МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные системы передачи информации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	28	28	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	80	80	часов
5	Самостоятельная работа	28	28	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 5 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 46894

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 9 от «24» 5 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 11.08.2016 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. СВЧиКР	_____	А. Е. Мандель
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	_____	С. Н. Шарангович

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ	_____	К. Ю. Попова
Заведующий выпускающей каф. РТС	_____	С. В. Мелихов

Эксперты:

Доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)	_____	А. Ю. Попков
Старший преподаватель кафедры радиотехнических систем (РТС)	_____	Д. О. Ноздреватых

Согласована на портале № 46894

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью раздела «Электродинамика», 1-го раздела курса «Электродинамика и распространение радиоволн», - является изучение основ макроскопической электродинамики, теории распространения электромагнитных волн в различных средах и вакууме, методов анализа волноводных и колебательных систем, устройств излучения электромагнитных волн

1.2. Задачи дисциплины

- 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

Дисциплина «Электродинамика» (Б1.Б.20) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Распространение радиоволн, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Устройства СВЧ и антенны.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-5 способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- ПК-12 способностью выполнять исследования новых процессов и явлений в радиотехнике, позволяющих повысить эффективность радиоэлектронных систем и устройств;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** основные уравнения, описывающие электромагнитное поле и энергетические соотношения в нем; методы решения уравнений Максвелла при заданных источниках; методы исследования элементарных излучателей; явления, возникающие на границе раздела двух сред; общие свойства волн, распространяющихся в линиях передачи
- **уметь** анализировать структуру электромагнитного поля плоских волн, распространяющихся в однородных средах; анализировать структуру электромагнитного поля, созданного элементарными излучателями; анализировать структуру электромагнитного поля в различных линиях передачи; проводить расчеты избирательных свойств объемных резонаторов.
- **владеть** методами решения основных задач расчета электрических и магнитных полей; методиками расчета основных характеристик волноводных трактов и резонаторов

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	80	80
Лекции	36	36
Практические занятия	28	28
Лабораторные работы	16	16

Согласована на портале № 46894

Самостоятельная работа (всего)	28	28
Оформление отчетов по лабораторным работам	4	4
Проработка лекционного материала	16	16
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	8
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Основные уравнения электромагнитного поля	6	6	0	3	15	ОПК-5, ПК-12
2 Энергия и мощность электромагнитного поля	4	2	0	3	9	ОПК-5, ПК-12
3 Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей	2	2	0	3	7	ОПК-5, ПК-12
4 Плоские электромагнитные волны в однородных средах	6	4	4	4	18	ОПК-5, ПК-12
5 Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред	6	4	4	4	18	ОПК-5, ПК-12
6 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	4	4	0	3	11	ОПК-5, ПК-12
7 Электромагнитные волны в направляющих системах	6	4	4	4	18	ОПК-5, ПК-12
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	2	2	4	4	12	ОПК-5, ПК-12
Итого за семестр	36	28	16	28	108	
Итого	36	28	16	28	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Основные уравнения	Предмет и содержание курса. Основные уравнения электромагнитного поля –	6	ОПК-5, ПК-12

Согласована на портале № 46894

электромагнитного поля	уравнения Максвелла. Материальные уравнения и классификация сред. Уравнение непрерывности и закон сохранения заряда. Сторонние источники. Полная система уравнений Мак-свелла с учетом сторонних источников. Поля на границах раздела сред. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Граничные условия на поверхности идеального проводника.Классификация электромагнитных полей по их зависимости от времени. Гармонические колебания. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные амплитуды полей. Коплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.		
	Итого	6	
2 Энергия и мощность электромагнитного поля	Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Уравнения баланса для мгновенных значений мощности. Вектор Пойнтинга. Средние за период значения энергетических характеристик гармонического электромагнитного поля. . Скорость переноса энергии электромагнитных полей.	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	
3 Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей	Магнитные токи и заряды. Уравнения Максвелла с учетом маг-нитных токов и зарядов. Принцип перестановочной двойственно-сти уравнений Максвелла. Теорема единственности для внутрен-ней и внешней задач электродининамики. Принцип эквивалентно-сти. Лемма Лоренца. Теорема взаимности	2	ОПК-5, ПК-12
	Итого	2	
4 Плоские электромагнитные волны в однородных 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. Поляризация электромагнитных волн. Электро-магнитные волны в средах с потерями. Коэффициент затухания.	6	ОПК-5, ПК-12
	Итого	6	
5 Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред	Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. Формулы Френеля. Явление полного прохождения, угол Брюстера. Условия возникновения полного отраже-	6	ОПК-5, ПК-12

