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 (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
1	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	12	12	часов
2	Контроль самостоятельной работы	2	2	часов
3	Всего контактной работы	14	14	часов
4	Самостоятельная работа	126	126	часов
5	Всего (без экзамена)	140	140	часов
6	Подготовка и сдача зачета	4	4	часов
7	Общая трудоемкость	144	144	часов
			4.0	З.Е.

Контрольные работы: 6 семестр - 1
Зачет: 6 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 41989

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 №_____.

Разработчики:

доцент каф. ТЭО	_____	Ю. В. Морозова
доцент каф. ЭП	_____	В. И. Быков
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО	_____	И. П. Черкашина
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	_____	С. Г. Михальченко

Эксперты:

Доцент кафедры технологий электронного обучения (ТЭО)	_____	Ю. В. Морозова
Профессор кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 41989

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: Материалы электронной техники, Метрология и технические измерения, Физика.

Последующими дисциплинами являются: 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
Контактная работа (всего)	14	14
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	12	12
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	126	126
Подготовка к контрольным работам	12	12

Согласована на портале № 41989

Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	114	114
Всего (без экзамена)	140	140
Подготовка и сдача зачета	4	4
Общая трудоемкость, ч	144	144
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	СРП, ч	КСР, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр					
1 Описание квантовых ансамблей	4	2	28	32	ОПК-5, ПК-2
2 Общие вопросы построения лазеров	4		58	62	ОПК-5, ПК-2
3 Интегральная оптоэлектроника	4		40	44	ОПК-5, ПК-2
Итого за семестр	12	2	126	140	
Итого	12	2	126	140	

5.2. Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
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. Однородное и неоднородное уширение спектральной линии. Твердотельный лазер. Режимы работы. Газовый лазер.	4	ОПК-5, ПК-2

Согласована на портале № 41989

	Итого	4	
3 Интегральная оптоэлектроника	Планарные оптические волноводы. Классификация оптических волноводов. Эффективная толщина волновода. Полосковые волноводы.	4	ОПК-5, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		12	

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
Предшествующие дисциплины			
1 Материалы электронной техники	+	+	+
2 Метрология и технические измерения	+	+	
3 Физика	+	+	
Последующие дисциплины			
1 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
	СРП	КСР	Сам. раб.	
ОПК-5	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Зачет, Тест
ПК-2	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Зачет, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Контроль самостоятельной работы

Виды контроля самостоятельной работы приведены в таблице 8.1.

Согласована на портале № 41989

Таблица 8.1 – Виды контроля самостоятельной работы

№	Вид контроля самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
6 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-5, ПК-2
Итого		2	

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Описание квантовых ансамблей	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	24	ОПК-5, ПК-2	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	28		
2 Общие вопросы построения лазеров	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	54	ОПК-5, ПК-2	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	58		
3 Интегральная оптоэлектроника	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	36	ОПК-5, ПК-2	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	40		
	Выполнение контрольной работы	2	ОПК-5, ПК-2	Контрольная работа
Итого за семестр		126		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет
Итого		130		

10. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)

Согласована на портале № 41989

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. Быков В. И. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / автор-сост. В. И. Быков. – Томск ФДО, ТУСУР, 2016. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 03.08.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шангина Л. И. - 2012. 303 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 03.08.2018).
2. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Башкиров А. И., Шандаров С. М. - 2012. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 03.08.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Быков В.И. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения технических направлений, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / В. И. Быков, С. М. Шандаров. – Томск ФДО, ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 03.08.2018).
2. Быков В.И. Квантовая и оптическая электроника : электронный курс / В. И. Быков. – Томск ТУСУР, ФДО, 2018. Доступ из личного кабинета студента.

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 (со свободным входом).

