

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт физико-химических технологий
и материаловедения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:

_____ Мацулевич Ж.В.

«20» марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.15 Теория поля
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и микроэлектроника

Направленность: Технология материалов и изделий электроники и микроэлектроники

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2024, 2025

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины 72 часа/2 з.е.

Промежуточная аттестация: зачет

Разработчики: Раевская Ю.В., к.т.н., доцент

Нижний Новгород

2025

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по специальности 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 г. № 927 на основании учебных планов, принятых УМС НГТУ, протоколы от 28.05.2024 г. № 17 и 28.01.2025 г. № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС» протокол от 12.03.2025 г. № 16.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. _____

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИФХТиМ, протокол от 20.03.2025 г. № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.04-Н-37.
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ

(подпись) Н.И. Кабанина

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕ-	
НИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕ-	
МЕСТРАМ	7
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	8
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ	
ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	17
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	17
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯ-	
ТИЯМ	18
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ	
«ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	18
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧ-	
НЫХ СИСТЕМ	19
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	19
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУ-	
ЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	20
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИ-	
ПЛИНЫ	20
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕ-	
НИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	20
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	21
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕ-	
СКИХ ЗАНЯТИЯХ	21
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	
.....	21
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	25
11.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВА-	
ЕМОСТИ	22
11.2. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТА-	
ЦИИ	29

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины являются формирование необходимых компетенций для овладения навыками решения задач теории электромагнитного поля; для изучения различных методов решения задач теории электромагнитного поля; для освоения аппаратов векторного и тензорного анализов; для изучения особенностей распространения электромагнитного поля в различных средах, излучения электромагнитных волн, особенностей движения зараженных частиц в электрическом и магнитном полях.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- формирование у студентов знаний, навыков и умений, позволяющих выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;
- формирование у студентов знаний, навыков и умений, позволяющих привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- формирование у студентов навыков анализа базовых задач теории электромагнитного поля;
- формирование у студентов умения проводить самостоятельный анализ физических процессов, происходящих в различных средах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Теория поля» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Математика», «Методы математической физики».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Компоненты электронной техники» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника:

ПК-1 Способен применять знания физико-химических и технологических основ для решения научных и инженерных задач наукоемкого производства на мировом уровне.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-1								
<i>Общая химия</i>								
<i>Органическая химия</i>								
<i>Экология</i>								
<i>Аналитическая химия и физико-химические методы анализа</i>								
<i>Физическая химия</i>								
<i>Квантовая и оптическая электроника</i>								
<i>Теория поля</i>								

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (описания)			Оценочные материалы (ОМ)	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПК-1. Способен применять знания физико-химических и технологических основ для решения научных и инженерных задач наукоемкого производства на мировом уровне	Освоение дисциплины причастно к ТФ В/02.6 (40.058 «Инженер-технолог по производству радиоэлектронных средств»)), решает задачу внедрения результатов исследований и разработок в производство; проведения технологических процессов и контроля производства материалов и изделий электронной техники					
	ИПК-1.2. Применяет законы и постулаты физики для решения задач в области технологии производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	Знать: - основные постулаты теории электромагнитного поля; - основные теоремы электромагнитного поля, вытекающие из уравнений Максвелла; - принципы распространения электромагнитных волн в однородных и анизотропных средах; - особенности излучения электромагнитных волн	Уметь: - рассчитывать характеристики распространения плоских волн в различных средах, характеристики движения заряженных частиц в электрическом и магнитном поле, характеристики излучения элементарных излучателей	Владеть: - навыками использования элементов векторного и тензорного анализа при решении соответствующих задач.	Комплект домашних заданий; Комплект заданий для самостоятельных работ; Тесты на платформе moodle	Вопросы для устного собеседования, задачи
	ИПК-1.3. Применяет математический аппарат для решения задач в области технологии производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники		Уметь: - решать задачи электростатики и магнитостатики, используя различные методы	Владеть: - навыками решения задач теории электромагнитного поля	Комплект домашних заданий; Комплект заданий для самостоятельных работ; Тесты на платформе moodle	Вопросы для устного собеседования, задачи

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. или 72 часа, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		6 сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	72	72
1. Контактная работа:	38	38
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	34	34
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические. занятия и др.)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	--	--
1.2.Внеаудиторная, в том числе	4	4
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС):	34	34
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	34	34
Подготовка к зачету		

