МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по учебной работе
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Интегральная фотоника и оптоэлектроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	1 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	72	72	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	1

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85578

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Изучение физических основ волноводной оптики, принципов работы и технологий изготовления интегрально-оптических элементов, устройств и приборов оптоэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение физических эффектов и явлений при распространении оптического излучения в волноводных структурах.
2. Ознакомление с технологиями изготовления и основными принципами работы интегрально-оптических элементов.
3. Приобретение навыков разработки и проектирования элементов и устройств интегральной оптоэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Профессиональный модуль.
Индекс дисциплины: Б1.О.02.01.
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		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-1. Способен осуществлять постановку задач исследования в области интегральной фотоники и оптоэлектроники, формировать план реализации научно-исследовательских и прикладных работ, выбирать адекватные методы исследования фотонных структур и оптических материалов	ПК-1.1. Знает принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок	Знает базовые принципы подготовки научных исследований в области интегральной фотоники и оптоэлектроники.
	ПК-1.2. Умеет планировать порядок проведения научных исследований	Умеет составлять план проведения исследований физических эффектов при распространении излучения в интегрально-оптических элементах устройств и приборов фотоники.
	ПК-1.3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов	Владеет навыками выбора теоретических методов анализа интегрально-оптических элементов и экспериментальных методов исследования их параметров.

Согласована на портале № 85578

ПК-2. Способен использовать методы исследования и управления процессом разработки и создания объектов профессиональной деятельности, включая моделирование устройств на основе фотонных интегральных схем, анализ оптических свойств материалов, применение инструментальных методов определения микро- и наноструктуры, а также методы управления оптическим излучением	ПК-2.1. Знает математический аппарат фотоники для анализа, описания и исследования устройств и систем фотоники и оптоэлектроники	Знает математический аппарат теории оптических волноводов для описания и анализа процессов распространения излучения, а также его взаимодействия с физическими полями в интегрально-оптических приборах фотоники.
	ПК-2.2. Умеет применять навыки численного анализа, компьютерного моделирования и проектирования, а также основные принципы теории разработки устройств и систем интегральной фотоники и оптоэлектроники	Умеет применять методы компьютерного моделирования для анализа характеристик интегрально-оптических элементов и приборов.
	ПК-2.3. Владеет навыками использования математического аппарата в области фотоники для анализа, описания и исследования устройств и систем фотоники и оптоэлектроники применительно к прикладным задачам передачи, преобразования и приема информации	Владеет навыками математического моделирования процессов передачи, приема и преобразования лазерного излучения интегрально-оптическими элементами и приборами фотоники.
ПК-4. Способен проектировать объекты профессиональной деятельности — оптоэлектронные компоненты, фотонные интегральные схемы, устройства на их основе, оптические системы передачи и обработки информации, а также фотонные сенсорные системы — с учётом заданных характеристик и технологических ограничений	ПК-4.1. Знает основные модели жизненного цикла проекта элементов и устройств фотоники и оптоэлектроники, его этапы и фазы, их характеристики и особенности применения	Знает этапы жизненного цикла и технологические ограничения при проектировании интегрально-оптических элементов, оптоэлектронных компонентов и фотонных сенсоров.
	ПК-4.2. Умеет разрабатывать и реализовывать этапы проекта в сфере профессиональной деятельности	Умеет разрабатывать схемы и рассчитывать параметры элементов интегральной оптоэлектроники под заданные технические требования.
	ПК-4.3. Владеет навыками работы в области проектной деятельности и реализации проектов	Владеет навыками проектирования и контроля характеристик интегрально-оптических схем и оптоэлектронных компонентов с учетом технологических ограничений производства.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Согласована на портале № 85578

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
		1 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Подготовка к зачету с оценкой	23	23
Подготовка к тестированию	21	21
Выполнение индивидуального задания	28	28
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

