

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.О.17.03  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Теоретические основы электротехники 3**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)  
Электроснабжение

Форма обучения: заочная

Год набора: 2022

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	5	Итого
Форма контроля	зачет	
Вид занятий		
Лекции	4	4
Лабораторные	4	4
Практические	4	4
Руководство: РГР		
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	12,25	12,25
Самостоятельная работа	128	128
Контроль	3,75	3,75
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

Рабочую программу составил(и):  
старший преподаватель кафедры «Электроснабжение и электротехника», Шлыков С.В.  
*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

**Рецензирование рабочей программы дисциплины:**



Отсутствует



Рецензент

---

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана  
направления подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

---

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2027 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры  
«Электроснабжение и электротехника»

---

(протокол заседания № 2 от «08» сентября 2021 г)

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – изучение электромагнитных явлений в цепях, представленными идеализированными элементами схем замещения при различных воздействиях и режимах; ознакомиться с терминологией и символикой теории линейных электрических цепей постоянного и переменного тока в установившемся режиме; изучение методов расчета, анализа и моделирования линейных электрических цепей с использованием схем замещения; освоение способов записи уравнений состояния элементов и участков цепей в установившемся режиме.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Высшая математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники 1», «Теоретические основы электротехники 2».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Информационно-измерительная техника в электроэнергетике», «Электроэнергетические системы и сети», «Электрические машины и привод», «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике», «Техника высоких напряжений» и другие специальные дисциплины.

## 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-4.3 Применяет знания теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами	Знать: основы в области теории электромагнитного поля, основные уравнения и граничные условия, методы расчета электростатических полей, электрических полей постоянного тока, магнитостатических полей, переменных электромагнитных полей
		Уметь: пользоваться методами расчета электростатических полей, электрических полей постоянного тока, магнитостатических полей, переменных электромагнитных полей
		Владеть: навыками анализа электромагнитных полей, построения картин силовых линий электростатического и магнитостатического поля

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Раздел 1 Электростатическое поле	Ср	1.1. Введение в теорию электромагнитного поля. Основные векторные величины, характеризующие электромагнитное поле	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; АЗ)
	Ср	1.2. Определение электростатического поля. Понятие элементарного заряда, точечного заряда. Свободные и связанные заряды	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; АЗ)
	Ср	1.3. Характеристики среды. Поляризация среды. Напряженность, потенциал и электрическая индукция электростатического поля	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; АЗ)
	Ср	1.4. Закон Гаусса, постулат Максвелла, закон Кулона. Энергия электростатического поля. Граничные условия. Понятие емкости	5	1	1	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; АЗ)
	Лаб	1.5. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в вакууме (ВЛР)	5	2	3	-	Отчет по лабораторной работе №1
	Пр	1.6. Аналитическое решение задач по разделу 1	5	1	3	-	Комплект заданий, проверяемых вручную №1

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср	1.7. Промежуточное тестирование по разделу 1	5	1	3	-	Комплект тестовых заданий
	Ср	1.8. Изучение теоретического материала по разделу 1 учебного курса «Теоретические основы электротехники 3»	5	25			
Раздел 2. Электрическое поле постоянных токов	Лек	2.1. Обзорная лекция по разделам 1 и 2 в режиме ВКС	5	2	-	-	Опрос обучающихся на лекции (вопросы к электронному учебнику)
	Ср	2.2. Определение электрического поля постоянных токов. Характер электрического поля в диэлектрике вокруг проводников с постоянным током	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; А3)
	Ср	2.3. Характер электрического поля в проводниках. Непрерывность электрического тока. Закон Ома и Кирхгофа для проводящих сред	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; А3)
	Ср	2.4. Граничные условия на поверхности раздела проводника и диэлектрика, на поверхности раздела двух проводящих сред	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; А3)
	Ср	2.5. Аналогия электрического поля с электростатическим полем. Закон Джоуля – Ленца. Понятие проводимости и сопротивления	5	1	1	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; А3)

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		среды					
	Пр	2.6. Аналитическое решение задач по разделу 2	5	1	3	-	Комплект заданий, проверяемых вручную №2
	Ср	2.7. Промежуточное тестирование по разделу 2	5	1	2	-	Комплект тестовых заданий
	Ср	2.8. Изучение теоретического материала по разделу 2 учебного курса «Теоретические основы электротехники 3»	5	25			
Раздел 3 Магнитное поле постоянных токов	Ср	3.1. Определение магнитного поля постоянных токов. Характер магнитного поля в диэлектрике вокруг проводников с постоянным током и в проводниках. Непрерывность магнитного поля	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; А3)
	Ср	3.2. Закон полного тока. Закон Био-Савара-Лапласа. Скалярный и векторный потенциалы магнитного поля	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; А3)
	Ср	3.3. Граничные условия на поверхности раздела двух сред с различными магнитными проницаемостями. Аналогия плоскопараллельных магнитных и электрических полей	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; А3)
	Ср	3.4. Энергия магнитного поля.	5	1	1	-	Тест (вопросы к

