МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ВОЛНЫ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные системы и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра радиотехнических систем (РТС)**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	36	36	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	74	74	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет с оценкой	3

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

Томск

Согласована на портале № 70378

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью преподавания дисциплины «Электромагнитные поля и волны».является изучение основ теории электромагнитного поля, закономерностей распространения электромагнитных волн в различных средах и вакууме, методов анализа волноводных и колебательных систем, устройств излучения электромагнитных волн.

1.2. Задачи дисциплины

1. Основными задачами изучения дисциплины являются изучение студентами фундаментальных законов, описывающих электромагнитное поле; освоение математического аппарата и методов электродинамического описания явлений и процессов в радиоэлектронных устройствах различного назначения; формирование умений выполнять исследования электродинамических процессов и явлений в радиотехнике, позволяющих повысить эффективность радиоэлектронных систем и устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль специальности (general hard skills – GHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.08.
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		

Согласована на портале № 70378

ОПК-1. Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знает основные уравнения электромагнитного поля; принципы и теоремы электродинамики; классы электродинамических задач и подходы к их решению
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Умеет применять на практике базовые знания для выявления естественно-научной сущности проблем, возникающих при решении различных электродинамических задач.
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеет основными навыками решения базовых электродинамических задач; навыками расчетов электромагнитных полей и волн, необходимых при решении задач инженерной деятельности
Профессиональные компетенции		
-	-	-

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
		3 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	70	70
Лекционные занятия	36	36
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	74	74
Подготовка к тестированию	30	30
Подготовка к зачету с оценкой	36	36
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	8
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

Согласована на портале № 70378

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Основные уравнения электромагнитного поля	8	4	-	8	20	ОПК-1
2 Энергия электромагнитного поля	2	-	-	6	8	ОПК-1
3 Электростатическое поле	2	4	-	8	14	ОПК-1
4 Общие свойства переменного электромагнитного поля	2	-	-	6	8	ОПК-1
5 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	6	4	4	10	24	ОПК-1
6 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	6	-	4	10	20	ОПК-1
7 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	4	4	4	10	22	ОПК-1
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	2	-	4	8	14	ОПК-1
9 Излучение электромагнитных волн	4	2	-	8	14	ОПК-1
Итого за семестр	36	18	16	74	144	
Итого	36	18	16	74	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
3 семестр			
1 Основные уравнения электромагнитного поля	Предмет и содержание курса. Векторы электромагнитного поля. Диэлектрическая и магнитная проницаемости среды. Основные уравнения электромагнитного поля – уравнения Максвелла. .Материальные уравнения и классификация сред. Поля на границах раздела сред. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Граничные условия на поверхности идеального проводника	8	ОПК-1
	Итого	8	

Согласована на портале № 70378

2 Энергия электромагнитного поля	Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Уравнения баланса для мгновенных значений мощности. Вектор Пойнтинга. Средние за период значения энергетических характеристик переменного электромагнитного поля. Скорость переноса энергии электромагнитных полей.	2	ОПК-1
	Итого	2	
3 Электростатическое поле	Уравнения Максвелла для электростатического поля. Электростатический потенциал. Граничные условия в электростатике.Определение потенциала по заданному распределению заряда. Принцип суперпозиции.Уравнения для электростатического потенциала. Основная задача электростатики. Методы решения задач электростатики. Емкость. Конденсатор в электростатике.	2	ОПК-1
	Итого	2	
4 Общие свойства переменного электромагнитного поля	Гармонические колебания. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные амплитуды полей. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды. Магнитные токи и заряды. Уравнения Максвелла с учетом магнитных токов и зарядов. Принцип перестановочной двойственности уравнений Максвелла. Теорема единственности для внутренней и внешней задач электродинамики. Принцип эквивалентности. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.	2	ОПК-1
	Итого	2	
5 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнения Гельмгольца. Плоские волны и их характеристики. Волновое число и волновой вектор. Фронт волны. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора в среде без потерь. Волновое сопротивление среды. Поляризация электромагнитных волн. Электромагнитные волны в средах с потерями. Коэффициент затухания.	6	ОПК-1
	Итого	6	

