

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»
Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ
Директор
С.А. Махновский
«27» февраля 2019 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ЕН.03 ФИЗИКА
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО
15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного
оборудования (по отраслям)**

Магнитогорск, 2019

ОДОБРЕНО

Предметной комиссией
Математических и
естественнонаучных дисциплин
Председатель: Е.С. Коротникова
Протокол №6 от 20 февраля 2019 г.

Методической комиссией
Протокол №5 от 21 февраля 2019 г.

Разработчики:

Н.В. Корнеева,
преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
М.В. Оренбуркина,
преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Физика».

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ	6
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	8
Практическое занятие 1	8
Практическое занятие 2	12
Практическое занятие 3	18
Практическое занятие 4	21
Практическое занятие 5	30
Практическое занятие 6	39
Лабораторное занятие 1	42
Лабораторное занятие 2	44
Лабораторное занятие 3	47
Лабораторное занятие 4	49
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ	52

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений (умений решать задачи по физике), необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Физика» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий. В рамках практического/лабораторного занятия обучающиеся могут выполнять одну или несколько практических/лабораторных работ.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

У1 рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических и магнитных цепей;

У 2 применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ, практического использования физических знаний;

У3 использовать приобретенные знания и умения для решения практических задач повседневной жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

У 04.8 эффективно работать в команде

У 02.4 структурировать получаемую информацию

У 01.2 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

У 01.3 определять этапы решения задачи;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.2 Проводить монтаж промышленного оборудования в соответствии с технической документацией

ПК 1.3 Производить ввод в эксплуатацию и испытания промышленного оборудования в соответствии с технической документацией

ПК 2.1 Проводить регламентные работы по техническому обслуживанию промышленного оборудования в соответствии с документацией завода-изготовителя

ПК 2.3 Проводить ремонтные работы по восстановлению работоспособности промышленного оборудования

ОК.1 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК.2 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК.4. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами

Выполнение обучающихся практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Физика» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;
- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Разделы/темы	Темы практических/лабораторных занятий	Количество часов	Требования ФГОС СПО (уметь)
Раздел 1. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ		4	
1. 1. Законы равновесия тел. Законы движения	Лабораторная работа №1 «Определение КПД при подъёме тела по наклонной плоскости».	2	У2, У3, У01.2, У01.3, У02.4, У04.8
	Практическая работа № 1 «Движение тел под действием нескольких сил»	2	У2, У3, У01.2, У01.3, У02.4
Раздел 4. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА		16	
4.1 Электростатика. Закон Кулона.	Практическая работа №2 «Законы электростатики Конденсаторы и виды их соединения,»	2	У1, У2, У3, У01.2, У01.3, У02.4
4.2. Электрическое поле. Его характеристики.	Практическая работа №3 «Потенциал. Разность потенциалов. Работа электрического поля по перемещению электрического заряда».	2	У1, У2, У3, У01.2, У01.3, У02.4
4.3. Законы постоянного тока	Практическая работа №4 «Законы постоянного тока, виды соединения проводников, тепловое действие тока».	2	У1, У2, У3, У01.2, У01.3, У02.4
	Лабораторная работа №2 «Определение номинального сопротивления резисторов методом маркировки»	2	У2, У01.2, У01.3, У02.4, У04.8
4.4 Электрический ток в различных средах	Лабораторная работа №3 «Определение температурного коэффициента меди»	2	У2, У01.2, У01.3, У02.4, У04.8
4.5. Магнитное поле.	Лабораторные работы №4 «Изучение явления ЭМИ»	2	У2, У01.2, У01.3, У02.4, У04.8
4.6 Переменный ток	Практическая работа №5 «Характеристики переменного тока сопротивление в цепи переменного тока».	2	У1, У2, У3, У01.2, У01.3, У02.4
4.7 Понятие об устройстве индукционных генераторов, трансформаторов.	Практические занятия: №6 «Расчёт характеристик трансформатора».	2	У1, У2, У3, У01.2, У01.3, У02.4
Всего		20	

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1. Законы равновесия тел. Законы движения.

Практическая работа № 1

Решение задач по теме: «Движение тел под действием нескольких сил».

Цель работы: Научиться определять равнодействующую сил, действующих на тело, силу натяжения нити между телами, ускорение, скорость.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-решать задачи на законы Ньютона.

Материальное обеспечение:

-посадочные места по количеству обучающихся;

- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

-справочные материалы

Задание:

Ответить на вопросы:

1. Что изучает динамика?
2. Определение механической мощности. Формулы мощности.
3. Какие силы называют внутренними? внешними?
4. Что такое абсолютное твердое тело?
5. Что такое линия действия силы?
6. Что такое угловая скорость? В каких единицах она измеряется?

Решить задачи:

1. К центру шара приложена сила $\vec{F}$. Куда направлено ускорение шара? В каком направлении движется шар?
2. На полу лифта находится тело массой 50 кг. Лифт поднимается так, что за 3 с его скорость изменяется от 8 до 2 м/с. Определите силу давления тела на пол лифта.
3. Тепловоз на горизонтальном участке пути длиной 600 м развивает постоянную силу тяги 147кН. Скорость поезда возрастает при этом от 36 до 54 км/ч. Определите силу сопротивления движению, считая её постоянной. Масса поезда 1000 т.
4. Жёсткий стержень длиной 1 м с прикреплённым к нему шариком массой 100 г вращается равномерно в вертикальной плоскости. Определите модуль и направление силы, с которой стержень действует на шарик в верхней точке, при скоростях шарика 2 м/с и 4 м/с.
5. Два груза массами 2 кг и 4 кг, связанные нерастяжимой нитью, поднимают вертикально силой 84 Н, приложенной к первому грузу. Определите ускорение, с которым движутся грузы, и силу натяжения нити.
6. Электросварщик уронил огарок электрода. В момент удара о землю огарок имел скорость 28м/с. На какой высоте работает электросварщик?

7. Какую силу тяги должен развивать двигатель, чтобы автомобиль массой 1000 кг двигался:
а) равномерно; б) с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$.

Краткие теоретические сведения:

Основная задача динамики — определение положения тела в пространстве в любой момент времени, когда известны действующие на тело силы и заданы начальные координаты и скорость тела.

Сила — векторная физическая величина, являющаяся мерой взаимодействия тел. Сила характеризуется числовым значением (модулем), направлением действия и точкой приложения к телу.

При действии на тело нескольких сил их можно заменить равнодействующей силой F_R , представляющей собой векторную сумму этих сил:

Масса (инертная) — скалярная физическая величина, характеризующая способность тела сохранять постоянную скорость, если тело не взаимодействует с другими телами или действие других тел скомпенсировано.

Масса обладает следующими свойствами: 1) Масса тела равна сумме масс всех частиц, из которых оно состоит. При соединении двух тел в одно массы этих тел складываются (свойство аддитивности); 2) Для данной системы тел справедлив закон сохранения массы: при любых процессах, происходящих в системе тел, ее масса остается неизменной (при $v \ll c$).

Масса (гравитационная) — скалярная физическая величина, определяющая силу взаимного притяжения тел и обладающая теми же свойствами, что и инертная масса. Инертная и гравитационная массы характеризуют различные свойства тел, но, как показывает опыт, они всегда эквивалентны (инертная и гравитационная массы одного и того же тела равны).

Основными законами классической динамики являются законы Ньютона. Законы Ньютона следуют из опыта, взаимосвязаны друг с другом, не подчинены друг другу и справедливы только в инерциальных системах отсчета.

Инерциальные системы отсчета (ИСО) — это системы, в которых тело (группы тел), не подверженное действию сил (или действия сил скомпенсированы), находится в покое или движется равномерно и прямолинейно. Система отсчета, движущаяся относительно данной ИСО равномерно и прямолинейно, также является инерциальной. Систему отсчета, связанную с Землей, с большой степенью точности можно считать инерциальной.

Первый закон Ньютона: в инерциальных системах отсчета тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действуют другие тела, либо действуют, но это действие скомпенсировано: значит, $\rightarrow v = \text{const}$, $\rightarrow a = 0$.

Второй закон Ньютона: ускорение, полученное телом в ИСО, прямо пропорционально равнодействующей приложенных к нему сил, обратно пропорционально массе тела: Если же рассматривать действие каждой силы в отдельности, имеет место принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции действия). В этом случае результирующее ускорение

тела представляет собой векторную сумму ускорений, вызываемых каждой силой в отдельности: в случае равномерного движения по окружности тело имеет центростремительное ускорение, направленное согласно второму закону Ньютона к центру окружности:

Третий закон Ньютона: в ИСО силы взаимодействия между двумя телами имеют одинаковую физическую природу, равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны. Эти силы приложены к разным телам и поэтому не уравнивают друг друга. В задачах механики встречаются следующие виды сил: тяготения (гравитационные силы), упругости и сопротивления.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Ход работы:

1. Проанализировать условие задачи, понять физический процесс, рассматриваемый в ней, выяснить, какие силы действуют на интересующие нас тела.

2. Сделать схематический рисунок, изобразив на нем кинематические характеристики движения (ускорения и скорости), нарисовать векторы всех сил, действующих на каждое тело.

3. Для каждого тела в отдельности на основании второго закона Ньютона записать уравнения движения, связывающие проекции сил и ускорений, выбрав предварительно систему отсчета. При движении тела по прямой второй закон Ньютона для тела имеет вид: $\sum F_{\text{пр}} = m a$, где $\sum F_{\text{пр}}$ – сумма проекций всех сил, действующих на тело, на прямую, по которой происходит движение. При этом положительное направление отсчета удобно выбирать совпадающим с направлением ускорения. Если направление составляющей силы совпадает с направлением ускорения, то соответствующая проекция силы берется со знаком плюс, в противном случае – со знаком минус.

4. При решении задач, в которых рассматривается динамика равномерного движения по окружности, также целесообразно положительное направление координатной оси выбирать совпадающим с направлением ускорения, т.е. к центру вращения. Согласно второму закону Ньютона, $\sum F_{\text{пр}} = m a$, где $\sum F_{\text{пр}}$ – сумма проекций всех сил, действующих на тело, на радиус вращения. При этом, если проекция силы направлена к центру вращения, ее нужно считать положительной, если от центра – отрицательной.

5. В задачах о движении системы связанных друг с другом тел одних уравнений движения оказывается недостаточно. В этом случае необходимо записать еще

кинематические условия, выражающие собой соотношения между ускорениями тел системы, обусловленные связями между ними.

6. Если в задаче требуется найти не только силы и ускорения, но также координаты (или пройденные пути) тел и их скорости, то кроме уравнений движения нужно использовать кинематические уравнения для координат и скоростей.

7. В задачах, где учитывается трение, нужно находить силу нормальной реакции опоры, определяющую силу трения. Для этого составляют уравнение на основании того, что вдоль координатной оси, перпендикулярной к направлению скорости прямолинейно движущегося тела, ускорение отсутствует, и поэтому сумма проекций сил на эту ось равна нулю.

8. Полученные уравнения дополнить, если необходимо, выражениями для конкретных видов сил (сила трения скольжения, сила трения покоя, сила упругости, сила Архимеда) и решить полученную систему уравнений в общем виде, т.е. получить расчетные формулы.

9. Убедиться, получаются ли в результате единицы искомых величин. Подставить в расчетные формулы числовые значения физических величин и произвести вычисления.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 52

Тема 4.1. Электростатика. Закон Кулона

Практическая работа № 2

Решение задач по теме: «Законы электростатики. Конденсаторы и виды их соединения».

Цель работы:

1. Повторить основные термины и формулы раздела «Электрическое поле», «Емкость. Конденсаторы».
2. Сформировать умение применять формулы при решении задач.
3. Развивать логическое мышление, память, внимание; умение рассуждать и выделять главное.
4. Развивать навыки самоконтроля и взаимоконтроля.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи на закон сохранения электрического заряда на движение и равновесие заряженных частиц в электрическом поле;
- решать задачи на емкость электрического проводника, как качественного, так и расчетного характера.

Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- раздаточный материал с заданиями;
- сборники задач
- справочные материалы

Задание:

Решить задачи:

1. С какой силой взаимодействуют два заряда по 9 нКл каждый, находящиеся в воздухе на расстоянии 6 см друг от друга?
2. На каком расстоянии друг от друга заряды 10 мкКл и 20 нКл взаимодействуют с силой 6 мН ?
3. Найти величину каждого из двух одинаковых зарядов, если в масле ($\epsilon=6$) на расстоянии 5 см друг от друга они взаимодействуют с силой $0,9\text{ мН}$?
4. Какова емкость проводника, потенциал которого изменяется на 10 кВ при сообщении ему заряда 5 нКл ?
5. Два проводника имеют одинаковую форму и размеры, но один из них сплошной, а другой полый. Какое из тел имеет большую емкость?