Согласована на портале № 46894

	ния от границы раздела двух диэлектрических сред, структура поля над и под границей раздела. Отражение от идеально проводящей поверхности, структура поля. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела диэлектрика и поглощающей среды. Приближенные граничные условия Леонтовича.		
	Итого	6	
6 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	Постановка задачи об излучении. Уравнения Максвелла для области, содержащей сторонние источники. Неоднородные волновые уравнения (уравнения Даламбера). Векторный и скалярный электродинамические потенциалы. Неоднородные волновые уравнения для электродинамических потенциалов и их решения. Запаздывающие потенциалы. Элементарный источник электромагнитного поля и свойства возбуждаемой им сферической волны. Элементарный электрический излучатель: структура поля, диаграммы направленности, сопротивление излучения.	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	
7 Электромагнитные волны в направляющих системах	Понятие о направляющих системах. Направляемые электромаг-нитные волны. Постоянная распространения, фазовая скорость и длина волны в линии передачи. Критическая частота. Классификация направляемых волн : Т, Е, и Н –волны. Прямоугольный металлический волновод. Решение двумерного уравнения Гельмгольца для прямоугольного волновода. Волны типа Е и типа Н, их характеристики и структура поля . Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики и структура поля. Выбор поперечных размеров для одноволнового режима работы. Расчет мощности, переносимой основной волной через поперечное сечение волновода.	6	ОПК-5, ПК-12
	Итого	6	
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Объемные резонаторы. Отрезок направляющей структуры, ограниченный металлическими торцевыми поверхностями, как резонатор. Анализ собственных колебаний в полых резонаторах. Прямоугольные и цилиндрические резонаторы. Определение резонансной час-тоты и добротности объемных резонаторов. Понятие об открытых и диэлектрических резонаторах.	2	ОПК-5, ПК-12

Согласована на портале № 46894

	Итого	2	
Итого за семестр		36	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Математика	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Распространение радиоволн	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Физика	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины								
1 Устройства СВЧ и антенны	+	+	+	+	+	+	+	

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-5	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-12	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
4 Плоские электромагнитные волны в однородных средах	Исследование поляризации электромагнитных волн	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	
5 Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред	Исследование отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред:	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	

Согласована на портале № 46894

7 Электромагнитные волны в направляющих системах	Исследование линий передачи СВЧ диапазона	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Исследование параметров объёмного резонатора прямоугольного сечения	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Основные уравнения электромагнитного поля	Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Полный ток и его составляющие. Материальные уравнения. Граничные условия для векторов электрического и магнитного поля.	6	ОПК-5, ПК-12
	Итого	6	
2 Энергия и мощность электромагнитного поля	Уравнения баланса для мгновенных значений мощности. Вектор Пойнтинга. Средние за период значения энергетических характеристик гармонического электро-магнитного поля. Комплексный вектор Пойнтинга. Урав нения баланса для активных и реактивных мощностей. Скорость переноса энергии электромагнитных полей.	2	ОПК-5, ПК-12
	Итого	2	
3 Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей	Уравнения Максвелла с учетом магнитных токов и зарядов. Принцип перестановочной двойственности уравнений Максвелла. . Принцип эквивалентности. Лемма Лоренца. Теорема взаимности	2	ОПК-5, ПК-12
	Итого	2	
4 Плоские электромагнитные волны в однородных средах	Уравнение Гельмгольца. Плоские волны и их характе-ристики. Волновое число и волновой вектор. Взаимная ориентация векторов поля и волнового вектора в среде без потерь. Волновое сопротивление. Поляризация пло-ской волны. Электромагнитные волны в средах с поте-рями. Коэффициент затухания. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	
5 Отражение и	Падение плоской электромагнитной волны	4	ОПК-5, ПК-12