Согласована на портале № 70378

6 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. Горизонтальная и вертикальная поляризации. Нормальное падение плоской волны на границу раздела двух сред. Формлы Френеля. Наклонное падение плоской волны на границу раздела сред. Угол Брюстера. Полного отражение от границы раздела двух диэлектрических сред. Плоская неоднородная волна. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела диэлектрика и поглощающей среды. Приближенные граничные условия Леонтовича.	6	ОПК-1
	Итого	6	
7 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	Понятие о направляющих системах. Направляемые электромагнитные волны. Условия распространения электромагнитных волн в направляющих системах. Критическая длина волны. Классификация направляемых волн : Т, Е, и Н –волны. Прямоугольный и круглый металлические волноводы. Решение двумерного уравнения Гельмгольца для прямоугольного волновода. Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики и структура поля. Выбор поперечных размеров для одноволнового режима работы.	4	ОПК-1
	Итого	4	
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Объемные резонаторы. Анализ собственных колебаний в полых резонаторах. Прямоугольные и цилиндрические полые т резонаторы. Определение резонансной частоты и добротности объемных резонаторов.	2	ОПК-1
	Итого	2	
9 Излучение электромагнитных волн	Постановка задачи об излучении. Уравнения Максвелла для области, содержащей сторонние источники. Неоднородные волновые уравнения Гельмгольца. Векторный и скалярный электродинамические потенциалы. Уравнения для электродинамических потенциалов и их решения. Запаздывающие потенциалы. Элементарные электрический и магнитный излучатели: структура поля, диаграммы направленности, сопротивление излучения.	4	ОПК-1
	Итого	4	

Согласована на портале № 70378

Итого за семестр	36	
Итого	36	

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
3 семестр			
1 Основные уравнения электромагнитного поля	Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Материальные уравнения	4	ОПК-1
	Итого	4	
3 Электростатическое поле	Методы решения задач электростатики	4	ОПК-1
	Итого	4	
5 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	Плоские электромагнитные волны и их характеристик	4	ОПК-1
	Итого	4	
7 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	Электромагнитные волны в линиях передачи	4	ОПК-1
	Итого	4	
9 Излучение электромагнитных волн	Элементарные электрический и магнитный излучатели	2	ОПК-1
	Итого	2	
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
3 семестр			
5 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	Исследование поляризации электромагнитных волн	4	ОПК-1
	Итого	4	
6 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	Исследование отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред	4	ОПК-1
	Итого	4	
7 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	Исследование линий передачи СВЧ диапазона	4	ОПК-1
	Итого	4	
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Исследование параметров объёмного резонатора прямоугольного сечения	4	ОПК-1
	Итого	4	

Согласована на портале № 70378

Итого за семестр	16	
Итого	16	

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
3 семестр				
1 Основные уравнения электромагнитного поля	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	8		
2 Энергия электромагнитного поля	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	6		
3 Электростатическое поле	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	8		
4 Общие свойства переменного электромагнитного поля	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	6		
5 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	10		

Согласована на портале № 70378

6 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	10		
7 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	10		
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	8		
9 Излучение электромагнитных волн	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	4	ОПК-1	Зачёт с оценкой
	Итого	8		
Итого за семестр		74		
Итого		74		

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

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

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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	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

Согласована на портале № 70378

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
3 семестр				
Зачёт с оценкой	10	10	10	30
Лабораторная работа	0	12	12	24
Тестирование	14	16	16	46
Итого максимум за период	24	38	38	100
Нарастающим итогом	24	62	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

7.1. Основная литература

1. Б.М. Петров Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. - М.:Горячая линия- Телеком, 2007.-558 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.).

2. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / Л. А. Боков, В. А. Замотринский, А. Е. Мандель - 2022. 409 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10026.

