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 учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 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: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Практические занятия	14	14	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	54	54	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	6

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 61162

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

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

1.2. Задачи дисциплины

1. изучение и освоение студентами современных подходов и методов, используемых для анализа и описания явлений квантовой и оптической электроники.
2. изучение базовых принципов квантовой и оптической электроники.
3. изучение основных принципов построения и реализации устройств квантовой и оптической электроники, рассмотрение примеров конкретных устройств, технологических подходов к их изготовлению и использованию в технологических приложениях.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.3.7.
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-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1. Знает основные принципы проведения экспериментальных исследований и использования основных приемов обработки и представления полученных данных	знает фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания
	ОПК-2.2. Умеет выбирать эффективную методику экспериментальных исследований	знает фундаментальные принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем
	ОПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных	умеет применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 61162

ПКР-6. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	ПКР-6.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков.	умеет проводить измерения, обрабатывать и представлять результаты
	ПКР-6.2. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов.	владеет современными подходами и методами анализа и описания линейных и нелинейных эффектов квантовой и оптической электроники.

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
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	54	54
Лекционные занятия	28	28
Практические занятия	14	14
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	54	54
Подготовка к тестированию	36	36
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	18	18
Подготовка и сдача экзамена	36	36
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	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр						
1 Свойства электромагнитных волн	4	2	-	6	12	ОПК-2, ПКР-6

Согласована на портале № 61162

2 Описание квантовых ансамблей	8	6	-	8	22	ОПК-2, ПКР-6
3 Общие вопросы построения лазеров	6	2	4	16	28	ОПК-2, ПКР-6
4 Основные типы лазеров	6	2	4	12	24	ОПК-2, ПКР-6
5 Элементы оптоэлектроники	4	2	4	12	22	ОПК-2, ПКР-6
Итого за семестр	28	14	12	54	108	
Итого	28	14	12	54	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Свойства электромагнитных волн	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	4	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	4	
2 Описание квантовых ансамблей	Представления функции состояния. Вектор состояния; совектор состояния; операторы в произвольном представлении Определение средних величин. Определение точного решения физической величины 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	8	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	8	

Согласована на портале № 61162

3 Общие вопросы построения лазеров	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	6	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	6	
4 Основные типы лазеров	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	6	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	6	
5 Элементы оптоэлектроники	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	4	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	4	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			

Согласована на портале № 61162

1 Свойства электромагнитных волн	Уравнения Максвелла. Плоские световые волны в безграничных средах.	2	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	2	
2 Описание квантовых ансамблей	Описание квантовых ансамблей и процессов релаксации. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	6	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	6	
3 Общие вопросы построения лазеров	Оптические резонаторы. Характеристики лазерного излучения	2	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	2	
4 Основные типы лазеров	Твердотельные лазеры. Газовые лазеры.	2	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	2	
5 Элементы оптоэлектроники	Планарные оптические волноводы. Элементарная теория волноводов	2	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	2	
Итого за семестр		14	
Итого		14	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
3 Общие вопросы построения лазеров	Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов.	4	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	4	
4 Основные типы лазеров	Исследование основных параметров полупроводникового лазера	4	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	4	
5 Элементы оптоэлектроники	Полупроводниковые детекторы оптического излучения	4	ОПК-2, ПКР-6
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в

Согласована на портале № 61162

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
6 семестр				
1 Свойства электромагнитных волн	Подготовка к тестированию	6	ОПК-2, ПКР-6	Тестирование
	Итого	6		
2 Описание квантовых ансамблей	Подготовка к тестированию	8	ОПК-2, ПКР-6	Тестирование
	Итого	8		
3 Общие вопросы построения лазеров	Подготовка к тестированию	10	ОПК-2, ПКР-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ОПК-2, ПКР-6	Лабораторная работа
	Итого	16		
4 Основные типы лазеров	Подготовка к тестированию	6	ОПК-2, ПКР-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ОПК-2, ПКР-6	Лабораторная работа
	Итого	12		
5 Элементы оптоэлектроники	Подготовка к тестированию	6	ОПК-2, ПКР-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ОПК-2, ПКР-6	Лабораторная работа
	Итого	12		
Итого за семестр		54		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		90		

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
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-2	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен
ПКР-6	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Согласована на портале № 61162

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Лабораторная работа	10	10	10	30
Тестирование	10	10	20	40
Экзамен				30
Итого максимум за период	20	20	30	100
Нарастающим итогом	20	40	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / А. С. Шангин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2008. - 112 с. : 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: Учебное пособие / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров - 2012. 98 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1578.

Согласована на портале № 61162

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

7.2. Дополнительная литература

1. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.).
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. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Квантовая и оптическая электроника : Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Л. И. Шангина - 2012. 228 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/714.
2. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / С. М. Шандаров - 2013. 31 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3483.
3. Исследование основных параметров полупроводникового лазера: Руководство к выполнению лабораторной работы / В. В. Щербина, А. И. Башкиров - 2011. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/295.
4. Полупроводниковые детекторы оптического излучения: Руководство к выполнению лабораторной работы / В. В. Щербина, А. И. Башкиров - 2011. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/294.
5. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе / Н. И. Буримов, С. М. Шандаров - 2012. 18 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2280.
6. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к самостоятельной работе / С. М. Шандаров - 2013. 32 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3484.
7. Квантовая и оптическая электроника: Методические указания по самостоятельной работе / А. И. Башкиров - 2012. 20 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1496.

