МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В
«22» _____02_____ 2023 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: **Факультет дистанционного обучения (ФДО)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
Самостоятельная работа	128	128	часов
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	10	10	часов
Контрольные работы	2	2	часов
Подготовка и сдача зачета	4	4	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
		4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр	Количество
Зачет	8	
Контрольные работы	8	1

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 77032

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 "электроника и наноэлектроника".

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: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.09.
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
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знает фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Умеет применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеет методами обработки результатов измерений

Согласована на портале № 77032

Профессиональные компетенции		
ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов	Знает фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания
	ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов	Умеет применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач
	ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем	Владеет навыками подготовки принципиальных схем лазеров различных типов

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
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	12	12
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	10	10
Контрольные работы	2	2
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	128	128
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	121	121
Подготовка к контрольной работе	7	7
Подготовка и сдача зачета	4	4
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

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	Контр. раб.	СРП, ч.	Сам. раб., ч	Всего часов (без промежуточной аттестации)	Формируемые компетенции
8 семестр					

Согласована на портале № 77032

1 Описание электромагнитного излучения оптического диапазона	2	1	11	14	ОПК-1, ПК-3
2 Энергетические состояния квантовых систем		2	21	23	ОПК-1, ПК-3
3 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом		2	21	23	ОПК-1, ПК-3
4 Общие вопросы построения лазеров		1	20	21	ОПК-1, ПК-3
5 твердотельные лазеры		1	19	20	ОПК-1, ПК-3
6 газовые лазеры. Другие типы лазеров		2	19	21	ОПК-1, ПК-3
7 интегральная оптоэлектроника		1	17	18	ОПК-1, ПК-3
Итого за семестр	2	10	128	140	
Итого	2	10	128	140	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины	СРП, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Описание электромагнитного излучения оптического диапазона	Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Материальные уравнения. Граничные условия. Волновое уравнение для немагнитной среды. Одномерное волновое уравнение. Плоские скалярные волны. Плоская волна, распространяющаяся в произвольном направлении. Электромагнитные плоские волны. Поляризация плоских электромагнитных волн. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Распространение волновых пакетов. Групповая скорость.	1	ОПК-1, ПК-3
	Итого	1	

Согласована на портале № 77032

2 Энергетические состояния квантовых систем	Оптические спектры испускания. Элементарные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом. Принцип квантового усиления электромагнитных волн. Описание квантовых ансамблей и процессов релаксации. Представления функции состояния. Операторы в произвольном представлении. Расчет средних и точных значений физических величин при использовании операторов в матричной форме. Смешанный ансамбль и матрица плотности. Уравнение движения для матрицы плотности смешанного ансамбля. Термостатированный ансамбль. Описание релаксации. Общее уравнение для матрицы плотности.	2	ОПК-1, ПК-3
	Итого	2	
3 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	Электрические и магнитные дипольные моменты и энергия взаимодействия микрочастиц с внешним полем. Двухуровневая система микрочастиц во внешнем поле. Основные уравнения. Вероятности индуцированных переходов. Анализ поглощения электромагнитного поля двухуровневой системой. Эффект насыщения. Спонтанные переходы. Балансные уравнения	2	ОПК-1, ПК-3
	Итого	2	
4 Общие вопросы построения лазеров	Особенности оптического диапазона. Усиление оптического излучения. Принцип действия лазера. Элементарная теория открытых оптических резонаторов. Добротность резонатора. Волновая теория открытых резонаторов. Классификация оптических резонаторов. Селекция типов колебаний в оптических резонаторах. Характеристики лазерного излучения. Уширение спектральных линий.	1	ОПК-1, ПК-3
	Итого	1	
5 твердотельные лазеры	Схемы функционирования твердотельных лазеров. Системы накачки твердотельных лазеров. Балансные уравнения и режим непрерывной генерации в твердотельных лазерах. Режим свободной генерации. Лазеры с модуляцией добротности резонатора. Синхронизация продольных мод и генерация ультракоротких импульсов. Рубиновый лазер. Неодимовый стеклянный лазер. Nd-ИАГ - лазеры. Волоконные лазеры.	1	ОПК-1, ПК-3
	Итого	1	

