

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
 Директор департамента образования  
 Документ подписан электронной подписью  
 Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
 Владелец: Троян Павел Ефимович  
 Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**  
 Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**  
 Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**  
 Форма обучения: **заочная**  
 Факультет: **Заочный и вечерний факультет (ЗиВФ)**  
 Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**  
 Курс: **4, 5**  
 Семестр: **8, 9**  
 Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	8 семестр	9 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	2	8	10	часов
Практические занятия	2	2	4	часов
Лабораторные занятия		4	4	часов
Самостоятельная работа	68	45	113	часов
Контрольные работы		4	4	часов
Подготовка и сдача экзамена		9	9	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	72	72	144	часов
			4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр	Количество
Экзамен	9	
Контрольные работы	9	2

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Цель дисциплины состоит в формировании у студентов представлений о фундаментальных основах квантовой и оптической электроники, которая является важным компонентом профессионального блока подготовки бакалавров по направлению "квантовая и оптическая электроника".

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение и освоение студентами современных подходов и методов, используемых для анализа и описания явлений квантовой и оптической электроники.

2. Изучение базовых принципов квантовой и оптической электроники.

3. Изучение основных принципов построения и реализации устройств квантовой и оптической электроники, рассмотрение примеров конкретных устройств, технологических подходов к их изготовлению и использованию в технологических приложениях.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Электронные приборы.

Индекс дисциплины: Б1.В.04.02.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		

ПКС-1. Способен использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	ПКС-1.1. Знает основные приемы обработки и представления экспериментальных и расчетных данных приборов и устройств электронной техники	Знает фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания
	ПКС-1.2. Умеет проводить обработку экспериментальных данных приборов и устройств электронной техники	Умеет применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач
	ПКС-1.3. Владеет методикой обработки и представления экспериментальных и расчетных данных приборов и устройств электронной техники	Владеет современными подходами и методами анализа и описания линейных и нелинейных эффектов квантовой и оптической электроники

ПКС-10. Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	ПКС-10.1. Знает эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Знает принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем
	ПКС-10.2. Умеет аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Умеет проводить измерения, обрабатывать и представлять результаты
	ПКС-10.3. Владеет навыками выбора и реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Владеет методами обработки результатов измерений

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		8 семестр	9 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	22	4	18
Лекционные занятия	10	2	8

Практические занятия	4	2	2
Лабораторные занятия	4		4
Контрольные работы	4		4
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	113	68	45
Подготовка к тестированию	80	68	12
Подготовка к контрольной работе	25		25
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8		8
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	9		9
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	144	72	72
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	4	2	2

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
<b>8 семестр</b>						
1 Свойства электромагнитных волн	-	-	-	34	34	ПКС-1, ПКС-10
2 Описание квантовых ансамблей	2	2	-	34	38	ПКС-1, ПКС-10
Итого за семестр	2	2	0	68	72	
<b>9 семестр</b>						
3 Общие вопросы построения лазеров	4	2	4	22	36	ПКС-1, ПКС-10
4 Основные типы лазеров	4	-	-	16	20	ПКС-1, ПКС-10
5 Элементы оптоэлектроники	-	-	-	7	7	ПКС-1, ПКС-10
Итого за семестр	8	2	4	45	59	
Итого	10	4	4	113	131	

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
<b>8 семестр</b>			

1 Свойства электромагнитных волн	уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Волновое уравнение. Плоские гармонические волны. Волновой пакет. Поляризация волн. Вектор Пойнтинга	0	ПКС-1, ПКС-10
	Итого	-	
2 Описание квантовых ансамблей	Принципы усиления света. Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения.	2	ПКС-1, ПКС-10
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
<b>9 семестр</b>			
3 Общие вопросы построения лазеров	Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка Когерентность, однородное и неоднородное уширение спектральной линии	4	ПКС-1, ПКС-10
	Итого	4	
4 Основные типы лазеров	Твердотельный лазер. Режимы работы. Типы твердотельных лазеров. Газовый лазер. Столкновения 1 и 2 рода. He-Ne лазер. CO <sub>2</sub> лазер. Другие типы газовых лазеров.	4	ПКС-1, ПКС-10
	Итого	4	
5 Элементы оптоэлектроники	Элементарная теория планарных волноводов. Моды волноводов. Продольные и поперечные индексы. Градиентный волновод.	0	ПКС-1, ПКС-10
	Итого	-	
Итого за семестр		8	
Итого		10	

### 5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

№ п.п.	Виды контрольных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>9 семестр</b>			
1	Контрольная работа	2	ПКС-1, ПКС-10
2	Контрольная работа	2	ПКС-1, ПКС-10
Итого за семестр		4	
Итого		4	

