

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

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность (профиль) / специализация: **Квантовые и оптические системы связи**

Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**

Кафедра: **сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧКР)**

Курс: **3**

Семестр: **5, 6**

Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	5 семестр	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	2	6	8	часов
Практические занятия		2	2	часов
Лабораторные занятия		8	8	часов
Самостоятельная работа	34	50	84	часов
Контрольные работы		2	2	часов
Подготовка и сдача зачета		4	4	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	36	72	108	часов
			3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр	Количество
Зачет	6	
Контрольные работы	6	1

Томск

Согласована на портале № 81316

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения данной дисциплины является приобретение студентами знаний об основных физических явлениях и свойствах полупроводников, используемых в современной оптоэлектронике для создания приборов и устройств, получении навыков в решении типовых задач по расчету параметров приборов оптоэлектроники, а также навыков в проведении экспериментальных исследований базовых элементов и приборов оптоэлектроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Задачей, решаемой в процессе обучения студентов основам оптоэлектроники является получение базовых знаний по физическим процессам и явлениям в твердых телах, используемых или перспективных к использованию в производстве приборов оптоэлектроники.

2. Другой задачей, решаемой в курсе "Основы оптоэлектроники" является получение устойчивых навыков в решении типовых задач по определению параметров и свойств приборов оптоэлектроники, а также приобретению навыков разработки методик экспериментального исследования оптоэлектронных элементов и приборов, организации и проведении экспериментальных измерений и квалифицированной обработки их результатов по получению максимальной информации об исследуемом объекте.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.04.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

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

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

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

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

ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-2.1. Знает методы расчета и проектирования элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Знание методов расчета и проектирования элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования
	ПК-2.2. Умеет выполнять расчет и проектирование элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Умение выполнять расчет и проектирование элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования
	ПК-2.3. Владеет методами расчета и проектирования элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Владение методами расчета и проектирования элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования
ПК-3. Способен проводить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Знает методы расчетов по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования	Знание методов расчетов по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования
	ПК-3.2. Умеет выполнять расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования	Умение выполнять расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования
	ПК-3.3. Владеет методами расчетов по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования	Владение методами расчетов по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования

**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 3 зачетных единиц, 108 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	
		5 семестр	6 семестр
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	20	2	18
Лекционные занятия	8	2	6
Практические занятия	2		2
Лабораторные занятия	8		8
Контрольные работы	2		2
<b>Самостоятельная работа обучающихся, всего</b>	84	34	50
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	52	34	18
Проработка лекционного материала	26		26
Подготовка к лабораторной работе	2		2
Написание отчета по лабораторной работе	2		2
Подготовка к контрольной работе	2		2
<b>Подготовка и сдача зачета</b>	4		4
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	108	36	72
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	3	1	2

**5. Структура и содержание дисциплины**

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

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Контр. раб.	СРП, ч.	Сам. раб., ч	Всего часов (без промежуточной аттестации)	Формируемые компетенции
<b>5 семестр</b>								
1 Введение в оптоэлектронику	1	-	-	-	-	17	18	ПК-2, ПК-3
2 Элементы зонной теории твердого тела.	1	-	-	-	-	17	18	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр	2	0	0	0	0	34	36	
<b>6 семестр</b>								

3 Взаимодействие оптического излучения с веществом	1	-	-	2	-	5	8	ПК-2, ПК-3
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	1	1	4		-	10	16	ПК-2, ПК-3
5 Эмиссия излучения из твердых тел	1	-	-		-	5	6	ПК-2, ПК-3
6 Флуктуационные свойства полупроводников	1	-	-		-	8	9	ПК-2, ПК-3
7 Электрооптические эффекты для управления излучением	1	-	4		-	12	17	ПК-2, ПК-3
8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	1	1	-		-	10	12	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр	6	2	8	2	0	50	68	
Итого	8	2	8	2	0	84	104	

## 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	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	СРП, ч	Формируемые компетенции
<b>5 семестр</b>				
1 Введение в оптоэлектронику	История формирования оптоэлектроники как нового научного направления, сочетающего оптику и микроэлектронику. Этапы диалектического развития	1	-	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	-	
2 Элементы зонной теории твердого тела.	Общие положения. Модельные представления. Зонная диаграмма полупроводника. Квазиимпульс электрона, долинный спектр. Движение частиц под действием электрического поля. Механизмы формирования тока в полупроводниках.	1	-	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	-	
	Итого за семестр	2	-	
<b>6 семестр</b>				
3 Взаимодействие оптического излучения с веществом	Основные параметры и механизмы поглощения излучения. Собственное поглощение, примесное поглощение, поглощение свободными носителями заряда, решеточное поглощение.	1	-	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	-	

4	Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Основные понятия и параметры фотоявлений в полупроводниках. Фотопроводимость полупроводника: механизм, свойства, описание. Частотные свойства фотопроводимости. Полевые свойства фотопроводимости. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках. Квазиуровни Ферми. Барьерная фотоэдс в полупроводниковых р-п - переходах: электронно-дырочные переходы, фотоэлектрические свойства переходов, барьерная фотоэдс. Лавинные фотодиоды.	1	-	ПК-2, ПК-3
		Итого	1	-	
5	Эмиссия излучения из твердых тел	Описание излучательных процессов в полупроводниках. Спонтанное и вынужденное излучение атома. Стимулированное излучение твердых тел. Принцип создания генератора света. Линия излучения твердых тел. Светодиоды на основе гомогенного р-п - перехода. Светоизлучающие структуры с высоким квантовым выходом. Лазеры на основе полупроводниковых гетероструктур с квантовыми ямами и квантовыми точками.	1	-	ПК-2, ПК-3
		Итого	1	-	
6	Флуктуационные свойства полупроводников	Основные типы шумов в полупроводниках. шумов: параметры и характеристики шумов. Полевые и фоновые свойства шумов в полупроводниках. Частотны свойства шумов	1	-	ПК-2, ПК-3
		Итого	1	-	
7	Электрооптические эффекты для управления излучением	Общие сведения об электрооптических эффектах. Эффект Франца - Келдыша. в оптоэлектронике. Квантово-размерный эффект Штарка. Двухлучепреломление в анизотропных 3D кристаллах.	1	-	ПК-2, ПК-3
		Итого	1	-	
8	Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	Общие сведения о жидких кристаллах. Основные свойства жидких кристаллов. Типы и структура жидких кристаллов. Ориентационные эффекты в жидких кристаллах. Оптические свойства жидких кристаллов. Применение жидких кристаллов в оптоэлектронике.	1	-	ПК-2, ПК-3
		Итого	1	-	
		Итого за семестр	6	-	
		Итого	8	-	

### 5.3. Контрольные работы

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

Таблица 5.3 – Контрольные работы

№ п.п.	Виды контрольных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
--------	------------------------	-----------------	-------------------------

<b>6 семестр</b>			
1	Контрольная работа	2	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр		2	
Итого		2	

#### **5.4. Лабораторные занятия**

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Параметры и свойства фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторах	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
7 Электрооптические эффекты для управления излучением	Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

#### **5.5. Практические занятия (семинары)**

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.5.

Таблица 5.5. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Решение задач на вычисление фотопроводимости и барьерной фотоэдс в различных полупроводника и при различных условиях освещения.	1	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	

8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	Вычисление когерентной длины в различных жидких кристаллах, решение задач по нахождению напряжения перехода Фредерикса. Решение задач по определению шага холнестерической спирали для получения различных цветов пленки.	1	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	
Итого за семестр		2	
Итого		2	

### 5.6. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)

Не предусмотрено учебным планом

### 5.7. Самостоятельная работа

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>5 семестр</b>				
1 Введение в оптоэлектронику	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	17	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	17		
2 Элементы зонной теории твердого тела.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	17	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	17		
Итого за семестр		34		
<b>6 семестр</b>				
3 Взаимодействие оптического излучения с веществом	Проработка лекционного материала	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Итого	5		



4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Проработка лекционного материала	5	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе	1	ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	1	ПК-2, ПК-3	Отчет по лабораторной работе
	Итого	10		
5 Эмиссия излучения из твердых тел	Проработка лекционного материала	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Итого	5		
6 Флуктуационные свойства полупроводников	Проработка лекционного материала	5	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Итого	8		
7 Электрооптические эффекты для управления излучением	Проработка лекционного материала	5	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	5	ПК-2, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе	1	ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	1	ПК-2, ПК-3	Отчет по лабораторной работе
	Итого	12		
8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	Проработка лекционного материала	5	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-2, ПК-3	Контрольная работа
	Итого	10		
Итого за семестр		50		

	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет
Итого		88		

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

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

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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности					Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Конт.Раб.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование
ПК-3	+	+	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование

### 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 7.1. Основная литература

1. Основы оптоэлектроники: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2022. 95 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10139>.

2. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: Учебное пособие для вузов/ А.Н. Игнатов.: - СПб.: Лань , 2011, - 539 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

#### 7.2. Дополнительная литература

1. Учебное пособие «Микроэлектроника» : Для направления подготовки 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». Профиль: «Промышленная электроника» / Н. С. Легостаев - 2013. 172 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4280>.

#### 7.3. Учебно-методические пособия

##### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2022. 16 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10096>.

2. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2022. 26 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10095>.

3. Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития: Методические указания по выполнению лабораторной работы / В. Н. Давыдов - 2022. 22 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9893>.

4. Основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы и решения задач / В. Н. Давыдов - 2022. 85 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10094>.

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной 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. Иное учебно-методическое обеспечение**

1. Физические основы квантовой электроники и фотоники [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / С. М. Шандаров - 2012. 47 с. (доступ из личного кабинета студента) .

### **7.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

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, Лаборатория учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа  
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;
- 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 Введение в оптоэлектронику	ПК-2, ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Элементы зонной теории твердого тела.	ПК-2, ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Взаимодействие оптического излучения с веществом	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
5 Эмиссия излучения из твердых тел	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Флуктуационные свойства полупроводников	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Электрооптические эффекты для управления излучением	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
8 Жидкие кристаллы в оптоэлектронике	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		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

3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

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

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Для чего используется зонная диаграмма полупроводника?
  - а) Зонная диаграмма используется для демонстрации зависимости энергетического положения свободных электронов только в объеме полупроводника.
  - б) Зонная диаграмма показывает энергетическое состояние электронов и дырок в полупроводнике в отсутствие электрического поля.
  - в) Зонная диаграмма показывает энергетическое состояние электронов и дырок в полупроводнике при наличии внешнего электрического поля.
  - г) Зонная диаграмма показывает энергетическое состояние электронов и дырок в полупроводнике вне зависимости от наличия или отсутствия электрического поля.

2. Каковы основные механизмы поглощения излучения твердым телом?
  - а) Основными механизмами поглощения света в твердых телах являются: собственное поглощение, примесное поглощение и поглощение свободными носителями заряда.
  - б) Основными механизмами поглощения света в твердых телах являются: собственное поглощение, решеточное поглощение и поглощение свободными носителями заряда.
  - в) Основными механизмами поглощения света в твердых телах являются: примесное поглощение и поглощение свободными носителями заряда.
  - г) Основными механизмами поглощения света в твердых телах являются: примесное поглощение, решеточное поглощение и поглощение свободными носителями заряда.
3. Что из себя представляют свободные носители заряда дырки?
  - а) Это вакансии на валентной оболочке атома, которая способна перемещаться от атома к атому вдоль направления электрического поля.
  - б) Это вакансии на валентной оболочке атома, которая способна перемещаться от атома к атому навстречу направлению электрического поля.
  - в) Это положительно заряженный ион донорной примеси, который способен перемещаться в направлении электрического поля.
  - г) Это положительно заряженный протон, который способен перемещаться в направлении электрического поля.
4. Что такое барьерная фотоэдс и как она используется в оптоэлектронике?
  - а) Барьерная фотоэдс представляет собой фотонапряжение на концах р-п- перехода при освещении за счет снижения барьера перехода и используется для изготовления фотоприемных устройств оптического диапазона.
  - б) Барьерная фотоэдс представляет собой фотонапряжение на концах р-п- перехода при нагревании и используется для изготовления тепловых приемников.
  - в) Барьерная фотоэдс представляет собой напряжение на однородном полупроводнике при его освещении и используется для изготовления фотоприемных устройств оптического диапазона.
  - г) Барьерная фотоэдс представляет собой фотонапряжение на концах р-п- перехода при освещении за счет различия подвижностей носителей заряда. Оно используется для изготовления фотоприемных устройств инфракрасного диапазона.
5. В чем заключается суть вынужденного излучения атомной системы?
  - а) Вынужденное излучение представляет собой излучение кванта света атомом при воздействии на него другого фотона с энергией, равной энергии возбужденного состояния атома.
  - б) Вынужденное излучение представляет собой излучение кванта света атомом при воздействии на него другого фотона с энергией, большей энергии возбужденного состояния атома.
  - в) Вынужденное излучение представляет собой излучение кванта света атомом при воздействии на него другого фотона с энергией, меньшей энергии возбужденного состояния атома.
  - г) Вынужденное излучение представляет собой излучение кванта света атомом при воздействии на него фонона с энергией, равной энергии возбужденного состояния атома.
6. Как понимать термин "инверсия населенности" в лазерных системах?
  - а) Это означает, что количество атомов в возбужденном состоянии больше числа атомов в основном состоянии.
  - б) Это означает, что количество атомов на верхнем уровне энергии излучательного перехода больше числа атомов на нижнем уровне излучательного перехода.
  - в) Это означает, что количество атомов на верхнем уровне энергии излучательного перехода равно числу атомов на нижнем уровне излучательного перехода.
  - г) Это означает, что количество атомов на верхнем уровне энергии излучательного перехода меньше числа атомов на нижнем уровне излучательного перехода.
7. Какие основные типы шумов в полупроводника?
  - а) Основные типы шумов в полупроводниках следующие: токовые, дробовые и генерационно-рекомбинационные.
  - б) Основные типы шумов в полупроводниках следующие: тепловые, дробовые и генерационно-рекомбинационные.
  - в) Основные типы шумов в полупроводниках следующие: тепловые, дробовые,

- генерационно-рекомбинационные и избыточные шумы.
- г) Основные типы шумов в полупроводниках следующие: тепловые, генерационно-рекомбинационные и импульсные шумы.
8. Как осуществить модуляцию оптического излучения с помощью эффекта Франца - Келдыша?
- а) Модулируемое излучение должно иметь длину волны больше красной границы фотоэффекта полупроводника и при подаче напряжения на полупроводник смещение границы фотоэффекта должно захватывать длину волны модулируемого излучения.
- б) Модулируемое излучение должно иметь длину волны больше красной границы фотоэффекта полупроводника и при подаче напряжения на полупроводник смещение границы фотоэффекта не должно захватывать длину волны модулируемого излучения.
- в) Модулируемое излучение должно иметь длину волны меньше красной границы фотоэффекта полупроводника и при подаче напряжения на полупроводник смещение границы фотоэффекта должно захватывать длину волны модулируемого излучения.
- г) Модулируемое излучение должно иметь длину волны больше красной границы фотоэффекта полупроводника и при подаче напряжения на полупроводник смещение границы фотоэффекта должно захватывать весь спектр частот модуляции излучения.
9. В чем заключается суть перехода Фредерикса в жидких кристаллах?
- а) Он заключается в упорядочении ориентации длинных осей молекул нематика параллельно друг другу при превышении напряжения на жидком кристалле выше напряжения перехода Фредерикса.
- б) Он заключается в изменении ориентации длинных осей молекул нематика на 90 градусов при превышении напряжения на жидком кристалле выше напряжения перехода Фредерикса.
- в) Он заключается в хаотической разориентации длинных осей молекул нематика относительно друг другу при превышении напряжения на жидком кристалле выше напряжения перехода Фредерикса.
- г) Он заключается в упорядочении ориентации длинных осей молекул нематика параллельно друг другу при напряжении на жидком кристалле ниже напряжения перехода Фредерикса.
10. Какой оптический эффект используется для отображения информации оптической ячейкой с нематиком?
- а) Используется В-эффект с переходом Фредерикса: гомеотропная оптическая ячейка с нематиком, имеющим отрицательную анизотропию диэлектрической проницаемости.
- б) Используется S - эффект с переходом Фредерикса: планарная оптическая ячейка с нематиком, имеющим положительную анизотропию диэлектрической проницаемости, структура молекул в объеме ячейки незакрученная.
- в) Используется Т-эффект с переходом Фредерикса: планарная оптическая ячейка с нематиком, имеющим положительную анизотропию диэлектрической проницаемости, опорные поверхности ориентированы друг к другу под 90 градусов.
- г) Используется S - эффект с переходом Капустина-Вильямса: планарная оптическая ячейка с нематиком, имеющим положительную анизотропию диэлектрической проницаемости, структура молекул в объеме ячейки незакрученная.
- Как осуществить модуляцию оптического излучения с помощью эффекта Франца-Келдыша?
11. Как можно использовать холестерический жидкий кристалл для отображения цветовой картинки?
- а) На оптическую ячейку с холестериком воздействовать электрическим полем, меньшим поля распрямления спирали.
- б) На оптическую ячейку с холестериком воздействовать электрическим полем, по величине большим поля распрямления спирали.
- в) На оптическую ячейку с холестериком воздействовать упругим напряжением.
- г) Оптическую ячейку с холестериком подвергнуть освещению большой мощности.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

Приведены примеры типовых заданий, составленных по пройденным разделам дисциплины.

1. Как по положению уровня Ферми в зонной диаграмме определить тип проводимости



- полупроводника?
2. Какой механизм поглощения излучения самый сильный в полупроводнике?
  3. Как используется барьерная фотоэдс в приборах оптоэлектроники?
  4. Почему в лазерах используют резонаторы открытого типа?
  5. Какое основное свойство нематического жидкого кристалла используется для модуляции оптического излучения?

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Параметры и свойства фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторах
2. Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития.

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

1. Пояснить физическую природу возникновения фотопроводимости в проводниках

## 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
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)

С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

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

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

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

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

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР  
протокол № 4 от «20» 11 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c- b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c- b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73

### ЭКСПЕРТЫ:

Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c- b856-20e4ba4f0e52
Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c- b856-20e4ba4f0e52

### РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ЭП	В.Н. Давыдов	Разработано, 0a70921e-3a8f-4010- 94a3-71f1447ec6f2
--------------------	--------------	--