Согласована на портале № 46894

преломление плоских волн на границе раздела двух сред	на границу раздела двух диэлектрических сред. Формулы Френеля. Явление полного прохождения, угол Брюстера. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела диэлектрика и поглощающей среды.		
	Итого	4	
6 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. Формулы Френеля. Явление полного прохождения, угол Брюстера. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела диэлектрика и поглощающей среды.	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	
7 Электромагнитные волны в направляющих системах	Направляющие системы. Направляемые электромагнитные волны. Постоянная распространения, фазовая скорость и длина волны в линии передачи. Критическая частота. Класссификация направляемых волн : Т, Е, и Н –волны. Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики и структура поля. Выбор поперечных размеров для одноволнового режима работы. Расчет мощности, переносимой основной волной через поперечное сечение волновода.	4	ОПК-5, ПК-12
	Итого	4	
8 Электромагнитные колебания в объемных резонаторах	Прямоугольный, круглый и коаксиальный резонаторы. Определение резонансной частоты и добротности объемных резонаторов.	2	ОПК-5, ПК-12
	Итого	2	
Итого за семестр		28	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 Основные уравнения электромагнитного поля	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-12	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	3		
2 Энергия и	Подготовка к практиче-	1	ОПК-5, ПК-12	Опрос на занятиях,

Согласована на портале № 46894

мощность электромагнитного поля	ским занятиям, семинарам			Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	3		
3 Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-12	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	3		
4 Плоские электромагнитные волны в однородных средах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-12	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	1		
	Итого	4		
5 Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-12	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	1		
	Итого	4		
6 Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-12	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	3		
7 Электромагнитные волны в направляющих системах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-12	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	1		
	Итого	4		
8 Электромагнитные колебания в объемных	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-5, ПК-12	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционно-	2		

Согласована на портале № 46894

резонаторах	го материала			
	Оформление отчетов по лабораторным работам	1		
	Итого	4		
Итого за семестр		28		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		64		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	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
5 семестр				
Опрос на занятиях	8	8	14	30
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Тест	6	6	8	20
Итого максимум за период	14	24	32	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	14	38	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)

Согласована на портале № 46894

	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)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Б.М. Петров Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. - М.: Горячая линия- Телеком, 2007.-558 с. (100) (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)
2. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Боков Л. А., Мандель А. Е., Замотринский В. А. - 2013. 410 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3289 (дата обращения: 26.11.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Фальковский О.И. Техническая электродинамика [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: Учебник для вузов. – СПб. Издательсво «Лань», 2009. -432 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/403 — Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/403 (дата обращения: 26.11.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Электромагнитные поля и волны [Электронный ресурс]: Сборник задач и упражнений для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 11.03.02 (210700.62) «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 11.03.01 (210400.62) «Радиотехника» и специальности 11.05.01 (210601.65) «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Мандель А. Е., Боков Л. А., Соколова Ж. М., Шангина Л. И. - 2014. 185 с. (Пособие для практических занятий) — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4876 (дата обращения: 26.11.2018).
2. Исследование параметров объёмного резонатора прямоугольного сечения [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе для бакалавров направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника», и специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Мандель А. Е., Фатеев А. В., Никифоров А. Н., Соколова Ж. М. - 2013. 30 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3656 (дата обращения: 26.11.2018).
3. Исследование поляризации электромагнитных волн [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе для бакалавров направлений подготовки: 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника»; специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Мандель А. Е., Фатеев А. В., Никифоров А. Н., Соколова Ж. М. - 2013. 35 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3639 (дата обращения: 26.11.2018).
4. Исследование отражения электромагнитных от границы раздела двух сред [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе для бакалавров направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника», специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Мандель А. Е., Кущ Г. Г., Никифоров А. Н. - 2013. 17 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3653 (дата обращения: 26.11.2018).
5. Исследование линий передачи СВЧ диапазона [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе для бакалавров направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника», специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Мандель А. Е., Фатеев А. В., Никифоров А. Н., Соколова Ж. М. - 2013. 24 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3657 (дата обращения: 26.11.2018).