3. Осипов, О. В. Электродинамика и распространение радиоволн : учебник / О. В. Осипов, Д. П. Табаков, С. В. Морозов. — Самара : ПГУТИ, 2021. — 290 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/301166 (дата обращения: 23.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/301166.

7.2. Дополнительная литература

Согласована на портале № 70378

1. Фальковский, О. И. Техническая электродинамика : учебник / О. И. Фальковский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-0980-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/210371 (дата обращения: 23.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/210371.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Электромагнитные поля и волны:сборник задач и упражнений: Учебное пособие / Л. А. Боков, А. Е. Мандель, Ж. М. Соколова, Л. И. Шангина - 2022. 181 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10030.

2. Электромагнитные поля и волны: Методические указания к лабораторным работам / А. Е. Мандель, Д. В. Окунев, А. В. Фатеев - 2018. 57 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10345.

3. Электромагнитные поля и волны: Методические указания по организации самостоятельной работы студентов / А. Е. Мандель - 2022. 49 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9883.

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

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- вычислительная лаборатория им. Е.С. Коваленко "Лаборатория волоконно-оптических линий связи и измерений": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для 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.

Согласована на портале № 70378

47, 333б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Информационный стенд - 7 шт.;
- Лабораторный стенд "Компоненты волоконно-оптической линии связи";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая линия связи";
- Лабораторный комплекс "Волоконно-оптические системы передачи данных с временным и волновым уплотнением каналов";
- Лабораторный стенд "Волоконно-оптическая связь";
- Типовой комплект учебного оборудования "Монтаж и эксплуатация волоконно-оптических структурированных кабельных систем";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Office 2007;
- PTC Mathcad 15;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебно-исследовательская лаборатория "Микроволновая техника": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для 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, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Осциллограф GDS–71022;
- Измеритель Р2М-18;
- Генератор сигнала 33522А;
- Вольтметр циф. GDM 8145;
- Измеритель Р2М-04;
- Анализатор спектра СК4М-04;
- Осциллограф цифровой MS07104;
- Мультиметр цифровой 34405А;
- Источник питания GPD-73303S;
- Генератор Г4-126;
- Измеритель Р2-60 - 2 блока;
- Измеритель Р5-12;
- Измерительная линия Р1-27;
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18;
- Опорно-поворотное устройство;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Office 2010;
- PTC Mathcad 15;

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.;

Согласована на портале № 70378

- 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** 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 Основные уравнения электромагнитного поля	ОПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Энергия электромагнитного поля	ОПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Электростатическое поле	ОПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 70378

4 Общие свойства переменного электромагнитного поля	ОПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Плоские электромагнитные волны в изотропных неограниченных средах	ОПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред	ОПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	ОПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	ОПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Излучение электромагнитных волн	ОПК-1	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

Согласована на портале № 70378

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

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

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

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Можно ли создать магнитное поле с распределением вектора магнитной индукции B= 5x• x0+5y• y0 +5z• z0
   а)Это поле может быть создано постоянными магнитами б) Такого поля нет в) Это поле может быть создано объёмными электрическими зарядами г) Это поле может быть создано постоянными токами
2. Вектор электромагнитного поля D=5x•x0 +5y•y0. Определить объёмный заряд, создающий это поле.
   а) 20 кл/м3 б) 10 кл/м3 в) 5 кл/м3 г)15 кл/м3
3. Каков физический смысл уравнения Максвелла divD =0 а) В заданной точке есть

Согласована на портале № 70378

источники электрического поля б) Такой вид уравнения Максвелла смысла не имеет в) В заданной точке есть стоки электрического поля г) В заданной точке нет источников электрического поля

