

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



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ  
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ЕН.03 ФИЗИКА**

**программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности СПО**

**15.02.03 Техническая эксплуатация гидравлических машин, гидроприводов  
и гидропневмоавтоматики**

Магнитогорск, 2020

**ОДОБРЕНО**

Предметной комиссией  
Математических и  
естественнонаучных дисциплин  
Председатель: Е.С. Корятникова  
Протокол №7 от 17 февраля 2020 г.

Методической комиссией  
Протокол №3 от 26 февраля 2020 г.

**Разработчик**

Е.С. Корятникова,  
преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

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

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	3
2 Методические указания	
Практическая работа 1	5
Практическая работа 2	7
Практическая работа 3	9
Практическая работа 4	10
Практическая работа 5	12
Практическая работа 6	20
Практическая работа 7	28
Практическая работа 8	30
Лабораторная работа 1	34
Лабораторная работа 2	36
Лабораторная работа 3	38
Лабораторная работа 4	39
Лабораторная работа 5	41
Лабораторная работа 6	44
Лабораторная работа 7	46
Лабораторная работа 8	48
3 Информационное обеспечение	50

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

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 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 результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

У02.1. распознавать и анализировать профессиональную задачу и/или проблему;

У03.3. оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

У04.1. определять необходимые источники информации;

У04.2. выделять наиболее значимое в изучаемом материале и структурировать получаемую информацию;

У06.1. работать в коллективе и команде;

У.07.1. распределять обязанности в команде;

У07.4. анализировать достигнутые результаты работы команды;

рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических и магнитных цепей

применять основные законы физики для решения актуальных инженерных задач

решать практические задачи повседневной жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды

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 2.1. Участвовать в проектировании гидравлических и пневматических приводов по заданным условиям и разрабатывать принципиальные схемы

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий

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;

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

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1.1. Кинематика материальной точки

#### Практическая работа №1

#### Решение задач по теме: «Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Движение по окружности»

##### Цель:

1. Повторить основные термины и формулы раздела «Кинематика».
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 кинематике, как качественного, так и расчетного характера

**Материальное обеспечение:** справочные материалы

##### Задание:

##### I. Ответить на вопросы:

1. Как определить дальность полета тела
2. Как определить время подъема и время полета тела.
3. Как определить максимальную высоту подъема.
4. Записать уравнения движения равномерного и неравномерного, пояснить величины.

##### II. Решить задачи:

1. Мяч брошен под углом 60 градусов к горизонту с начальной скоростью 30 м/с. Определить: 1. скорость мяча через 2 секунды после начала полета; 2. координаты мяча через 2 секунды после начала полета; 3. полное время полета ( $t$ ); 4. максимальную дальность полета ( $l$ ); 5. максимальную высоту полета ( $H$ ).
2. В длинном и широком спортивном зале с высотой потолка  $H = 12$  м баскетболист бросает мяч товарищу по команде с начальной скоростью  $V = 25$  м/с. Какова может быть максимальная дальность его передачи по горизонтали? Сопротивлением воздуха и размерами мяча можно пренебречь, бросок делается и принимается руками на уровне  $h = 2$  м от горизонтального пола.
3. Прибор наблюдения обнаружил летящий снаряд и зафиксировал его горизонтальную координату и высоту 1600 м над Землей (см. рисунок). Через 3 с снаряд упал на Землю и взорвался на расстоянии 1700 м от места его обнаружения. Известно, что снаряды данного типа вылетают из ствола пушки со скоростью 800 м/с. На каком расстоянии от точки взрыва снаряда находилась пушка, если считать, что сопротивление воздуха пренебрежимо мало?



Пушка и место взрыва находятся на одной горизонтали.

##### Краткие теоретические сведения:

**Движение тела под углом к горизонту**, как и [движение тела, брошенного горизонтально](#) — это сложное криволинейное движение, которое можно представить в виде суммы двух независимых движений — [равномерного прямолинейного движения](#) в горизонтальном направлении и [свободного падения](#) по вертикали.

##### Основные характеристики и формулы

Выберем систему координат, как показано на рис.1, и запишем законы изменения основных кинематических величин для обоих направлений.