6. Определите толщину диэлектрика конденсатора, электроёмкость которого 1400 пФ, площадь перекрывающих друг друга пластин 14см^2 , если диэлектрик – слюда.
7. Заряд конденсатора $4 \cdot 10^{-4}$ Кл, разность потенциалов на его обкладках 500 В. Определите потенциальную энергию конденсатора.
8. Определить ёмкость батареи $C_{\text{бат.}}$, если конденсаторы с ёмкостями $C_1=5\text{пФ}$, $C_2=10\text{пФ}$ и $C_3=30\text{пФ}$ соединили: а) последовательно; б) параллельно. Схему соединения конденсаторов начертить.
9. Три конденсатора соединили параллельно. При этом $c_1=1,5\text{мкФ}$; $c_2=3\text{мкФ}$; $c_3=4\text{мкФ}$. Напряжение в сети $U=220\text{Вольт}$. Какой заряд накоплен всеми конденсаторами? Чему равна энергия всех конденсаторов?

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Краткие теоретические сведения: Закон Кулона в вакууме

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$$

Закон Кулона в среде:

Электрическая постоянная. В ряде случаев для упрощения расчётов k удобно

представлять в виде: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$. Тогда $F_k = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$.

Электрическая постоянная – коэффициент $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$.

- Сила взаимодействия зарядов в среде меньше, чем в вакууме.

Относительная диэлектрическая проницаемость среды (ϵ) – величина, показывающая, во сколько раз сила взаимодействия зарядов в среде (F_c) меньше, чем в вакууме (F_k).

Электрическое поле – особый вид материи, проявляющийся во взаимодействии с электрическими зарядами.

Электрическое поле непрерывно в пространстве, существует вокруг каждого заряда и заряды взаимодействуют друг с другом посредством этого поля.

Электростатическое поле – поле, созданное неподвижным зарядом (зарядами).

Оказалось, что:

- 1) больший по величине заряд создаёт более сильное поле;
- 2) более сильное поле оказывает на заряд более сильное действие;
- 3) одно и то же поле на больший по величине заряд, помещённый в ту же точку поля, действует с большей силой.

Электрическая ёмкость проводника (C) – отношение заряда Q проводника к его

потенциалу φ . $C = \frac{Q}{\varphi}$ $[C] = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = 1 \text{ Ф} = \text{фарад}$; Ёмкость проводника зависит от:

- 1) его размеров и формы;

2) наличия около него других проводников;

3) наличия вокруг него диэлектрической среды и её свойств.

Ёмкость *шарообразного (сферического) проводника* пропорциональна его радиусу r_0 .

$$C_{\text{ш}} = \frac{Q}{\varphi} = 4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r_0$$

Конденсатор – система двух проводников (обкладок), разделённых слоем диэлектрика, предназначенная для накопления и хранения заряда.

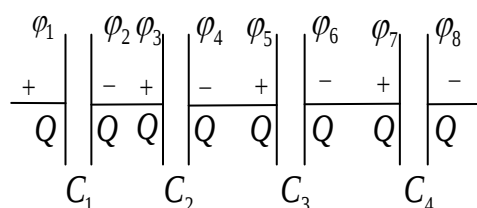
- Ёмкость *плоского* конденсатора (обкладки – плоские пластины) определяют по формуле:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}{d}$$

где S – площадь обкладки; d – расстояние между обкладками.

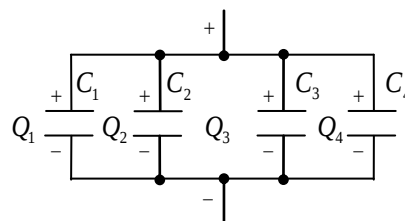
Последовательное соединение конденсаторов – соединение, при котором после зарядки отрицательно (положительно) заряженная обкладка предыдущего конденсатора соединена с положительно (отрицательно) заряженной обкладкой последующего.

$$\Rightarrow \frac{1}{C_{\text{бат}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad \text{или} \quad \frac{1}{C_{\text{бат}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$



Параллельное соединение конденсаторов – соединение, при котором после зарядки все положительно заряженные обкладки собраны в один узел, все отрицательно заряженные – в другой.

$$C_{\text{бат}} = C_1 + \dots + C_n \quad \text{или} \quad C_{\text{бат}} = \sum_{i=1}^n C_i$$



Энергия электрического поля

заряженного конденсатора

$$W_c = A = \frac{Q \cdot \Delta\varphi_0}{2} = \frac{C \cdot \Delta\varphi_0^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

Объёмная плотность энергии поля (w) –

отношение энергии W поля к его объёму V . $w = \frac{W}{V} \quad [w] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$

Примеры решения задач

1. Во сколько раз изменится сила взаимодействия между двумя точечными заряженными телами, если:

- расстояние между ними увеличить в 3 раза;
- заряд одного из них увеличить в 5 раз?

А) Дано:

$r_1 = r$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_1 = k \frac{qq}{r^2}, \quad F_2 = k \frac{qq}{(3r)^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{k \frac{qq}{r^2}}{k \frac{qq}{(3r)^2}} = \frac{kqq \cdot 9r^2}{r^2 \cdot kqq} = \frac{9r^2}{r^2} = 9$$

$$r_2 = 3r$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$F_1/F_2 = ?$$

Решение:

Ответ: сила уменьшится в 9 раз.

Б) Дано:

$$r = r^*$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$q_1^* = q$$

$$q_2^* = 5q$$

$$F^*/F = ?$$

Решение:

Ответ: сила увеличится в 5 раз.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2}$$

$$F^* = k \frac{q_1^* q_2^*}{r^2} = k \frac{q \cdot 5q}{r^2} = k \frac{5q^2}{r^2}$$

$$\frac{F^*}{F} = \frac{k \frac{5q^2}{r^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} = \frac{5kq^2 r^2}{kq^2 r^2} = 5$$

2. Определите силу взаимодействия 2 одинаковых точечных зарядов по 1 мкКл, находящихся на расстоянии 30 см друг от друга.

Дано:

$$q_1 = q_2 = 1 \text{ мкКл}$$

$$r = 30 \text{ см}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$$

$$F = ?$$

СИ:

$$1 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$0,3 \text{ м}$$

Решение:

Ответ: $F = 0,01 \text{ Н}$

3. Сила взаимодействия двух одинаковых точечных зарядов, находящихся на расстоянии 0,5 м, равна 3,6 Н найдите величины этих зарядов.

Дано:

$$r = 0,5 \text{ м}$$

$$F = 3,6 \text{ Н}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$q = ?$$

Решение:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}, q_1 = q_2 = q \Rightarrow F = \frac{kq^2}{r^2} \Rightarrow$$

$$q^2 = \frac{F \cdot r^2}{k}$$

$$q = \sqrt{\frac{F \cdot r^2}{k}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 0,5^2}{9 \cdot 10^9}} = \sqrt{0,1 \cdot 10^{-9}} = 0,1 \cdot 10^{-4} (\text{Кл})$$

$$q = \sqrt{\frac{H \cdot \text{м}^2}{H \cdot \text{м}^2}} = \sqrt{\frac{H^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{Кл}^2}{H \cdot \text{м}^2}} = \sqrt{\text{Кл}^2} = \text{Кл}$$

Ответ: $q = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$

4. На каком расстоянии нужно расположить два заряда $5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, чтобы они отталкивались друг от друга с силой $12 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$?

Дано:

$$F = 12 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$$

$$q_1 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$r = ?$$

Решение:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{k q_1 q_2}{F}$$

$$r = \sqrt{\frac{k q_1 q_2}{F}}$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 10^{-4}}} = \sqrt{22,5 \cdot 10^{-5}} = 15 \cdot 10^{-2} = 0,15(м)$$

$$r = \sqrt{\frac{H \cdot m^2}{K_l^2} \cdot \frac{K_l \cdot K_l}{H}} = \sqrt{m^2} = m$$

Ответ: $q = 0,1 \cdot 10^{-4}$ Кл

5. Определите расстояние между двумя одинаковыми электрическими зарядами, находящимися в керосине, с диэлектрической проницаемостью ϵ , если сила взаимодействия между ними такая же, как в вакууме на расстоянии 30 см.

Дано:

$$\epsilon = 2,5$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$F_1 = F_2$$

$$r_2 = 5м$$

$$r_1 = ?$$

Решение:

Ответ: $r_1 = 10м$

$$F_1 = k \frac{q^2}{\epsilon r_1^2}, F_2 = k \frac{q^2}{r_2^2}, F_1 = F_2 \Rightarrow$$

$$\frac{k q^2}{\epsilon r_1^2} = \frac{k q^2}{r_2^2} \Rightarrow \epsilon r_1^2 = \frac{k q^2}{\frac{k q^2}{r_2^2}} = r_2^2 \Rightarrow r_1^2 = \frac{r_2^2}{\epsilon} = \frac{5^2}{2,5} = 10(м^2)$$

$$r_1 = \sqrt{100} = 10(м)$$

Порядок выполнения работы:

1. Перед решением задач на доске выписываются формулы по данной теме.
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи самостоятельно.

1. С какой силой взаимодействуют в вакууме 2 разряда по 0,2мКл каждый на расстоянии 0,2 м друг от друга? (Отв.: 90МН)
2. Два равных положительных заряда отталкиваются в воде с силой 1,6мкН на расстоянии 3 см друг от друга. Определить величину каждого заряда, если $\epsilon = 81$.
3. Во сколько раз сила электрического отталкивания между двумя электронами больше силы их гравитационного притяжения друг к другу? (Отв.: в $4,2 \cdot 10^{-42}$ раз).
4. Какова емкость проводника, потенциал которого изменяется на 20кВ при сообщении ему заряда 2нКл?
5. Определите толщину диэлектрика конденсатора, электроемкость которого 1400пФ, площадь перекрывающих друг друга пластин $16см^2$, если диэлектрик-слюда.
6. Заряд конденсатора 2мКл, разность потенциалов на его обкладках 220В. Определите потенциальную энергию конденсатора.
7. Площадь пластины плоского воздушного конденсатора $20см^2$, заряд конденсатора 2нКл, разность потенциалов между его пластинами 4В. Определить расстояние между пластинами конденсатора.
8. Определить ёмкость батареи $C_{бат.}$, если три конденсатора с ёмкостью 5пФсоединили: а) последовательно; б) параллельно. Схему соединения конденсаторов начертить.

9. Три конденсатора $c_1=1,5\text{мкФ}$; $c_2=3\text{мкФ}$; $c_3=4\text{мкФ}$. соединили параллельно. Напряжение в сети $U=220\text{Вольт}$. Какой заряд накоплен всеми конденсаторами? Чему равна энергия всех конденсаторов?

Ход работы:

1. Внимательно прочитайте задачу, проанализировать условие, выяснить область действия электрического заряда. Выписать числовые значения заданных величин.
2. Расставить силы, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него условия равновесия или уравнение динамики материальной точки.
3. Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и характеристики поля и подставить в исходное уравнение.
4. Если при взаимодействии происходит перераспределение электрических зарядов, то следует добавить уравнение закона сохранения электрического заряда.
5. Полученную систему уравнений решить относительно неизвестной величины.
6. Сделать схематический чертеж соединения конденсаторов.
7. Подставить в расчетные формулы вместо обозначений физических величин обозначения их единиц в СИ, произвести преобразования и убедиться, получаются ли в результате единицы искомых величин. Оценить реальность полученного результата.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 52

Тема 4.2. Электрическое поле. Его характеристики

Практическая работа № 3

Решение задач по теме: «Потенциал. Разность потенциалов. Работа электрического поля по перемещению электрического заряда».

Цель:

1. Повторить основные термины и формулы раздела «Электрическое поле».
2. Сформировать умение применять формулы при решении задач.
3. Развивать логическое мышление, память, внимание; умение рассуждать и выделять главное.
4. Развивать навыки самоконтроля и взаимоконтроля.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи по работе электрического поля, как качественного, так и расчетного характера.

Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- раздаточный материал с заданиями;
- сборники задач
- справочные материалы

Задание:

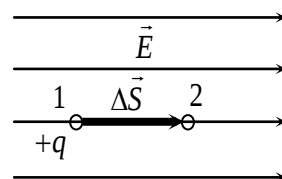
Решить задачи:

1. Какую работу надо совершить, перемещая заряд 30 нКл из точки поля с потенциалом 50 В в точку с потенциалом 250 В ?
2. Определить разность потенциалов между двумя точками поля, если для перемещения заряда $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ из одной точки в другую нужно совершить работу 10^{-4} Дж .
3. При перемещении заряда в электрическом поле совершена работа в 4 Дж . Определить величину заряда, если его перемещение происходило при напряжении 100 В .
4. Напряжение между точками по силовой линии равно 10 кВ , расстояние между ними 10 см . Какова напряженность поля?
5. Определите напряженность между облаком и землей во время грозы, если разность потенциалов равна 15 В , а расстояние между облаком и землей 200 м .