4. Как изменятся ток проводимости и ток смещения , если при тех же напряженностях электромагнитного поля E и H параметры среды - относительная диэлектрическая проницаемость и проводимость среды σ - увеличить в 4 раза а)ток проводимости не изменится , ток смещения, увеличится в 2 раза б)ток проводимости и ток смещения не изменятся в) ток проводимости и ток смещения увеличатся в 4 раза г) ток смещения не изменится, ток проводимости увеличится в 2 раза
5. . Какова взаимная ориентация векторов E, H и волнового вектора K в плоской однородной волне а) все три вектора взаимно ортогональны и образуют левую тройку векторов б) все три вектора взаимно ортогональны и образуют правую тройку векторов в) векторы E и H параллельны, оба вектора ортогональны вектору K г) все три вектора параллельны
6. Как изменится скорость электромагнитной волны в ферроэлектрике, если магнитную и диэлектрическую проницаемости среды увеличить в четыре раза. а) увеличится в 4 раза б) уменьшится в 4 раза в) уменьшится в 16 раз г) останется неизменной
7. На какой угол повернётся вектор напряженности электрического поля электромагнитной волны с круговой поляризацией при прохождении расстояния 0.1 м, если скорость распространения волны равна 3•10 8 м/с, а частота колебаний волны f = 1 ГГц а) 90 град. б) 360 град. в)120 град.г) 60 град
8. На границу раздела двух диэлектрических сред падает под углом Брюстера электромагнитная волна, имеющая правую круговую поляризацию. Какой будет поляризация отраженной волны а) линейная горизонтальная б) правая круговая в) левая круговая г) линейная вертикальная
9. Вертикально поляризованная электромагнитная волна падает на границу раздела двух диэлектриков под углом Брюстера. Каким при этом будет коэффициент отражения а) 1/2 б) 0 в) 1 г) 1/3
10. Как изменится глубина проникновения электромагнитного поля в проводящую среду, если проводимость среды σ увеличится в четыре раза а) увеличится в 4 раза б) уменьшится в 2 раза в) уменьшится в 4 раза г) увеличится в 2 раза
11. При каких соотношения между проницаемостями двух сред коэффициент отражения от их границы раздела будет равен 0 а) ε1=ε2; μ1 и μ2 - любые б) μ1/ε1 ; μ2/ε2 в) ε1•μ1=ε2•μ2 г) μ1 = μ2 , ε1 и ε2 - любые
12. Какими параметрами необходимо располагать при определении ближней и дальней зон излучения диполя Герца а) параметрами среды б) видом поляризации излучателя в) длиной волны излучателя г) размером излучателя
13. В каком направлении отсутствует излучение диполя Герца, к которому подведена мощность сигнала а) вдоль оси диполя б) перпендикулярно оси диполя в) под углом 45 град. к оси диполя г) во всех направлениях излучение существует
14. Какие волны могут распространяться в прямоугольном волноводе а) T-волны б) E-волны и H-волны в) T-волны и E-волны г) T-волны и H-волны
15. Как ориентирован волновой вектор K относительно волнового фронта плоской электромагнитной волны. а) перпендикулярен фронту волныб) параллелен фронту волны в) направлен под углом 60 град к плоскости фронта волны г) направлен под углом 45 град к плоскости фронта волны
16. Вблизи границы раздела двух сред задано следующее распределение вектора D : D1=5 •x0 +5 •y0 при x > 0 D1=4 • x0 +3 • y0 при x < 0 Какие из приведенных утверждений верны а) в одной из сред присутствует объемный заряд б) одна из сред обязательно анизотропна в) в обеих средах присутствуют объемные заряды г) на границе раздела сред есть поверхностный заряд
17. Какова основная волна прямоугольного волновода а) H11 б) H10 в) E11 г) E12
18. Каково физическое содержание вектора Пойнтинга а) плотность мощности электромагнитной волны б)энергия электромагнитной волны в) мощность электромагнитной волны г) скорость электромагнитной волны
19. Дайте определение току смещения а) ток смещения - это величина, пропорциональная скорости изменения переменного электрического поля в диэлектрике или вакууме б) ток смещения - это величина, пропорциональная скорости перемещения заряженных частиц в