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	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр					
1 Введение в интегральную оптоэлектронику	1	-	2	3	ПК-1
2 Распространение оптического излучения в волноводах	5	6	20	31	ПК-1, ПК-2
3 Материалы и технологии интегральной оптоэлектроники и фотоники	4	4	22	30	ПК-1, ПК-2, ПК-4
4 Элементная база и устройства интегральной оптоэлектроники и фотоники	6	8	22	36	ПК-1, ПК-2, ПК-4
5 Методы проектирования, жизненный цикл и корпусирование оптоэлектронных и фотонных приборов	2	-	6	8	ПК-2, ПК-4
Итого за семестр	18	18	72	108	
Итого	18	18	72	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
1 семестр			

Согласована на портале № 85578

1 Введение в интегральную оптоэлектронику	Цель и задачи дисциплины. История развития и современное состояние интегральной оптики, оптоэлектроники и фотоники. Понятие фотонной интегральной схемы (ФИС). Роль интегральной оптоэлектроники и фотоники в современных устройствах передачи, приема и обработки информации.	1	ПК-1
	Итого	1	
2 Распространение оптического излучения в волноводах	Планарные и полосковые оптические волноводы. Волноводы со ступенчатым и градиентным профилем. Геометрическая оптика и электромагнитная теория планарных волноводов. Граничные условия. Волноводные моды. Дисперсионные характеристики оптических волноводов. Механизмы потерь в оптических волноводах. Методы расчета оптических полей в волноводах.	5	ПК-1, ПК-2
	Итого	5	
3 Материалы и технологии интегральной оптоэлектроники и фотоники	Материалы интегральной оптики: требования, классы, свойства и технологии. Методы формирования волноводных структур: вакуумное нанесение, эпитаксия, золь-гель синтез, фотолитография, ионная имплантация, диффузия примесей, ионно-протонный обмен, лазерная запись, кремний на изоляторе.	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
4 Элементная база и устройства интегральной оптоэлектроники и фотоники	Пассивные и активные элементы. Разветвители, соединители, направленные ответвители, устройства ввода-вывода, микрорезонаторы и оптические сенсоры. Фильтры, мульти- и демультиплексоры, преобразователи частоты и усилители. Полупроводниковые лазеры, оптические модуляторы и фотоприемники.	6	ПК-1, ПК-2, ПК-4
	Итого	6	
5 Методы проектирования, жизненный цикл и корпусирование оптоэлектронных и фотонных приборов	Этапы жизненного цикла ФИС: от ТЗ до утилизации. Технологические ограничения на производстве.	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	2	

Согласована на портале № 85578

Итого за семестр	18	
Итого	18	

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
1 семестр			
2 Распространение оптического излучения в волноводах	Оценка параметров планарных волноводов: геометрических размеров, числовой апертуры и потерь при распространении оптического излучения. Расчет оптических полей в волноводах.	6	ПК-1, ПК-2
	Итого	6	
3 Материалы и технологии интегральной оптоэлектроники и фотоники	Поиск, анализ и выбор необходимых материалов с учетом энергетических и спектральных характеристик. Поиск, анализ и выбор необходимой технологии формирования интегрально-оптических элементов с учетом выбранных материалов и требуемых характеристик.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
4 Элементная база и устройства интегральной оптоэлектроники и фотоники	Расчет характеристик пассивных интегрально–оптических элементов: разветвителей, соединителей, переключателей и фильтров.	4	ПК-2, ПК-4
	Расчет характеристик активных интегрально-оптических элементов: полупроводниковых лазеров, оптических модуляторов и фотоприемников.	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	8	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. 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

Согласована на портале № 85578

1 семестр				
1 Введение в интегральную оптоэлектронику	Подготовка к зачету с оценкой	1	ПК-1	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	1	ПК-1	Тестирование
	Итого	2		
2 Распространение оптического излучения в волноводах	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-1, ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	6	ПК-1, ПК-2	Тестирование
	Выполнение индивидуального задания	8	ПК-1, ПК-2	Индивидуальное задание
	Итого	20		
3 Материалы и технологии интегральной оптоэлектроники и фотоники	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-1, ПК-2, ПК-4	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	6	ПК-1, ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Выполнение индивидуального задания	10	ПК-1, ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Итого	22		
4 Элементная база и устройства интегральной оптоэлектроники и фотоники	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-2, ПК-4	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	6	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Выполнение индивидуального задания	10	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Итого	22		
5 Методы проектирования, жизненный цикл и корпусирование оптоэлектронных и фотонных приборов	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-2, ПК-4	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	6		
Итого за семестр		72		
Итого		72		

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий 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.	Сам. раб.	

Согласована на портале № 85578

ПК-1	+	+	+	Зачёт с оценкой, Индивидуальное задание, Тестирование
ПК-2	+	+	+	Зачёт с оценкой, Индивидуальное задание, Тестирование
ПК-4	+	+	+	Зачёт с оценкой, Индивидуальное задание, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

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
1 семестр				
Зачёт с оценкой	10	10	10	30
Индивидуальное задание	20	20	15	55
Тестирование	5	5	5	15
Итого максимум за период	35	35	30	100
Нарастающим итогом	35	70	100	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

Согласована на портале № 85578

7.1. Основная литература

1. Панов, М. Ф. Физические основы фотоники: учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 564 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/212564.

7.2. Дополнительная литература

1. Введение в оптическую физику: Учебное пособие / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов, А. С. Акрестина - 2023. 252 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11001.
2. Приборы квантовой электроники и фотоники: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2018. 116 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7260.
3. Варданян, В. А. Основы волноводной фотоники / В. А. Варданян. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 204 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/322640.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Интегральная оптоэлектроника: Методические указания по организации самостоятельной работы и практических занятий / А. И. Башкиров - 2022. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9830.

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

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. 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

Учебно-научная лаборатория микроэлектроники и фотоники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для

Согласована на портале № 85578

проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 226/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Системный блок 1 1 шт.

Системный блок 2 14 шт.

Монитор 27" 15 шт.

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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.

8.4. 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

Согласована на портале № 85578

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение в интегральную оптоэлектронику	ПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Распространение оптического излучения в волноводах	ПК-1, ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Материалы и технологии интегральной оптоэлектроники и фотоники	ПК-1, ПК-2, ПК-4	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Элементная база и устройства интегральной оптоэлектроники и фотоники	ПК-1, ПК-2, ПК-4	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Методы проектирования, жизненный цикл и корпусирование оптоэлектронных и фотонных приборов	ПК-2, ПК-4	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		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

Согласована на портале № 85578

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. Диапазон длин волн который представляет наибольший интерес для интегральной оптоэлектроники:
   а) от 0,1 до 10 нм;
   б) от 0,1 до 10 мкм;
   в) от 0,4 до 0,8 мкм;
   г) от 0,1 до 1 нм.
2. Дисперсией показателя преломления среды называется:
   а) зависимость диэлектрической проницаемости среды от частоты света;
   б) зависимость фазовой скорости световой волны от поляризации;
   в) изменение фазы световой волны при отражении на границе раздела двух сред;
   г) все варианты верны.
3. Оптическим волноводом называется:
   а) трехслойная структура, поглощающая световую энергию при распространении излучения;
   б) трехслойная структура, усиливающая световую энергию при распространении

Согласована на портале № 85578

излучения;
в) трехслойная структура с размерами, не ограниченными в поперечных направлениях;
г) нет правильного ответа.

4. Передача сигнала в оптических волноводах основана на явлении:
а) полного внутреннего отражения света на границах раздела диэлектрических сред;
б) дифракции света на периодической структуре;
в) интерференции при попутном распространении световых волн;
г) интерференции при встречном распространении световых волн.
5. Показатель преломления градиентного волновода:
а) плавно изменяется вдоль оси волновода:
б) не изменяется в пределах сердцевины, резко уменьшаясь на границе с внутренней оболочкой;
в) плавно уменьшается от центра сердцевины к краям;
г) плавно увеличивается от центра сердцевины к краям.
6. Дисперсионное уравнение позволяет:
а) вычислить критический угол ввода излучения в волноводную структуру;
б) определить коэффициент связи между волноводными модами;
в) связать характеристики волноводных мод с частотой и параметрами направляющей структуры;
г) оценить межмодовую дисперсию волноводных мод.
7. Показатель преломления центрального слоя планарного оптического волновода n0:
а) n0 не равен показателю преломления подложки n1;
б) n0 равен показателю преломления покровной среды n2;
в) n0 меньше показателя преломления подложки n1;
г) n0 больше показателей преломления прилегающих слоев n1 и n2.
8. Симметричным называется планарный оптический волновод, у которого:
а) $n0 > n1 > n2$;
б) $n1 = n2$;
в) $n1 \neq n2$;
г) $n0 = n1$.
9. Существование волноводной моды возможно в случае соблюдения следующих условий:
а) $n1 < Nm < n0$;
б) $n0 > n1 = n2$;
в) $n0 > n1 > n2$;
г) все варианты верны.
10. Эффективный показатель преломления Nm - величина:
а) характеризующая взаимодействие волноводных мод с прилегающими слоями;
б) обратно пропорциональная квадрату показателя преломления подложки;
в) определяющая возможность существования волноводной моды с номером m в зависимости от угла падения излучения;
г) нет правильного ответа.
11. Электрооптический (ЭО) эффект:
а) это изменение коэффициента поглощения среды под действием приложенного постоянного электрического поля;
б) это изменение показателя преломления среды под действием приложенного постоянного или переменного электрического поля;
в) это изменение коэффициента усиления среды под действием приложенного переменного электрического поля;
г) это изменение коэффициента отражения на границе раздела под действием приложенного постоянного или переменного электрического поля.
12. Полуволновое напряжение – это напряжение, необходимое для:
а) преодоления светом расстояния равного половине длины волны $\lambda/2$;
б) обеспечения разности хода лучей в плечах модулятора на величину равную половине длины волны $\lambda/2$;
в) достижения изменения фазы световой волны величины π;
г) все варианты верны.
13. Эффективность ЭО модуляторов разной конфигурации характеризуется величиной:

Согласована на портале № 85578

а) четвертьволнового напряжения;
б) эффективного показателя преломления;
в) дифракционной расходимости светового поля;
г) полуволнового напряжения.

14. Фазовые электрооптические модуляторы используются:
а) для модуляции фазы световой волны;
б) для модуляции интенсивности световых волн;
в) для модуляции частоты света;
г) на их основе создаются приборы для управления любыми параметрами световых волн.
15. Акустооптический эффект – это явление взаимодействия …
а) световых волн с акустическими возмущениями, распространяющимися в упругой среде;
б) световых волн с акустическими возмущениями, распространяющимися в неупругой среде;
в) акустических волн со световыми возмущениями, распространяющимися в упругой среде;
г) акустических волн со световыми возмущениями, распространяющимися в неупругой среде.
16. Величина угла дифракции световой волны в АО модуляторе:
а) уменьшается с увеличением частоты управляющего сигнала;
б) увеличивается с уменьшением частоты управляющего сигнала;
в) прямо пропорциональна квадрату частоты управляющего сигнала;
г) нет правильного ответа.
17. При изменении частоты управляющего сигнала:
а) происходит модуляция частоты управляемого сигнала;
б) компенсируется дисперсия показателя преломления среды;
в) АО модулятор играет роль дефлектора;
г) нет правильного ответа.
18. Оптические анализаторы спектра радиосигналов строятся на основе:
а) дифракции света на стационарных периодических структурах;
б) акустооптических приборов;
в) электрооптических приборов;
г) голографических элементов.
19. Методы формирования градиентных планарных волноводов основаны на:
а) нанесении диэлектрических пленок на поверхность подложки;
б) изменении показателя преломления материала в поверхностном слое подложки;
в) нанесении проводящих пленок на поверхность подложки;
г) вакуумном напылении диэлектрических пленок на подложку.
20. Роль фазовых транспарантов в оптической системе могут играть:
а) линзы;
б) призмы;
в) акустооптические модуляторы;
г) все перечисленные элементы.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

Введение в интегральную оптоэлектронику:

1. История развития и современное состояние интегральной оптики, оптоэлектроники и фотоники. Понятие фотонной интегральной схемы (ФИС).
2. Роль интегральной оптоэлектроники и фотоники в современных устройствах передачи, приема и обработки информации.

Распространение оптического излучения в волноводах:

1. Классификация оптических волноводов и области применения.
2. Планарный и канальный оптические волноводы. Характеристики и конструктивные отличия.
3. Оптические волноводы со ступенчатым и градиентным профилем показателя преломления. Геометрическая оптика и волновая теория.

Согласована на портале № 85578

4. Моды планарного волновода ступенчатого и градиентного типа.
5. Волновое уравнение для ТЕ-мод и ТМ-мод.
6. Решение для полей планарного волновода.
7. Дисперсионные уравнения планарного оптического волновода ступенчатого и градиентного типа.
8. Распространение излучения и механизмы потерь световой энергии в оптических волноводах.
9. Связанные оптические волноводы.
10. Распространение световых волн в периодических структурах.
11. Методы расчета оптических полей в волноводах.

Материалы и технологии интегральной оптоэлектроники и фотоники:

1. Материалы интегральной оптоэлектроники и фотоники: требования, классы, свойства и технологии.
2. Технологии изготовления оптических волноводов: вакуумное нанесение, эпитаксия, золь-гель синтез, фотолитография, ионная имплантация, диффузия примесей, ионно-протонный обмен, лазерная запись, кремний на изоляторе. Преимущества и недостатки.

Элементная база и устройства интегральной оптоэлектроники и фотоники.

1. Разветвители, соединители, направленные ответвители, устройства ввода-вывода, микрорезонаторы и оптические сенсоры.
2. Фильтры, мульти- и демультиплексоры, преобразователи частоты и усилители.
3. Методы управления излучением в оптических волноводах.
4. Акустооптический модулятор света. Принцип работы устройства и описание АО эффекта.
5. Дефлекторы оптического излучения.
6. Электрооптический модулятор света. Принцип работы устройства и описание ЭО эффекта.
7. Интегрально-оптические лазеры и фотоприемники.

Методы проектирования, жизненный цикл и корпусирование оптоэлектронных и фотонных приборов:

1. Этапы жизненного цикла ФИС: от ТЗ до утилизации.
2. Технологические ограничения на производстве.
3. Требования к корпусированию оптоэлектронных и фотонных приборов

9.1.3. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Проектирование топологии и расчет характеристик интегрально-оптического источника лазерного излучения.
2. Проектирование топологии и расчет дисперсионных характеристик оптического волновода со ступенчатым профилем показателя преломления. Расчет траектории распространения излучения в волноводе. Расчет поля ТЕ- и ТМ-мод.
3. Проектирование топологии и расчет дисперсионных характеристик оптического волновода с градиентным профилем показателя преломления. Расчет траектории распространения излучения в волноводе. Расчет поля ТЕ- и ТМ-мод.
4. Проектирование топологии и расчет характеристик брэгговского фильтра.
5. Расчет характеристик призменного элемента ввода излучения в оптический волновод. Оценка эффективности ввода излучения в волновод.
6. Расчет характеристик торцевых элементов ввода излучения в оптический волновод. Оценка эффективности ввода излучения в волновод.
7. Расчет параметров и характеристик акустооптических и электрооптических модуляторов света.
8. Расчет параметров и характеристик интегрально-оптических фотоприемников.

9.2. Методические рекомендации

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

Согласована на портале № 85578

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 9.4.

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;

Согласована на портале № 85578

– 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 № 85578

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 3 от «21» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	А.В. Жечева	Согласовано, 10222954-0bcd-4026-99f7-5b18919a1928
Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	В.Ю. Цибульникова	Согласовано, bbc9013e-1509-4582-b986-4eb4b832138c

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. СВЧиКР	А.Д. Безпалый	Разработано, 79979ee5-e57e-4e4d-b64d-7426d6ed9f58

Согласована на портале № 85578