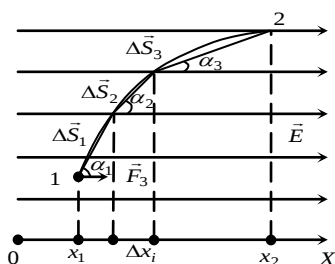
Краткие теоретические сведения:

Работа поля по перемещению заряда

Поместим заряд $+q$ в однородное поле $\vec{E}$. Со стороны поля на заряд действует электрическая сила $\vec{F}_э = q \cdot \vec{E}$, под действием которой он переместился вдоль силовой линии из т.1 в т.2.



Работа поля $A = \vec{F}_3 \cdot \Delta \vec{S} = q \cdot E \cdot \Delta S$.



Если траектория движения заряда – произвольная кривая, то разделим её на малые участки, считая их прямолинейными. Тогда работа на всём пути $A = \sum_{i=1}^n \Delta A_i$, но $\Delta A_i = \vec{F}_3 \cdot \Delta \vec{S}_i = q \cdot |\vec{E}| \cdot |\Delta \vec{S}_i| \cdot \cos \alpha_i$ или

$\Delta A_i = q \cdot E \cdot \Delta S_i \cdot \cos \alpha_i$, где α_i – угол между векторами $\vec{F}_3$ и $\Delta \vec{S}_i$.

$$A = \sum_{i=1}^n \Delta A = q \cdot E \cdot \sum_{i=1}^n \Delta S_i \cdot \cos \alpha_i = qE \sum_{i=1}^n \Delta x_i = qE \Delta x \text{ или } \boxed{A = q \cdot E \cdot \Delta x},$$

где Δx – разность координат конечного и начального положений заряда.

Таким образом, *работа поля по перемещению заряда не зависит от траектории, а зависит только от начального и конечного положений заряда.*

Работа поля по перемещению заряда

из т.1 в т.2: $A_{12} = q \cdot E \cdot (x_2 - x_1) = q \cdot E \cdot \Delta x$;

из т.2 в т.1: $A_{21} = q \cdot E \cdot (x_1 - x_2) = q \cdot E \cdot (-\Delta x) = -A_{12}$;

по замкнутому контуру: $A = A_{12} + A_{21} = 0$.

Потенциальное поле – поле, работа которого зависит от начального и конечного положений тела и не зависит от его траектории.

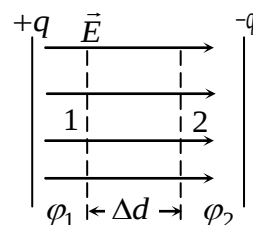
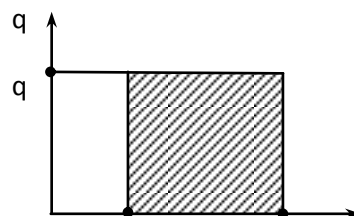
- Работа потенциального поля на замкнутом контуре равна нулю.
- Электрическое поле – потенциальное поле.

Разность потенциалов

Известно (п.5.1.1.10), что $A = -\Delta E_{\text{п}} = E_{\text{п1}} - E_{\text{п2}} = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$ или

$\boxed{A = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}$, где $\varphi_1 - \varphi_2$ – разность потенциалов.

- Разность потенциалов измеряют электрометром или **вольтметром**.
- Работа поля положительна (её совершает поле), когда положительный заряд движется из т.1 в т.2 поля, причем $\varphi_1 > \varphi_2$. В случае движения этого заряда против линий поля ($\varphi_1 < \varphi_2$), работа поля будет отрицательна (совершается внешней силой против поля). Графически работа – площадь прямоугольника со сторонами q и $(\varphi_1 - \varphi_2)$:
- В случае отрицательного заряда ($-q$) работа будет положительной, если заряд движется против линий поля.
- Для любых двух точек эквипотенциальной поверхности $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$ и работа $A = 0$.



Связь напряженности и разности потенциалов

Из $A = F \cdot \Delta d$ и $A = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \Rightarrow F \cdot \Delta d = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$ или $qE \cdot \Delta d = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \Rightarrow$

$$E = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{\Delta d}$$

$[E] = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, т. е. напряжённость однородного электрического поля численно равна разности потенциалов на единице длины силовой линии.

Порядок выполнения работы:

1. Выписать формулы по пройденному материалу.
 2. Дать характеристику физических величин и их единиц измерения.
 3. Решить самостоятельно задачи.
- 1) Пылинка массой 10^{-8} г висит между пластинами плоского воздушного конденсатора, к которому приложено напряжение 5кВ. Расстояние между пластинами 5см. Каков заряд пылинки?
 - 2) В опыте Милликена в однородном электрическом поле между параллельными одноименно заряженными пластинами находилась пылинка массой 10^{-8} г. Разность потенциалов между пластинами конденсатора -500В, а расстояние 10см. Определите заряд пылинки q , если она находится в равновесии в электрическом поле.
 - 3) Между двумя одноименно заряженными пластинами конденсатора находится капелька масла массой 10^{-8} кг, заряд которой 10^{-14} Кл. Разность потенциалов между пластинами 240В, а расстояние между ними 2,5см. Найти время, в течение которого капелька достигнет пластины, если в начале она находилась на равном расстоянии между ними. (Отв.: 0,5с).
 - 4) Электрон влетает в электрическое поле в направлении, противоположном направлению линий напряженности, имея скорость 2000км/с. Какой будет скорость электрона в конце участка пути, разность потенциалов на котором составляет 15В?
 $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. (Отв.: $3 \cdot 10^6$ м/с).

Ход работы:

1. Внимательно прочитать задачу, проанализировать условие, выяснить характер движения заряда (по или против силовых линий поля). Выписать числовые значения заданных величин.
2. Сделать схематический чертеж, отображающий описанное в задаче движение заряда в электрическом поле. Изобразить на нем траекторию движения, перемещения.
3. Подставить в расчетные формулы вместо обозначений физических величин обозначения их единиц в СИ, произвести преобразования и убедиться, получаются ли в результате единицы искомых величин.
4. Подставить в расчетные формулы числовые значения физических величин и произвести вычисления. Оценить реальность полученного результата.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 52

Тема 4.3. Законы постоянного тока

Практическая работа № 4

Решение задач по теме: «Законы постоянного тока. Виды соединения проводников. Работа тока. Тепловое действие тока. Закон Джоуля-Ленца»

Цель:

1. Повторить основные термины и формулы раздела «Параметры электрического тока».
2. Сформировать умение применять формулы при решении задач.
3. Развивать логическое мышление, память, внимание; умение рассуждать и выделять главное.
4. Развивать навыки самоконтроля и взаимоконтроля.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи по законам тока, как качественного, так и расчетного характера.

Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- раздаточный материал с заданиями;
- сборники задач
- справочные материалы

Задание:

Решить задачи

1. Конденсатор ёмкостью 100мкФ заряжается до напряжения 500 Вольт за 0,5с. Каково среднее значение зарядного тока?
2. Сколько электронов проходит через поперечное сечение проводника за 1нс при силе тока 32мкА? (Отв.: $2 \cdot 10^5$).
3. Найти скорость упорядоченного движения электронов в проводе сечения 5мм^2 при силе тока 10А, если концентрация электронов проводимости $5 \cdot 10^{28}\text{м}^{-3}$? (Отв.: $0,25 \cdot 10^{-3}\text{м/с}$).
4. Найти скорость упорядоченного движения электронов в медном проводе сечением 25мм^2 при силе тока 50А, считая, что на каждый атом приходится один электрон проводимости.
5. Один полюс источника тока присоединили к электрической лампе медным проводом, а другой полюс - алюминиевым проводом того же диаметра. Сравнить скорость упорядоченного движения электронов в подводящих проводах, считая, что на каждый атом приходится один электрон проводимости
6. Можно ли включить в сеть с напряжением 220В реостат, на котором написано: а) 300м, 5А; б) 2000 Ом, 0,2 А.
7. Найти силу тока в стальном проводнике длиной 10 метров и сечением 2мм^2 , на который подано напряжение 12мВ.
8. Какова напряжённость поля в алюминиевом проводнике сечением $1,4\text{мм}^2$ при силе тока 1Ампер?

9. Восемь резисторов по два последовательно соединили в 4 параллельные ветви. Сопротивление каждого резистора 4 Ом. Найти общее сопротивление всех резисторов.
10. Восемь резисторов по 4 последовательно соединили в 2 параллельные ветви. Определить общее сопротивление всех резисторов, если сопротивление каждого резистора 20 Ом.
11. Два проводника сопротивлением 2 Ом и 3 Ом соединены последовательно. Сила тока в цепи 1А. Определить сопротивление всей цепи, напряжение на каждом проводнике и полное напряжение всего участка цепи.
12. Цепь состоит из двух последовательно соединённых проводников, сопротивление которых 4 и 6 Ом. Сила тока в цепи 0,2А. Найдите напряжение на каждом из проводников и общее напряжение.
13. Мощность электрического утюга 1 кВт. Каково его сопротивление при включении в сеть с напряжением 220В?
14. По проводнику сопротивлением 20Ом за 5 минут прошло количество электричества 300 Кл. Вычислить работу тока за это время.
15. В сеть с напряжением 220В включены параллельно одинаковые лампочки с сопротивлением 484 Ом каждая. Сколько лампочек включили в сеть, если они потребляют мощность 800 Вт?
16. Гальванический элемент с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на сопротивление 5 Ом. Какое количество теплоты выделится на проводнике и внутреннем сопротивлении за 10 с?
17. ЭДС источника электрической энергии равна 100 В. При внешнем сопротивлении 49 Ом сила тока в цепи 2 А. Найти падение напряжения внутри источника и его внутреннее сопротивление.
18. Аккумулятор с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом питает внешнюю цепь сопротивлением 12,4 Ом. Какое количество теплоты выделится за время 10 минут во всей цепи?
19. На каком из сопротивлений будет выделяться наибольшее количество теплоты в единицу времени, если $R_1=4$ Ом; $R_2=2$ Ом; $R_3=1$ Ом; $R_4=2$ Ом?
20. При ремонте электроплитки её спираль укоротили на 0,2 первоначальной длины. Как при этом изменится мощность плитки?

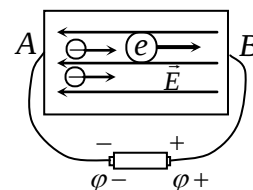
Краткие теоретические сведения:

Электрический ток. Напряжение.

Подключим проводник АВ к аккумуляторной батарее.

В проводнике возникает электрическое поле $E = \frac{\varphi_+ - \varphi_-}{|AB|}$,

которое движет электроны e от полюса А к полюсу В.



Электрический ток – направленное движение заряженных частиц под действием электрического поля.

Условия возникновения электрического тока:

- 1) наличие свободных носителей заряда;
- 2) наличие электрического поля.

- Электрический ток могут создавать как носители одного знака (“+” или “-“), так и носители обоих знаков.
- За направление электрического тока принято направление движения *положительно* заряженных частиц.

Электрическое напряжение между двумя точками электрической цепи (напряжение) (U)

– работа по перемещению единичного положительного заряда из одной данной точки в

другую. $\boxed{U = \frac{A}{q}}$ (*) $[U]=1\text{В}$

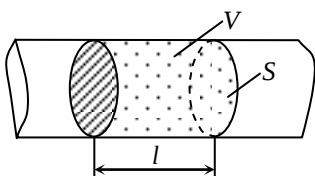
Сила тока (I) – скорость прохождения заряда Q через поперечное сечение проводника.

$$\boxed{I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}} \quad [I] = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = 1 \text{ А} - \text{ампер}$$

- Силу тока измеряют амперметром.

Плотность тока (j) – отношение силы тока I к площади поперечного сечения S проводника

(площадь сечения перпендикулярна к направлению тока). $\boxed{j = \frac{I}{S}}$ $[j] = 1 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$



Заряд ΔQ , проходящий через поперечное сечение проводника S за время Δt , состоит из элементарных зарядов q , расположенных равномерно по всему объёму проводника V .

$$\text{Тогда } \Delta Q = q \cdot N = q \cdot n \cdot V = q \cdot n \cdot S \cdot \ell,$$

где N – количество зарядов q в заряде ΔQ ;

n – объёмная концентрация зарядов q в проводнике;

ℓ – длина области V .