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 дисциплины

Кабинет для самостоятельной работы студентов

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и

Согласована на портале № 41989

промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- Microsoft Windows
- OpenOffice

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

Согласована на портале № 41989

людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

1. 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:

а) $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = 0;$

б) $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$

в) $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \frac{1}{\varepsilon\mu} \nabla^2 \vec{E} = 0;$

г) $\nabla^2 \vec{E} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$

2. Световое излучение имеет частоту $\nu = 6 \cdot 10^{14}\, Гц$. Волновое число данной волны при распространении в вакууме (k_0) и немагнитной среде (k_1) при значении диэлектрической проницаемости $\varepsilon_r = 16$:

а) k_0= 12,6 *10^6 м$^{-1}$; k_1 =50,2*10^6 м$^{-1}$;

б) k_0= 12,6 *10^9 м$^{-1}$; k_1 =50,2*10^9 м$^{-1}$;

в) k_0= 50 *10^6 м$^{-1}$; k_1 =21,2*10^9 м$^{-1}$;

г) k_0= 32 *10^9 м$^{-1}$; k_1 =128*10^6 м$^{-1}$.

3. Световая волна, распространяющаяся в среде, имеет амплитуды напряженности электрического поля $E_m = 500\, В/м$ и магнитного поля $H_m = 0{,}1\, А/м$. Волновое сопротивление среды W составляет:

а) 1000 Ом;

б) 5000 Ом;

в) 10000 Ом;

г) 1 Ом.

4. Вектор состояния представляет собой:

а) строчную матрицу коэффициентов $\|C_1 C_2 C_3, \ldots\|$ и обозначается символом $|\psi>$;

б) столбовую матрицу коэффициентов $\begin{Vmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ . \\ . \end{Vmatrix}$ и обозначается символом $|\psi>$;

в) строчную матрицу коэффициентов $\|C_1^* C_2^* C_3^*, \ldots\|$ и обозначается символом $<\psi|$;

г) столбовую матрицу коэффициентов $\begin{Vmatrix} C_1^* \\ C_2^* \\ C_3^* \\ . \\ . \end{Vmatrix}$ и обозначается символом $<\psi|$.

5. Коэффициенты Эйнштейна для поглощения и индуцированного излучения B_{12} и B_{21} связаны как:

а. $g_1 B_{12} = g_2 B_{21}$

б. $B_{12}/g_1 = B_{21}/g_2$

Согласована на портале № 41989

в. $B_{12} = \rho_\nu B_{21}$

г. $B_{21} = \rho_\nu B_{12}$

6. Вероятность индуцированного излучения с учётом формы линии при $\rho(\nu)=\rho\delta(\nu-\nu_0)$:

а. $W_u = B_{21}\,\rho$

б. $W_u = A_{21}\rho\, S(\nu_0)$

в. $W_u = B_{21}\,\rho\, S(\nu_0)$

г. $W_u = A_{21}\,\rho$

7. В состоянии, близком к термодинамическому равновесию, величина мощности ΔP, поглощаемой квантовой системой при росте интенсивности падающего излучения с частотой ν_{21}:

а. не изменяется;

б. возрастает и насыщается;

в. возрастает;

г. возрастает линейно

8. В ансамбле частиц с двумя уровнями энергии (первоначально находящимся в состоянии термодинамического равновесия), при оптической накачке инверсию населённостей:

а. можно создать при малых плотностях энергии накачки ρ

б. можно создать при больших ρ

в. можно создать при любых ρ

г. создать невозможно в принципе

9. Диагональный элемент матрицы плотности ρ_{nn}:

а) не имеет физического смысла;

б) определяет вероятность нахождения системы в n-состоянии $\rho_{nn} = \dfrac{N_n}{N}$;

в) определяет вероятность перехода системы в n-состояние $\rho_{nn} = \sum_{k\neq n} W_{kn}$;

г) определяет число частиц в системе в n-состоянии $\rho_{nn} = N_n$.