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		Взаимодействие проводников с протекающими через них постоянными токами. Индуктивности и взаимная индуктивность					электронному учебнику; АЗ)
	Пр	3.5. Аналитическое решение задач по разделу 3	5	1	3	-	Комплект заданий, проверяемых вручную №3
	Ср	3.6. Промежуточное тестирование по разделу 3	5	1	3	-	Комплект тестовых заданий
	Лаб	3.7. Исследование распределения магнитного поля, образованного прямым и круговым токами (ВЛР)	5	2	3	-	Отчет по лабораторной работе №2
	Ср	3.8. Изучение теоретического материала по разделу 3 учебного курса «Теоретические основы электротехники 3»	5	25			
Раздел 4. Переменное электромагнитное поле	Лек	4.1. Обзорная лекция по разделам 3 и 4 в режиме ВКС	5	2	-	-	Опрос обучающихся на лекции (вопросы к электронному учебнику)
	Ср	4.2. Определение переменного электромагнитного поля. Полная система уравнений	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; АЗ)
	Ср	4.3. Поведение электромагнитного поля в диэлектрике. Плоская электромагнитная волна. Аналогия с длинной линией	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; АЗ)

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср	4.4. Поток электромагнитной энергии. Вектор Пойнтинга. Плоская электромагнитная волна в проводящей среде. Длина волны. Затухание волны	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; АЗ)
	Ср	4.5. Поверхностный эффект. Эффект близости. Излучение электромагнитного поля и экранирование. Электродинамический векторный и скалярный потенциалы. Уравнение Даламбера	5	1	2	-	Тест (вопросы к электронному учебнику; АЗ)
	Пр	4.6. Аналитическое решение задач по разделу 4	5	1	3	-	Комплект заданий, проверяемых вручную №4
	Ср	4.7. Промежуточное тестирование по разделу 4	5	1	3	-	Комплект тестовых заданий
	Ср	4.5. Изучение теоретического материала по разделу 4 учебного курса «Теоретические основы электротехники 3»	5	32			
Все разделы	Ср	Заполнение анкеты по учебному курсу	5	1	3	-	Анкета
Все разделы	Ср	Контроль. Самостоятельное изучение теоретического материала учебного курса «Теоретические основы	5	3,75	-	-	



Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		электротехники 3» и подготовка к промежуточной аттестации					
Все разделы	ПА	Сдача зачета по учебному курсу «Теоретические основы электротехники 3» (итоговый тест)	5	0,25	40		Вопросы к зачету Итоговый тест
Итого:				144	100		

## 5. Образовательные технологии

Технология	Формы обучения	Методы обучения
<b>Технология традиционного обучения</b> – организация учебного процесса в вузе, основанная на лекционно-семинарско-зачетной формах обучения	Лекция. Лабораторная работа Самостоятельная работа. Индивидуальное домашнее задание.	Наглядные, словесные, практические.
<b>Технология модульного обучения</b> – организация учебного процесса для полного овладения содержанием образовательных программ на основе независимых учебных модулей с учетом индивидуальных интересов и возможностей субъектов образовательного процесса.	Лекция-консультация. Семинар с использованием метода анализа конкретных ситуаций.	Решение ситуационных задач. Презентационный метод. Самостоятельная работа. Консультация. Индивидуальная работа.
Технология	Формы и методы обучения	
<b>Дистанционное обучение</b>	<b>Сетевая технология</b> – изучение курса (учебной дисциплины) посредством электронных учебно-методических материалов, размещенных в обучающей среде с использованием компьютера, подключенного к сети Интернет. <b>CD-технология</b> – изучение курса (учебной дисциплины), представленного обучающимся в виде автономной электронной обучающей системы и электронной версии учебно-методических материалов на CD-диске.	

## 6. Методические указания по освоению дисциплины

6.1. Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине.

6.2. Методические указания по подготовке к лекционным занятиям.

В ходе лекций рассматриваются основные понятия тем, связанные с ними теоретические и практические вопросы, даются рекомендации для самостоятельной работы и подготовке к практическим занятиям. Поэтому изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Перед очередной лекцией необходимо просмотреть/повторить материалы предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам.

6.3. Методические указания по подготовке к практическим и лабораторным занятиям.

В ходе практических и лабораторных занятий углубляются и закрепляются знания обучающихся по ряду рассмотренных на лекциях вопросов. При подготовке к практическим и лабораторным занятиям обучающийся должен:

- изучить рекомендованную литературу;
- изучить материалы лекций;
- подготовить ответы на все вопросы по изучаемой теме;
- выполнить домашнее задание, рекомендованное преподавателем при изучении каждой темы занятия;
- подготовить бланк отчета по лабораторной работе.

6.4. Самостоятельная работа включает в себя выполнение различного рода заданий и самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам, учебным пособиям и конспектам лекций с подготовкой к лабораторным и практическим занятиям. Контроль самостоятельной работы обучающихся над программой учебного курса осуществляется в ходе лабораторных и практических занятий.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
5	ОПК – 4.1	Отчет по лабораторным работам №1, №2 Комплект заданий, проверяемых вручную Тестовые задания № 1 – 500. Вопросы к зачету № 1 – 50.

### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

#### 7.2.1. Комплект отчетов по лабораторным работам

**Лабораторная работа №1 «Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в вакууме»**

**Форма отчета по лабораторной работе №1**

**Цель работы:** знакомство с графическим моделированием электростатических полей; экспериментальная проверка теоремы Остроградского-Гаусса; экспериментальное определение величины электрической постоянной.

**Оборудование:** виртуальный лабораторный стенд. Модель «Электрическое поле»

1. По номеру бригады получите исходные данные в таблице 1.

Таблица 1. Установочные значения физических параметров для проведения экспериментов

Бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Эксперимент 1</b>								
$q_1$ , мкКл	-1	-2	-3	-4	-5	-4	-3	-2
$d$ , м	2	3	4	5	5	4	3	2
<b>Эксперимент 2</b>								
$q_1$ , мкКл	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-4	-4
$q_2$ , мкКл	+1	+2	+3	+4	+5	+4	+3	+2

2. Следуя указаниям раздела «Методика и порядок измерений» проведите Эксперимент 1, последовательно увеличивая значение второго заряда  $q_2$ . Заполните данными таблицу 2.

Таблица 2. Результаты измерений в эксперименте 1

$q_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ , $d = \underline{\hspace{2cm}}$																	
$q_2 = 0$ мкКл			$q_2 = +1$ мкКл			$q_2 = +2$ мкКл			$q_2 = +3$ мкКл			$q_2 = +4$ мкКл			$q_2 = +5$ мкКл		
$\Phi_+$	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi$	$\Phi$

3. Следуя указаниям раздела «Методика и порядок измерений» проведите Эксперимент 2, последовательно увеличивая расстояние между зарядами. Результаты измерений запишите в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты измерений в эксперименте 2

$q_1=$ , $q_2=$																	
$d=2$ м			$d=3$ м			$d=4$ м			$d=5$ м			$d=4,5$ м			$d=3,5$ м		
$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$

4. Постройте по данным таблицы 2 график зависимости потока вектора напряженности  $\Phi$  от величины заряда  $q$ .

5. По котангенсу угла наклона графика и используя формулы (4) и (5), определите электрическую постоянную  $\epsilon_0$ .

6. По данным, приведенным в таблице 3, постройте график зависимости потока вектора напряженности  $\Phi$  от расстояния между зарядами  $d$ .

7. По построенным графикам сделайте анализ результатов и оцените погрешность проведенных измерений.

**Выводы:**

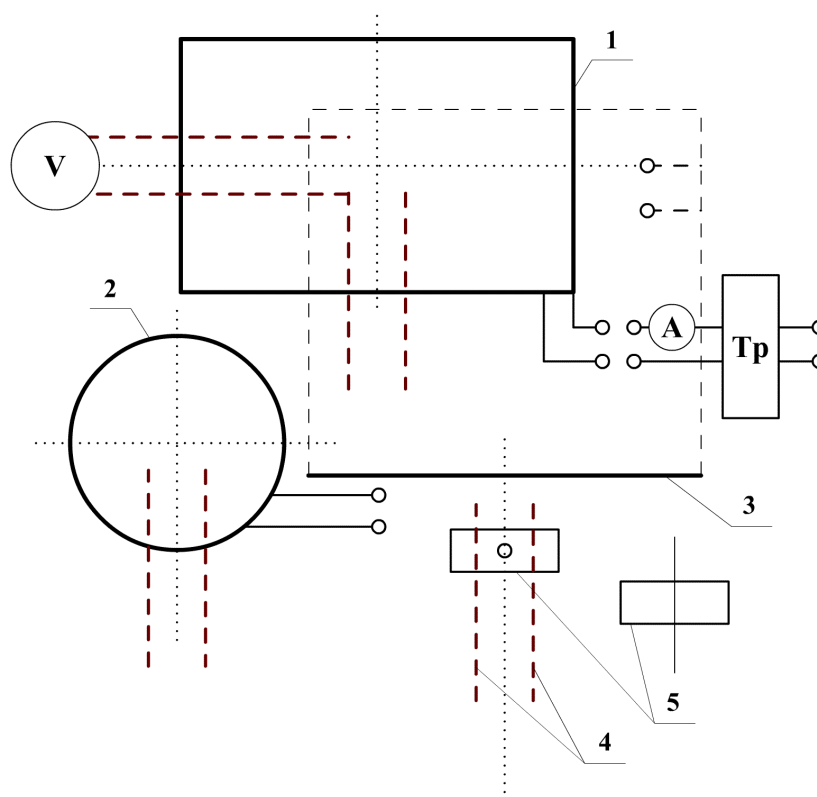
**Лабораторная работа №2 «Исследование распределения магнитного поля, образованного прямым и круговым токами»**

