МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

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: **ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **3, 4**
Семестр: **6, 7**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	6	4	10	часов
2	Практические занятия	2	2	4	часов
3	Лабораторные работы	0	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	8	14	22	часов
5	Самостоятельная работа	64	49	113	часов
6	Всего (без экзамена)	72	63	135	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	0	9	9	часов
8	Общая трудоемкость	72	72	144	часов
				4.0	З.Е.

Контрольные работы: 7 семестр - 2
Экзамен: 7 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 37111

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от « 20 » 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. ЭП _____ В. И. Быков

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ЗиВФ _____ И. В. Осипов

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Эксперты:

Профессор кафедры электронных приборов _____ Л. Н. Орликов

Профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ) _____ Н. С. Легостаев

Согласована на портале № 37111

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

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 "электроника и наноэлектроника".

1.2. Задачи дисциплины

– изучение и освоение студентами современных подходов и методов, используемых для анализа и описания явлений квантовой и оптической электроники;

– изучение базовых принципов квантовой и оптической электроники;

– 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

Дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» (Б1.Б.19) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Квантовая и оптическая электроника, Математика, Материалы электронной техники, Метрология и технические измерения, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Квантовая и оптическая электроника, Энергетическая электроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

– ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания; принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем

– **уметь** применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач; проводить измерения, обрабатывать и представлять результаты;

– **владеть** современными подходами и методами анализа и описания линейных и нелинейных эффектов квантовой и оптической электроники.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		6 семестр	7 семестр
Аудиторные занятия (всего)	22	8	14
Лекции	10	6	4
Практические занятия	4	2	2
Лабораторные работы	8	0	8

Согласована на портале № 37111

Самостоятельная работа (всего)	113	64	49
Подготовка к контрольным работам	8	0	8
Оформление отчетов по лабораторным работам	13	0	13
Проработка лекционного материала	57	32	25
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	35	32	3
Всего (без экзамена)	135	72	63
Подготовка и сдача экзамена	9	0	9
Общая трудоемкость, ч	144	72	72
Зачетные Единицы	4.0		

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Де к., ч	ра к. за	б. ра б.,	м. ра б.,	в (б ез	уе м ые ко м
6 семестр						
1 Описание квантовых ансамблей	4	2	0	40	46	ОПК-5, ПК-2
2 Общие вопросы построения лазеров	2	0	0	24	26	ОПК-5, ПК-2
Итого за семестр	6	2	0	64	72	
7 семестр						
3 Общие вопросы построения лазеров	2	0	4	26	32	ОПК-5, ПК-2
4 Элементы оптоэлектроники	2	2	4	23	31	ОПК-5, ПК-2
Итого за семестр	4	2	8	49	63	
Итого	10	4	8	113	135	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	ое мк ос	ые ко
6 семестр			
1 Описание квантовых ансамблей	Принципы усиления света.Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения.	4	ОПК-5, ПК-2
	Итого	4	
2 Общие вопросы построения лазеров	Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка Когерентность	2	ОПК-5, ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		6	
7 семестр			
3 Общие вопросы построения лазеров	Однородное и неоднородное уширение спектральной линии. Твердотельный лазер.	2	ОПК-5, ПК-2

Согласована на портале № 37111

	Режимы работы. Газовый лазер		
	Итого	2	
4 Элементы оптоэлектроники	Планарные оптические волноводы. Классификация оптических волноводов. Эффективная толщина волновода. Полосковые волноводы.	2	ОПК-5, ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		4	
Итого		10	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Квантовая и оптическая электроника	+	+	+	+
2 Математика	+	+	+	
3 Материалы электронной техники	+			
4 Метрология и технические измерения		+	+	
5 Физика	+	+	+	
Последующие дисциплины				
1 Квантовая и оптическая электроника	+	+	+	+
2 Энергетическая электроника	+	+	+	

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Практ. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-5	+	+	+	+	Контрольная работа, Выполнение контрольной работы, Экзамен, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

Согласована на портале № 37111

ПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Выполнение контрольной работы, Экзамен, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Формируемые компетенции
7 семестр			
3 Общие вопросы построения лазеров	Исследование основных параметров полупроводникового лазера	4	ОПК-5, ПК-2
	Итого	4	
4 Элементы оптоэлектроники	Полупроводниковые детекторы оптического излучения	4	ОПК-5, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Описание квантовых ансамблей	Уравнения Максвелла. Плоские световые волны в безграничных средах. Описание квантовых ансамблей и процессов релаксации.Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	2	ОПК-5, ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
7 семестр			
4 Элементы оптоэлектроники	Планарные оптические волноводы. Элементарная теория волноводов.	2	ОПК-5, ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
Итого		4	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 37111