Согласована на портале № 77032

6 газовые лазеры. Другие типы лазеров	Особенности газов как активного вещества для лазеров. Механизмы возбуждения газоразрядных лазеров. Атомарный гелий-неоновый лазер. Лазеры на парах металлов. Ионный аргоновый лазер. Молекулярные лазеры. Газовые лазеры в УФ-диапазоне (N2 и H2-лазеры). Молекулярный лазер на углекислом газе. Газодинамические лазеры. Эксимерные лазеры. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Жидкостные лазеры.	2	ОПК-1, ПК-3
	Итого	2	
7 интегральная оптоэлектроника	Историческая справка. Основные физические принципы интегральной оптоэлектроники. Достижения и перспективы интегральной оптоэлектроники. Планарные волноводы. Классификация оптических волноводов. Геометрическая оптика планарных волноводов. Электромагнитная теория планарных волноводов. Полосковые волноводы.	1	ОПК-1, ПК-3
	Итого	1	
	Итого за семестр	10	
	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
8 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-1, ПК-3
	Итого за семестр	2	
	Итого	2	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

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

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				

Согласована на портале № 77032

1 Описание электромагнитного излучения оптического диапазона	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	10	ОПК-1, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-1, ПК-3	Контрольная работа
	Итого	11		
2 Энергетические состояния квантовых систем	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	20	ОПК-1, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-1, ПК-3	Контрольная работа
	Итого	21		
3 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	20	ОПК-1, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-1, ПК-3	Контрольная работа
	Итого	21		
4 Общие вопросы построения лазеров	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	19	ОПК-1, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-1, ПК-3	Контрольная работа
	Итого	20		
5 твердотельные лазеры	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	18	ОПК-1, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-1, ПК-3	Контрольная работа
	Итого	19		
6 газовые лазеры. Другие типы лазеров	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	18	ОПК-1, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-1, ПК-3	Контрольная работа
	Итого	19		

Согласована на портале № 77032

7 интегральная оптоэлектроника	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	16	ОПК-1, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-1, ПК-3	Контрольная работа
	Итого	17		
Итого за семестр		128		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет
Итого		132		

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Конт.Раб.	СРП	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Тестирование
ПК-3	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Быков В. И. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Быков В. И. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2016. – 192 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

7.2. Дополнительная литература

1. Башкиров, А. И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. И. Башкиров. — Москва : ТУСУР, 2012. — 20 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/11104.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Быков В. И. Квантовая и оптическая электроника : методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения технических направлений подготовки, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / В. И. Быков, С. М. Шандаров. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 22 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся

Согласована на портале № 77032

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. Иное учебно-методическое обеспечение

1. Быков В. И. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: электронный курс / В. И. Быков – Томск : ФДО, ТУСУР, 2016. (доступ из личного кабинета студента) .

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

Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов

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

Описание имеющегося оборудования:

- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники с микрофоном - 6 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows;

8.2. 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, 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;

Согласована на портале № 77032

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

8.3. 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 Описание электромагнитного излучения оптического диапазона	ОПК-1, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Энергетические состояния квантовых систем	ОПК-1, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 77032

3 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	ОПК-1, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Общие вопросы построения лазеров	ОПК-1, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 твердотельные лазеры	ОПК-1, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 газовые лазеры. Другие типы лазеров	ОПК-1, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 интегральная оптоэлектроника	ОПК-1, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

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

Согласована на портале № 77032

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 **ориентирования**, 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 **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** 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 **системном** 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

1. Какой вид имеет одномерное волновое уравнение для напряженности электрического поля?