**Форма отчета по лабораторной работе №2**

**Цель работы:** ознакомление с методикой измерения индукции магнитного поля; экспериментальное исследование магнитного поля, созданного прямым и круговым токами; приобретение навыков расчета магнитного поля с помощью закона Био – Савара – Лапласа

**Оборудование:** виртуальный лабораторный стенд. Модель «Магнитное поле»

**Схема установки:**



**Обозначения:**

1 – Прямоугольный контур из медной проволоки

2 – Круговой контур из медной проволоки

3 – Прямолинейный контур

4 – Гнезда, клеммная колодка

5 – Вилка штепсельная

A – Амперметр

V – Вольтметр

Tr – Трансформатор

1. Подключите к источнику питания один из контуров. Включите милливольтметр.

2. Поместите измерительную катушку в гнезда включенного контура и замкните ключ. Произведите измерение ЭДС.

3. Включая катушку (вставляя ее в гнезда) через каждый сантиметр, произведите измерения ЭДС для данного контура.

4. Подобным образом произведите измерения ЭДС для других контуров.

5. По измеренным значениям ЭДС определите по формуле (8) значения  $B$  в каждой точке, в которой производились измерения. Данные измерений занесите в соответствующие таблицы отчета.

6. По данным измерений постройте зависимости  $B=f(r)$  для кругового контура ( $r$  - расстояние от катушки до центра контура) и  $B=f(r)$  для отрезка прямого тока ( $r$  - — расстояние от катушки до проводника).

7. Сравните экспериментальные данные с расчетными (для отрезка прямого тока воспользуйтесь формулой (5), для вычисления индукции в центре кругового контура — формулой (6)). Во всех расчетах учитывайте формулу (9).

#### **Выводы:**

#### **Краткое описание и регламент выполнения**

Отчет по лабораторным работам содержит расчетную, графическую части и обобщающий вывод. При выполнении физического эксперимента в лаборатории, снимаются показания приборов и в дальнейшем они обрабатываются расчетным путем. По результатам вычислений выполняется определенная графическая часть отчета. Оформление отчета происходит обучающимся самостоятельно.

#### **Критерии оценки:**

- 3 балла выставляется обучающему, если выполнены все пункты исследования и содержится необходимая графическая часть, обобщающий вывод по работе;
- 2 балла выставляется обучающему, если допущена ошибка в отчете по лабораторной работе;
- 1 балл выставляется обучающему, если допущены две ошибки в отчете по лабораторной работе.;
- 0 баллов выставляется обучающему, если сделано три или более ошибок в отчете по лабораторной работе.

#### **7.2.2. Комплект заданий, проверяемых вручную**

**Практическое задание № 1 «Характеристики среды. Поляризация среды. Напряженность, потенциал и электрическая индукция электростатического поля»**

##### **Задание**

Графическая схема для всех вариантов задания показана на рисунке 1.

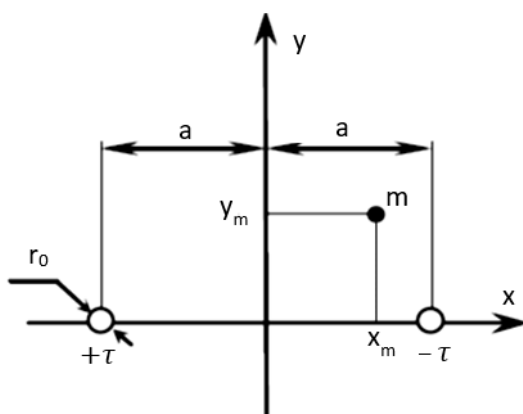


Рисунок 1. Двухпроводная линия

Дана среда с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 1$  вблизи двухпроводной линии с радиусом провода  $r_0$  и расстоянием между осями  $2a$ . Линия находится под постоянным напряжением  $U$ .

**Рассчитать:**

1. Напряженность поля  $E_m$  и потенциал  $\varphi_m$  в точке  $m$  с заданными координатами  $x_m, y_m$ . Ответы привести к размерности:  $\varphi_c - [\text{кВ}]$ ,  $E_m - [\text{В/см}]$ .
2. Погонную емкость линии  $C$ . Принять  $\varphi = 0$  на оси  $y$ . Ответ привести к размерности  $C - [\text{пФ/м}]$ .
3. Сделать необходимые выводы.

**Практическое задание № 2 «Закон Гаусса, постулат Максвелла, закон Кулона. Энергия электростатического поля. Граничные условия. Понятие емкости»**

**Задание**

Условное графическое изображение двухслойного конденсатора для всех вариантов задания показано на рисунке 1

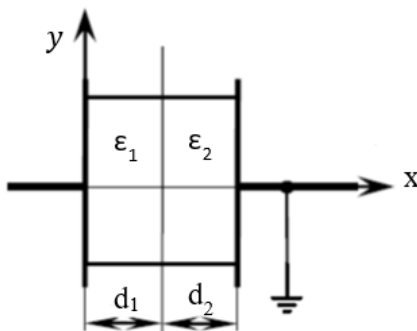


Рисунок 1. Двухслойный конденсатор

Рассматривается двухслойный плоский конденсатор, подключенный к источнику напряжения  $U$  (рисунок 1). Заданы пробивные напряженности слоев  $E_{\text{проб1}}$  и  $E_{\text{проб2}}$ . Исходные данные варианта указаны в таблице 3.