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
6 семестр								
ПК-1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	Раздел 1. Основные законы электромагнитного поля						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, гра- фические задания; 3. Тестирование на он- лайн-платформе	Электронный курс «Теория поля» (51 час)
	Тема 1.1. Векторные и скалярные поля. Электромагнитное поле	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 1.2. Токи и заряды в элек- тродинамике. Векторы напря- женности электрического и маг- нитного полей. Диэлектрическая и магнитная проницаемости.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 1. Эле- менты векторного анализа. Ли- нейные дифференциальные опе- раторы. Системы координат.			2,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.3. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциаль- ной формах. Граничные условия.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 2. Гра- ничные условия.			1,0	0,5	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.4. Виды сред. Материаль- ные уравнения для различных сред.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
	Тема 1.5. Закон сохранения заря- да. Закон сохранения энергии. Теорема Умова-Пойнтинга. Тео- рема единственности решений уравнений электродинамики.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 1.6. Вектор Пойнтинга. Комплексные амплитуды. Урав- нения Максвелла в комплексной форме.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 3. Ком- плексные амплитуды. Уравнения Максвелла в комплексной форме.			3,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.7. Закон сохранения энер- гии для гармонических полей (комплексный вектор Умова- Пойнтинга).	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 4. Энер- гетические соотношения в элек- тродинамике.			2,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.8. Принцип двойственно- сти. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				9,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	4,5		8,0	9,0			
ПК-1	Раздел 2. Волновые процессы						1. Диагностический безо-	Электронный

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
ИПК-1.2 ИПК-1.3	Тема 2.1. Скалярный и векторный потенциалы, дифференциальные уравнения для потенциалов. Частные решения волновых уравнений.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]	ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Тестирование на онлайн-платформе	курс «Теория поля» (51 час)
	Тема 2.2. Плоские, цилиндрические и сферические волны. Плоские электромагнитные волны в однородной среде. Общие свойства плоских волн. Фазовая и групповая скорости.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 2.3. Плоская волна в идеальном диэлектрике. Плоская волна в среде с потерями. Граничные условия Щукина-Леонтовича.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 5. Расчет характеристик распространения плоских волн в различных средах.			4,0	2,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 2.4. Поляризация волн. Стоячая электромагнитная волна				1,0	Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 2.5. Отражение и преломление волн на плоской границе раздела двух сред. Полное внутреннее отражение.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 6. Отражение и преломление волн на плоской границе раздела двух сред. Полное внутреннее отражение.			2,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				8,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	3,0		6,0	8,0			
ПК-1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	Раздел 3. Поля и заряженные частицы						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Тестирование на онлайн-платформе	Электронный курс «Теория поля» (51 час)
	Тема 3.1. Частицы в стационарных полях.	1,5			2,0			
	Тема 3.2. Частицы в гармонически колеблющихся полях.	0,5			1,0			
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				3,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	2,0			3,0			
ПК-1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	Раздел 4. Излучение электромагнитных волн						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Тестирование на онлайн-платформе	Электронный курс «Теория поля» (51 час)
	Тема 4.1. Сферические волны в однородной изотропной среде.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 4.2. Элементарные электрический и магнитный излучатели.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 7. Излучение.			3,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по				4,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	освоению 4 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
контрольная работа								
Итого по 4 разделу	2,0		3,0	4,0				
ПК-1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	Раздел 5. Анизотропные среды						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Тестирование на онлайн-платформе	Электронный курс «Теория поля» (51 час)
	Тема 5.1. Кристаллы и искусственные диэлектрики.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 5.2. Электромагнитные явления в ферритах.	1,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 5.3. Распространение электромагнитных волн в ионизированном газе в присутствии постоянного магнитного поля.	1,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				4,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 5 разделу	2,5			4,0			
ПК-1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	Раздел 6. Электродинамические свойства метаматериалов						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, гра-	Электронный курс «Теория поля» (51 час)
	Тема 6.1. Классификация материальных сред. Распространение электромагнитных волн в средах с отрицательными проницаемостями.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
	Тема 6.2. Некоторые модели ме- таматериалов и их электродина- мические характеристики.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	фические задания; 3. Тестирование на он- лайн-платформе	
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				6,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 6 разделу	3,0			6,0			
	Курсовая работа (КР)							
	Курсовой проект (КП)							
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17,0		17,0	34,0			
	ИТОГО по дисциплине	17,0		17,0	34,0			

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы примеры домашних заданий и заданий для самостоятельных работ, а также тесты для тестирования на платформе Moodle (для студентов создан электронный курс «Теория поля»: <https://education.nntu.ru/course/view.php?id=54>).

Также сформирован перечень вопросов и заданий, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели)

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по системе «зачтено»/«не зачтено».

.