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

Согласована на портале № 77032

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

2. Каким уравнением связаны величины напряженностей электрического и магнитного полей в электромагнитной волне?
   а) $H_m = E_m$;
   б) $H_m = W \cdot E_m$;
   в) $H_m = \frac{E_m}{W}$;
   г) $H_m = \int E_m dW$.
3. Какое условие выполняется для любых двух функций u и v, если оператор $\hat{A}$ называется самосопряженным (эрмитовым)?
   а) $\hat{A}(a_1u + a_2v) = a_1\hat{A}u + a_2\hat{A}$;
   б) $\int v^*\hat{A}u dV = \int u\hat{A}^*v^* dV$;
   в) $\int u_n^* v_m dV = 0 \ \ (m \neq n)$;
   г) $\int u_n^* v_m dV = 1 \ \ (m = n)$.
4. Каким выражением определяется матричный элемент оператора A_{mn} в произвольном представлении?
   а) $A_{mn} = \int \psi_m(x)\psi_n^*(x)\,dx$;
   б) $A_{mn} = \int \psi_m^*\hat{A}\psi_n dx$;
   в) $A_{mn} = <\psi\left|\hat{A}\right|\psi>$
   г) $A_{mn} = \sum_k W_k a_{kn}^* a_{km}$.
5. Каково 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) $\frac{N_1}{g_1} = \frac{N_2}{g_2}\exp\frac{E_2 + E_1}{kT}$
   г) $g_1N_1 = g_2N_2$
6. Как зависит вероятность спонтанного излучения (коэффициент Эйнштейна A_{21}) от частоты перехода ν?
   а) ν
   б) ν^2
   в) ν^3
   г) не зависит от ν
7. При каких условиях в ансамбле частиц с двумя уровнями энергии (первоначально находящимся в состоянии термодинамического равновесия), при оптической накачке можно создать 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

Согласована на портале № 77032

8. 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) $0\le\left(1-\frac{L}{r_1}\right)\left(1-\frac{L}{r_2}\right)\le 1$

в) $L<r_1, L<r_2$

г) $L>r_1, L>r_2$

9. 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) $r_1=r_2=2L$

10. Что обозначает аббревиатура TEM?

а) продольную электромагнитную волну

б) поперечную электромагнитную волну

в) продольную моду резонатора

г) поперечную моду резонатора

11. Каким образом происходит накачка в He-Ne лазере?

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

б) процесс передачи энергии от He^* атому Ne

в) возбуждение атомов неона электронным ударом

г) поглощение квантов света

12. Каким образом записывается реакция передачи возбуждения, приводящая к накачке лазерного перехода в CO_2-N_2-He лазере?

а) $e+CO_2\rightarrow e+CO_2^*$

б) $N_2^*+CO_2\rightarrow N_2+CO_2^*$

в) $He^*+CO_2\rightarrow He+CO_2^*$

г) $C+O_2\rightarrow CO_2^*$

13. Какой тип лазерного перехода в CO_2 лазере?

а) электронный
б) колебательно-вращательный
в) между уровнями СТС (сверхтонкой структуры атома)
г) между уровнями ТС (тонкой структуры атома)

14. Какой тип лазерного перехода в $He-Ne$ лазере?

а) электронный
б) колебательно-вращательный
в) между уровнями СТС (сверхтонкой структуры атома)
г) между уровнями ТС (тонкой структуры атома)

15. По какой схеме создания инверсии населенности работает рубиновый ($Al_2O_3:Cr^{3+}$) лазер?

а) 2-х уровневой
б) 3-х уровневой

Согласована на портале № 77032

в) 4-х уровневой
г) 5-и уровневой

16. По какой схеме создания инверсии населенности работает неодимовый (ИАГ: Nd^{3+}) лазер?
    а) 2-х уровневой
    б) 3-х уровневой
    в) 4-х уровневой
    г) 5-и уровневой
17. Если обозначить через $\Delta E_В, \Delta E_З, \Delta E_П$ ширину валентной зоны, запрещенной зоны и зоны проводимости полупроводника соответственно, то чему будет равна частота излучения полупроводникового лазера?
    а) $\nu_{изл} \approx \Delta E_В / h$
    б) $\nu_{изл} \approx \Delta E_П / h$
    в) $\nu_{изл} \approx \Delta E_З / h$
    г) $\nu_{изл} \approx (\Delta E_П + \Delta E_В) / h$
18. Чему равна длина волны λ излучения, полученного при однократном удвоении основной частоты ИАГ: Nd^{3+} –лазера (λ=1,06 мкм)?
    а) λ=2,12 мкм
    б) λ=1,06 мкм
    в) λ=0,53 мкм
    г)λ=0,265 мкм
19. В планарном волноводе волноводный слой ограничен вдоль оси x и имеет толщину h. Для ТЕ моды этого волновода какие компоненты электромагнитного поля будут отличны от нуля?
    а) E_y, H_x, H_z
    б) H_y, E_x, E_z
    в) E_y, E_x, H_z
    г) H_y, H_x, E_z
20. В планарном волноводе волноводный слой ограничен вдоль оси x и имеет толщину h. Для ТМ моды этого волновода какие компоненты электромагнитного поля будут отличны от нуля?
    а) E_y, H_x, H_z
    б) H_y, E_x, E_z
    в) E_y, E_x, H_z
    г) H_y, H_x, E_z

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Что представляет собой вектор состояния?
    а) строчную матрицу коэффициентов $\|C_1 C_2 C_3, \ldots\|$ и обозначается символом $|\psi\rangle$
    б) строчную матрицу коэффициентов $\|C_1^* C_2^* C_3^*, \ldots\|$ и обозначается символом

$\langle\psi|$

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

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

2. Что называется совектором состояния?