Согласована на портале № 70378

вакууме в) ток смещения - это величина, пропорциональная частоте изменения переменного электрического поля в диэлектрике или вакууме

20. Как изменится резонансная частота резонатора при заполнении его диэлектриком а) резонансная частота резонатора не изменится б) резонансная частота резонатора с диэлектриком уменьшится по отношению к частоте резонатора без диэлектрика в) резонансная частота резонатора с диэлектриком увеличится по отношению к частоте резонатора без диэлектрика

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Определение электромагнитного поля.
2. Векторы электрического поля.
3. Векторы магнитного поля.
4. Уравнения Максвелла в интегральной форме
5. Первое уравнение Максвелла: полный ток и магнитное поле.
6. Полный ток и его составляющие.
7. Второе уравнение Максвелла: обобщенный закон электромагнитной индукции.
8. Третье уравнение Максвелла: электрическое поле и заряды.
9. Четвертое уравнение Максвелла: непрерывность силовых линий магнитного поля.
10. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.
11. Материальные уравнения.
12. Граничные условия для нормальных составляющих электрического поля.
13. Граничные условия для нормальных составляющих магнитного поля.
14. Граничные условия для тангенциальных составляющих электрического поля.
15. Граничные условия для тангенциальных составляющих магнитного поля.
16. Закон Джоуля-Ленца
17. Баланс энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга
18. Монохроматическое поле, метод комплексных амплитуд .
19. Уравнения Максвелла в комплексной форме.
20. . Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемость среды.
21. Плоские волны в однородных средах. Волновые уравнения и их решение.
22. Волновой характер электромагнитного поля. Плоские волны
23. Общее выражение для поля плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
24. Характеристическое сопротивление среды
25. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора.
26. Линейная поляризация электромагнитных волн.
27. Круговая и эллиптическая поляризации электромагнитных волн.
28. Плоские электромагнитные волны в изотропных поглощающих средах
29. Затухание электромагнитных волн
30. Волновое число в поглощающих средах
31. Плоские волны в диэлектрике
32. Плоские волны в проводнике.
33. Нормальное падение плоской волны на границу раздела двух сред Формулы Френеля.
34. Наклонное падение плоских волн на границу раздела двух сред Формулы Френеля для горизонтально и вертикально поляризованных волн. Угол Брюстера.
35. Полное отражение от диэлектрической границы. Плоские неоднородные волны
36. Понятие о направляющей системе. Классификация направляемых волн
37. Условия распространения электромагнитных волн в направляющих сис темах. Критическая частота.
38. Связь между продольными и поперечными составляющими поля в однородной направляющей системе
39. Прямоугольный волновод. Е- волны и Н- волны в прямоугольном волноводе
40. Основная волна прямоугольного волновода, ее структура поля и параметры
41. Структуры Е и Н полей в прямоугольном резонаторе.
42. Постановка задачи об излучении. Электродинамические потенциалы.
43. Уравнения для электродинамических потенциалов.
44. Определение электродинамических потенциалов по заданным зарядам и токам

Согласована на портале № 70378

45. Элементарный электрический излучатель.
46. Поле электрического излучателя в ближней и дальней зонах. Диаграмма направленности электрического излучателя. Сопротивление излучения.

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Исследование поляризации электромагнитных волн
2. Исследование отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред
3. Исследование линий передачи СВЧ диапазона
4. Исследование параметров объёмного резонатора прямоугольного сечения

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 № 70378

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 № 70378

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 7 от « 6 » 2 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. РТС	А.А. Мещеряков	Согласовано, 5bbb058c-a625-4513-8e7f-25eb16694704
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. РТС	Д.О. Ноздреватых	Согласовано, bd0039b0-9c48-4859-9803-60c9ddba7116
Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. СВЧиКР	А.Е. Мандель	Разработано, e143c8a0-542b-4541-84ee-1471a4f17eef

Согласована на портале № 70378