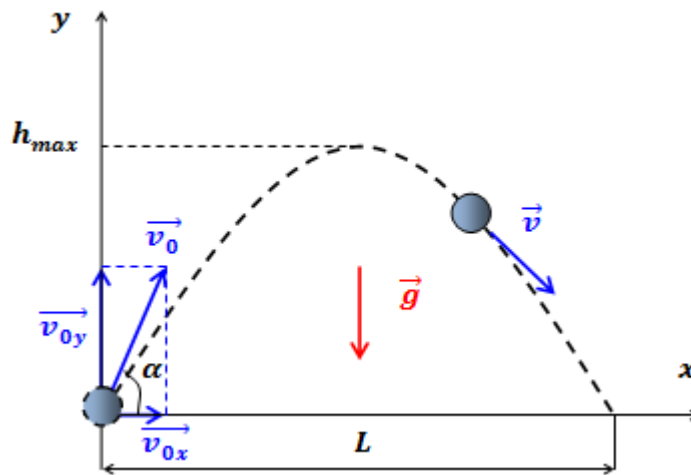


Рис.1. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Кинематические характеристики движения позволяют определить максимальную высоту подъема тела, время полета, время подъема, дальность полета. При достижении максимальной высоты подъема — составляющая скорости тела обращается в нуль:

Скорость  $V \rightarrow$  точки в проекции на оси  $x$  и  $y$  изменяется по закону:

$$V_x(t) = V_0 \cos(\alpha) \quad \text{и} \quad V_y(t) = V_0 \sin(\alpha) - gt.$$

Координаты  $x$  и  $y$  точки изменяются по закону:

$$x(t) = V_0 \cos(\alpha)t \quad \text{и} \quad y(t) = V_0 \sin(\alpha)t - gt^2/2.$$

Время подъема:

$$t_{\text{под}} = V_0 \sin(\alpha) / g.$$

Максимальная высота подъема:

$$H = V_0^2 \sin^2(\alpha) / 2g.$$

Дальность полета:

$$L = V_0^2 \sin(2\alpha) / g.$$

Уравнение траектории:

$$y(x) = x \tan(\alpha) - gx^2 / 2V_0^2 \cos^2(\alpha)$$

### Ход работы:

1. Внимательно прочитать задачу, проанализировать условие, выяснить характер движения (равномерное, равноускоренное, прямолинейное, криволинейное). Выписать числовые значения заданных величин.
2. Сделать схематический чертеж, отображающий описанное в задаче движение. Изобразить на нем траекторию движения, векторы скорости, ускорения, перемещения.
3. Выбрать систему координат, при этом координатные оси направить так, чтобы проекции векторов на них выражались, возможно, более простым образом. Отметить координаты движущегося тела в заданные и интересующие нас моменты времени, спроектировать векторы скоростей и ускорений на оси координат.
4. Составить для данного движения уравнения, отражающие математическую связь между проекциями векторов на оси координат. Составить уравнения, отражающие дополнительные условия задачи. Число уравнений должно быть равно числу неизвестных величин.
5. Решить составленную систему уравнений относительно искомых величин и получить ответ сначала в аналитическом виде (т.е. получить расчетные формулы).
6. Подставить в расчетные формулы вместо обозначений физических величин обозначения их единиц в СИ, произвести преобразования и убедиться, получаются ли в результате единицы искомых величин.

### Задачи для самостоятельного решения:

- 1.Снаряд вылетел из ствола со скоростью 200 м/с под углом к плоскости горизонта. Определить дальность полёта снаряда.
- 2.Вратарь,выбивая мяч от ворот (с земли), сообщил ему скорость 20 м/с, направленную под углом  $50^{\circ}$  к горизонту. Найти время полета мяча, максимальную высоту подъема и дальность полета.
- 3.Диск, брошенный под углом  $45^{\circ}$  к горизонту, достиг наибольшей высоты  $h$ / Какова дальность его полета?
- 4.Найти высоту и дальность полета сигнальной ракеты, выпущенной со скоростью 40 м/с под углом  $60^{\circ}$  к горизонту.
- 5.Из старинной пушки, ствол которой установлен под углом  $30^{\circ}$  к горизонту выпущено ядро со скоростью 140 м/с. Найти проекции начальной скорости на горизонтальное и вертикальное направления, время полета ядра,дальность полета ядра.