10. Термостатированный ансамбль имеет два энергетических уровня и находится в состоянии релаксации. Уравнение, описывающее эволюцию недиагонального элемента $\rho_{12}(t)$ имеет вид:

а) $\rho_{12} = C\exp\left[-i\left(\omega_{12}+\dfrac{1}{\tau_{12}}\right)t\right]$;

б) $\rho_{12} = C\exp\left(\dfrac{t}{\tau_{12}}\right)\exp\left(i\omega_{12}t\right)$;

в) $\rho_{12} = C\exp\left(-\dfrac{\tau_{12}}{t}\right)\exp\left(-i\omega_{21}t\right)$;

г) $\rho_{12} = C_{12}\exp\left(-\dfrac{t}{\tau_{12}}\right)\exp\left(i\omega_{21}t\right)$.

11. Двухуровневая система частиц имеет частоту перехода между уровнями $\omega_{21} = \dfrac{2kT}{\hbar}$ и вероятность теплового перехода $\Gamma_{21} = 2c^{-1}$. Вероятность теплового перехода Γ_{12} :

а) $\Gamma_{12} = 0,74c^{-1}$;

б) $\Gamma_{12} = 0,32c^{-1}$;

в) $\Gamma_{12} = 0,27c^{-1}$;

г) $\Gamma_{12} = 0,09c^{-1}$.

12. Из экспериментов по измерению частотной зависимости поглощения некоторым веществом получено, что она описывается кривой Лоренца, причем поглощаемая мощность на резонансной частоте составляет $10\,мкВт$, а на частоте, отличающейся от резонансной на $159\,МГц$, уменьшается до $5\,мкВт$. Время релаксации исследуемого вещества, соответствующее наблюдаемому резонансному переходу составляет:

а) $\tau = 5.37\,нс$; б) $\tau = 2.74\,нс$; в) $\tau = 7.22\,мкс$; г) $\tau = 6.29\,нс$.

Согласована на портале № 41989

14. Поглощение электромагнитного излучения двухуровневой системой в случае слабого поля будет:

а) прямо пропорционально падающей мощности;

б) нелинейно зависеть от падающей мощности;

в) зависеть нелинейно от падающей мощности с насыщением.

15. Зависимость поглощения электромагнитного поля от частоты двухуровневой системы описывается кривой:

а) Лоренца;

б) Гаусса;

в) Эйлера;

г) Лагранжа.

16. Аббревиатура ТЕМ служит для обозначения:

а. продольной электромагнитной волны

б. поперечной электромагнитной волны

в. продольной моды резонатора

17. Переход от закрытого объемного СВЧ-резонатора к открытому оптическому резонатору приводит:

а. только к сгущению спектра собственных колебаний,

б. только к прореживанию спектра собственных колебаний,

в. к сгущению спектра собственных колебаний и возрастанию $\Delta\nu$

г. к прореживанию спектра собственных колебаний и возрастанию $\Delta\nu$

18. Коэффициент поглощения излучения в активной среде составляет $k_\lambda = 0.01 см^{-1}$. Во сколько раз изменится интенсивность излучения при прохождении пути длиной $l = 50 см.$

а) $\frac{I}{I_0} = 0.9;$

б) $\frac{I}{I_0} = 0.8;$

в) $\frac{I}{I_0} = 0.7;$

г) $\frac{I}{I_0} = 0.6.$

19. Аббревиатура «ТЕА» служит для обозначения лазера:

а) лазер с поперечным разрядом и добавками аргона

б) лазер с поперечной электромагнитной волной

в) лазер атмосферного давления с поперечным разрядом

г) лазер с поперечным разрядом и добавками азота

20. Механизмом накачки в He-Ne лазере является:

а) процесс передачи энергии и заряда от He^+ атому Ne

б) процесс передачи энергии от He_m атому Ne

в) возбуждение атомов неона электронным ударом

г) поглощение квантов света

14.1.2. Зачёт

1. В электромагнитной волне величины напряженностей электрического и магнитного полей связаны уравнением:

а) $H_m = E_m;$

б) $H_m = W \cdot E_m;$

в) $H_m = \frac{E_m}{W};$

г) $H_m = \int E_m dW.$

2. Объёмная спектральная плотность энергии излучения абсолютно чёрного тела ρ_ν связана с частотой ν и температурой T как:

Согласована на портале № 41989

а. $\rho_\nu = \frac{8\pi\nu^2 \cdot h\nu B_{21}}{c^3}$

б. $\rho_\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3}(e^{-\frac{h\nu}{kT}} - 1)^{-1}$

в. $\rho_\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3}$

3. Контур коэффициента усиления однородно уширенной линии при росте интенсивности падающего излучения:

а. насыщается с образованием провала;

б. насыщается и “проседает” равномерно во всей полосе частот;

в. не изменяется;

г. насыщается с образованием двух симметричных провалов.

4. Для лазера с длиной резонатора 15 см, генерирующего в режиме синхронизации 40 продольных мод, длительность импульса и их период повторения составляют:

а) $\tau = 5 \cdot 10^{-12}\, c, T = 10 нс$;

б) $\tau = 2.5 \cdot 10^{-12}\, c, T = 5 нс$;

в) $\tau = 5 \cdot 10^{-11}\, c, T = 2.5 нс$;

г) $\tau = 2.5 \cdot 10^{-11}\, c, T = 1 нс$.

5. Длина волны λ излучения, полученного при сложении основной частоты (λ=1,06 мкм) и удвоенной частоты ИАГ, Nd^{3+}–лазера:

а) λ=0,355 мкм

б) λ=1,06 мкм

в) λ=0,53 мкм

г) λ=0,265 мкм

6. Тип лазерного перехода в CO_2 лазере:

а) электронный

б) колебательно-вращательный

в) между уровнями сверхтонкой структуры (СТС) атомов

г) между уровнями тонкой структуры (ТС) атомов

7. Для CO_2 лазера требование к времени охлаждения газа (t) *при тепловой накачке* для создания инверсии на лазерном переходе (τ_2 и τ_1 – времена жизни уровней) будет:

а) $t < \tau_2$

б) $t << \tau_2$

в) $t > \tau_1$

г) $t >> \tau_2$

8. Тип лазерного перехода в эксимерном лазере:

а) электронный

б) колебательно-вращательный

в) между уровнями сверхтонкой структуры (СТС) атомов

г) между уровнями тонкой структуры (ТС) атомов

9. Реакция передачи энергии возбуждения в He-Ne-лазере от метастабильного атома гелия атому неона происходит вследствие того, что:

а) $\tau(He_m) << \tau(Ne^*(2))$

б) $\tau(He_m) >> \tau(Ne^*(2))$

в) реакция экзотермическая

г) реакция эндотермическая

10. Использование “медленной” прокачки газовой смеси в CO_2-N_2-He-лазере позволяет повысить мощность:

а) только за счет увеличения числа молекул CO_2 в нижнем лазерном состоянии

б) только за счет уменьшения числа молекул CO_2 в нижнем лазерном состоянии

в) за счет введения свежей смеси и уменьшения числа молекул CO_2 в нижнем лазерном

Согласована на портале № 41989

состоянии (для длинных трубок)

г) только за счет введения свежей смеси

11. Использование “быстрой” прокачки газовой смеси в CO_2-N_2-He-лазере позволяет повысить мощность за счёт:

а) за счет введения свежей смеси и уменьшения числа молекул CO_2 в нижнем лазерном состоянии

б) только за счет увеличения числа молекул CO_2 в нижнем лазерном состоянии

в) только за счет уменьшения числа молекул CO_2 в нижнем лазерном состоянии

г) только за счет введения свежей смеси

12. Ширина запрещенной зоны арсенида галлия составляет $1.370\,эВ$ при температуре $300\,K$. Длина волны излучения полупроводникового лазера при данной температуре равна:

а) $\lambda = 0.633\,мкм$;

б) $\lambda = 907\,нм$;

в) $\lambda = 1024\,нм$;

г) $\lambda = 534\,нм$.