**Требуется:**

- рассчитать напряженность  $\vec{E}$ , электрическое смещение  $\vec{D}$ , поляризацию  $\vec{P}$  для каждого слоя конденсатора;
- определить плотность свободных зарядов  $\sigma$  на обкладках конденсатора и плотность связанных зарядов  $\sigma_{\text{связ}}$  на границе раздела диэлектриков;
- определить электрическую емкость конденсатора на единицу площади;
- рассчитать пробивное напряжение  $U_{\text{проб}}$ .
- построить график распределения потенциала  $\varphi$  вдоль оси  $x$ .

Ответы привести к размерности:  $E_1, E_2 - [\text{кВ/см}]$ ;  $D_1, D_2, P_1, P_2, \sigma, \sigma_{\text{связ}} - [\text{пКл/см}^2]$ ;  $U_{\text{проб.}} - [\text{кВ}]$ ;  $C - [\text{пФ/см}^2]$ .  
Сделать необходимые выводы.

### Практическое задание № 3 «Электрическое поле постоянных токов»

#### Задание

Условное графическое изображение заряженного цилиндра для всех вариантов задания показано на рисунке 1.

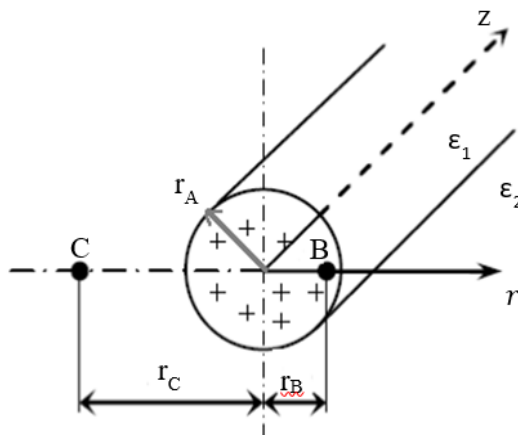


Рисунок 1. Заряженный цилиндр

Дано: свободный заряд  $\rho$  равномерно распределен по объему бесконечно длинного цилиндра радиуса  $r_A \equiv a$  (рисунок 7). Относительная диэлектрическая проницаемость цилиндра  $\epsilon_1$ , окружающей среды  $\epsilon_2$ . Значение  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ . Исходные данные варианта указаны в таблице 5.

**Найти:** потенциалы в точках  $B$  и  $C$   $\phi_B, \phi_C$ , напряженности в точках  $B$  и  $C$ ,  $E_B, E_C$ . Потенциал на оси цилиндра принять равным нулю. Построить график зависимости  $\phi(r)$  и  $E(r)$ . Ответы привести к размерности:  $E_B, E_C - [\text{кВ/м}]$ ,  $\phi_B, \phi_C - [\text{кВ}]$ .

Сделать необходимые выводы.

### Практическое задание № 4 «Переменное электромагнитное поле»

#### Задание

Цилиндрический конденсатор имеет два слоя несовершенной изоляции (рисунок 1).

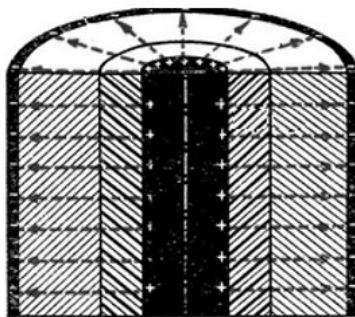


Рисунок 1. Цилиндрический двухслойный конденсатор

Введены следующие обозначения: радиус внутреннего цилиндра  $r_0$  [см], радиус поверхности раздела двух диэлектриков  $r_1$  [см], внутренний радиус внешнего цилиндра  $r_2$  [см]. Длина конденсатора  $l$  [см]. Исходные данные варианта указаны в таблице 8.

Заданы параметры: относительная диэлектрическая проницаемость внутреннего слоя  $\epsilon_1 = 5$ , его удельная проводимость  $\gamma_1 = 8,66 \cdot 10^{-5} \text{ См/м}$ , для внешнего слоя  $\epsilon_2 = 3$ ,  $\gamma_2 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ См/м}$ . Конденсатор подключен к источнику синусоидального тока  $i = I_m \sin \omega t$  [А], частота



которого  $f$  [Гц].

Найти: пренебрегая краевым эффектом, найти мгновенные значения радиальных составляющих вектора напряжённости электрического поля для точек, лежащих между обкладками конденсатора на расстоянии  $r$  от оси цилиндра. Определить мгновенное значение напряжения между обкладками конденсатора.

Решить задачу двумя способами, сравнить ответы.