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оцен- ки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-1. Способен применять знания физикохимических и технологических основ для решения научных и инженерных задач наукоемкого производства на мировом уровне	ИПК-1.2. Применяет законы и постулаты физики для решения задач в области технологии производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	Не знает основные постулаты теории электромагнитного поля; основные теоремы электромагнитного поля, вытекающие из уравнений Максвелла; принципы распространения электромагнитных волн в однородных изотропных и анизотропных средах; особенности излучения электромагнитных волн. Не умеет рассчитывать характеристики распространения плоских волн в различных средах, характеристики движения заряженных частиц в электрическом и магнитном поле, характеристики излучения элементарных излучателей. Не владеет навыками использования элементов векторного и тензорного анализов при решении соответствующих задач.	Может сформулировать основные постулаты теории электромагнитного поля; основные теоремы электромагнитного поля, вытекающие из уравнений Максвелла; принципы распространения электромагнитных волн в однородных изотропных и анизотропных средах; особенности излучения электромагнитных волн, допуская ошибки. Слабо умеет рассчитывать характеристики распространения плоских волн в различных средах, характеристики движения заряженных частиц в электрическом и магнитном поле, характеристики излучения элементарных излучателей. Слабо владеет навыками использования элементов векторного и тензорного анализов при решении соответствующих задач.	Может сформулировать основные постулаты теории электромагнитного поля; основные теоремы электромагнитного поля, вытекающие из уравнений Максвелла; принципы распространения электромагнитных волн в однородных изотропных и анизотропных средах; особенности излучения электромагнитных волн, допуская небольшие неточности. Умеет рассчитывать характеристики распространения плоских волн в различных средах, характеристики движения заряженных частиц в электрическом и магнитном поле, характеристики излучения элементарных излучателей, иногда испытывает небольшие затруднения. Владеет навыками использования элементов векторного и тензорного ана-	Знает основные постулаты теории электромагнитного поля; основные теоремы электромагнитного поля, вытекающие из уравнений Максвелла; принципы распространения электромагнитных волн в однородных изотропных и анизотропных средах; особенности излучения электромагнитных волн. Умеет рассчитывать характеристики распространения плоских волн в различных средах, характеристики движения заряженных частиц в электрическом и магнитном поле, характеристики излучения элементарных излучателей. Владеет навыками использования элементов векторного и тензорного анализов при решении соответствующих задач.

				лизов при решении соответствующих задач, иногда испытывает небольшие затруднения.	
	ИПК-1.3. Применяет математический аппарат для решения задач в области технологии производства материалов и изделий электроники и наноэлектроники	Не умеет решать задачи электростатики и магнитостатики, используя различные методы. Не владеет навыками решения задач теории электромагнитного поля.	Слабо умеет решать задачи электростатики и магнитостатики, используя различные методы. Слабо владеет навыками решения задач теории электромагнитного поля.	Умеет решать задачи электростатики и магнитостатики, используя различные методы. Владеет навыками решения задач теории электромагнитного поля.	Умеет решать задачи электростатики и магнитостатики, используя различные методы. Владеет навыками решения задач теории электромагнитного поля.

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.1.1. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник / В. А. Неганов [и др.] ; Под ред. В. А. Неганова, С. Б. Раевского. - 4-е изд., стер. - М.: Радиотехника, 2009. - 743 с.

6.1.2 Электродинамика и распространение радиоволн: учебник / В. А. Неганов [и др.] ; Под ред. В. А. Неганова, С. Б. Раевского. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Радиотехника, 2007. - 743 с.

6.1.3. Устройства СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Методы расчета. Алгоритмы. Технологии изготовления / Ю. А. Иларионов [и др.]. - М.: Радиотехника, 2013. - 752 с.

6.1.4. Боков, Л. А. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Л. А. Боков, А. Е. Мандель, В. А. Замотринский – Томск: ТУСУР, 2013. – 410 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3289>

6.1.5. Иванов, А. Е. Электродинамика: Учебник / А. Е. Иванов, С. А. Иванов. - М.: КНОРУС, 2012. - 565 с.

6.2. Справочно-библиографическая литература

6.2.1. Сборник задач по электродинамике: учеб. пособие/ Ю. Г. Белов [и др.]; Нижегород. Гос. Техн. Ун-т им. Р. Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2015. – 101 с.

6.2.2. Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника: учебник / А. Д. Григорьев. - 2-е изд., доп. - СПб.: Лань, 2007. - 704 с.

6.2.3. Петров, Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник для вузов / Б. М. Петров. - 2-е изд.,испр. - М.: Горячая линия-Телеком, 2003. - 559 с.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Теория поля» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Теория поля».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Теория поля»

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Теория поля».

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к лицам с ограниченными возможностями их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Теория поля» используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан электронный курс «Теория поля» на платформе Moodle (<https://education.nntu.ru/course/view.php?id=54>). Он содержит текстовые лекции, задания для самостоятельного решения, тесты по каждому разделу дисциплины.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе допол-

нительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы

(указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- тестирование по темам лекционных занятий,
- проверка выполнения домашних заданий,
- проведение самостоятельных работ.

11.1.1. Типовые домашние задания

Домашнее задание 1

1. Записать выражения для ротора, градиента, дивергенции и лапласиана в цилиндрической и сферической системах координат.
2. Найти:

$$\begin{aligned} & \text{grad}(\vec{A} \vec{B}); \quad \text{rot grad } \varphi; \\ & \text{div}[\vec{A} \vec{B}]; \quad \text{div rot } \vec{A}; \\ & \text{rot}[\vec{A} \vec{B}]; \quad \text{grad}(\varphi\psi); \\ & \text{rot rot } \vec{A}; \quad \text{div}[\text{grad } \varphi \text{ grad } \psi]. \end{aligned}$$

3. Определите дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{A}$, заданного в декартовой системе координат: $\vec{A} = 2xy^2\vec{e}_x + z^2\vec{e}_y$.