13. Для полупроводникового лазера на GaAs с оптической накачкой и шириной запрещенной зоны арсенида галлия составляющей $\Delta E = 1.370\,эВ$ необходимые значения длины волны лазерного излучения накачки составляют:

а) $\lambda > 0.633\,мкм$; б) $\lambda > 907\,нм$; в) $\lambda < 907\,нм$; г) $\lambda < 633\,нм$.

14. Для пленочного планарного волновода из Ta_2O_5 с показателем преломления $n_0 = 2.08$, нанесенного на стеклянную подложку с показателем преломления $n_1 = 1.51$, и с воздушной покровной средой минимально необходимая толщина волноводного слоя для моды TE_2, возбуждаемой излучением с длиной волны $\lambda = 633\,нм$ составляет:

а) $\left(\frac{h}{\lambda}\right)_{\min} = 357\,нм$;

б) $\left(\frac{h}{\lambda}\right)_{\min} = 432\,нм$;

в) $\left(\frac{h}{\lambda}\right)_{\min} = 490\,нм$;

г) $\left(\frac{h}{\lambda}\right)_{\min} = 535\,нм$.

15. Волноводный слой в планарном волноводе ограничен в направлении x. Свет в волноводе распространяется вдоль оси z. Для $TE-мод$ отличны от нуля компоненты поля:

а) E_x, E_y, H_z;

б) E_x, H_y, H_z;

в) E_y, H_x, H_z;

г) E_x, E_z, H_y.

16. Условием для волноводного распространения света является соотношение показателей преломления пленки n_0, подложки n_1 и покрывного материала n_2. Какое соотношение является верным:

а) $n_0 > n_1, n_2$

б) $n_1 > n_0, n_2$

в) $n_2 < n_1, n_0$

г) $n_0 < n_1, n_2$

17.Волноводы, ограниченные лишь в одном направлении, называются:

а) акустические

б) планарные

в) ступенчатые

г) полосковые

Согласована на портале № 41989

18. Для лазера на красителе изображенные на оси *частоты*:

а) полоса люминесценции (излучения) находится левее полосы его поглощения (оптической накачки)

б) полоса люминесценции находится правее полосы его поглощения

в) полоса поглощения и полоса люминесценции совпадают

19. Накачка активной среды жидкостного лазера на красителе, осуществляется:

а) облучением светом (оптическая накачка)

б) пропусканием через раствор электрического тока

в) перемешиванием раствора в кювете

20. В молекулярном лазере на углекислом газе расстояние между соседними колебательными уровнями молекул азота, используемого в качестве вспомогательного газа, составляет $0.292\,эВ$. Максимально возможный коэффициент полезного действия (кпд), в пренебрежение всеми возможными потерями при генерации данного лазера на длине волны 10.6 мкм составляет:

а) $\eta = 10\%$;

б) $\eta = 20\%$;

в) $\eta = 40\%$;

г) $\eta = 60\%$.

14.1.3. Темы контрольных работ

Квантовая и оптическая электроника

1. Какой закон излучения абсолютно чёрного тела не удается объяснить без использования гипотезы квантов?

а. Релея-Джинса

б. Стефана-Больцмана

в. Вина

г. Кирхгофа

2. Соотношение населённости уровней (N_1 и N_2) для среды, находящейся в состоянии термодинамического равновесия (уровень «1» – нижний и «2» – верхний):

а. $\frac{N_1}{g_1} = \frac{N_2}{g_2}\exp\left\{-\frac{E_2 - E_1}{kT}\right\}$

б. $\frac{N_1}{g_1} = \frac{N_2}{g_2}\exp\frac{E_2 - E_1}{kT}$

в. $\frac{N_1}{g_1} = \frac{N_2}{g_2}\exp\frac{E_2 + E_1}{kT}$

3. Термостатированный ансамбль имеет два энергетических уровня и находится в состоянии релаксации. Уравнение, описывающее эволюцию диагонального элемента $\rho_{22}(t)$, имеет вид:

а) $\rho_{22}(t) = \left(\rho_{22}(0) - \frac{\Gamma_{12}}{\Gamma_{12} + \Gamma_{21}}\right)\exp\left(-\left[\Gamma_{12} + \Gamma_{21}\right]t\right) + \frac{\Gamma_{12}}{\Gamma_{12} + \Gamma_{21}}$;

б) $\rho_{22}(t) = \left(\rho_{22}(0) - \frac{\Gamma_{21}}{\Gamma_{12} + \Gamma_{21}}\right)\exp\left(-\left[\Gamma_{12} + \Gamma_{21}\right]t\right) + \frac{\Gamma_{21}}{\Gamma_{12} + \Gamma_{21}}$;

в) $\rho_{22}(t) = \left(\rho_{22}(0) - \frac{\Gamma_{12}}{\Gamma_{12} - \Gamma_{21}}\right)\exp\left(-\left[\Gamma_{12} - \Gamma_{21}\right]t\right) + \frac{\Gamma_{12}}{\Gamma_{12} - \Gamma_{21}}$;

г) $\rho_{22}(t) = \left(\rho_{22}(0) - \frac{\Gamma_{21}}{\Gamma_{12} - \Gamma_{21}}\right)\exp\left(-\left[\Gamma_{12} - \Gamma_{21}\right]t\right) + \frac{\Gamma_{21}}{\Gamma_{12} - \Gamma_{21}}$.

4. В неравновесной четырехуровневой системе с энергиями частиц на уровнях $E_1 = 0\,эВ, E_2 = 0.1\,эВ, E_3 = 1.1\,эВ, E_4 = 1.2\,эВ$ их населенности составляют $N_1 = 1\times10^{22}\,м^{-3}, N_2 = 0.03\times10^{22}\,м^{-3}, N_3 = 0.5\times10^{22}\,м^{-3}, N_4 = 1\times10^{16}\,м^{-3}$. Длина волны светового излучения, которое будет усиливаться за счет индуцированных переходов между уровнями данной системы частиц составляет:

Согласована на портале № 41989

а) $\lambda = 621 нм$;

б) $\lambda = 1.242 мкм$;

в) $\lambda = 2.484 мкм$;

г) $\lambda = 898 нм$.

5. В молекулярном лазере на углекислом газе расстояние между соседними колебательными уровнями молекул азота, используемого в качестве вспомогательного газа, составляет $0.292 эВ$. Максимально возможный коэффициент полезного действия (кпд), в пренебрежение всеми возможными потерями при генерации данного лазера на длине волны 9.4 мкм составляет:

а) $\eta = 40\%$;

б) $\eta = 45\%$;

в) $\eta = 50\%$;

г) $\eta = 55\%$.

6. Для лазера на красителе изображенные *на оси длин волн*:

а) полоса поглощения (оптической накачки) и полоса люминесценции (излучения) совпадают

б) полоса поглощения находится правее полосы его люминесценции

в) полоса поглощения находится левее полосы его люминесценции

7. Для лазера на красителе изображенные на оси *частоты*:

а) полоса люминесценции (излучения) находится левее полосы его поглощения (оптической накачки)

б) полоса люминесценции находится правее полосы его поглощения

в) полоса поглощения и полоса люминесценции совпадают

8. Волноводы, ограниченные лишь в одном направлении, называются:

а) акустические

б) планарные

в) ступенчатые

г) полосковые

9. На какие типы подразделяются моды планарного волновода?

а) TN,TA

б) TE, TM

в) TE,TA

г) TA,TM

10. Чему соответствует минимальная толщина волновода?

а) TE_0 – моде

б) TE_1 - моде

в) TM_0 – моде

г) TM_1- моде

14.1.4. 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:

Согласована на портале № 41989

- чтение или просмотр материала необходимо осуществлять медленно, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

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

- необходимо осмысливать прочитанное и изученное, отвечать на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия в форме вебинаров. Расписание вебинаров публикуется в кабинете студента на сайте Университета. Запись вебинара публикуется в электронном курсе по дисциплине.

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 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:

Согласована на портале № 41989

– 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 № 41989