прочитайте текст и установите соответствие  
Есть несколько причин уширения спектральных линий. Какое из уширений является однородным, а какое неоднородным?
- 1. Естественное
  - 2. Столкновительное
  - 3. Доплеровское
- А. Однородное
  - Б. Неоднородное
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Кристалл с какой из перечисленных сингоний является одноосным?
- А) Кубическая
  - Б) Тригональная
  - В) Гексагональная
  - Г) Триклинная
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Сколько максимумов содержит пространственное распределение интенсивности излучения лазера с поперечным модовым составом ТЕМ<sub>24</sub> ?
- А) 8
  - Б) 15
  - В) 3
  - Г) 6
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Выберите 4 квантовых числа, характеризующие состояние электрона в атоме?
- А) Орбитальное
  - Б) Электронное
  - В) Электрическое

- Г) Атомное
- Д) Магнитное
- Е) Спиновое
- Ж) Протонное

З) Главное

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Сравним генерацию одного и того же лазера с режиме свободной генерации и в режиме пассивной модуляции добротности. Выберите верные утверждения:

- А) В режиме модуляции добротности средняя мощность выше
- Б) В режиме модуляции добротности длительность импульса сокращается
- В) В режиме модуляции добротности пиковая мощность выше
- Г) В режиме свободной генерации пиковая мощность выше
- Д) В режиме свободной генерации средняя мощность выше
- Е) Средняя мощность не зависит от режима генерации
- Ж) Пиковая мощность не зависит от режима генерации

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между длинами волн излучения и активной средой лазера:

1. Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ )
2. Иттрий-алюминиевый гранат, легированный неодимом ( $\text{NdYAG}$ )
3. Смесь гелия и неона ( $\text{HeNe}$ )
4. Гелий с парами кадмия ( $\text{HeCd}$ )
5. Сапфир, легированный титаном ( $\text{TiSa}$ )

А. 441 нм / 325 нм

Б. 632,8 нм

В. 650 — 1100 нм

Г. 1064 нм

Д. 10600 нм

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Сравните длину волны излучения накачки с длиной волны генерации лазера:

- А) Они равны
- Б) Длина волны накачки меньше
- В) Длина волны накачки больше
- Г) Длина волны накачки не зависит от длины волны генерации

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Выберите и расставьте в порядке заполнения наборы квантовых чисел электронов в атоме неодима (порядковый номер в таблице Менделеева 60) в основном состоянии:

1. (2,1,-1,1/2)
2. (3,2,-1,-1/2)
3. (4,0,0,-1/2)
4. (5,0,0,1/2)
5. (6,0,0,-1/2)
6. (1,0,0,1/2)
7. (5,1,0,-1/2)
8. (2,0,0,-1/2)
9. (4,2,-2,1/2)
10. (4,3,0,1/2)

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какие **формы** твердотельного активного элемента лазера Вы знаете? (например: цилиндрический стержень)

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В газовой активной среде лазера один атом летит строго на север и излучает фотон. Этот фотон инициирует вынужденный переход во втором атоме, который летит на юго-запад под углом 60 градусов к прямой первого атома, в результате чего возникает второй фотон. Во сколько раз частота второго фотона отличается от частоты первого, если скорость обоих фотонов  $V$ ?

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Средняя мощность излучения импульсного лазера составляет 5 кВт, а частота следования импульсов составляет 25 МГц. Чему равна энергия в импульсе излучения такого лазера в Дж?

№ 13 Прочитайте текст и установите последовательность

Перечислите в порядке следования этапы развития генерации в лазере:

1. Генерация лазерного излучения
2. Конкуренция мод с учетом собственных частот резонатора
3. Усиление спонтанной люминесценции в результате вынужденных переходов в активной среде
4. Подача питания лазера (включаем лазер)
5. Подача импульса накачки
6. Спонтанная люминесценция в активной среде

№ 14 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Как называется физическая величина, отражающая расстояние между максимумами кривой зависимости вектора электрической индукции от времени?

- А) Длина волны
- Б) Период
- В) Частота
- Г) Волновой вектор

№ 15 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор

ответов

Какие функциональные части лазера определяют спектр излучения?

А) Накачка

Б) Активная среда

В) Резонатор

Г) Охлаждение

№ 16 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Как зависит интегральная светимость абсолютно черного тела от его температуры согласно закону Стефана-Больцмана?

А) линейно растет

Б) Растет пропорционально четвертой степени

В) Экспоненциально убывает

Г) Убывает пропорционально третьей степени

№ 17 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Если Солнце, температура которого составляет 5200 К и максимум кривой светимости располагается в точке 530 нм, разогреть на 1000 градусов, то максимум светимости будет располагаться на длине волны ... нм.

№ 18 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Перечислите пять групп свойств лазерного излучения: