МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАДИОФОТОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиофотоника и сверхвысокочастотная техника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	88	88	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 80726

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Получение знаний в области передачи, приёма и преобразования сигнала с помощью электромагнитных волн СВЧ диапазона и фотонных приборов и систем.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основных методов и приемов реализации микроволновых оптических и оптоэлектронных приборов.
2. Рассмотрение конкретных типов устройств, методов их расчета, проектирования и применения в технологических и измерительных системах.

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.02.14.
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		

Согласована на портале № 80726

ПК-1. Способен выполнять математическое и компьютерное моделирование объектов и процессов по типовым методикам для решения профессиональных задач	ПК-1.1. Знает типовые методы математического моделирования, используемые в специализируемых прикладных программах для проектирования и разработки радиотехнических систем	Знать типовые методы математического моделирования, используемые в специализируемых прикладных программах для проектирования и разработки фотонных приборов и систем
	ПК-1.2. Умеет выполнять моделирование физических объектов и процессов с использованием специализированных прикладных программ	Уметь выполнять моделирование физических объектов и процессов с использованием специализированных прикладных программ
	ПК-1.3. Владеет типовыми методиками разработки радиоэлектронных средств и их составных частей, в том числе с использованием прикладных программ.	Владеть типовыми методиками разработки радиофотонных систем и их составных частей, в том числе с использованием прикладных программ.
ПК-3. Способен исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения	ПК-3.1. Знает методы исследования радиоэлектронных средств и технологий передачи, обработки и приема информации	Знать методы технологии передачи, приёма и преобразования сигнала с помощью электромагнитных волн СВЧ диапазона и фотонных приборов и систем
	ПК-3.2. Умеет эксплуатировать радиоэлектронные средства в соответствии с инструкциями и типовыми методиками работы;	Уметь эксплуатировать фотонные приборы и системы в соответствии с инструкциями и типовыми методиками работы
	ПК-3.3. Владеет навыками проведения исследований характеристик радиоэлектронных средств и технологий	Владеть навыками проведения исследований характеристик радиофотонных систем

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
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	18	18

Согласована на портале № 80726

Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	88	88
Подготовка к зачету с оценкой	50	50
Подготовка к тестированию	26	26
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	12
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
7 семестр						
1 Введение	2	-	-	4	6	ПК-1, ПК-3
2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	4	4	-	12	20	ПК-1, ПК-3
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	4	2	4	16	26	ПК-1, ПК-3
4 Лазеры для радиофотонных систем	4	4	4	16	28	ПК-1, ПК-3
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	4	4	4	16	28	ПК-1, ПК-3
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	4	4	-	12	20	ПК-1, ПК-3
7 Применение и тенденции развития радиофотонных систем	4	-	-	12	16	ПК-1, ПК-3
Итого за семестр	26	18	12	88	144	
Итого	26	18	12	88	144	

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
7 семестр			
1 Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Связь дисциплины с другими разделами физики и фотоники. История развития радиофотоники.	2	ПК-1, ПК-3
	Итого	2	

Согласована на портале № 80726

2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	Планарные и полосковые волноводы. Волоконные световоды для систем оптической связи и радиофотоники. Профили показателя преломления. Геометрическая оптика планарных волноводов и волоконных световодов. Электромагнитная теория планарных и полосковых волноводов и волоконных световодов круглого сечения. Моды планарных и полосковых волноводов и волоконных световодов.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	Наведенная электрическая поляризация. Двойное рэлеевское рассеяние. Фаза передаваемого радиочастотного сигнала. Хроматическая дисперсия. Вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна. Вынужденное комбинационное рассеяние. Фазовая кросс-модуляция. Четырехволновое смешение. Поляризационные эффекты	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
4 Лазеры для радиофотонных систем	Полупроводниковые инжекционные гетеролазеры на основе GaAlAs и InGaAsP. Конструктивное исполнение диодных лазеров. Двойная гетероструктура. Полосковые лазеры. Лазеры с распределенным брэгговским отражением. Токовая модуляция излучения полупроводниковых лазеров. Ввод излучения полоскового лазера в волоконный световод. Активирующие примеси для волоконных лазеров. Фотоиндуцированные брэгговские решетки показателя преломления в световодах. Схемы накачки активных световодов. Особенности волоконных световодов как усилительной среды	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 80726

5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	Тензорное описание электрооптического эффекта. Линейный электрооптический эффект. Кубические нецентросимметричные кристаллы. Распространение световых волн в среде при однородном внешнем поле. Фазовый электрооптический модулятор поперечного типа. Амплитудный электрооптический модулятор. Волноводные фазовые модуляторы. Интерферометрическая модуляция интенсивности в интегральнооптических устройствах. Поляризационные преобразования в устройствах интегральной оптики. Оптические спектральные фильтры. Поляризационно-независимые модуляторы и переключатели. Волноводные электрооптические дефлекторы, переключатели и модуляторы брэгговского типа на периодически поляризованных доменных структурах.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	Параметры и характеристики приемников оптического излучения. Внутренний фотоэффект в однородных полупроводниках. Фотодиодные приемники p-n-типа. Фотодиодный режим. Фотогальванический режим. Фотодиодные приемники p-i-n-типа. Лавинный фотодиод. Шумы в оптических приемниках: дробовой, тепловой, фликкер-шум. Отношение сигнал/шум. Эффективность преобразования световой мощности в фотодетекторе. Фотодетекторы высокой мощности.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
7 Применение и тенденции развития радиофотонных систем	Линии передачи типа «точка – точка». Аналоговые волоконно-оптические линии задержки. Широкополосное формирование каналов. Понижающее преобразование частоты. Диаграммообразование в активных фазированных антенных решетках (АФАР). Фотонные методы генерации радиосигналов. Фотоника миллиметрового диапазона. Интегральная микроволновая фотоника.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
	Итого за семестр	26	
	Итого	26	

Согласована на портале № 80726

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
7 семестр			
2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	Оптические волноводы	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	Волоконно-оптические системы	2	ПК-1, ПК-3
	Итого	2	
4 Лазеры для радиофотонных систем	Оптические квантовые генераторы.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	Оптические управляющие устройства	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	Фотоприемники.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

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
7 семестр			
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	Исследование поляризации лазерного излучения	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
4 Лазеры для радиофотонных систем	Исследование основных параметров газовых и твердотельных лазеров	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	Исследование дифракции когерентного излучения на периодической структуре	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Согласована на портале № 80726

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
7 семестр				
1 Введение	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	4		
2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	16		
4 Лазеры для радиофотонных систем	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	16		
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	16		
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		

Согласована на портале № 80726

7 Применение и тенденции развития радиофотонных систем	Подготовка к зачету с оценкой	8	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
Итого за семестр		88		
Итого		88		

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.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование
ПК-3	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, 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
7 семестр				
Зачёт с оценкой	0	0	40	40
Лабораторная работа	0	0	10	10
Тестирование	10	10	30	50
Итого максимум за период	10	10	80	100
Нарастающим итогом	10	20	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.

Согласована на портале № 80726

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. 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.

2. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Радиотехника», «Радиоэлектронные системы и комплексы», «Специальные радиотехнические системы» / А. С. Перин, Л. И. Шангина - 2018. 302 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10350.

3. Шаховой, Р. А. Динамика полупроводниковых лазеров / Р. А. Шаховой. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 404 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/367466.

7.2. Дополнительная литература

1. Айхлер, Юрген. Лазеры. Исполнение, управление, применение : научно-популярное издание. - М. : Техносфера , 2012. - 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

2. 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.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование поляризации лазерного излучения: Методические указания к лабораторной работе / А. Д. Безпалый, А. Е. Мандель - 2023. 13 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10653.

2. Исследование основных параметров газовых и твердотельных лазеров: Методические указания к лабораторным работам / А. Д. Безпалый, А. Е. Мандель - 2023. 18 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10658.

3. Исследование дифракции когерентного излучения на периодической структуре: Методические указания к лабораторным работам / А. Д. Безпалый, А. Е. Мандель - 2023. 10 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10654.

4. Квантовая и оптическая электроника: Учебное методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Радиотехника», «Радиоэлектронные системы и комплексы», «Специальные радиотехнические системы» / А. С. Перин, Л. И. Шангина - 2018. 227 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10351.