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

б) строчную матрицу коэффициентов $\|C_1^* C_2^* C_3^*, \ldots\|$ и обозначается символом $\langle\psi|$

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

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

3. Как связана объемная спектральная плотность энергии излучения абсолютно черного тела

Согласована на портале № 77032

ρ_ν с частотой ν и температурой T ?

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

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

в) $\rho_\nu = \dfrac{8\pi\nu^3}{c^3}$

г) $\rho_\nu = \dfrac{8\pi\nu^2}{c^3} kT$

4. Каково соотношение населенностей верхнего и нижнего уровней для среды, находящейся в состоянии термодинамического равновесия?

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

б) $\dfrac{N_1}{g_1} = \dfrac{N_2}{g_2}\exp\left\{\dfrac{E_2 - E_1}{kT}\right\}$

в) $\dfrac{N_1}{g_1} = \dfrac{N_2}{g_2}\exp\left\{\dfrac{E_1 + E_2}{kT}\right\}$

г) $\dfrac{N_1}{g_1} = \dfrac{N_2}{g_2}\left(\dfrac{E_2 - E_1}{kT}\right)$

5. Как связаны коэффициенты Эйнштейна для поглощения и индуцированного перехода?

а) $g_1 B_{12} = g_2 B_{21}$

б) $B_{12}/g_1 = B_{21}/g_2$

в) $B_{12} = \rho_\nu B_{21}$

г) $B_{21} = \rho_\nu B_{12}$

6. Какова ширина спектральной линии $\Delta\nu_{одн}$ на полувысоте однородно уширенного контура?

а) $\Delta\nu_{одн} = \sum_i \dfrac{1}{2\pi\tau_i}$

б) $\Delta\nu_{одн} = \dfrac{c}{2Ln}$

в) $\Delta\nu_{одн} = \sum_i \frac{1}{\tau_i}$

г) $\Delta\nu_{одн} = \frac{2cn}{L}$

7. Каким выражением описывается матричный элемент матрицы плотности?

а) $\rho_{kn} = \sum_m W_m C_{mk} C_{mn}^*$

б) $\rho_{kn} = \sum W_k C_{mk} C_{mn}$

в) $\rho_{kn} = \sum_m \overline{W}_n C_{mk} C_{mn}$

г) $\rho_{kn} = \sum_k W_k C_{kn} C_{km}^*$

8. Какой физический смысл имеет диагональный элемент матрицы плотности?
а) не имеет физического смысла

б) определяет вероятность нахождения системы k-состоянии $\rho_{kk} = \frac{N_k}{N}$

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

г) определяет число частиц в системе в k-состоянии $\rho_{kk} = N_k$

9. Чему равен шпур матрицы плотности?

а) $Sp\hat{\rho} = 0$

б) $Sp\hat{\rho} = 1$

в) $Sp\hat{\rho} = 2$

г) $Sp\hat{\rho} = 10$

10. Как определяется среднее значение физической величины F?

а) $F_{cp} = Sp\left(\hat{\rho}\hat{F}\right)$

б) $F_{cp} = Sp\left(\hat{F}\hat{\rho}\right)$

в) $F_{cp} = \left(\hat{\rho}\hat{F}\right)$

г) $F_{cp} = \left(\hat{F}\hat{\rho}\right)$

11. Термостатированный ансамбль имеет два энергетических уровня и находится в состоянии релаксации. Какой вид имеет уравнение, описывающее эволюцию недиагонального элемента матрицы плотности ρ_{12} ?

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

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

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

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

9.1.3. Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы

Тема: Квантовая и оптическая электроника.

1. Для микрочастицы, имеющей два энергетических уровня, на каждом из которых она описывается четной волновой функцией, матрица оператора электродипольного момента имеет вид:

а) $\hat{\hat{p}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix};$

б) $\hat{\hat{p}} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix};$

в) $\hat{\hat{p}} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix};$

г) $\hat{\hat{p}} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}.$

2. Оператор электродипольного момента обладает свойством:

а) След матрицы $\mathrm{Sp}\,\hat{\hat{p}} = 1;$

б) матрица $\hat{\hat{p}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix};$

в) диагональные элементы матрицы равны 0;

г) матрица $\hat{\hat{p}} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}.$

3. Внешнее электромагнитное поле воздействует на трехуровневую систему с частотой перехода ω_{32}. Балансное уравнение для числа частиц на верхнем уровне с учетом всех возможных переходов имеет вид:

а)
$$\frac{d}{dt}N_3 = N_1\left(\Gamma_{13} + W + A_{13}\right) + N_2\left(\Gamma_{23} + W + A_{23}\right) - N_3\left(\Gamma_{31} + \Gamma_{32} + W + A_{31} + A_{32}\right);$$

б)
$$\frac{d}{dt}N_3 = N_1\left(\Gamma_{13}\right) + N_2\left(\Gamma_{23} + W\right) - N_3\left(\Gamma_{31} + \Gamma_{32} + W + A_{31} + A_{32}\right);$$

в)
$$\frac{d}{dt}N_3 = N_3\left(\Gamma_{31} + \Gamma_{32} + A_{31} + A_{32} + W\right) - N_2\left(\Gamma_{23} + W + A_{23}\right) - N_1\left(\Gamma_{13} + W + A_{13}\right);$$

г)

$$\frac{d}{dt}N_3 = N_3\left(\Gamma_{31}+\Gamma_{32}+W+A_{31}+A_{32}\right)-N_2\left(\Gamma_{23}+W\right)-N_1\left(\Gamma_{13}\right).$$

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:
а) $\lambda = 621\,нм;$
б) $\lambda = 1.242\,мкм;$
в) $\lambda = 2.484\,мкм;$
г) $\lambda = 898\,нм.$
5. 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) $\tau = 6.29\,нс.$
6. Двухуровневая система микрочастиц находится во внешнем переменном электромагнитном поле с частотой, соответствующей переходу с одного уровня на другой ω_{21}. Балансное уравнение для числа частиц на нижнем уровне может быть записано в виде:
а) $\frac{d}{dt}\rho_{11} = \left(\Gamma_{12}+W\right)\rho_{22}+\left(\Gamma_{21}-W\right)\rho_{11};$
б) $\frac{d}{dt}\rho_{11} = \left(\Gamma_{12}+W\right)\rho_{22}-\left(\Gamma_{21}+W\right)\rho_{11};$
в) $\frac{d}{dt}\rho_{11} = \left(\Gamma_{21}+W\right)\rho_{22}-\left(\Gamma_{12}+W\right)\rho_{11};$
г) $\frac{d}{dt}\rho_{11} = \left(\Gamma_{21}-W\right)\rho_{22}-\left(\Gamma_{12}-W\right)\rho_{11}.$
7. 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;
г) не зависеть от падающей мощности.
8. Поглощение электромагнитного излучения двухуровневой системой в случае сильного поля будет:

а) прямо пропорционально падающей мощности;
б) нелинейно зависеть от падающей мощности;
в) зависеть нелинейно от падающей мощности с насыщением;
г) не зависеть от падающей мощности.

9. Поглощение электромагнитного излучения двухуровневой системой в случае слабого поля будет:
а) не зависеть от частоты поля;
б) прямо пропорционально частоте поля;
в) квадратично частоте поля;
г) сильно зависеть от частоты поля.
10. Зависимость поглощения электромагнитного поля от частоты двухуровневой системы описывается кривой:
а) Лоренца;
б) Гаусса;
в) Эйлера;
г) Лагранжа.

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 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

Согласована на портале № 77032

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.

Согласована на портале № 77032

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол №01-23 от «13» 1 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca
Декан ФДО	И.П. Черкашина	Согласовано, 4580bdea-d7a1-4d22-bda1-21376d739cfc

ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. ТЭО	А.В. Гураков	Согласовано, 4bfa5749-993c-4879-adcf-c25c69321c91
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

Согласована на портале № 77032