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость,	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Описание квантовых ансамблей	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	20	ОПК-5, ПК-2	Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	20		
	Итого	40		
2 Общие вопросы построения лазеров	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12	ОПК-5, ПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	12		
	Итого	24		
Итого за семестр		64		
7 семестр				
3 Общие вопросы построения лазеров	Проработка лекционного материала	15	ОПК-5, ПК-2	Выполнение контрольной работы, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	7		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	26		
4 Элементы оптоэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ОПК-5, ПК-2	Выполнение контрольной работы, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	10		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	23		
Итого за семестр		49		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		122		

Согласована на портале № 37111

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. 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. : ил. - Библиогр.: с. 112. - (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)
2. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с : ил. - Библиогр.: с. 652-653. - ISBN 978-5-4372-0004-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)
3. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Башкиров А. И., Шандаров С. М. - 2012. 98 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1578 (дата обращения: 11.07.2018).

12.2. 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.)
2. 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.)
3. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шангина Л. И. - 2012. 303 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/713 (дата обращения: 11.07.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование основных параметров полупроводникового лазера [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 20 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3984 (дата обращения: 11.07.2018).
2. Полупроводниковые детекторы оптического излучения [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И., Щербина В. В. - 2014. 17 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3985 (дата обращения: 11.07.2018).
3. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3986 (дата обращения: 11.07.2018).
4. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 20 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3988 (дата обращения: 11.07.2018).
5. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Башкиров А. И. - 2014. 7 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3987 (дата обращения: 11.07.2018).
6. Физические основы квантовой и оптической электроники [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям / Шандаров С. М. - 2013. 31 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3483 (дата обращения: 11.07.2018).

Согласована на портале № 37111

7. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Шангина Л. И. - 2012. 228 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/714 (дата обращения: 11.07.2018).

12.3.2. 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.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. 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.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.3. 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:

Согласована на портале № 37111

- Учебный стенд «Оптика» (2 шт.);
- Осциллограф С 1-93;
- Источник питания ТВ-1;
- Источник питания Б5-43;
- Генератор импульсов Г5-54 (3 шт.);
- Генератор импульсов Г5-56;
- Вольтметр В7-78/1;
- Мультиметр FLUKE 8845A;
- Осциллограф TEKTRONIX TDS 2012C;
- Источник питания Mastech HY 3002D-2;
- Лабораторные стенды: «Электрооптический эффект» (2 шт.), «Фазовый портрет»;
- Компьютер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Microsoft Windows
– OpenOffice

13.1.4. 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, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

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

13.2. 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 зрениями** 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**

Согласована на портале № 37111

используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Одномерное волновое уравнение для напряженности электрического поля имеет вид	$\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}-\varepsilon\mu\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial z^2}=0;$
	$\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial z^2}-\varepsilon\mu\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}=0;$
	$\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}-\frac{1}{\varepsilon\mu}\nabla^2\vec{E}=0;$
	$\nabla^2\vec{E}-\varepsilon\mu\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}=0;$

2. В электромагнитной волне величины напряженностей электрического и магнитного полей связаны уравнением	$H_m=E_m;$
	$H_m=W\cdot E_m;$
	$H_m=\frac{E_m}{W};$
	$H_m=\int E_m dW.$

3. Оператор $\hat{A}$ называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций *u* и *v*	$\hat{A}(a_1u+a_2v)=a_1\hat{A}u+a_2\hat{A};$
	$\int v^*\hat{A}udV=\int u\hat{A}^*v^*dV;$
	$\int u_n^*v_m dV=0\ \ (m\neq n);$
	$\int u_n^*v_m dV=1\ \ (m=n).$

4. Оператор $\hat{A}$ в произвольном представлении является матрицей, элемент которой определяется выражением	$A_{mn}=\int\psi_m(x)\psi_n^*(x)dx;$
	$A_{mn}=\int\psi_m^*\hat{A}\psi_n dx;$
	$A_{mn}=<\psi\left\|\hat{A}\right\|\psi>;$
	$A_{mn}=\sum_k W_k a_{kn}^* a_{km}.$