5. «Игнатов А. Н.Оптоэлектроника и нанофотоника» (Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — С. 383. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/133479.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц

Согласована на портале № 80726

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 проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 226/2 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Панель интерактивная со встраиваемым ПК

Анализатор спектра DSA832E. Rigol 3 шт.

Анализатор цепей векторный S50180, Планар

Источник – измеритель B2902B, Keysight Technologies

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 3 шт.

Монитор 27" 3 шт.

Монитор MSI 27" Pro MP271 3 шт.

МФУ лазерное

Ноутбук 15.6 3 шт.

Системный блок 1 4 шт.

Стенд исследовательский для измерения базовых величин и характеризации оптический

Стол рабочий СР-14-7 в сборке 1 5 шт

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория "Электронных, квантовых и СВЧ приборов": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для

Согласована на портале № 80726

проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329а ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Осциллограф Tektronix TDS 2012B;
- Генератор сигналов АКИП-3417/2 - 2 шт.;
- Генератор импульсов Г5-54;
- Источник питания GWINSTEK GPS-73030D - 2 шт.;
- Осциллограф KEYSIGHT SDOX1204A;
- Генератор сигналов Г4-126;
- Источник питания УИП-1;
- Генератор сигналов Anritsu MG3670G;
- Частотомер Ч2-32 - 2 шт.;
- Лазер ЛГН-207А - 3 шт.;
- Оптическая скамья ОСК-3 - 3 шт.;
- Вольтметр цифровой GDM-8145 - 2 шт.;
- Комплект лабораторных работ по "Фурье-Оптике" - 3 шт.;
- Проектор;
- 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, 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.

8.5. 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**

Согласована на портале № 80726

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	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Волоконные световоды, планарные и полосковые волноводы	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Распространение модулированного оптического излучения в волоконных световодах	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Лазеры для радиофотонных систем	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Электрооптические модуляторы для радиофотонных систем	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Фотодетекторы для радиофотонных систем	ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Применение и тенденции развития радиофотонных систем	ПК-1, ПК-3	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.

Согласована на портале № 80726

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 **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.

Согласована на портале № 80726

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. При полном внутреннем отражении:
   а) отраженная волна в оптически более плотной среде отсутствует;
   б) отраженная волна в оптически менее плотной среде отсутствует;
   в) преломленная волна в оптически более плотной среде отсутствует;
   г) преломленная волна в оптически менее плотной среде отсутствует.
2. В планарном волноводе показатель преломления волноводного слоя:
   а) должен превышать показатели преломления подложки и покровной среды;
   б) должен быть равным показателю преломления подложки и превышать показатель преломления покровной среды; в) должен быть равным показателю преломления покровной среды и превышать показатель преломления подложки;
   г) не должен превышать показатели преломления как для подложки, так и для покровной среды.
3. В волоконном световоде показатель преломления сердцевины:
   а) должен быть равен показателю преломления внутренней оболочки;
   б) должен быть меньше показателя преломления внутренней оболочки;
   в) должен быть больше показателя преломления внутренней оболочки;
   г) должен быть меньше показателя преломления внешней оболочки.
4. В градиентном волоконном световоде показатель преломления:
   а) не изменяется в пределах сердцевины, резко уменьшаясь на границе с внутренней оболочкой;
   б) плавно уменьшается от центра сердцевины к краям;
   г) плавно увеличивается от центра сердцевины к краям;
   д) плавно изменяется вдоль оси световода.
5. Основная мода волоконного световода HE11:
   а) характеризуется нулевым значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;
   б) максимальным значением напряженности электрического поля в центре сердцевины;
   в) постоянным значением напряженности электрического поля в сердцевине;
   г) постоянным значением напряженности магнитного поля в сердцевине.
6. В цилиндрическом волоконном световоде не имеют отсечки:
   а) моды TM01 и TE01;
   б) моды HE21 и EH21;
   в) мода HE11;
   г) мода EH11.
7. Волноводная дисперсия в волоконных световодах заключается:
   а) в зависимости магнитной проницаемости сердцевины от длины волны излучения;
   б) в зависимости показателя преломления сердцевины от длины волны излучения;
   в) в зависимости показателя преломления внутренней оболочки от длины волны излучения;
   г) в зависимости постоянной распространения моды от длины волны излучения.
8. В активирующих примесях волоконных световодов для получения лазерной генерации используются:
   а) электронные переходы между уровнями незаполненной внутренней f-оболочки ионов редкоземельных элементов; б) колебательно-вращательные переходы;
   в) только безызлучательные переходы;
   г) только спонтанные переходы.
9. Для создания состояния инверсии населенностей в активной области волоконного лазера используются:
   а) столкновения 1-го рода;
   б) накачка электронным пучком;
   в) оптическая накачка;
   г) электронно-дырочная рекомбинация в пределах узкозонной области гетероструктуры.
10. Брэгговские зеркала в волоконных световодах реализуются:
    а) за счет отражения от атомных плоскостей кристаллов;
    б) за счет сколов торцов волокон, ортогональных их оси;