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{q \cdot n \cdot S \cdot \ell}{\Delta t} = q \cdot n \cdot v \cdot S \quad \boxed{I = q \cdot n \cdot v \cdot S}$$

$$j = \frac{I}{S} = q \cdot n \cdot v \quad \boxed{\vec{j} = q \cdot n \cdot \vec{v}}$$

где $\vec{v}$ – скорость направленного движения зарядов q в проводнике;

$\vec{j}$ – вектор, сонаправленный с $\vec{v}$.

Источник электрической энергии – участок цепи, на котором заряды движутся под действием сторонних сил.

Потребитель электрической энергии – участок цепи, на котором заряды движутся под действием сил электрического поля.

Электродвижущая сила (ЭДС) источника ($\mathcal{E}$) – отношение работы сторонних сил $A_{\text{ст}}$ по перемещению положительного заряда q по замкнутой цепи к величине этого заряда.

$$\boxed{\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}} \quad [\varepsilon] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = 1 \text{ В} - \text{вольт}$$

ЭДС источника надо измерять при разомкнутой цепи нагрузки.

Электрическое сопротивление проводника (R) – величина, характеризующая способность проводника препятствовать прохождению по нему электрического тока.

$$\boxed{\frac{U}{I} = R} \quad [R] = 1 \frac{\text{В}}{\text{А}} = 1 \text{ Ом} - \text{ом.}$$

- 1 Ом – сопротивление проводника, по которому при напряжении 1 В течёт ток в 1 А.
- Сопротивление проводника измеряют омметром.

Закон Ома для участка цепи: сила тока на участке цепи прямо пропорциональна

напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению. $\boxed{I = \frac{U}{R}}$

Электрическая проводимость проводника (g) – величина, характеризующая способность

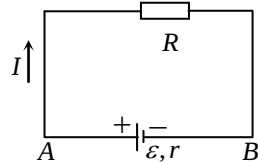
проводника пропускать электрический ток. $\boxed{g = \frac{1}{R}}$ $[g] = 1 \frac{1}{\text{Ом}} = 1 \text{ Ом}^{-1} = \text{См} - \text{сименс.}$

Падение напряжения на участке цепи – произведение $I \cdot R$.

- Напряжение U на концах участка цепи равно падению напряжения $I \cdot R$ на нём, если:
1) на участке цепи нет источников ЭДС;
2) единственный результат прохождения тока – нагревание участка цепи.

Закон Ома для всей цепи

Соберём цепь из источника ε с внутренним сопротивлением r и потребителя R электрической энергии.



Закон Ома для всей цепи: сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна ЭДС источника и обратно пропорциональна сумме сопротивлений источника и

$$\boxed{I = \frac{\varepsilon}{R + r}}$$

потребителя.

Резистор – проводник, предназначенный для преобразования электрической энергии во внутреннюю.

$$\boxed{R = \rho \frac{\ell}{S}}$$

Из опытов известна зависимость сопротивления R проводника постоянного сечения от материала, длины ℓ и площади поперечного сечения S :

где ρ – коэффициент, зависящий от материала проводника.

Удельное сопротивление проводника (ρ) – сопротивление проводника длиной 1 м при поперечном сечении 1 м^2 ; $[\rho] = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$

- R проводника зависит от его геометрии (ℓ, S) и вещества (ρ).

Зависимость сопротивления резистора от температуры

Температурный коэффициент сопротивления (α) – отношение относительного изменения удельного сопротивления $\frac{\Delta\rho}{\rho_0}$ к вызвавшему его изменению температуры Δt .

$$\alpha = \frac{\Delta\rho}{\rho_0} \cdot \frac{1}{\Delta t}$$

$$[\alpha] = 1 \text{ град}^{-1} \quad \text{или} \quad \boxed{\rho(t) = \rho_0(1 + \alpha \cdot \Delta t)}$$

где $\rho(t)$ – удельное сопротивление вещества при $t^0\text{C}$.

Увеличение удельного сопротивления металлического проводника с ростом температуры объясняют возрастанием хаотического движения молекул (атомов) вещества, что увеличивает препятствие прохождению электрического тока.

Сопротивление проводника $R = \rho \frac{\ell}{S} = \rho_0(1 + \alpha \cdot \Delta t) \frac{\ell}{S} = R_0(1 + \alpha \cdot \Delta t)$ $\boxed{R(t) = R_0(1 + \alpha \cdot \Delta t)}$,

где $R(t)$ – сопротивление проводника при температуре $t^0\text{C}$;

R_0 – сопротивление проводника при $t = 0^0\text{C}$.

- Для чистых металлов $\alpha \approx \frac{1}{273} ^0\text{C}^{-1}$.

Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля–Ленца

Пусть под действием электрического поля заряд Δq за время Δt прошёл через резистор R . Работа поля $A = \Delta q \cdot U$ (п.5.1.1.13), где U – напряжение на резисторе. Из $U = I \cdot R$ и $\Delta q = I \Delta t \Rightarrow$
 $\boxed{A = I^2 \cdot R \cdot \Delta t}$; $\boxed{A = I \cdot U \cdot \Delta t}$, $[A] = 1 \text{ Дж}$.

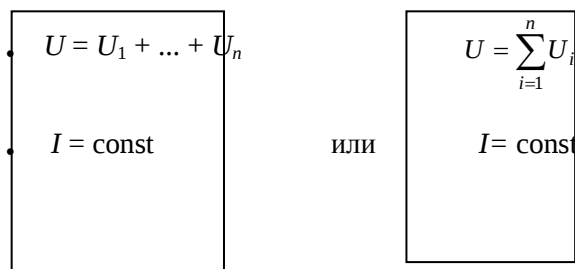
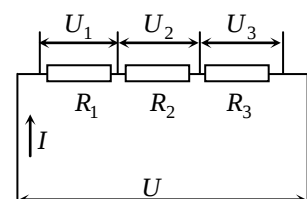
- Работу поля A по перемещению заряда принято называть работой тока, а мощность поля

P – мощностью тока. $P = \frac{A}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{P = I^2 \cdot R}$; $\boxed{P = I \cdot U}$; $\boxed{P = \frac{U^2}{R}}$ $[P] = 1 \text{ Вт}$.

Джоуль и Эмиль Христианович Ленц (1804–1865, Россия) экспериментально установили зависимость, известную как **закон Джоуля–Ленца**: если на участке цепи вся энергия тока переходит во внутреннюю энергию проводника (не совершается механическая работа), то количество теплоты, выделившееся в проводнике: $\boxed{Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t}$.

Последовательное соединение проводников

- **Последовательное соединение проводников** – соединение, при котором проводники образуют единую цепь, размыкание которой в любом месте приводит к прекращению тока во всей цепи.
- При последовательном соединении проводников:

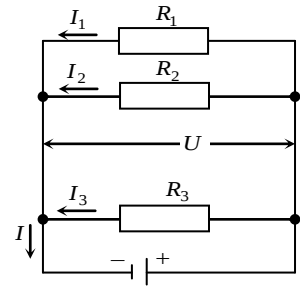


- $R = R_1 + \dots + R_n$

$$R = \sum_{i=1}^n R_i$$

Параллельное соединение проводников

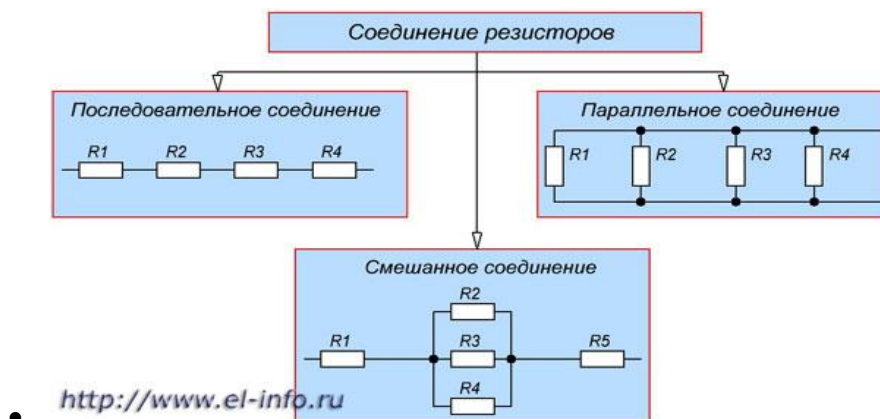
- **Параллельное соединение проводников** – соединение, при котором начала всех проводников собраны в один узел, концы – в другой, и отключение от электрической цепи любого из этих проводников не приводит к отключению остальных.



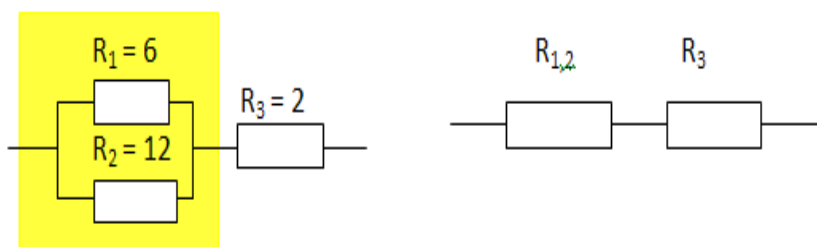
- При параллельном соединении проводников:

• $U = \text{const}$ • $I = I_1 + \dots + I_n$ • $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n}$	и	• $U = \text{const}$ • $I = \sum_{i=1}^n I_i$ • $\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$
---	---	---

- **Смешанное соединение проводников**



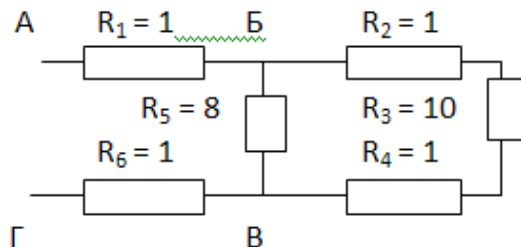
- При расчётах электрических цепей необходимо знать законы параллельного и последовательного соединения проводников.
- При решении задач на смешанное соединение проводников обычно составляют так называемые эквивалентные схемы, выделяя участки с последовательным и параллельным соединением.
- Пример 1.



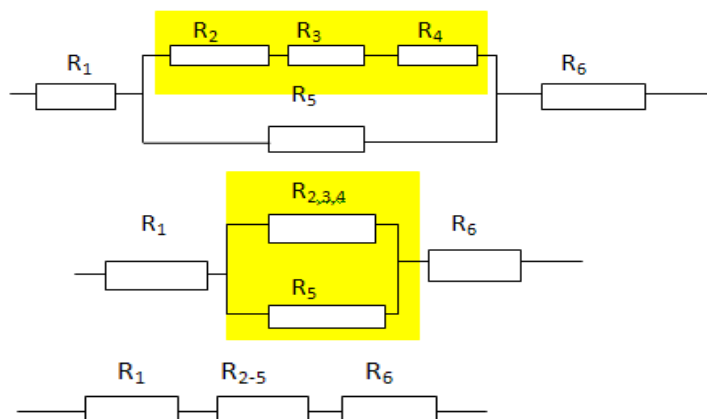
- Сопротивление $R_{1,2}$ заменило выделенный участок цепи, в котором два проводника соединены параллельно.
- Тогда мы можем найти сопротивление этого участка с параллельным соединением проводников:

$$R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \cdot 12}{6 + 12} = 4$$

- А теперь видно, что проводники $R_{1,2}$ и R_3 соединены последовательно. Общее сопротивление равно $R = R_{1,2} + R_3 = 4 + 2 = 6$.
- Пример 2.



- В данном случае нужно развернуть схему, двигаясь от точки к точке. Видно, что в точке Б схема разветвляется, а в точке В ветви соединяются. Таким образом, эквивалентные схемы будут иметь вид:



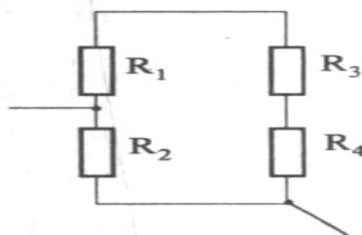
- R_2, R_3 и R_4 соединены последовательно. Поэтому $R_{2,3,4} = R_2 + R_3 + R_4 = 1 + 10 + 1 = 12$
 - $R_{2,3,4}$ и R_5 соединены параллельно. Поэтому
- $$R_{2-5} = \frac{R_{2,3,4} R_5}{R_{2,3,4} + R_5} = \frac{12 \cdot 8}{12 + 8} = 4,8$$
- И в последней схеме проводники соединены последовательно. $R = R_{2-5} + R_1 + R_6 = 1 + 4,8 + 1 = 6,8$.

Порядок выполнения работы:

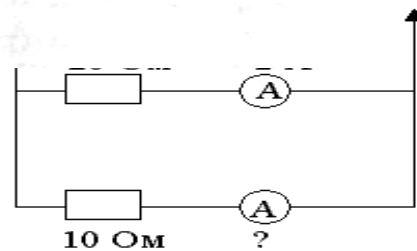
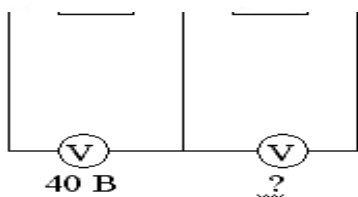
1. Выписать формулы по пройденному материалу.
 2. Дать характеристику физических величин и их единиц измерения.
 3. Решить самостоятельно задачи:
- 1) Кабель состоит из двух стальных жил сечением $0,6 \text{ мм}^2$ каждая, из четырех медных жил сечением $0,85 \text{ мм}^2$ каждая. Каково падение напряжения на каждом километре кабеля при силе тока 1 Ампер? (Отв.: 133кВ).

- 2) Электрическую лампу сопротивлением 240 Ом, рассчитанную на напряжение 120В, надо питать от сети с напряжением 220В, Какой длины нихромовый проводник сечением 0,55 мм² надо включить последовательно с лампочкой?
- 3) Сопротивление обмотки электромагнита, выполненное из медной проволоки, при 20°C было 2 0ма, а после длительной работы стало равно 2,4 Ома. До какой температуры нагрелась обмотка? (Отв.: 53°C).
- 4) Сопротивление вольфрамового проводника при 20°C было равно 80м. Определить его сопротивление при -40°C, если $\alpha=5 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$. (Отв.: 58 Ом).
- 5) Найдите ток короткого замыкания в сети с источником, если ЭДС равна 1,3В, а при включении во внешнюю цепь резистора сопротивление равно 3Ом, сила тока в цепи 0,4А. (Отв.: 5,2А).
- 6) Источником тока в цепи служит батарея с ЭДС 30В. Напряжение на зажимах батареи 18В, а сила тока в цепи 3 Ампера. Определите внешнее и внутреннее сопротивления электрической цепи. (Отв.: 6Ом; 4 Ом).
- 7) Имеются две лампы на напряжение 127В, одна из которых рассчитана на мощность 60 Вт, а другая на 100Вт. Сопротивление какой лампы больше и во сколько раз? (Отв.: $R_1 > R_2$ в 1,7 раз).
- 8) Определить стоимость электрической энергии, потребляемой лампой мощностью 100 Вт за 200 ч горения ($k = 0,04 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$).
- 9) Какое сопротивление нужно включить в сеть с напряжением 220 В, чтобы в нем за 10 минут выделилось 66 кДж теплоты?
- 10)

Чему равно общее сопротивление участка, изображенного на рисунке, если $R_1 = 60 \text{ Ом}$, $R_2 = 12 \text{ Ом}$, $R_3 = 15 \text{ Ом}$, $R_4 = 3 \text{ Ом}$?



11)



Ход работы:

1. Внимательно прочитать задачу, проанализировать условие, выяснить исследуемые параметры. Выписать числовые значения заданных величин.
2. Подставить в расчетные формулы вместо обозначений физических величин обозначения их единиц в СИ, произвести преобразования и убедиться, получаются ли в результате единицы искомых величин.
3. Подставить в расчетные формулы числовые значения физических величин и произвести вычисления. Оценить реальность полученного результата.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 52

Тема 4.6. Переменный ток

Практическая работа № 5

Решение задач по теме: «Характеристики переменного тока. Сопротивление в цепи переменного тока»

Цель:

1. Повторить основные термины и формулы раздела «Переменный ток. Виды сопротивлений».
2. Сформировать умение применять формулы при решении задач.
3. Развивать логическое мышление, память, внимание; умение рассуждать и выделять главное.
4. Развивать навыки самоконтроля и взаимоконтроля.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи по переменному току, как качественного, так и расчетного характера.

Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- раздаточный материал с заданиями;
- сборники задач
- справочные материалы

Задание:

Качественные задачи

1. Вдоль жесткого провода, по которому пропускается переменный ток от городской сети, расположена мягкая тонкая металлическая нить. В одном случае через нить пропускается также переменный ток от городской сети. В другом случае через нить пропускается постоянный ток. Что будет происходить с нитью в каждом случае?
2. Какую траекторию опишет электрон, пролетая между пластинами плоского конденсатора, к которым подведено: 1) постоянное напряжение; 2) переменное напряжение высокой частоты?
3. Как изменится сопротивление, оказываемое линейным проводником току высокой частоты, если этому проводнику придать форму соленоида?
4. Через какую долю периода после замыкания заряженного конденсатора на катушку индуктивности энергия в контуре распределится между конденсатором и катушкой поровну?
5. В каких элементах закрытого колебательного контура (конденсаторе или катушке) сосредоточена энергия в моменты, если отсчет времени вести с начала разряда конденсатора? $t = 0, \frac{T}{4}, \frac{T}{2}, \frac{T}{8}$

Рассмотреть примеры решения расчётных задач

Задача 1. Определите сдвиг фаз колебаний напряжения $U = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$ и силы тока $I = I_0 \sin \omega t$ для электрической цепи, состоящей из последовательно включенных

проводников с активным сопротивлением $R = 1000$ Ом, катушки индуктивностью $L = 0,5$ Гн и конденсатора емкостью $C = 1$ мкФ. Определите мощность, которая выделяется в цепи, если амплитуда напряжения $U_0 = 100$ В, а частота $\nu = 50$ Гц.

Решение:

Сдвиг фаз между током и напряжением в цепях переменного тока определяется соотношением

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}, \quad (1)$$

здесь $\omega = 2\pi\nu$ - циклическая частота. Следовательно,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C}}{R}.$$

Мощность, которая выделяется в цепи, определится по формуле

$$P = \frac{I_0 U_0}{2} \cos \varphi.$$

Для цепи переменного тока справедливо соотношение

$$I_0 = \frac{U_0}{Z},$$

где Z - полное сопротивление (импеданс) цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}.$$

Следовательно, мощность, которая выделяется в цепи

$$P = \frac{U_0^2 \cos \varphi}{2 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}. \quad (2)$$

Подставив численные значения в (1), получим $\operatorname{tg} \varphi = -3$, $\varphi \cong -72^\circ$ (минус означает, что напряжение отстает по фазе). Тогда $\cos \varphi \cong 0,3$. Подставив численные значения в (2), получим $P = 0,5$ Вт.

$$P = \frac{U_0^2 \cos \varphi}{2 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} = 0,5 \text{ Вт.}$$

Ответ:

Задача 2. Конденсатор неизвестной емкости, катушка с индуктивностью L и сопротивлением R подключены к источнику переменного напряжения $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \cos \omega t$ (рис. 1). Сила тока в цепи

равна $I = \frac{\mathcal{E}_0}{R} \cos \omega t$. Определите амплитуду напряжения между обкладками конденсатора.

Решение:

Из условия задачи видно, что сила тока и напряжение в цепи меняются

синфазно. Это означает, что совпадают индуктивное и емкостное сопротивления. $\frac{1}{\omega C} = \omega L.$ (3)

Напряжение на конденсаторе будет равно $U_C = \frac{q}{C}.$ (4)

Поскольку $I = \frac{dq}{dt}$, то $q = \frac{\mathcal{E}_0}{R\omega} \sin \omega t.$ (5)

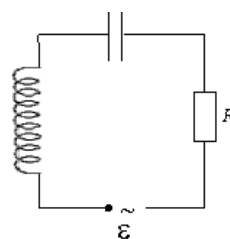


Рис. 1

Подставляя (5) в (4), получим:

$$U_C = \frac{\varepsilon_0}{R\omega C} \sin \omega t. \quad (6)$$

С учетом (3) соотношение (6) примет вид:

$$U_C = \frac{\varepsilon_0 \omega L}{R} \sin \omega t = U_{C0} \sin \omega t.$$

Поэтому амплитудное значение напряжения конденсатора будет равно

$$U_{C0} = \frac{\varepsilon_0 \omega t}{R}.$$

между обкладками

Ответ: $U_{C0} = \frac{\varepsilon_0 \omega t}{R}.$

Задача 3. В электрической цепи из двух одинаковых конденсаторов емкости C и катушки с индуктивностью L , соединенных последовательно, в начальный момент времени один конденсатор имеет заряд q_0 , а второй не заряжен (рис. 2). Как будут изменяться со временем заряды конденсаторов и сила тока в контуре после замыкания ключа K ?

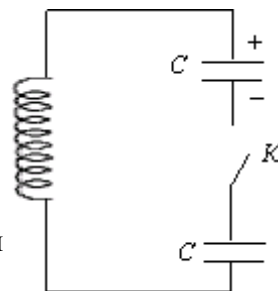


Рис. 2

Решение:

Цепь, приведенная на рис. 2, представляет собой колебательный контур. Сила тока в нем будет меняться по закону

$$I = I_0 \sin \omega t. \quad (7)$$

Чтобы ответить на вопрос задачи, нужно найти максимальное значение силы тока I_0 и частоту колебаний ω . Частоту колебаний можно определить по формуле

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC_{\text{экв}}}}, \quad (8)$$

где $C_{\text{экв}}$ - емкость системы из двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью C :

$$C_{\text{экв}} = \frac{C}{2}.$$

Подставляя значение $C_{\text{экв}}$ в (8), получим, что частота колебаний в контуре будет равна

$$\omega = \sqrt{\frac{2}{LC}}. \quad (9)$$

Подставим значение частоты (9) в выражение для силы тока (7), тогда получим, что сила тока в цепи будет меняться по закону

$$I = I_0 \sin \left(\sqrt{\frac{2}{LC}} t \right). \quad (10)$$

Для определения I_0 можно воспользоваться законом сохранения энергии. Пусть в некоторый момент времени заряд одного из конденсаторов равен q_1 , тогда заряд второго конденсатора будет $q_2 = q_0 - q_1$. В начальный момент времени энергия контура сосредоточена в электрическом поле заряженного конденсатора, в произвольный момент времени она перераспределяется между энергией электрического поля двух заряженных конденсаторов и энергией магнитного поля, сосредоточенного в катушке индуктивности. Следовательно, согласно закону сохранения энергии,

$$\frac{q_0^2}{2C} = \frac{LI^2}{2} + \frac{q_1^2}{2C} + \frac{(q_0 - q_1)^2}{2C}.$$

Отсюда можно найти зависимость силы тока от заряда q_1 .

$$I^2 = \frac{2q_1(q_0 - q_1)}{LC}.$$

Чтобы найти максимальное значение силы тока, нужно взять производную от I по q_1 и приравнять ее к нулю.

$$\frac{dI}{dq_1} = \sqrt{\frac{1}{2LCq_1(q_0 - q_1)}}(q_0 - 2q_1) = 0.$$

Из последнего выражения видно, что максимальное значение силы тока достигается

при $q_1 = \frac{q_0}{2}$. Следовательно,

$$I_0 = \frac{q_0}{\sqrt{2LC}}.$$

Подставляя полученное значение для максимального значения силы тока в (10), получим, что сила тока в цепи будет меняться по закону

$$I = \frac{q_0}{\sqrt{2LC}} \sin\left(\sqrt{\frac{2}{LC}}t\right).$$

Чтобы найти закон изменения зарядов на пластинах конденсатора, воспользуемся

выражением $I^2 = \frac{2q_1(q_0 - q_1)}{LC}$. Преобразовав его, получим квадратное уравнение для q_1 :

$$q_1^2 - q_0 q_1 + \frac{LCI^2}{2} = 0.$$

Решая уравнение, получим:

$$q_1 = \frac{q_0}{2}(1 \pm \cos \omega t).$$

Разные знаки означают, что в начальный момент времени любой конденсатор может либо иметь заряд q_0 , либо быть незаряженным. Пусть

$$q_1 = \frac{q_0}{2}(1 + \cos \omega t).$$

Тогда

$$q_2 = q_0 - q_1 = \frac{q_0}{2}(1 - \cos \omega t).$$

$$I = \frac{q_0}{\sqrt{2LC}} \sin\left(\sqrt{\frac{2}{LC}}t\right), \quad q_1 = \frac{q_0}{2}(1 + \cos \omega t), \quad q_2 = \frac{q_0}{2}(1 - \cos \omega t).$$

Ответ:

Задача 4. Имеются два колебательных контура с одинаковыми катушками и конденсаторами.

В катушку одного из контуров вставили железный сердечник, увеличивший ее индуктивность в $n = 4$ раза. Найдите отношение резонансных частот контуров и их энергий, если максимальные заряды на конденсаторах одинаковы.