5. Соотношение населённости уровней (N_1 и N_2), для среды, находящейся в состоянии термодинамического равновесия (уровень «1» – нижний и «2» – верхний):	$\frac{N_1}{g_1}=\frac{N_2}{g_2}\exp\left\{-\frac{E_2-E_1}{kT}\right\}$
	$\frac{N_1}{g_1}=\frac{N_2}{g_2}\exp\frac{E_2-E_1}{kT}$
	$\frac{N_1}{g_1}=\frac{N_2}{g_2}\exp\frac{E_2+E_1}{kT}$
	$g_1N_1=g_2N_2$

6. Вероятность спонтанного	*v*

Согласована на портале № 37111

излучения (коэффициент Эйнштейна A_{21}) зависит от частоты перехода ν как:	ν^2
	ν^3
	не зависит от ν

7. В ансамбле частиц с двумя уровнями энергии (первоначально находящимся в состоянии термодинамического равновесия), при оптической накачке инверсию населённостей:	можно создать при малых плотностях энергии накачки ρ
	можно создать при больших ρ
	можно создать при любых ρ
	создать невозможно в принципе

8. Условие устойчивости открытого оптического резонатора длиной L с радиусами кривизны зеркал r_1 и r_2:	$0 < \left(1-\frac{L}{r_1}\right)\left(1-\frac{L}{r_2}\right) < 1$
	$0 \le \left(1-\frac{L}{r_1}\right)\left(1-\frac{L}{r_2}\right) \le 1$
	$L<r_1$, $L<r_2$
	$L>r_1$, $L>r_2$

9. Соотношение между радиусами кривизны сферических вогнутых зеркал (r_1 и r_2) и расстоянием между ними L (длина резонатора) для *полуконфокального* резонатора:	$r_1 = \infty$, $r_2 = 2L$
	$r_1 = \infty$, $r_2 = L$
	$r_1 = r_2 = L$
	$r_1 = r_2 = 2L$

10. Аббревиатура TEM обозначает:	продольную электромагнитную волну
	поперечную электромагнитную волну
	продольную моду резонатора
	поперечную моду резонатора

11. Механизмом накачки в He-Ne лазере является:	процесс передачи энергии и заряда от He^+ атому Ne
	процесс передачи энергии от He_m атому Ne
	возбуждение атомов неона электронным ударом
	поглощение квантов света

12. Реакция передачи возбуждения, приводящая к накачке лазерного перехода в CO_2-N_2-He лазере, записывается следующим образом:	$e + CO_2 \rightarrow e + CO_2^*$
	$N_2^* + CO_2 \rightarrow N_2 + CO_2^*$
	$He^* + CO_2 \rightarrow He + CO_2^*$
	$C^* + O_2 \rightarrow CO_2^*$

13. Тип лазерного перехода в CO_2 лазере:	электронный
	колебательно-вращательный
	между уровнями СТС (сверхтонкой структуры атома)
	между уровнями ТС (тонкой структуры атома)

14. Тип лазерного перехода в He-	электронный

Согласована на портале № 37111

Ne лазере:	колебательно-вращательный
	между уровнями СТС (сверхтонкой структуры атома)
	между уровнями ТС (тонкой структуры атома)

15. Рубиновый ($Al_2O_3:Cr^{3+}$) лазер работает по следующей схеме:	2-х уровневой
	3-х уровневой
	4-х уровневой
	5-и уровневой

16. Неодимовый (ИАГ:Nd^{3+}) лазер работает по следующей схеме:	2-х уровневой
	3-х уровневой
	4-х уровневой
	5-и уровневой

17. Если обозначить через $\Delta E_В$, $\Delta E_З$, и $\Delta E_П$ ширину валентной зоны, запрещенной зоны и зоны проводимости полупроводника соответственно, то частота излучения полупроводникового лазера будет:	$\nu_{изл} \approx \Delta E_В / h$
	$\nu_{изл} \approx \Delta E_П / h$
	$\nu_{изл} \approx \Delta E_З / h$
	$\nu_{изл} \approx (\Delta E_П + \Delta E_В) / h$

18. Длина волны λ излучения, полученного при однократном удвоении основной частоты ИАГ: Nd^{3+}–лазера (λ=1,06 мкм) равна:	λ=2,12 мкм
	λ=1,06 мкм
	λ=0,53 мкм
	0,265 мкм

19. В планарном волноводе волноводный слой ограничен вдоль оси x и имеет толщину h. Для TE – моды этого волновода отличны от нуля компоненты	E_y, H_x, H_z
	H_y, E_x, E_z
	E_y, E_x, H_z
	H_y, H_x, E_z

20. В планарном волноводе волноводный слой ограничен вдоль оси x и имеет толщину h. Для TM – моды этого волновода отличны от нуля компоненты	E_y, H_x, H_z
	H_y, E_x, E_z
	E_y, E_x, H_z
	H_y, H_x, E_z