### Краткое описание и регламент выполнения

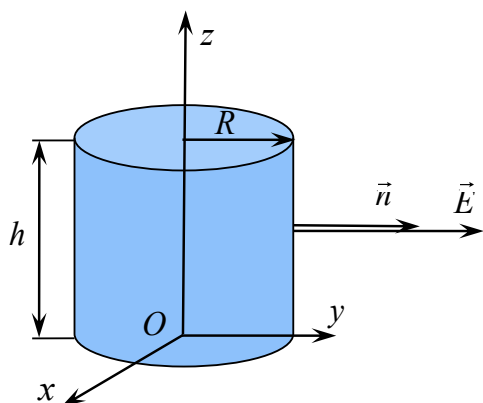
Практическое задание оформляется в электронном виде формата А4 и содержит расчетную, графическую части и обобщающий вывод. Необходимые для вычислений уравнения должны быть представлены в общем виде, а затем с подставленными числовыми значениями. Схемы, рисунки, графики, диаграммы должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД.

### Критерии оценки:

- 3 баллов выставляется обучающемуся, если выполнены все пункты задачи, и они решены верно;
- 5 балла выставляется обучающемуся, если допущена ошибка в одном из пунктов задания или не выполнен полностью один из пунктов;
- 4 балла выставляется обучающемуся, если допущена ошибка в двух пунктах задания или не выполнено полностью два пункта;
- 3 балла выставляется обучающемуся, если допущена ошибка в трех пунктах задания или не выполнено полностью три пункта;
- 2 балла выставляется обучающемуся, если допущена ошибка в четыре пунктах задания или не выполнено полностью четыре пункта;
- 1 балл выставляется обучающемуся, если допущена ошибка в пяти пунктах задания или не выполнено полностью пять пунктов;
- 0 баллов выставляется обучающемуся, если допущена ошибка в шести пунктах задания или не выполнено полностью шесть пунктов.

### 7.2.3. Комплект примерных тестовых заданий

#### Задание 1

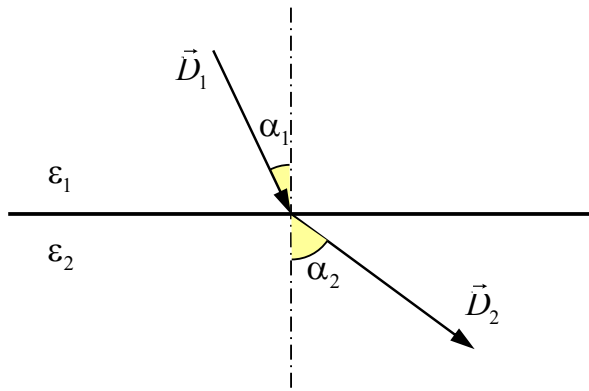


Найти поток  $\Phi$  вектора  $\vec{E} = A(x \cdot \vec{e}_x + y \cdot \vec{e}_y)$  ( $A = \frac{1000}{\pi}$  В / м<sup>2</sup>) через поверхность цилиндра с радиусом основания  $R = 10$  см и высотой  $h = 15$  см. Ось цилиндра совпадает с осью  $z$ .

#### Задание 2

Найти величину индукции электрического поля  $\vec{D}$  на расстоянии  $r = 30$  см от центра сферы радиуса  $R = 3$  см, заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma = 3 \cdot 10^{-6}$  Кл / м<sup>2</sup>. Ответ выразить в нКл / м<sup>2</sup>.

### Задание 3



Нормальная составляющая вектора электрической индукции в первой среде равна  $D_{1n} = \sqrt{10} \cdot 10^{-6}$  Кл / м<sup>2</sup>. Угол  $\alpha_1 = 45^\circ$ .

Определите величину электрической индукции  $D_2$  во второй среде, если  $\epsilon_1 = 1$ ;  $\epsilon_2 = 3$ . Ответ выразить в мкКл / м<sup>2</sup>.

### Задание 4

Дан плоский конденсатор с двухслойным диэлектриком ( $\epsilon_1 = 3$ ,  $\epsilon_2 = 1$ ). Толщина слоёв  $d_1 = 0,6$  см,  $d_2 = 0,01$  см.

Пробивные напряжённости для диэлектриков равны  $E_{пр1} = 15 \cdot 10^3$  кВ / м и  $E_{пр2} = 3 \cdot 10^3$  кВ / м.

Определите пробивное напряжение конденсатора  $U_{пр}$ .

### Задание 5

В данной точке однородного изотропного диэлектрика известны модули векторов электрической индукции  $D = \frac{6}{\pi}$  мкКл / м<sup>2</sup> и поляризованности  $P = \frac{4}{\pi}$  мкКл / м<sup>2</sup>.

Определить модуль вектора напряжённости электрического поля  $E$ . Ответ выразить в кВ / м.

### Задание 6

Плоский конденсатор заполнен диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,7$ . Площадь пластин конденсатора  $S = 100 \cdot \pi$  см<sup>2</sup>. Расстояние между пластинами  $d = 0,5$  см. Определить ёмкость конденсатора. Ответ выразить в пФ.