Согласована на портале № 46894

6. Электромагнитные поля и волны [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Боков Л. А., Мандель А. Е., Соколова Ж. М. - 2010. 53 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/17 (дата обращения: 26.11.2018).

12.3.2. 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.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. 1. Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования. www.elibrary.ru
2. 2. Образовательный портал ТУСУР www.edu.tusur.ru

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-вычислительная лаборатория «Информатики и информационных технологий»

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, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 337б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (12 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Far Manager

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория Микроволновой техники

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для прове-

Согласована на портале № 46894

дения 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

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (14 шт.);
- Демонстрационное оборудование для презентаций (проек-тор 1 шт., экран 1 шт.);
- Осциллограф GDS – 71022 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-18 (1 шт.);
- Генератор сигнала 33522А (1 шт.);
- Вольтметр циф. GDM 8145 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-04 (1 шт.);
- Анализатор спектра СК4М-04 (1 шт.);
- Осциллограф цифровой MS07104 (1 шт.);
- Мультиметр цифровой 34405А (1 шт.);
- Источник питания GPD-73303S (1 шт.);
- Генератор Г3-14 (2 шт.);
- Генератор Г4-126 (1 шт.);
- Измеритель Р2-60 (2 блока);
- Измеритель Р5-12 (1 шт.);
- Измерительная линия Р1-27 (1 шт.);
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18 (1 шт.);
- Опорно-поворотное устройство (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Google Chrome
– Microsoft Office 2010 и ниже
– PTC Mathcad 15

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

Согласована на портале № 46894

13.2. 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 зрениями** 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.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

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 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

Согласована на портале № 46894

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) Т-волны

б) Е-волны и Н-волны

в) Т-волны и Е-волны

Согласована на портале № 46894

г) Т-волны и Н-волны

15. Как ориентирован волновой вектор К относительно волнового фронта плоской электромагнитной волны.

а) перпендикулярен фронту волны

б) 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) Н11

б) Н10

в) Е11

г) Е12

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 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

14.1.2. Экзаменационные вопросы

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.

Согласована на портале № 46894

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.
6.4. Плоские волны в однородных средах
21. 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.
34. Линейная поляризация электромагнитных волн.
26. Круговая и эллиптическая поляризации электромагнитных волн.
27. Плоские электромагнитные волны в изотропных поглощающих средах
28. Затухание электромагнитных волн
29. Волновое число в поглощающих средах
30. Плоские волны в диэлектрике
31. Плоские волны в проводнике.
32. Нормальное падение плоской волны на границу раздела двух сред Формулы Френеля.
33. Наклонное падение плоских волн на границу раздела двух сред Формулы Френеля для горизонтально и вертикально поляризованных волн
34. Полное отражение от диэлектрической границы. Плоские неоднородные волны
35. Наклонное падение плоских электромагнитных волн на границу с диэлектриком. Угол Брюстера
36. Понятие о направляющей системе. Классификация направляемых волн
37. Условия распространения электромагнитных волн в направляющих сис темах. Критическая частота, критическая длина волны
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
45. Элементарный электрический излучатель.
46. Поле электрического излучателя в ближней и дальней зонах. Диаграмма направленности электрического излучателя. Сопротивление излучения.

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Основные уравнения электромагнитного поля
Энергия и мощность электромагнитных полей
Основные теоремы и принципы в теории гармонических полей
Плоские электромагнитные волны в однородных средах
Отражение и преломления плоских волн на границе раздела двух сред
Электромагнитные волны в направляющих системах
Электромагнитные колебания в объемных резонаторах

14.1.4. Темы лабораторных работ

Исследование отражения электромагнитных волн от границы раздела двух сред:
Исследование поляризации электромагнитных волн
Исследование линий передачи СВЧ диапазона
Исследование параметров объёмного резонатора прямоугольного сечения

Согласована на портале № 46894

14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. 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 № 46894