Решение:

Резонансные частоты контуров могут быть определены по формуле Томсона:

$$\nu_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad \nu_2 = \frac{1}{\sqrt{nLC}}. \quad \text{Отсюда} \quad \frac{\nu_2}{\nu_1} = \sqrt{\frac{1}{n}} = \frac{1}{2}.$$

$$\text{Ответ: } \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{1}{2}.$$

Задача 5. Два сопротивления R_1 и R_2 и два диода подключены к источнику переменного тока с напряжением U так, как показано на рис. 3. Найдите среднюю мощность, выделяющуюся в цепи.

Решение:

Ток половину периода идет через один диод (например, 1). За это время на сопротивлении R_1 выделяется средняя мощность

$$P_1 = \frac{U^2}{2R_1}.$$

$$P_2 = \frac{U^2}{2R_2}.$$

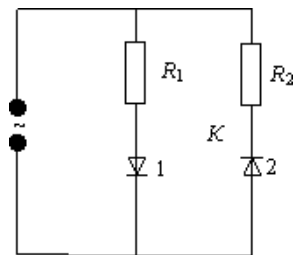


Рис. 3

В течение второго полупериода ток идет через диод 2, выделяя на нем среднюю мощность. Таким образом, за полный период выделяется средняя мощность

$$P = P_1 + P_2 = \frac{U^2}{2} \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}.$$

Ответ:

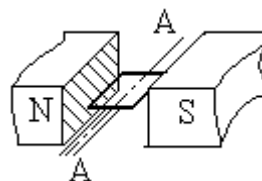
Краткие теоретические сведения:

Понятие о переменном токе

Свободные электромагнитные колебания быстро затухают и в практике используются редко, поэтому создают вынужденные гармонические колебания заряда, тока и напряжения.

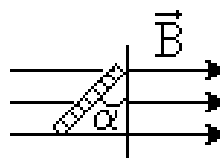
Переменный ток – вынужденные гармонические электромагнитные колебания в проводнике.

Поместим рамку площади S в однородное магнитное поле $\vec{B}$. Поток магнитной индукции через рамку $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$.



Если рамку равномерно вращать вокруг оси AA с угловой скоростью ω , то $\alpha = \omega t$ и $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \omega t$.

Вследствие электромагнитной индукции в рамке возникает гармонически меняющаяся ЭДС $\mathcal{E} = -\dot{\Phi} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t$ или $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$ ($\mathcal{E}_0 = BS \cdot \omega$ – амплитуда ЭДС индукции) и можно говорить, что получен переменный ток.



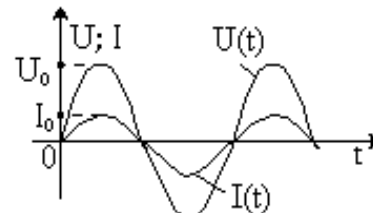
- В общем случае (например, в индуктивности или емкости) ток и ЭДС могут не совпадать по фазе и их уравнения будут: $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$; $I = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$, где φ – сдвиг фаз между $\mathcal{E}$ и I .
- Переменный ток бытовой электросети имеет частоту $\nu = 50$ Гц и $\omega = 2\pi\nu = 100\pi$ [рад/с].

Резистор в цепи переменного тока

Включим резистор сопротивления R в сеть переменного тока напряжения $U(t) = U_0 \sin \omega t$ (*). В каждый конкретный момент времени прохождение переменного тока в резисторе качественно ничем не отличается от прохождения постоянного и подчиняется закону Ома:

$$I(t) = \frac{U(t)}{R}. \text{ Тогда } I(t) = \frac{U_0}{R} \sin \omega t \text{ или } I(t) = I_0 \sin \omega t \text{ (**).}$$

Из (*) и (**) видно, что $I(t)$ совпадает по фазе с $U(t)$. Графики $I(t)$ и $U(t)$, в одной системе координат, имеют вид:



- Вся подводимая к резистору электрическая энергия превращается в тепловую, т. е. он обладает *активным сопротивлением*.

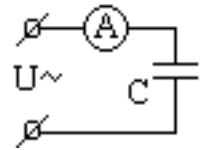
Активное (омическое) сопротивление (R) – сопротивление резистора без учёта его ёмкости и индуктивности.

- Активное сопротивление равно сопротивлению проводника постоянному току.

Емкость в цепи переменного тока

Известно, что конденсатор постоянный ток не проводит (цепь между обкладками разомкнута).

Включим конденсатор емкости C в цепь переменного тока напряжения $U(t) = U_0 \sin \omega t$ (*). Под действием гармонического напряжения конденсатор перезаряжается, полярность его обкладок меняется и амперметр показывает ток перезарядки.



Пренебрегая потерями, получим

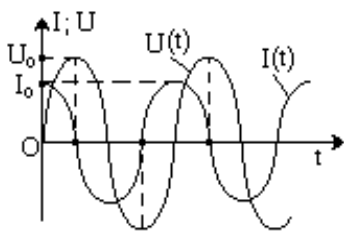
$$U(t) = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{C}.$$

Тогда $\frac{q}{C} = U_0 \sin \omega t$, $q = CU_0 \sin \omega t$.

Сила тока: $I(t) = q' = CU_0 \omega \cos \omega t$ или $I(t) = CU_0 \omega \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$ (**).

Из (*) и (**) видно, что $I(t)$ опережает по фазе $U(t)$ на $\frac{\pi}{2}$.

Графики $I(t)$ и $U(t)$ в одной системе координат, имеют вид:



В момент начала зарядки ток в конденсаторе максимален, напряжение на обкладках равно нулю. В конце зарядки напряжение максимально, ток равен нулю. Учтя (**), обозначим $I_0 = U_0 \cdot C \cdot \omega$ и $\frac{1}{\omega C} = X_C$. Тогда $I_0 = \frac{U_0}{X_C}$ (***) – аналогия закона Ома для переменного тока.

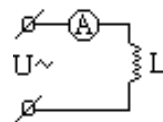
$X_C = \frac{1}{\omega C}$ – емкостное сопротивление переменному току.

- X_C уменьшается с ростом ω и C . Включив лампу накаливания через конденсатор, увидим, что при увеличении его ёмкости яркость свечения лампы увеличивается.

Индуктивность в цепи переменного тока

Включим катушку индуктивности L в цепь переменного тока напряжения $U(t) = U_0 \sin \omega t$ (*) (активное сопротивление провода катушки $R \approx 0$).

Электрического поля в катушке не должно быть бесконечно малом сопротивлении провода (большой ток), однако, к выводам катушки создающее в ней электрическое поле, которым пренебречь нельзя. Отсутствие



(иначе оно создало бы в катушке бесконечно приложено напряжение $U(t)$,

электрического поля $E = \frac{U}{\ell}$ (ℓ – длина провода катушки) в катушке объясняют тем, что при изменении магнитного поля тока в ней возникает (вследствие самоиндукции) вихревое электрическое поле, практически полностью компенсирующее электрическое поле,

созданное в катушке внешним источником напряжения $U(t)$ (нескомпенсированное малое поле E_1 создаёт ток катушки $I(t)$).

Полагая $E_1 \approx 0$, запишем $U(t) + \varepsilon = 0 \Rightarrow U(t) = -\varepsilon$, где ε – ЭДС самоиндукции. $\varepsilon = -\Phi' = -$

$$LI'(t) \Rightarrow U(t) = LI'(t) \Rightarrow I'(t) = \frac{U_0}{L} \sin \omega t. \quad I(t) = \frac{U_0}{L} \int \sin \omega t dt = -\frac{U_0}{\omega L} \cos \omega t \quad \text{или} \quad \boxed{I(t) = \frac{U_0}{\omega L} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})} (**).$$

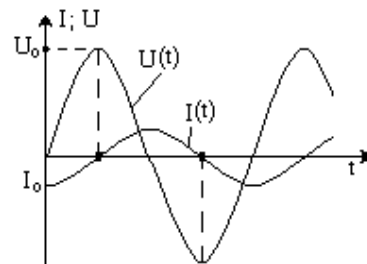
Из (*) и (**) видно, что $I(t)$ отстаёт по фазе от $U(t)$ на $\frac{\pi}{2}$.

Графики $I(t)$ и $U(t)$ в одной системе координат, имеют вид:

При максимальном напряжении на выводах катушки ток в ней равен нулю, а в момент исчезновения напряжения ток максимален.

Учтя (**), обозначим $I_0 = \frac{U_0}{\omega \cdot L}$ и $\omega L = X_L$. Тогда $\boxed{I_0 = \frac{U_0}{X_L}}$

(***) – аналогия закона Ома для переменного тока.



$\boxed{X_L = \omega \cdot L}$ – индуктивное сопротивление переменному току.

- X_L растет с ростом ω и L . Включив лампу накаливания через катушку, увидим, что при введении сердечника в катушку (L возрастает) яркость свечения лампы уменьшается.



Порядок выполнения работы:

1. Выписать формулы по пройденному материалу.
2. Дать название, характеристику физических величин и их единиц измерения.
3. Решить задачи самостоятельно.

1. Три одинаковых резистора 1, 2, 3, имеющих сопротивление R , включены в цепь с диодом, как показано на рис. 4. Определите мощность, выделяющуюся на резисторе 3. Напряжение источника переменного тока равно U .

Ответ: $P = \frac{U^2}{18R}$.

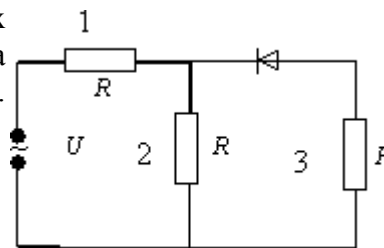


Рис. 4

2. На какую длину волны настроен колебательный контур, если он состоит из катушки с индуктивностью $L = 2 \cdot 10^{-3}$ Гн и плоского конденсатора? Расстояние между пластинками конденсатора $d = 1$ см, диэлектрическая проницаемость вещества, заполнившего пространство между пластинами, $\varepsilon = 11$. Площадь каждой пластины $S = 800$ см².

Ответ: $\lambda = 2\pi c \sqrt{L \frac{\varepsilon S}{4\pi k d}}$. $\lambda = 2,4 \cdot 10^3$ м, здесь c – скорость распространения электромагнитных волн в вакууме.

3. Электропечь сопротивлением $R = 22 \text{ Ом}$ питается от генератора переменного тока. Определите количество теплоты Q , выделяемое печью за время $t = 1 \text{ час}$, если амплитуда силы тока $I_0 = 10 \text{ А}$.

Ответ: $Q = \frac{I_0^2 R t}{2} = 4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

4. Заряженный конденсатор емкостью $C = 0,2 \text{ мкФ}$ подключили к катушке с индуктивностью $L = 8 \text{ мГн}$. Через какое время от момента подключения энергия электрического поля конденсатора станет равной энергии магнитного поля катушки?

Ответ: $t = \frac{\pi \sqrt{LC}}{4} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ с}$.

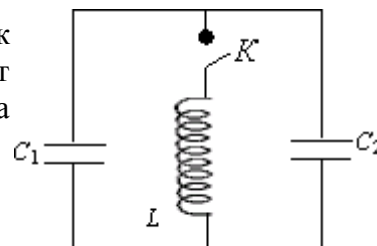


Рис. 5

5. В колебательном контуре индуктивность катушки $L = 2,5 \text{ мГн}$, а емкости конденсаторов $C_1 = 2,0 \text{ мкФ}$, $C_2 = 3,0 \text{ мкФ}$. Конденсаторы зарядили до напряжения $U = 180 \text{ В}$ и замкнули ключ K (рис. 5). Определите период T собственных колебаний и амплитудное значение силы тока I_0 через катушку. Активное сопротивление контура пренебрежимо мало.

$$T = 2\pi \sqrt{L(C_1 + C_2)} = 0,7 \text{ мс},$$

Ответ: $I_0 = U \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L}} = 8,0 \text{ А}$.

6. Колебательный контур через ключ K подключен к источнику электродвижущей силы с некоторым внутренним сопротивлением r (рис. 6). Первоначально ключ K замкнут. После установления стационарного режима ключ размыкают и в контуре возникают колебания с периодом T . При этом амплитуда напряжения на конденсаторе в n раз больше электродвижущей силы батареи. Определите индуктивность L катушки и емкость C конденсатора. Активное сопротивление контура пренебрежимо мало.

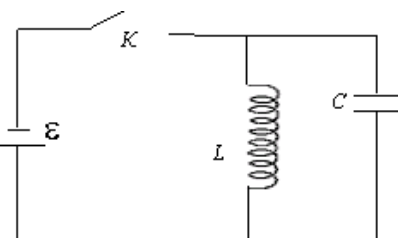


Рис. 6

Ответ: $L = \frac{Tnr}{2\pi}$; $C = \frac{T}{2\pi nr}$.