14.1.2. Экзаменационные вопросы

Принцип усиления ЭМИ
Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Материальные уравнения
Одномерное волновое уравнение. Плоские скалярные волны. Гармонические волны
Плоская волна, распространяющаяся в произвольном направлении
ЭМ плоские волны
Поляризация плоских волн
Закон сохранения энергии. Вектор Пойнтинга
Волновой пакет. Групповая скорость
Представления функции состояния. Вектор состояния. Совектор состояния
Операторы в произвольном представлении
Определение средних величин. Определение точного решения физической величины

Согласована на портале № 37111

Чистый ансамбль. Смешанный ансамбль. Матрица плотности.

Свойства матрицы плотности.

Уравнения движения для матрицы плотности

Термостатированный ансамбль в состоянии термодинамического равновесия

Описание релаксации

Общее уравнение для матрицы плотности

Двухуровневая система атомов во внешнем поле. Основные уравнения. Вероятности индуцированных переходов

Двухуровневая система атомов во внешнем поле. Анализ уравнений. Кривая Лоренца. Слабое поле. Сильное поле

Спонтанные переходы

Балансные уравнения

Элементарная теория открытых оптических резонаторов. Продольные моды. Поперечные моды

Добротность резонатора

Волновая теория открытых резонаторов

Классификация открытых резонаторов

Селекция типов колебаний в оптическом резонаторе

Когерентность и монохроматичность лазерного излучения

Расходимость лазерных пучков. Фокусировка лазерных лучей

Естественная ширина спектральных линий.

Однородное уширение спектральных линий. Неоднородное уширение спектральных линий

Схемы функционирования твердотельных лазеров

Системы накачки твердотельных лазеров

Балансные уравнения и режим непрерывной генерации

Режим свободной генерации

Лазеры с модуляцией добротности резонатора. Синхронизация продольных мод и генерация ультракоротких импульсов

Особенности газов как активного вещества для лазеров Механизмы возбуждения газоразрядных лазеров

Атомарный гелий-неоновый лазер

Молекулярный лазер на углекислом газе

Классификация мод оптических волноводов

Волноводные моды тонкопленочного волновода. Эффективная толщина волновода

Градиентные планарные волноводы

Волновые уравнения для пленочных волноводов

Моды тонкопленочного волновода по электромагнитной теории

Свойства мод тонкопленочного волновода

Волновые уравнения для градиентных планарных волноводов

14.1.3. Темы контрольных работ

Для термостатированного ансамбля, находящегося в состоянии релаксации, запишите уравнение, описывающее эволюцию недиагонального элемента □12(t) и найдите его общее решение.

14.1.4. Темы опросов на занятиях

Принципы усиления света.

Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения.

Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка Когерентность

Однородное и неоднородное уширение спектральной линии. Твердотельный лазер. Режимы работы. Газовый лазер

Планарные оптические волноводы. Классификация оптических волноводов. Эффективная толщина волновода. Полосковые волноводы.

Согласована на портале № 37111

14.1.5. Вопросы на самоподготовку

Принцип усиления ЭМИ
Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Материальные уравнения
Одномерное волновое уравнение. Плоские скалярные волны. Гармонические волны
Плоская волна, распространяющаяся в произвольном направлении
ЭМ плоские волны
Поляризация плоских волн
Закон сохранения энергии. Вектор Пойнтинга
Волновой пакет. Групповая скорость
Укажите диапазоны длин волн ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов оптического излучения.
Назовите основные световые и энергетические характеристики оптического излучения.
Охарактеризуйте основные типы переходов между энергетическими уровнями в квантовой системе и назовите виды вынужденных переходов.
Напишите условие инверсионной населенности и проведите классификацию методов энергетической накачки активных среде.
Объясните работу оптического резонатора и напишите условие самовозбуждения лазера.
Приведите структурную схему лазера, объясните назначение элементов и приведите основные оптические и электрические параметры лазеров.
Объясните принцип работы твердотельного рубинового лазера, укажите его основные параметры.
Приведите энергетическую диаграмму газового He-Ne лазера и объясните принцип его работы.
Объясните принцип работы молекулярного CO2 - лазера и ионного лазеров, назовите их основные параметры и области использования.

14.1.6. Темы лабораторных работ

Исследование основных параметров полупроводникового лазера
Полупроводниковые детекторы оптического излучения

14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными

Согласована на портале № 37111

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.

Согласована на портале № 37111