4. Определите дивергенцию и ротор векторного поля $\vec{A}$, заданного в цилиндрической системе координат: $\vec{A} = \frac{10}{r} \sin z \vec{e}_z$.

Домашнее задание 2

1. Плоскость XOY декартовой системы координат является границей воздуха и идеального проводника. По поверхности проводника протекает равномерно распределенный ток, ориентированный вдоль оси y . При этом через отрезок оси x длиной 12 см проходит ток 25 мА. Определите тангенциальную к поверхности составляющую вектора напряженности магнитного поля.

2. Плоская поверхность разделяет две среды с относительными диэлектрическими проницаемостями $\epsilon_{r1} = 5$ и $\epsilon_{r2} = 2$. В первой среде вектор электрического смещения имеет величину $5 \cdot 10^{-10}$ Кл/м² и ориентирован под углом 45° к поверхности раздела. Во второй среде величина вектора электрического смещения равна $2,5 \cdot 10^{-10}$ Кл/м². Определите плотность поверхностного заряда.

3. Плоскость XOY декартовой системы координат разделяет две среды с относительными диэлектрическими проницаемостями $\epsilon_{r1} = 1,5$ и $\epsilon_{r2} = 4$. В первой среде ($z > 0$) вектор напряженности электрического поля: $\vec{E}_1 = 5\vec{e}_x + 5\vec{e}_z$ В/м, во второй среде ($z < 0$): $\vec{E}_2 = 5\vec{e}_x + 10\vec{e}_z$ В/м. Определите плотность поверхностного заряда.

Домашнее задание 3

1. В диэлектрике с относительной проницаемостью 3,8 и удельной проводимостью 0,023 См/м комплексная амплитуда $\vec{E} = 10e^{-i\frac{\pi}{4}}\vec{e}_x$, мВ/м. Определите комплексные амплитуды векторов плотности тока проводимости, тока смещения и полного тока. Частота колебаний 150 МГц.

2. В диэлектрике с относительной проницаемостью 2,5 и удельной проводимостью $1,1 \cdot 10^{-3}$ См/м вектор плотности тока проводимости: $\vec{j}_{\text{пр}} = 2,2 \cdot 10^{-4} \sin(\pi \cdot 10^7 t) \vec{e}_x$, А/м². Определите комплексную амплитуду вектора плотности тока смещения, а также угол диэлектрических потерь.

3. Запишите выражение для вектора напряженности магнитного поля $\vec{H}(t)$, имеющего линейную поляризацию в плоскости XOZ . Колебания вектора $\vec{H}$ происходят с амплитудой 10 мА/м вдоль прямой, наклоненной под углом 30° к оси z и углом 60° к оси x . При $t = 0$ проекция $H_z = 5$ мА/м. Частота колебаний 2 ГГц.

Домашнее задание 4

1. В некоторой точке пространства векторы электромагнитного поля описываются выражениями:

$$\vec{E} = 0,2 \cos(2\pi \cdot 10^9 t) \vec{e}_y, \text{ В/м};$$

$$\vec{H} = 6,5 \cdot 10^{-3} \cos(2\pi \cdot 10^9 t - 30^\circ) \vec{e}_z, \text{ А/м}.$$

Определите зависимость вектора Пойнтинга от времени. Найдите среднее значение и амплитуду колебательной составляющей вектора Пойнтинга.

2. В среде с потерями заданы комплексные амплитуды векторов электромагнитного поля плоской волны:

$$\vec{E} = 0,5 e^{-0,01x} e^{-i0,03x} \vec{e}_y, \text{ В/м};$$

$$\vec{H} = 0,01 e^{-0,01x} e^{-i\left(0,03x + \frac{\pi}{10}\right)} \vec{e}_z, \text{ А/м}.$$

Определите среднее значение вектора Пойнтинга. Найдите среднюю мощность, переносимую волной через квадратную площадку размерами $1 \times 1 \text{ м}^2$, расположенную в плоскости $x = 100 \text{ м}$.

Домашнее задание 5

1. Плоская электромагнитная волна распространяется в немагнитной среде без потерь с неизвестным значением ϵ_r . Измерения показали, что на пути 10 см колебание с частотой 1 ГГц приобретает дополнительный по сравнению с вакуумом сдвиг по фазе 40° . Определите ϵ_r и коэффициент преломления среды.
2. В диэлектрике без потерь с параметрами $\epsilon_r = 5$ и $\mu_r = 1$ распространяется плоская волна. При этом через площадку 10 см^2 , ориентированную перпендикулярно направлению распространения волны, переносится средняя мощность 50 мВт. Определите амплитуду колебаний векторов напряженности электрического и магнитного поля. Поляризация волны – линейная.
3. Во сколько раз уменьшится амплитуда плоской электромагнитной волны с частотой 2 МГц при распространении в среде с параметрами: $\sigma = 10^{-3} \text{ См/м}$, $\epsilon_r = 2$, $\mu_r = 1$ на пути 1 м.
4. Определите толщину экрана из меди ($\sigma = 5,7 \cdot 10^7 \text{ См/м}$, $\mu_r = 1$), который обеспечивает ослабление амплитуды электромагнитного поля в 10000 раз на частотах 50 Гц и 50 МГц.
5. Диэлектрик на частоте 10 ГГц обладает параметрами: $\epsilon_r = 3,8$, $\mu_r = 1$, $\tan \delta = 10^{-4}$. Определите длину волны, коэффициент затухания и характеристическое сопротивление такой среде.
6. Плотность потока мощности, переносимой плоской волной в металле, на расстоянии 0,01 мм уменьшилась в 1000 раз. Определите длину волны в металле и толщину скин-слоя.

Домашнее задание 6

1. Плоская электромагнитная волна падает по нормали из вакуума на диэлектрическое полупространство без потерь с параметрами $\epsilon_r = 2,56$, $\mu_r = 1$. Амплитуда магнитного вектора падающей волны составляет 10 А/м. Определите амплитуду магнитного вектора в отраженной и преломленной волнах.
2. Плоская электромагнитная волна с параллельной поляризацией падает под углом 30° из диэлектрика с параметрами $\epsilon_r = 2,08$, $\mu_r = 1$ на границу раздела с воздухом. Потери в диэлектрике отсутствуют. Амплитуда напряженности электрического поля падающей волны 0,8 В/м. Определите амплитуду напряженности электрического поля отраженной и преломленной волн.

Домашнее задание 7

1. Определите плотность мощности поля в экваториальной плоскости элементарного излучателя на расстоянии 10 км. Частота колебаний 3,75 МГц. Найдите полную излученную мощность. Излучатель: электрический вибратор с амплитудой тока 4 А и длиной 5 м.
2. Элементарный вибратор излучает полную мощность 100 Вт. Определите, на каком предельном расстоянии от вибратора можно осуществлять радиоприем при чувствительности приемника 0,5 мВ/м.
3. Определите, какая мощность должна излучаться элементарным излучателем (электрическим или магнитным), чтобы на расстоянии 100 км от излучателя можно было принимать электромагнитные колебания с плотностью мощности 1 мкВт/м².
4. Сравните амплитуду напряженности электрического поля максимального излучения для элементарных электрического и магнитного излучателей при одинаковой амплитуде тока. Длина электрического излучателя и диаметр рамки одинаковы и составляют $0,1\lambda_0$.

11.1.2. Типовые задания для самостоятельных работ

Самостоятельная работа №1

Вариант 1

1. Комплексная амплитуда вектора напряженности магнитного поля в воздухе: $\dot{\vec{H}} = 10 \cos(20\pi x) \vec{e}_z$, мА/м (случай стоячей волны). Частота колебаний 3 ГГц, сторонние токи отсутствуют. Определите комплексную амплитуду вектора напряженности электрического поля. Найдите разность фаз колебаний $\vec{E}(t)$ и $\vec{H}(t)$.

2. Плоская поверхность разделяет воздух и диэлектрик с $\epsilon_r = 2$. Вектор напряженности электрического поля в воздухе ориентирован под углом 45° к поверхности раздела. Определите тангенциальную составляющую вектора $\vec{E}$ во второй среде, если в этой среде нормальная составляющая равна 0,8 В/м. Поверхностный электрический заряд отсутствует.

Вариант 2

1. Запишите выражение для электрического вектора $\vec{E}(t)$ и для его комплексной амплитуды $\dot{\vec{E}}$. Вектор $\vec{E}$ имеет круговую поляризацию в плоскости YOZ и вращается в

направлении часовой стрелки, если смотреть с конца единичного вектора $\vec{e}_x$. Амплитуда колебаний E_y равна 5 мВ/м, частота колебаний 100 МГц. В момент времени $t = 0$ вектор $\vec{E}$ повернут под углом 45° к осям y и z .

2. Плоская поверхность разделяет воздух и диэлектрик. Вектор напряженности электрического поля в воздухе образует угол 35° с направлением нормали к поверхности раздела. Для вектора $\vec{E}$ в диэлектрике этот угол – 50° . Определите относительную проницаемость диэлектрика. Поверхностный электрический заряд отсутствует.

Самостоятельная работа №2

Вариант 1

1. Амплитуда напряженности магнитного поля плоской электромагнитной волны, распространяющейся в среде с параметрами $\epsilon_r=3,8$; $\mu_r=1$; $\sigma=2 \cdot 10^{-4}$ См/м, в плоскости $z=0$ равна 1 А/м. Определить плотность потока мощности волны на расстоянии z , равном 1 м от начала координат.

2. Некоторый диэлектрик на частоте 10 ГГц обладает параметрами $\epsilon_r = 3,8$, $\mu_r = 1$, $\text{tg } \delta = 10^{-4}$. Определить длину волны, коэффициент ослабления и характеристическое сопротивление среды.

3. Плоская электромагнитная волна с частотой 10 ГГц распространяется в среде без потерь с относительными проницаемостями $\epsilon_r = 10$; $\mu_r = 2$. Определите коэффициент фазы, фазовую скорость, длину волны и характеристическое сопротивление среды.

Вариант 2

1. Для плоской электромагнитной волны, распространяющейся в среде с параметрами $\epsilon_r=144$; $\mu_r=1$; $\text{tg } \delta=2 \cdot 10^{-4}$, определить плотность потока мощности в плоскости $z=0$ на частоте 10 ГГц, если амплитуда напряженности электрического поля в этой плоскости равна 100 В/м.

2. Керамика титанат бария (BaTiO_3) на частоте 10 ГГц обладает параметрами $\epsilon_r = 144$, $\mu_r = 1$, $\text{tg } \delta=0,6$. Определить длину волны, коэффициент ослабления и характеристическое сопротивление среды.

3. Плоская электромагнитная волна распространяется в диэлектрике без потерь. Расстояние между соседними синфазными фронтами равно 20 м, скорость перемещения фронтов составляет $1,5 \cdot 10^8$ м/с. Определите относительную диэлектрическую проницаемость среды, частоту колебаний, фазовую постоянную и длину волны.

11.1.3. Типовые тестовые вопросы

Пример теста по Разделу 1

Среда, параметры которой зависят от частоты, называется

дисперсной

В выражении для плотности полного тока слагаемое $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ это:

Выберите один ответ:

- ☐ плотность тока проводимости
- ☐ плотность тока поляризации
- ☒ плотность тока смещения
- ☐ плотность магнитного тока

[Очистить мой выбор](#)

Из уравнения $\text{div} \vec{B} = 0$ следует, что:

Выберите один или несколько ответов:

- ☐ линии магнитной индукции всегда параллельны силовым линиям электрического поля
- ☒ не существует свободных магнитных зарядов
- ☒ линии магнитной индукции не имеют ни начала, ни конца
- ☐ линии магнитной индукции начинаются и заканчиваются на проводящих поверхностях

Нормальные составляющие вектора магнитной индукции на границе раздела сред:

Выберите один ответ:

- ☐ претерпевают разрыв, численно равный поверхностной плотности заряда, распределенного по границе раздела
- ☐ претерпевают разрыв, численно равный плотности поверхностного тока, протекающего по границе раздела
- ☒ непрерывны
- ☐ обращаются в нуль

Закон сохранения заряда в интегральной форме записывается в виде:

Выберите один ответ:

- ☐ $\oint_S \vec{j} d\vec{s} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$
- ☐ $\oint_S \vec{j} d\vec{s} = \frac{\partial \rho}{\partial t}$
- ☐ $\oint_S \vec{j} d\vec{s} = \frac{\partial q}{\partial t}$
- ☒ $\oint_S \vec{j} d\vec{s} = -\frac{\partial q}{\partial t}$

Чтобы сформулировать закон сохранения и превращения электромагнитной энергии, уравнения Максвелла необходимо дополнить:

Выберите один ответ:

- ☐ законом Ома
- ☐ волновым уравнением
- ☐ уравнением Гельмгольца
- ☒ уравнением Джоуля-Ленца

Математическая интерпретация закона сохранения энергии при отсутствии сторонних токов записывается в виде:

Выберите один ответ:

- ☒ $-\frac{\partial}{\partial t} \int_V (w_E + w_H) dV = Q + \oint_S [\vec{E}\vec{H}] d\vec{s}$
- ☐ $\frac{\partial}{\partial t} \int_V (w_E + w_H) dV = Q - \oint_S [\vec{E}\vec{H}] d\vec{s}$
- ☐ $-\frac{\partial}{\partial t} \int_V (w_E + w_H) dV = Q - \oint_S [\vec{E}\vec{H}] d\vec{s}$
- ☐ $\frac{\partial}{\partial t} \int_V (w_E + w_H) dV = Q + \oint_S [\vec{E}\vec{H}] d\vec{s}$

Уравнение Максвелла, являющееся математической формулировкой обобщенного закона полного тока, записывается в виде:

Выберите один ответ:

- ☐ $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
- ☐ $\text{div } \vec{B} = 0$
- ☐ $\text{div } \vec{D} = \rho$
- ☒ $\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

В записи граничного условия для вектора поляризации $P_{1n} - P_{2n} = -\chi$ величина χ - это:

Выберите один ответ:

- ☒ плотность связанных поверхностных зарядов
- ☐ плотность элементарных поверхностных зарядов
- ☐ плотность свободных поверхностных зарядов
- ☐ плотность единичного поверхностного заряда

Какому дифференциальному оператору соответствует запись, приведенная ниже?

$$\begin{vmatrix} \vec{e}_x & \vec{e}_y & \vec{e}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix}$$

Выберите один ответ:

- ☐ $\text{grad } \vec{E}$
- ☐ $\text{div } \vec{E}$
- ☒ $\text{rot } \vec{E}$
- ☐ $\Delta \vec{E}$

Для студентов создан электронный курс «Теория поля» на платформе Moodle:
<https://education.nntu.ru/course/view.php?id=54>.

11.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

11.2.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации (ПК-1: ИПК-1.2, ИПК-1.3)

1. Величины, описывающие различное распределение электрических зарядов и токов.
2. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах, их физический смысл.
3. Уравнения состояния сред (материальные уравнения). Виды сред.
4. Граничные условия на границе раздела сред.
5. Принцип двойственности
6. Лемма Лоренца
7. Теорема взаимности
8. Закон сохранения заряда в интегральной и дифференциальной формах.
9. Комплексные амплитуды. Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд.
10. Понятие о комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостях.
11. Теорема Умова-Пойнтинга.
12. Теорема единственности решений уравнений электродинамики. Смешанная задача Коши
13. Теорема Умова-Пойнтинга для комплексных амплитуд. Комплексный вектор Умова-Пойнтинга, его физический смысл.
14. Потенциалы в электродинамике.
15. Волновые уравнения для потенциалов.
16. Решение неоднородного волнового уравнения методом Коши
17. Решение волнового уравнения для точечного источника. Запаздывающий и опережающий потенциалы.
18. Электрический и магнитный векторы Герца. Волновые уравнения для векторов Герца.
19. Излучение электрического и магнитного моментов
20. Электрический вибратор
21. Поле излучения в ближней и дальней зонах
22. Мощность излучения
23. Плоские, цилиндрические и сферические волны
24. Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде
25. Плоские однородные электромагнитные волны в однородной изотропной среде с потерями
26. Поляризация электромагнитных волн
27. Стоячие электромагнитные волны
28. Фазовая и групповая скорости
29. Отражение и преломление волн на плоской границе раздела двух сред
30. Соотношение между амплитудами падающей, отраженной и преломленной волн
31. Полное внутреннее отражение
32. Кристаллы и искусственные диэлектрики. Виды кристаллов.
33. Тензорная магнитная проницаемость феррита в постоянном магнитном поле. Ферромагнитный резонанс.
34. Эффект Фарадея, волны «обыкновенная» и «необыкновенная».
35. Плазма. Тензорная диэлектрическая проницаемость плазмы в постоянном магнитном поле.
36. Распространение плоской волны в поперечно- и продольно-намагниченном феррите. Эффект Коттона-Мутона.
37. Распространение плоской волны в ионизированном газе.
38. Классификация материальных сред по правизне.

39. Распространение электромагнитных волн в средах с отрицательными проводимостями.
40. Преломление луча на границе двух сред с разной проницаемостью.
41. Среда на основе совокупности тонких проволочных проводников и разомкнутых колец.
42. Среда на основе запертого волновода, нагруженного периодической структурой разомкнутых колец.
43. Среда с отрицательным преломлением на основе киральных сред.

11.2.2. Типовые задачи для промежуточной аттестации (ПК-1: ИПК-1.2, ИПК-1.3)

1. Плоская поверхность разделяет воздух и диэлектрик с $\epsilon_r = 2$. Вектор напряженности электрического поля в воздухе ориентирован под углом 45° к поверхности раздела. Определите тангенциальную составляющую вектора $\vec{E}$ во второй среде, если в этой среде нормальная составляющая равна $0,8$ В/м. Поверхностный электрический заряд отсутствует.
2. Плоская поверхность разделяет воздух и диэлектрик. Вектор напряженности электрического поля в воздухе образует угол 35° с направлением нормали к поверхности раздела. Для вектора $\vec{E}$ в диэлектрике этот угол – 50° . Определите относительную проницаемость диэлектрика. Поверхностный электрический заряд отсутствует.
3. Плоская поверхность разделяет две среды с относительными магнитными проницаемостями $\mu_{r1} = 2$ и $\mu_{r2} = 10$. Вектор магнитной индукции в первой среде имеет величину $2 \cdot 10^8$ Тл и образует угол 55° с направлением нормали к поверхности раздела. Определите величину и направление вектора $\vec{B}$ во второй среде. Поверхностный электрический ток отсутствует.
4. Плоскость XOY декартовой системы координат совмещена с поверхностью раздела двух сред, имеющих относительные магнитные проницаемости $\mu_{r1} = 5$ и $\mu_{r2} = 2$. Вектор напряженности магнитного поля в первой среде $\vec{H}_1 = 0,3\vec{e}_y + 0,2\vec{e}_z$ А/м. Определите величину вектора $\vec{H}$ во второй среде и угол, который образует этот вектор с направлением нормали к поверхности раздела. Поверхностный электрический ток отсутствует.
5. Плоская электромагнитная волна с частотой 10 ГГц распространяется в среде без потерь с относительными проницаемостями $\epsilon_r = 10$; $\mu_r = 2$. Определите коэффициент фазы, фазовую скорость, длину волны и характеристическое сопротивление среды.
6. Плоская электромагнитная волна распространяется в диэлектрике без потерь. Расстояние между соседними синфазными фронтами равно 20 м, скорость перемещения фронтов составляет $1,5 \cdot 10^8$ м/с. Определите относительную диэлектрическую проницаемость среды, частоту колебаний, фазовую постоянную и длину волны.
7. Плоская электромагнитная волна с частотой 10 МГц распространяется в среде с относительными проницаемостями $\epsilon_r = 3,5$; $\mu_r = 1$ и удельной проводимостью 10^{-3} См/м. Определите фазовую скорость и характеристическое сопротивление среды.
8. Плоская электромагнитная волна распространяется в среде с относительными диэлектрическими проницаемостями $\epsilon_r = 4$; $\mu_r = 1,5$ и удельной проводимостью