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

Согласована на портале № 61162

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

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

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

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

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

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

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

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

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 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.

Согласована на портале № 61162

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

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

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

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

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

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

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

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

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Свойства электромагнитных волн	ОПК-2, ПКР-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Описание квантовых ансамблей	ОПК-2, ПКР-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Общие вопросы построения лазеров	ОПК-2, ПКР-6	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 61162

4 Основные типы лазеров	ОПК-2, ПКР-6	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Элементы оптоэлектроники	ОПК-2, ПКР-6	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

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

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 61162

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. 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 называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций u и v

$$\hat{A}(a_1 u + a_2 v) = a_1 \hat{A} u + a_2 \hat{A};$$

$$\int v^* \hat{A} u dV = \int u \hat{A}^* v^* dV;$$

$$\int u_n^* v_m dV = 0 \ (m \neq n);$$

$$\int u_n^* v_m dV = 1 \ (m = n).$$

4. Оператор в произвольном представлении является матрицей, элемент которой

Согласована на портале № 61162

определяется выражением

$$A_{mn} = \int \psi_m(x)\psi_n^*(x)\,dx;$$

$$A_{mn} = \int \psi_m^* \hat{A}\psi_n dx;$$

$$A_{mn} = <\psi\left|\hat{A}\right|\psi>;$$

5. Соотношение населённости уровней (N1 и N2). для среды, находящейся в состоянии термодинамического равновесия (уровень «1» – нижний и «2» – верхний):

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

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

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

$$g_1 N_1 = g_2 N_2$$

6. Вероятность спонтанного излучения (коэффициент Эйнштейна A) зависит от частоты перехода ν как:

   ν

   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 r1 и r2:

$$0 < \left(1 - \frac{L}{r_1}\right)\left(1 - \frac{L}{r_2}\right) < 1$$

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

   $L<r_1, L<r_2$

   $L>r_1, L>r_2$

9. Соотношение между радиусами кривизны сферических вогнутых зеркал (r1 и r2) 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

Согласована на портале № 61162

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 иона He^+ атому Ne
процесс передачи энергии от возбужденного атома He атому Ne
возбуждение атомов неона электронным ударом
поглощение квантов света

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Принцип усиления ЭМИ
2. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Материальные уравнения
3. Одномерное волновое уравнение. Плоские скалярные волны. Гармонические волны
4. Плоская волна, распространяющаяся в произвольном направлении
5. ЭМ плоские волны
6. Поляризация плоских волн
7. Закон сохранения энергии. Вектор Пойнтинга
8. Волновой пакет. Групповая скорость
9. Представления функции состояния. Вектор состояния. Совектор состояния
10. Операторы в произвольном представлении
11. Определение средних величин. Определение точного решения физической величины
12. Чистый ансамбль. Смешанный ансамбль. Матрица плотности.
13. Свойства матрицы плотности.
14. Уравнения движения для матрицы плотности
15. Термостатированный ансамбль в состоянии термодинамического равновесия
16. Описание релаксации
17. Общее уравнение для матрицы плотности
18. Двухуровневая система атомов во внешнем поле. Основные уравнения. Вероятности индуцированных переходов
19. Двухуровневая система атомов во внешнем поле. Анализ уравнений. Кривая Лоренца. Слабое поле. Сильное поле
20. Спонтанные переходы
21. Балансные уравнения
22. Элементарная теория открытых оптических резонаторов. Продольные моды. Поперечные моды
23. Добротность резонатора
24. Волновая теория открытых резонаторов
25. Классификация открытых резонаторов
26. Селекция типов колебаний в оптическом резонаторе
27. Когерентность и монохроматичность лазерного излучения
28. Расходимость лазерных пучков. Фокусировка лазерных лучей
29. Естественная ширина спектральных линий.
30. Однородное уширение спектральных линий. Неоднородное уширение спектральных линий
31. Схемы функционирования твердотельных лазеров
32. Системы накачки твердотельных лазеров
33. Балансные уравнения и режим непрерывной генерации
34. Режим свободной генерации
35. Лазеры с модуляцией добротности резонатора. Синхронизация продольных мод и генерация ультракоротких импульсов
36. Особенности газов как активного вещества для лазеров Механизмы возбуждения

Согласована на портале № 61162

газоразрядных лазеров
37. Атомарный гелий-неоновый лазер
38. Молекулярный лазер на углекислом газе
39. Классификация мод оптических волноводов
40. Волноводные моды тонкопленочного волновода. Эффективная толщина волновода
41. Градиентные планарные волноводы
42. Волновые уравнения для пленочных волноводов
43. Моды тонкопленочного волновода по электромагнитной теории
44. Свойства мод тонкопленочного волновода
45. Волновые уравнения для градиентных планарных волноводов

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов.
2. Исследование основных параметров полупроводникового лазера
3. Полупроводниковые детекторы оптического излучения

9.2. Методические рекомендации

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

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

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

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

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

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

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

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

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

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

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – 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 № 61162

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 № 61162

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 87 от «20» 11 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961
Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6

РАЗРАБОТАНО:

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

Согласована на портале № 61162