7. Заряженный конденсатор емкости C замыканием ключа K подключают к двум параллельно соединенным катушкам с индуктивностями L_1 и L_2 (рис.7). Максимальный ток, протекающий через катушку L_1 , равен I_1 . Определите первоначальный заряд q_0 на конденсаторе. Сопротивление катушек и подводящих проводов пренебрежимо мало.

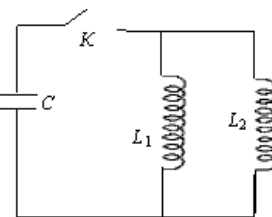


Рис.7

Ответ: $q_0 = I_1 \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} C(L_1 + L_2)$.

Ход работы:

1. В ходе работы необходимо рассмотреть ряд качественных задач и далее решить несколько расчетных задач по мере возрастания их сложности.
2. При решении задач на законы переменного тока нужно начертить электрическую цепь и проанализировать, как соединены резисторы, источники тока, катушки индуктивности, конденсаторы.

3. Следует помнить, что сила тока, напряжение на различных элементах цепи и электродвижущая сила совершают гармонические колебания с различными фазами. Поэтому при последовательном соединении элементов цепи сила тока на всех участках цепи одинакова в каждый момент времени. Однако напряжение во всей цепи не равно сумме арифметических напряжений на отдельных участках. Оно находится по правилу векторного сложения с помощью векторной диаграммы, при этом учитывается наличие в цепи переменного тока, активного, индуктивного и емкостного сопротивлений.
4. Если активное сопротивление в цепи отсутствует, то для решения задач часто используют формулу Томсона.
5. Для решения задач на превращение электрической энергии в тепловую и механическую используют закон сохранения и превращения энергии.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 52

Тема 4.7. Понятие об устройстве индукционных генераторов, трансформаторов

Практическая работа № 6

Решение задач по теме: «Расчёт характеристик трансформаторов»

Цель:

1. Повторить основные термины и формулы раздела «Переменный ток. Трансформатор».
2. Сформировать умение применять формулы при расчёте характеристик трансформатора.
3. Развивать логическое мышление, память, внимание; умение рассуждать и выделять главное.
4. Развивать навыки самоконтроля и взаимоконтроля.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи на параметры трансформатора, как качественного, так и расчетного характера.

Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- раздаточный материал с заданиями;
- сборники задач
- справочные материалы

Задание:

Решить задачи:

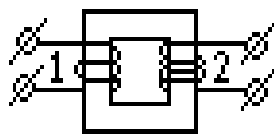
1. Первичная обмотка трансформатора содержит 500 витков, напряжение на её зажимах 220В. Из скольких витков должна состоять вторичная обмотка трансформатора, чтобы на её зажимах получить напряжение 380Вольт? Найти К, тип трансформатора указать, ответ пояснить.
2. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 40А, напряжение 220В. Определить силу тока во вторичной обмотке, если напряжение на её зажимах 110кВ. Найти К, тип трансформатора указать, ответ пояснить.
3. Первичная обмотка трансформатора содержит 385 витков, вторичная-41 виток. Напряжение на зажимах первичной обмотки 380В. Определить напряжение на зажимах вторичной обмотки. Найти К, тип трансформатора указать, ответ пояснить.
4. Напряжение на первичной обмотке трансформатора 3000В, сила тока 0,11А. Напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора 220В, Определить силу тока во вторичной обмотке. КПД трансформатора. Найти К, тип трансформатора указать, ответ пояснить.

Краткие теоретические сведения:

. Преобразование переменного тока. Трансформатор

Трансформатор – устройство, предназначенное для изменения значений напряжения и силы переменного тока.

- Трансформатор был сконструирован в 1876 г. Петром Николаевичем Яблочковым (1847–1894, Россия).



Простейший трансформатор состоит из замкнутого стального сердечника и двух надетых на него катушек с обмотками. Одна обмотка – **первичная** – подключается к источнику переменного напряжения, другая – **вторичная** – к потребителю. Ток первичной обмотки создает в сердечнике переменное магнитное поле, которое пронизывает витки вторичной обмотки и наводит в ней ЭДС индукции.

Пусть первичная обмотка содержит N_1 витков, вторичная – N_2 витков и к первичной обмотке приложено переменное напряжение U_1 .

В обмотке N_2 наводится ЭДС $\varepsilon_2 = N_2 \cdot e$. Если концы вторичной обмотки свободны (режим **холостого хода**), то значение напряжения на ней: $|U_2| = |\varepsilon_2|$. Тогда: $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = K$, где

K – коэффициент трансформации.

- Если $N_2 > N_1$, то трансформатор называют **повышающим**, $N_2 < N_1$ – **понижающим**.

При подключении потребителя ко вторичной обмотке (**рабочий режим**) ток в ней, согласно правилу Ленца, стремится уменьшить изменение магнитного потока в сердечнике.

Без учета потерь в трансформаторе, мощности первичной и вторичной цепей равны: $U_1 I_1 \approx$

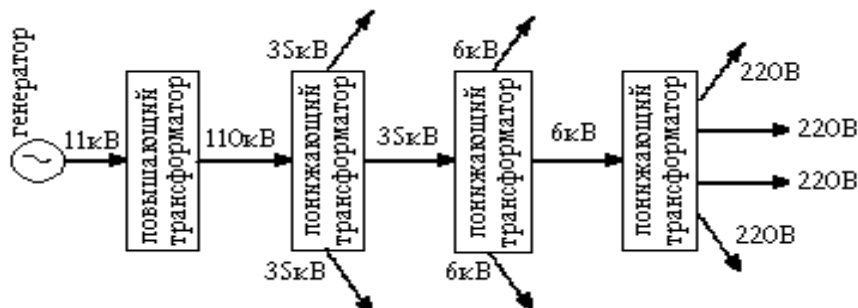
$U_2 I_2$ или $\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$ и, повышая напряжение вторичной обмотки (увеличивая N_2), мы в той же

степени снижаем силу тока в ней. Потери в трансформаторе малы (его КПД $\eta \approx 96\%$).

Передача и потребление электроэнергии

Электроэнергия очень удобна для потребления. Производят ее в местах концентрации гидро- и топливоресурсов и большая часть произведенной энергии сразу же должна быть использована. Электроэнергию передают на большие расстояния с помощью **линий электропередач (ЛЭП)**

Для передачи электроэнергии на большие расстояния напряжение может быть повышено до 500000 В (500 кВ) и более. Генераторы вырабатывают электроэнергию с напряжением 11 кВ и применяется следующая схема её передачи:



- Применяемые в этой схеме трансформаторы имеют очень большую мощность и размеры. Их размещают в **трансформаторных подстанциях**.

Производители электроэнергии, ЛЭП и подстанции образуют **энергосистему**, позволяющую оптимально распределять произведенную энергию.

Порядок выполнения работы:

1. Начертить схему трансформатора, указать составные части., описать принцип действия.
2. Выписать формулы по пройденному материалу.
3. Дать характеристику физических величин и их единиц измерения.
4. Решить задачи самостоятельно.
 1. Первичная обмотка трансформатора содержит 600 витков, напряжение на её зажимах 220В. Из скольких витков должна состоять вторичная обмотка трансформатора, чтобы на её зажимах получить напряжение 4,4Вольт?
 2. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 20А, напряжение 500В. Определить силу тока во вторичной обмотке, если напряжение на её зажимах 110кВ.
 3. Первичная обмотка трансформатора содержит 385 витков, вторичная-21 виток. Напряжение на зажимах первичной обмотки 220В. Определить напряжение на зажимах вторичной обмотки.
 4. Первичная обмотка трансформатора содержит 500 витков, напряжение на её зажимах 220В. Из скольких витков должна состоять вторичная обмотка трансформатора, чтобы на её зажимах получить напряжение 380Вольт? Найти К, тип трансформатора указать, ответ пояснить.
 5. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 40А, напряжение 220В. Определить силу тока во вторичной обмотке, если напряжение на её зажимах 110кВ. Найти К, тип трансформатора указать, ответ пояснить.

Ход работы:

1. Внимательно прочитать задачу, проанализировать условие. Выписать числовые значения заданных величин.
2. Сделать схематический чертеж, отображающий заданный трансформатор.
3. Подставить в расчетные формулы вместо обозначений физических величин обозначения их единиц в СИ, произвести преобразования и убедиться, получаются ли в результате единицы искомых величин.
4. Подставить в расчетные формулы числовые значения физических величин и произвести вычисления. Оценить реальность полученного результата.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 52

Раздел 1. Основы механики
Тема 1.1 Законы равновесия тел. Законы движения

Лабораторная работа № 1

Определение КПД при подъёме тела по наклонной плоскости

Цель: экспериментальным путём убедиться, что полезная работа, выполненная с помощью простого механизма (наклонной плоскости), меньше полной.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять принцип действия простых механизмов;
- учитывать КПД при использовании простых механизмов.

Материальное обеспечение: наклонная плоскость (доска), динамометр, линейка, брусок, штатив с муфтой и лапкой.

Задание:

1 изучить принцип действия простых механизмов

Порядок выполнения работы:

1. Собрать установку для проведения экспериментов.
2. Произвести необходимые измерения.
3. Сделать вывод по работе.

Ход работы:

1. Определить с помощью динамометра вес бруска.
2. Закрепите доску в лапке штатива в наклонном положении.
3. Положите брусок на доску, прикрепив к нему динамометр.
4. Перемещайте брусок с постоянной скоростью вверх по наклонной доске.
5. Измерьте с помощью линейки путь S , который проделал брусок, и высоту наклонной плоскости h .
6. Измерьте силу тяги F .
7. Вычислите полезную работу по формуле $A_{\text{п}} = P \cdot h$, а затраченную – по формуле $A_{\text{з}} = F \cdot S$
8. Определите КПД наклонной плоскости: $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\%$
9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

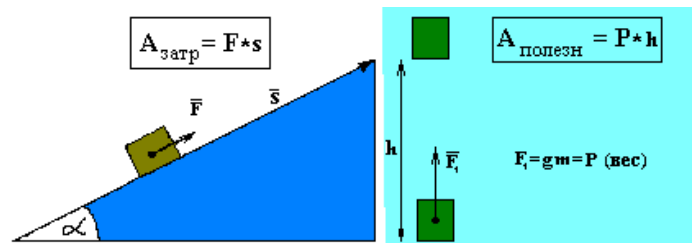


Таблица 1

h, м	P, Н	A _п , Дж $A_{II} = Ph$	S, м	F, Н	A _з , Дж $A_3 = F \cdot S$	$\eta = \frac{A_{II}}{A_3} \cdot 100\%$

10. Дополнительное задание:

1. Используя «золотое правило» механики, рассчитайте, какой выигрыш в силе даёт наклонная плоскость, если не учитывать трение.
2. Измените высоту наклонной плоскости и для неё определите полезную, полную работу и КПД.

Форма представления результата:

Таблица 1

h, м	P, Н	A _п , Дж $A_{II} = Ph$	S, м	F, Н	A _з , Дж $A_3 = F \cdot S$	$\eta = \frac{A_{II}}{A_3} \cdot 100\%$

Контрольные вопросы:

1. Зачем у подъемного крана делают противовес?
2. Какие простые механизмы дают выигрыш в силе?
3. Какие простые механизмы дают выигрыш в работе?
4. Где обычно прикрепляют дверную ручку? Почему не около петель?
5. Зачем используют неподвижный блок, ведь выигрыша в силе он не дает?
6. Какой выигрыш в силе дает подвижный блок? А в работе?
7. Может ли КПД механизма быть равен 120%, 200%, 0%? Почему?
8. Что называют рычагом? Что называют плечом рычага?

Критерии оценки: см.стр. 52

Раздел 4. Электродинамика

Тема 4.3. Законы постоянного тока

Лабораторная работа №2

«Определение номинального сопротивления резисторов методом маркировки»

Цель работы: определить номинальное сопротивление резисторов методом маркировки; определить допустимое значение силы тока для данных резисторов при известном номинале мощности.

Оборудование: набор резисторов разных сопротивлений, таблица знаков маркировки.

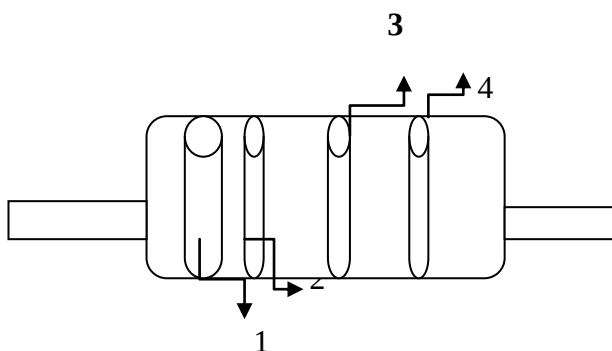
Теоретический материал:

При определении режима работы резистора следует учитывать **максимально допустимое для него значение силы тока**, которое определяется значением его сопротивления и мощностью. Маркировка номинала резистора осуществляется цветовым кодом в виде четырех цветных полос, нанесенных на его корпусе. При этом значение сопротивления резистора указывается в Омах двумя первыми полосами и множителем (третья полоса) 10^n , где n - любое целое число от - 2 до + 9.