### Задание 7

Два провода, имеющие одинаковые площади поперечного  $S$ , но различные удельные сопротивления  $\rho_1 = 2 \cdot 10^{-7}$  Ом·м и  $\rho_2 = 8 \cdot 10^{-7}$  Ом·м, соединены встык. По проводникам течёт ток  $I = 2,7 \cdot \pi$  А. Найти величину заряда  $q$ , который возникнет в сечении стыка, если нормальная составляющая напряжённости электрического поля на

поверхности раздела проводников удовлетворяет условию:  $E_{2n} - E_{1n} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ . Ответ записать в  $(10^{-18} \cdot \text{Кл})$ .

### Задание 8

Плоский конденсатор с двухслойным диэлектриком имеет площадь обкладок  $S = 36 \text{ см}^2$ , толщину слоёв  $d_1 = 2 \text{ см}$ ,  $d_2 = 1 \text{ см}$ , удельные проводимости слоёв  $\gamma_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ См / м}$ ,  $\gamma_2 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ См / м}$ . Определить проводимость утечки через изоляцию конденсатора. Ответ записать в пСм.

### Задание 9

Металлическому шару радиуса  $R = 10 \text{ см}$  сообщили заряд  $q = \frac{1}{9} \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ . Шар поместили в бесконечную слабо проводящую среду с удельной проводимостью  $\gamma = 10 \text{ См / м}$  и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 10$ . Пренебрегая изменением заряда шара, найти плотность тепловой мощности  $p$ , выделяющейся на расстоянии  $r = 50 \text{ см}$  от центра шара.

### Задание 10

Сечения проводников биметаллической шины одинаковые и равны  $4 \text{ см}^2$ . Проводимости проводников отличаются в два раза. По шине течёт ток  $120 \text{ А}$ . Определить плотность тока ( $\text{А / см}^2$ ) в шине с меньшей проводимостью.

### Задание 11

По квадратной рамке со стороной  $a = 10 \text{ см}$  течёт ток  $I = \sqrt{2} \text{ А}$ . Определить индукцию магнитного поля в центре рамки. Ответ выразить в мкТл.

### Задание 12

Определить индуктивность отрезка двухпроводной линии передачи постоянного тока, если величина энергии магнитного поля данного отрезка равна  $0,005 \text{ Дж}$ , а протекающий по линии ток  $5 \text{ А}$ . Ответ выразить в мкГн.

### Задание 13

В однородное проводящее полупространство (морская вода:  $\mu = 1$ , удельная проводимость  $\gamma = 0,1 \text{ См / м}$ ) по нормали к поверхности проникает плоская электромагнитная волна с частотой  $f$  (величиной  $2\pi f \epsilon \epsilon_0$  по сравнению с  $\gamma$  пренебрегаем). Глубина проникновения равна  $\Delta = \frac{125}{\pi} \text{ м}$ .

Определите длину волны в свободном пространстве  $\lambda_0$ . Ответ выразить в м.

### Задание 14

В однородное проводящее полупространство ( $\mu = 1$ , удельная проводимость  $\gamma = 10^7 \text{ См / м}$ ) по нормали к поверхности проникает плоская электромагнитная волна с частотой  $f = 100 \text{ Гц}$ .

Определите в градусах аргумент комплексного волнового сопротивления проводящей среды.

**Задание 15**

В однородное проводящее полупространство ( $\mu = 1$ , удельная проводимость  $\gamma = 10^7$  См / м) по нормали к поверхности проникает плоская электромагнитная волна с частотой

$$f = \frac{2500}{\pi^2} \text{ Гц.}$$

Определите в градусах фазу напряжённости электрического поля на глубине  $z = \frac{\pi}{2}$  см, полагая, что на поверхности проводящей среды фазовый угол равен нулю.

**Краткое описание и регламент выполнения**

Итоговое тестирование содержит 40 заданий, охватывающих все темы дисциплины. Тестовые задания присутствуют как закрытой, так и открытой форм. Каждое правильно выполненное задание оценивается в 1 балл.

**Критерии оценки:**

Правильный ответ на один вопрос оценивается в один балл. Количество баллов суммируется. При прохождении итогового тестирования обучающийся может максимально набрать 40 баллов.