- 0,005 См/м. Коэффициент ослабления в 5 раз меньше коэффициента фазы. Определите частоту колебаний и коэффициент ослабления.
9. Плоская электромагнитная волна с частотой 0,3 ГГц распространяется в среде с относительными проницаемостями $\epsilon_r = 4$; $\mu_r = 3$ и удельной проводимостью 0,02 См/м. Определите длину волны в среде и коэффициент ослабления.
 10. Определите, во сколько раз уменьшается амплитуда плоской волны на расстоянии, равном длине волны в среде с тангенсом угла потерь равным 10,0.
 11. Амплитуда колебаний вектора $\vec{H}$ в плоской волне для некоторой точки пространства составляет 1,2 А/м. Определите амплитуду колебаний вектора $\vec{E}$ в данной точке, если: а) волна распространяется в вакууме; б) волна распространяется в латуни (проводимость $1,4 \cdot 10^7$ См/м). Частота колебаний 50 МГц.
 12. Измерения, проведенные на некоторой частоте, показали, что длина волны в диэлектрике с потерями в 1,8 раза меньше длины волны в вакууме. Относительные проницаемости среды $\epsilon_r = 3$; $\mu_r = 1$. Определите тангенс угла электрических потерь и комплексное характеристическое сопротивление диэлектрика.
 13. Плоская электромагнитная волна падает по направлению нормали на границу раздела между средой с параметрами $\epsilon_{r1} = 2$; $\mu_{r1} = 1$ и средой с параметрами $\epsilon_{r2} = 3,8$; $\mu_{r2} = 1,5$. Потери отсутствуют. Плотность потока мощности падающей волны в первой среде равна 25 Вт/м². Определите амплитуду напряженности магнитного поля в преломленной волне.
 14. Плоская электромагнитная волна с перпендикулярной поляризацией падает из воздуха под углом 40° на границу раздела с диэлектриком без потерь, имеющим параметры $\epsilon_r = 9,6$; $\mu_r = 1$. Амплитуда напряженности магнитного поля падающей волны 10 А/м. Определите амплитуду напряженности магнитного поля отраженной и преломленной волн.
 15. Плоская электромагнитная волна с перпендикулярной поляризацией падает из воздуха под углом 60° на границу раздела с диэлектриком без потерь, имеющим параметры $\epsilon_r = 3,8$; $\mu_r = 1$. Амплитуда напряженности электрического поля падающей волны 10 В/м. Определите амплитуду напряженности электрического поля отраженной и преломленной волн.
 16. Плоская электромагнитная волна с перпендикулярной поляризацией падает под углом 15° из диэлектрика с параметрами $\epsilon_r = 2,08$; $\mu_r = 1,1$ на границу раздела с воздухом. Потери в диэлектрике отсутствуют. Плотность потока мощности падающей волны 5 Вт/м². Определите плотность потока мощности отраженной и преломленной волн.
 17. Определите, во сколько раз меньше фазовая скорость и длина волны в меди по сравнению с аналогичными характеристиками в вакууме. Частота колебаний 3 ГГц. Проводимость меди $5,7 \cdot 10^7$ См/м.
 18. Плоская электромагнитная волна с частотой 400 МГц распространяется в среде с $\mu_r = 1$. Измерения показали, что на расстоянии 6 см амплитуда волны уменьшается

в 1,2 раза, а начальная фаза колебаний уменьшается на 60° . Определите относительную диэлектрическую проницаемость и удельную проводимость среды.

19. Плоская электромагнитная волна с частотой 300 МГц распространяется в диэлектрике без потерь с $\mu_r = 1$. Измерения показали, что разность фаз колебаний вектора $\vec{E}$ в точках, разнесенных на 10 см в направлении распространения, составляет 60° . Определите фазовую скорость, относительную диэлектрическую проницаемость и характеристическое сопротивление диэлектрика.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИФХТиМ

_____ Мацулевич Ж.В.

«__» _____ 20 __ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины
Электродинамика и распространение радиоволн**

для подготовки специалистов

Специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Специализация: Радиолокационные системы и комплексы

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 2

Семестр 4

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1)
- 2)
- 3)

Разработчик (и): Раевская Ю.В., к.т.н., доцент

«__» _____ 20 __ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

_____ протокол № _____ от «__» _____ 20 __ г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС _____ «__» _____ 20 __ г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» _____ 20 __ г.