Согласована на портале № 80726

в) за счет периодических возмущений магнитной проницаемости волокна;
г) за счет фотоиндуцированных решеток показателя преломления в волоконном световоде.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Планарные и полосковые волноводы.
2. Волоконные световоды для систем оптической связи и радиофотоники.
3. Профили показателя преломления. Геометрическая оптика планарных волноводов и волоконных световодов.
4. Электромагнитная теория планарных и полосковых волноводов и волоконных световодов круглого сечения.
5. Моды планарных и полосковых волноводов и волоконных световодов.
6. Наведенная электрическая поляризация. Двойное рэлеевское рассеяние.
7. Фаза передаваемого радиочастотного сигнала. Хроматическая дисперсия.
8. Вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна.
9. Вынужденное комбинационное рассеяние.
10. Фазовая кросс-модуляция. Четырехволновое смешение.
11. Поляризационные эффекты.
12. Полупроводниковые инжекционные гетеролазеры на основе GaAlAs и InGaAsP.
13. Конструктивное исполнение диодных лазеров. Двойная гетероструктура.
14. Полосковые лазеры.
15. Лазеры с распределенным брэгговским отражением.
16. Токовая модуляция излучения полупроводниковых лазеров.
17. Ввод излучения полоскового лазера в волоконный световод.
18. Активирующие примеси для волоконных лазеров.
19. Фотоиндуцированные брэгговские решетки показателя преломления в световодах.
20. Схемы накачки активных световодов.
21. Особенности волоконных световодов как усилительной среды.
22. Тензорное описание электрооптического эффекта.
23. Электрооптический модулятор поперечного типа.
24. Амплитудный электрооптический модулятор.
25. Волноводные фазовые модуляторы.
26. Интерферометрическая модуляция интенсивности в интегральнооптических устройствах. Поляризационные преобразования в устройствах интегральной оптики.
27. Оптические спектральные фильтры.
28. Поляризационнонезависимые модуляторы и переключатели.
29. Волноводные электрооптические дефлекторы, переключатели и модуляторы брэгговского типа на периодически поляризованных доменных структурах.
30. Параметры и характеристики приемников оптического излучения.
31. Внутренний фотоэффект в однородных полупроводниках. Фотодиодные приемники p-n-типа.
32. Фотодиодный режим. Фотогальванический режим. Фотодиодные приемники p-i-n типа.
33. Шумы в оптических приемниках: дробовой, тепловой, фликкершум.
34. Отношение сигнал/шум. Эффективность преобразования световой мощности в фотодетекторе.
35. Современное состояние фотодетекторов высокой мощности.
36. Линии передачи типа «точка – точка».
37. Аналоговые волоконно-оптические линии задержки.
38. Широкополосное формирование каналов.
39. Измерение мгновенной частоты.
40. Понижающее преобразование частоты.
41. Диаграммообразование в активных фазированных антенных решетках (АФАР).
42. Фотонные методы генерации радиосигналов.
43. Фотоника миллиметрового диапазона.
44. Интегральная микроволновая фотоника.

9.1.3. Темы лабораторных работ

Согласована на портале № 80726

1. Исследование поляризации лазерного излучения
2. Исследование основных параметров газовых и твердотельных лазеров
3. Исследование дифракции когерентного излучения на периодической структуре
4. Исследование пространственной когерентности излучения газовых и твердотельных лазеров

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 9.4.

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

Согласована на портале № 80726

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 № 80726

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
Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe

РАЗРАБОТАНО:

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

Согласована на портале № 80726