### 7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 5

№ п/п	Вопросы к зачёту
1	Введение в теорию электромагнитного поля. Основные векторные величины, характеризующие электромагнитное поле.
2	Основные характеристики электромагнитного поля.
3	Электрический заряд и электрический ток.
4	Электрическое и магнитное поля как два проявления электромагнитного поля.
5	Макроскопические параметры среды.
6	Виды сред и их классификация по характеру взаимодействия с электромагнитным полем.
7	Закон полного тока. Первое уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Структура и физический смысл.
8	Токи проводимости и токи смещения.
9	Закон электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Структура и физический смысл.
10	Теорема Гаусса для электростатического поля и постулат Максвелла.
11	Третье уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Структура и физический смысл.
12	Четвертое уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Структура и физический смысл.
13	Закон сохранения электрического заряда и уравнение непрерывности линий электрического тока.
14	Закон Ома в дифференциальной форме.
15	Классификация электродинамических задач.
16	Степень взаимной обусловленности электрического и магнитного полей.
17	Граничные условия на поверхности раздела сред с различными макроскопическими параметрами.
18	Поверхностные заряды и токи.
19	Граничные условия на поверхности идеального проводника.
20	Баланс энергии электромагнитного поля.
21	Теорема Пойнтинга. Физический смысл слагаемых, входящих в уравнение баланса.
22	Плотность потока энергии поля.
23	Аналогия электрического поля с электростатическим полем.
24	Закон Джоуля - Ленца.
25	Понятие проводимости и сопротивления среды.
26	Характеристики и законы электрического поля постоянных токов.
27	Использование законов Ома и Кирхгофа в проводящих средах.
28	Характеристики и законы магнитного поля постоянных токов.
29	Закон полного тока.
30	Закон Био-Савара-Лапласа.
31	Скалярный потенциал магнитного поля.
32	Векторный потенциал магнитного поля.
33	Граничные условия на поверхности раздела двух сред с различными магнитными проницаемостями.
34	Аналогия плоскопараллельных магнитных и электрических полей.

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы к зачёту</b>
35	Энергия магнитного поля.
36	Взаимодействие проводников с постоянными токами.
37	Понятие индуктивности.
38	Понятие взаимной индуктивности.
39	Характеристики и законы переменного электромагнитного поля.
40	Полная система уравнений.
41	Поведение электромагнитного поля в диэлектрике.
42	Плоская электромагнитная волна. Аналогия с длинной линией.
43	Поток электромагнитной энергии. Вектор Пойнтинга.
44	Плоская электромагнитная волна в проводящей среде.
45	Длина волны. Затухание волны.
46	Поверхностный эффект.
47	Эффект близости.
48	Излучение электромагнитного поля и экранирование.
49	Электродинамические векторный и скалярный потенциалы.
50	Уравнение Даламбера.

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

<b>Семестр</b>	<b>Форма проведения промежуточной аттестации</b>	<b>Критерии и нормы оценки</b>	
5	зачет	«зачтено»	по результатам накопительного рейтинга обучающийся набрал 55 баллов и выше
		«не зачтено»	по результатам накопительного рейтинга обучающийся набрал менее 55 баллов

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1.	Аполлонский С. М.	Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле	Учебное пособие	2022	ЭБС «Лань»
2.	Атабеков Г. И.	Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
3.	Седов В. М., Гайнутдинов Т.А.	Электромагнитные поля и волны	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
4.	Ким Д. Ч. [и др.]	Физика. Электричество и магнетизм. Курс лекций с примерами решения задач	Учебное пособие	2019	ЭБС «Лань»

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1.	Абышев С. В., Трефилов Н. А., Шпак А. В.	Электромагнитные поля и волны: сборник задач для практических занятий	Учебное пособие	2022	ЭБС «Лань»
2.	Каликинский И. И.	Электродинамика	Учебное пособие	2020	ЭБС «Znanium.com»
3.	Кирпичников Ю. А., Корнилов Г. П., Николаев А. А., Храмшин Т. Р.	Сборник задач по теории электромагнитного поля	Учебное пособие	2019	ЭБС «Лань»

<b>№ п/п</b>	<b>Авторы, составители</b>	<b>Заглавие (заголовок)</b>	<b>Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)</b>	<b>Год издания</b>	<b>Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС</b>
4.	Исаев Ю. Н., Купцов А. М.	Практика использования системы MathCad в расчетах электрических и магнитных цепей	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
5.	Аполлонский С. М.	Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле	Учебное пособие	2012	ЭБС «Лань»



### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Web of Science [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: Clarivate Analytics, 2016. – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.;
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004. – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Springer Link [Электронный ресурс] : [база данных].– Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Science Direct [Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа : sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Cambridge university press [Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridge university press, 2018 . – Режим доступа : cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- NEICON [Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. – Москва : НЭИКОН, 2002. – Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition	договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно
3	Mathcad Education - University Edition Subscription (25 pack)	Контракт № 469 от 05.06.2020 г.), срок действия - бессрочно
4	Mirapolis Human Capital Management	лицензионный договор № 614 от 20.06.2023, срок действия – до 31.12.2023

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Аудитория веб-конференций. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа.	Стол преподавательский, экран телевизионный, роутер, стойка для телевизора, веб.камера, транспарант-перетяжка, ширма, наушники, компьютер с выходом в Интернет

№ п/п	<b>Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
	Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Э-705)	
2	Аудитория веб-конференций. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации (Э-405)	Стол преподавательский, экран телевизионный, роутер, стойка для телевизора, веб.камера, транспарант-перетяжка, ширма, наушники, компьютер с выходом в Интернет.
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (С-916)	Столы, стулья, компьютеры