Маркировочные знаки сдвигают к одному из торцов резистора, например, к левому, и затем располагают слева направо в следующем порядке: первая полоса - первая цифра номинала, вторая полоса - вторая цифра номинала, третья полоса - множитель, четвертая полоса - допуск на отклонение фактического сопротивления от номинала. Если размеры резистора не позволяют разместить цветные полосы несимметрично, т. е. ближе к одному из торцов резистора, то первая полоса выполняется более широкой. Цвета знаков маркировки номинального сопротивления в Омах и допусков в % приведены в таблице:

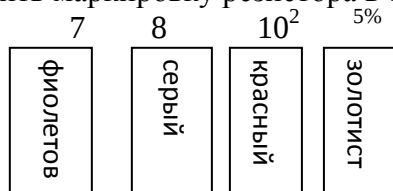
Цвет знака	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	Допуск в %
Серебристый	--	--	10^{-2}	10
Золотистый	--	--	10^{-1}	5
Черный	--	0	1	--
Коричневый	1	1	10	1
Красный	2	2	10^2	2
Оранжевый	3	3	10^3	--
Желтый	4	4	10^4	--
Зеленый	5	5	10^5	0,5
Голубой	6	6	10^6	0,25
Фиолетовый	7	7	10^7	0,1
Серый	8	8	10^8	0,05
Белый	9	9	10^9	-

Пример маркировки резистора



Порядок выполнения работы

1. Разложить на рабочем столе комплект резисторов.
2. Внимательно прочитать указание к работе.
3. Оформить маркировку резистора в тетради по образцу



7, 8 к Ом или 7800 Ом 5%

4. Заполнить таблицу:

Резистор	Номинальное сопротивление R	Мощность резистора (Вт)	Сила тока (А)
1.		0, 25	
2.		0, 25	
3.		0, 25	
4.		0, 25	
5.		0, 25	
6.		0, 25	
7.		0, 25	
8.		0, 25	

5. Рассчитать силу тока при известной мощности тока.

6. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается метод маркировки.
2. Для чего нужно знать сопротивление резистора при включении его в схему?

3.От чего зависит мощность тока, текущего по резистору?

Критерии оценки: см.стр. 52

Раздел 4. Электродинамика

Тема 4.4. Электрический ток в различных средах

Лабораторная работа №3

«Определение температурного коэффициента меди».

Цель работы: Выполнить измерения электрического сопротивления медной проволоки при двух различных значениях температуры и вычислить температурный коэффициент электрического сопротивления меди, построить график зависимости сопротивления от температуры.

Материальное обеспечение: 1. Прибор для определения температурного коэффициента сопротивления. 2. Омметр. 3. Термометр. 4. Стаканы с водой и тающим снегом. 5. Электрическая плитка.

Краткие теоретические сведения:

В металлических проводниках электрическое сопротивление обусловлено столкновением свободных электронов с колеблющимися ионами в узлах кристаллической решетки. По мере повышения температуры размах колебаний ионов увеличивается, что способствует большему рассеянию электронов, участвующих в упорядоченном движении. Кроме того, с повышением температуры увеличивается скорость хаотического (теплового) движения электронов, и они испытывают большее число столкновений с ионами кристаллической решетки.

Все это приводит к тому, что с повышением температуры сопротивления проводника, а, следовательно, и удельное сопротивление увеличивается. Обозначим R сопротивление проводника при t °C, а R_0 при $t=0$.

Величину $\alpha = (R - R_0) / (R_0 \cdot t)$ (1) называют температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Численно температурный коэффициент сопротивления показывает относительное изменение сопротивления при нагревании проводника на 10°C (1K) и измеряется в 1/°C или K⁻¹, что одно и то же.

У большинства химически чистых металлов температурные коэффициенты сопротивления близки к 1/273 K⁻¹, а у некоторых сплавов они настолько малы, что во многих практических случаях ими можно пренебречь.

Порядок выполнения работы

1. Опустить прибор, для определения температурного коэффициента сопротивления в тающий снег и выдержать его там в течении некоторого времени, пока температура проводника не будет равна 00°C.
2. Измерить сопротивление R_0 с помощью омметра.
3. Перенести прибор для определения температурного коэффициента сопротивления в стакан с водой и, нагревая воду, измерять сопротивление R через каждые 20 - 40 градусов.
4. Вычислить для каждого измерения температурный коэффициент сопротивления по формуле (1).
5. Определить абсолютную ошибку измерения $\Delta\alpha = | \alpha_{\text{табл}} - \alpha |$, для меди $\alpha_{\text{табл}} = 0,0042 \text{ K}^{-1}$.
6. Определить относительную ошибку измерения $\delta\alpha = (\Delta\alpha / \alpha_{\text{табл}}) 100\%$.
7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.
8. Построить график зависимости сопротивления R от температуры t .
9. Сделать вывод о характере этой зависимости.

Таблица 1

№ опыта	t(0C)	R0(Ом)	R(Ом)	$\alpha(K-1)$	$\Delta\alpha(K-1)$	$\delta\alpha(\%)$
1	0					
2	20					
3	40					
4	60					
5	80					
6	100					

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит различие температурного коэффициента сопротивления металлов и полупроводников?
2. В чем состоит отличие электрических свойств полупроводников и металлов?
3. Запишите выражение, показывающее зависимость сопротивления металлов от температуры.
4. Запишите выражение для температурного коэффициента сопротивления металла и укажите его размерность в системе единиц СИ.

Форма представления результата: заполненная таблица и вывод по работе.

Критерии оценки: см.стр. 83

Раздел 4. Электродинамика

Тема 4.5 Переменный ток Лабораторная работа № 4

«Изучение явления электромагнитной индукции»

Цель: изучить явление электромагнитной индукции

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- наблюдать явление электромагнитной индукции;
- определять параметры, от которых зависит индукционный ток.

Материальное обеспечение:

миллиамперметр, катушка-моток, магнит дугообразный, магнит полосовой.

Задание:

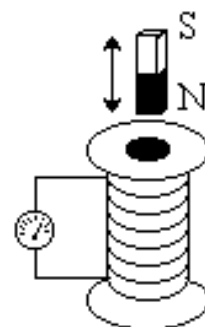
1. Изучить явление ЭМИ.
2. Определить параметры, от которых зависит индукционный ток.

Краткие теоретические сведения:

Опыты Эрстеда показали, что электрический ток создает вокруг себя магнитное поле. Можно предположить, что и поле создаёт ток.

В 1831 г. Фарадей проводил опыты с катушками и магнитами. Один из опытов: в цепь из катушки и гальванометра вводят постоянный магнит. Оказалось, что если магнит:

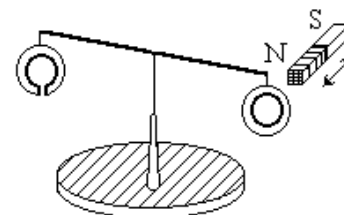
- 1) неподвижен (независимо от того, введен он в катушку или нет), тока в катушке нет;
- 2) движется (входит в катушку или выходит из неё), то в цепи катушки протекает ток.



Электромагнитная индукция (ЭМИ) – явление возникновения в замкнутом контуре электрического тока, обусловленное изменением магнитного потока, пронизывающего данный контур.

Ток ЭМИ называют **индукционным** (наведённым). Опыты Фарадея показали, что вместо постоянного магнита можно использовать катушку с током, а вместо движения катушек друг относительно друга можно изменять ток в первичной (создающей поле) катушке. При этом её магнитное поле изменяется и во вторичной (контрольной) катушке наводится ток и, следовательно, ЭДС индукции.

Правило Ленца. Поместим на острие подставки коромысло с одинаковыми алюминиевыми кольцами,



одно из которых имеет разрез. Опыт показывает, что при введении магнита (любым полюсом) в сплошное кольцо, оно отталкивается от магнита, а при выведении – притягивается. Кольцо с разрезом на движение магнита не реагирует. Этот опыт подтверждает идею наведения тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока. По взаимодействию поля магнита и индукционного тока в кольце можно определить направление тока.

Ленц обнаружил, что направление индукционного тока в контуре зависит от: 1) направления $\vec{B}$ поля 2) знака изменения магнитного потока $\Delta\Phi$ через контур («+» – если $\Delta\Phi$ возрастает, «-» – убывает).

В 1833 году он сформулировал правило, известное, как **правило Ленца**: индукционный ток, возникающий в замкнутом контуре, имеет такое направление, что создаваемый им магнитный поток сквозь поверхность, охватываемую контуром, стремится компенсировать изменение магнитного потока, вызывающего данный ток.

Закон электромагнитной индукции: ЭДС индукции, возникающая в контуре, равна скорости изменения магнитного потока (через поверхность, ограниченную данным контуром), взятой с обратным знаком.

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- Если катушка содержит N витков (контуров), то $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Порядок выполнения работы:

I. Выяснение условий возникновения индукционного тока.

1. Подключите катушку-моток к зажимам миллиамперметра.
2. Наблюдая за показаниями миллиамперметра, отметьте, возникал ли индукционный ток, если:
 - в неподвижную катушку вводить магнит,
 - из неподвижной катушки выводить магнит,
 - магнит разместить внутри катушки, оставляя неподвижным.
3. Выясните, как изменялся магнитный поток Φ , пронизывающий катушку в каждом случае. Сделайте вывод о том, при каком условии в катушке возникал индукционный ток.

I. Изучение направления индукционного тока.

1. О направлении тока в катушке можно судить по тому, в какую сторону от нулевого деления отклоняется стрелка миллиамперметра.

Проверьте, одинаковым ли будет направление индукционного тока, если:

- вводить в катушку и удалять магнит северным полюсом;
 - вводить магнит в катушку магнит северным полюсом и южным полюсом.
2. Выясните, что изменялось в каждом случае. Сделайте вывод о том, от чего зависит направление индукционного тока.

III. Изучение величины индукционного тока.

1. Приближайте магнит к неподвижной катушке медленно и с большей скоростью, отмечая, на сколько делений (N_1 , N_2) отклоняется стрелка миллиамперметра.
2. Приближайте магнит к катушке северным полюсом. Отметьте, на сколько делений N_1 отклоняется стрелка миллиамперметра.

К северному полюсу дугообразного магнита приставьте северный полюс полосового магнита. Выясните, на сколько делений N_2 отклоняется стрелка миллиамперметра при приближении одновременно двух магнитов.

3. Выясните, как изменялся магнитный поток в каждом случае. Сделайте вывод, от чего зависит величина индукционного тока.

Форма представления результата: письменный отчет по предложенным вопросам.

Контрольные вопросы:

1. В катушку из медного провода сначала быстро, затем медленно вдвигают магнит. Одинаковый ли электрический заряд при этом переносится через сечение провода катушки?
2. Возникнет ли индукционный ток в резиновом кольце при введении в него магнита?

Критерии оценки: см. стр. 52

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Оценка «отлично» ставится за работу без ошибок и недочетов, или имеющую не более одного недочета.

Оценка «хорошо» ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней:

- а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета;
- б) или не более двух недочетов.

Оценка «удовлетворительно» ставится в том случае, если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил:

- а) не более двух грубых ошибок,
- б) или не более одной грубой ошибки и одного недочета,
- в) или не более двух-трех негрубых ошибок,
- г) или одной негрубой ошибки и трех недочетов,
- д) или при отсутствии ошибок, но при наличии 4-5 недочетов.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, когда число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «3», или если правильно выполнено менее половины работы.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Оценка **«отлично»** ставится, если студент:

- а) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- б) в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицу, вычисления и сделал выводы;
- в) правильно выполнил анализ погрешностей;
- г) соблюдал требования безопасности труда;
- д) ответил на контрольные вопросы (устно или письменно).

Оценка **«хорошо»** ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «отлично», но:

- а) опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений;
- б) допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета;
- в) ответил на контрольные вопросы (устно или письменно).

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы, или если в ходе проведения опыта и измерений были допущены следующие ошибки:

- а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью;
- б) или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, таблицах, анализе погрешностей и т.д.), не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения;
- в) или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей;
- г) или работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;
- д) частично ответил на контрольные вопросы (устно или письменно).

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится в том случае, если:

- а) работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;
- б) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно;
- в) не ответил на контрольные вопросы.