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>9 семестр</b>			
3 Общие вопросы построения лазеров	Исследование основных параметров полупроводникового лазера	2	ПКС-1, ПКС-10
	Полупроводниковые детекторы оптического излучения	2	ПКС-1, ПКС-10
	Итого	4	
Итого за семестр		4	
Итого		4	

#### 5.5. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.5.

Таблица 5.5. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>8 семестр</b>			
2 Описание квантовых ансамблей	Описание квантовых ансамблей и процессов релаксации. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	2	ПКС-1, ПКС-10
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
<b>9 семестр</b>			
3 Общие вопросы построения лазеров	Оптические резонаторы. Характеристики лазерного излучения.	2	ПКС-1, ПКС-10
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
Итого		4	

#### 5.6. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.7. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>8 семестр</b>				
1 Свойства электромагнитных волн	Подготовка к тестированию	34	ПКС-1, ПКС-10	Тестирование
	Итого	34		
2 Описание квантовых ансамблей	Подготовка к тестированию	34	ПКС-1, ПКС-10	Тестирование
	Итого	34		
Итого за семестр		68		
<b>9 семестр</b>				
3 Общие вопросы построения лазеров	Подготовка к контрольной работе	10	ПКС-1, ПКС-10	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПКС-1, ПКС-10	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ПКС-1, ПКС-10	Лабораторная работа
	Итого	22		
4 Основные типы лазеров	Подготовка к контрольной работе	12	ПКС-1, ПКС-10	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПКС-1, ПКС-10	Тестирование
	Итого	16		
5 Элементы оптоэлектроники	Подготовка к контрольной работе	3	ПКС-1, ПКС-10	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПКС-1, ПКС-10	Тестирование
	Итого	7		
Итого за семестр		45		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		122		

### 5.8. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПКС-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен



ПКС-10	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен
--------	---	---	---	---	--

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. С. Шангин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2008. - 112 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).

2. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.).

3. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Л. И. Шангина - 2012. 303 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/713>.

4. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику: Учебное пособие для вузов, - М.: Высшая школа, 1991. – 191 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.).

### 7.2. Дополнительная литература

1. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / С. М. Шандаров - 2013. 31 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3483>.

2. Исследование основных параметров полупроводникового лазера: Руководство к выполнению лабораторной работы / В. В. Щербина, А. И. Башкиров - 2011. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/295>.

3. Полупроводниковые детекторы оптического излучения: Руководство к выполнению лабораторной работы / В. В. Щербина, А. И. Башкиров - 2011. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/294>.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКПП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";
- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice;
- Microsoft Windows XP;

### **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;

- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Свойства электромагнитных волн	ПКС-1, ПКС-10	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Описание квантовых ансамблей	ПКС-1, ПКС-10	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Общие вопросы построения лазеров	ПКС-1, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

4 Основные типы лазеров	ПКС-1, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Элементы оптоэлектроники	ПКС-1, ПКС-10	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
--------	---

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

- Какой вид имеет одномерное волновое уравнение для напряженности электрического поля
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = 0;$
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \frac{1}{\varepsilon\mu} \nabla^2 \vec{E} = 0;$
  - $\nabla^2 \vec{E} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$
- В электромагнитной волне величины напряженностей электрического и магнитного полей связаны каким уравнением
  - $H_m = E_m;$
  - $H_m = W \cdot E_m;$
  - $H_m = \frac{E_m}{W};$
  - $H_m = \int E_m dW.$
- В ансамбле частиц с двумя уровнями энергии (первоначально находящимся в состоянии термодинамического равновесия), при оптической накачке инверсию населённостей можно ли создать:
  - можно создать при малых плотностях энергии накачки  $\rho$
  - можно создать при больших  $\rho$
  - можно создать при любых  $\rho$
  - создать не возможно в принципе
- Каково соотношение между радиусами кривизны сферических вогнутых зеркал ( $r_1$  и  $r_2$ ) и расстоянием между ними  $L$  (длина резонатора) для полуконфокального резонатора:

- а)  $r_1 = \infty, r_2 = 2L$   
 б)  $r_1 = \infty, r_2 = L$   
 в)  $r_1 = r_2 = L$   
 г)  $r_1 = r_2 = 2L$
5. Что обозначает аббревиатура TEM:  
 а) продольную электромагнитную волну;  
 б) поперечную электромагнитную волну;  
 в) продольную моду резонатора;  
 г) поперечную моду резонатора
6. По какой схеме работает рубиновый ( $Al_2O_3:Cr^{3+}$ ) лазер:  
 а) 2-х уровневой  
 б) 3-х уровневой  
 в) 4-х уровневой  
 г) 5-ти уровневой
7. Оператор называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций  $u$  и  $v$  какое выполняется условие:  
 а)  $\hat{A}(a_1u + a_2v) = a_1\hat{A}u + a_2\hat{A}v$ ;  
 б)  $\int v^* \hat{A}u dV = \int u \hat{A}^* v^* dV$ ;  
 в)  $\int u_n^* v_m dV = 0 \quad (m \neq n)$ ;  
 г)  $\int u_n^* v_m dV = 1 \quad (m = n)$
8. Оператор в произвольном представлении является матрицей, элемент которой определяется каким выражением:  
 а)  $A_{mn} = \int \psi_m(x) \psi_n^*(x) dx$ ;  
 б)  $A_{mn} = \int \psi_m^* \hat{A} \psi_n dx$ ;  
 в)  $A_{mn} = \langle \psi_m | \hat{A} | \psi_n \rangle$   
 г)  $A_{mn} = \sum_k W_k a_{kn}^* a_{km}$ .
9. Каково условие устойчивости открытого оптического резонатора длиной  $L$  с радиусами кривизны зеркал  $r_1$  и  $r_2$ :  
 а)  $0 < \left(1 - \frac{L}{r_1}\right) \left(1 - \frac{L}{r_2}\right) < 1$   
 б)  $0 \leq \left(1 - \frac{L}{r_1}\right) \left(1 - \frac{L}{r_2}\right) \leq 1$   
 в)  $L < r_1, L < r_2$   
 г)  $L > r_1, L > r_2$
10. Как зависит от частоты перехода  $\nu$  вероятность спонтанного излучения (коэффициент Эйнштейна  $A_{21}$ ):



- а)  $\nu$
- б)  $\nu^2$
- в)  $\nu^3$
- г) НЕ ЗАВИСИТ ОТ  $\nu$

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Принцип усиления ЭМИ
2. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Материальные уравнения
3. Представления функции состояния. Вектор состояния. Совектор состояния
4. Операторы в произвольном представлении
5. Двухуровневая система атомов во внешнем поле. Основные уравнения. Вероятности индуцированных переходов
6. Двухуровневая система атомов во внешнем поле. Анализ уравнений. Кривая Лоренца. Слабое поле. Сильное поле

### 9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

Для трехуровневой системы частиц с эквидистантным спектром и частотой перехода между соседними уровнями  $\omega_{32} = \omega_{21} = kT / \hbar$ ,

1. находящейся в состоянии термодинамического равновесия, найдите населенности первого и второго уровней, если на третьем уровне находится  $10^{18}$  частиц

Для световой волны, распространяющейся вдоль оси  $x$  в непроводящей среде с параметрами:  $\epsilon = 4\epsilon_0$  и  $\mu = \mu_0$  и имеющей

2. векторную амплитуду  $\vec{E}_m = \vec{j}E_m$ , где  $E_m = 10$  В/м, определите модуль и направление для векторной амплитуды напряженности магнитного поля.

Для ансамбля изолированных микрочастиц, не взаимодействующих друг с другом и имеющих 3 энергетических уровня, вероятности спонтанных переходов для одной частица в единицу времени равны

$A_{31} = 6 \cdot 10^2$  с<sup>-1</sup> и  $A_{32} = 4 \cdot 10^2$  с<sup>-1</sup>. Запишите выражение для

3. спектральной линии излучения при переходе частиц с третьего на второй уровень, найдите ширину этой линии излучения  $2\Delta f$  в Гц. Проиллюстрируйте форму спектральной линии излучения рисунком, отражающим частотную зависимость мощности спонтанного излучения для данного перехода.

В лазере с длиной резонатора 15 см одновременно генерируется 30 синхронизованных мод. Найдите частоту повторения генерируемых

4. ультракоротких импульсов в Гц; период их повторения; оцените длительность генерируемых импульсов. Проиллюстрируйте рисунком временную зависимость мощности излучения для данного лазера.

- Для газоразрядного лазера, в котором инверсия населенностей реализуется за счет столкновений 1-го рода, запишите балансные уравнения для числа частиц на 2-м энергетическом уровне.

#### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование основных параметров полупроводникового лазера
2. Полупроводниковые детекторы оптического излучения

#### 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

#### 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами



С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки
---	--	--

#### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол № 73 от «12» 12 2018 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94- b533-6139893cfd5a
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c- 9fb4-5f882facc349
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4аба- 845d-9ce7670b004c
Декан ЗиВФ	И.В. Осипов	Согласовано, 126832c4-9aa6-45bd- 8e71-e9e09d25d010

### ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. ПрЭ	Н.С. Легостаев	Согласовано, 6332ca5f-c16e-4579- bbc4-ee49773dfd8d
Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440- b971-ce4f7e994961

### РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. ЭП	В.И. Быков	Разработано, 059722b9-8e1d-453e- b2d2-c0d528ac8ebd
-----------------	------------	--