**Форма представления результата:** выполненная самостоятельная работа.

## Тема 1.2.

### Динамика материальной точки Практическая работа № 2

**Решение задач по теме: « Система связанных тел. Движение тела по наклонной плоскости».**

**Цель:**

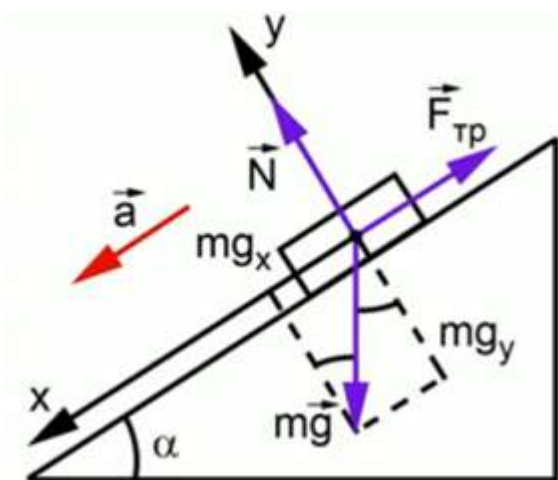
**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь: решать задачи на движение по наклонной плоскости и движение связанных тел

**Материальное обеспечение:**

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

**Краткие теоретические сведения:**

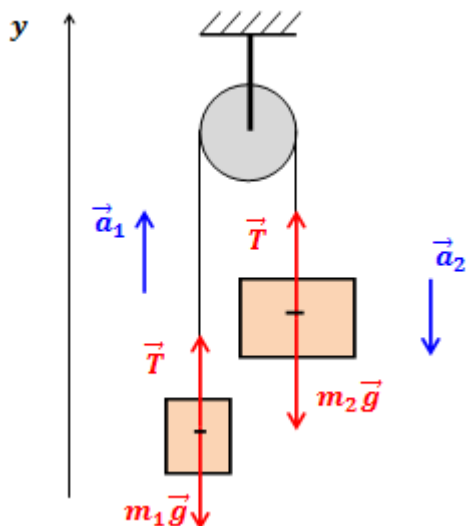




Векторная сумма этих трех сил будет равна произведению массы на ускорение. Координатная ось будет направлена в сторону ускорения вдоль наклонной плоскости – вниз, ось будет перпендикулярна оси  $x$ , соответственно, она совпадает по направлению с силой реакции опоры

$$\vec{m}\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$$

по  $ox$ :  $mg \cdot \sin\alpha - F_{\text{тр}} = ma$   
 по  $oy$ :  $-mg \cdot \cos\alpha + N = 0$   
 $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cdot \cos\alpha$   
 $ma = mg \cdot \sin\alpha - \mu mg \cdot \cos\alpha \quad a = g(\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)$



#### Порядок выполнения работы :

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Решить задачи

#### 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:  $\sum F_{\text{пр}} = ma$ , 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  $\sum F_{\text{пр}} = ma$ , 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.

#### **Задачи для самостоятельного решения:**

1. Какую силу надо приложить к тележке массой 200 кг, чтобы она двигалась вверх по наклонной плоскости с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ , если коэффициент трения равен 0,2, а наклонная плоскость составляет с горизонталью угол  $30^\circ$ ?

2. С каким ускорением будет скользить вниз ящик по наклонной плоскости, если коэффициент трения равен 0,9, а угол наклонной плоскости относительно горизонтали составляет  $60^\circ$ ?  
Задача 3  
Какую силу надо приложить к тележке массой 200 кг, чтобы она двигалась вверх по наклонной плоскости с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ , если коэффициент трения равен 0,2, а наклонная плоскость составляет с горизонталью угол  $30^\circ$ ?

3. Какую силу надо приложить к тележке массой 200 кг, чтобы она двигалась вверх по наклонной плоскости с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ , если коэффициент трения равен 0,2, а наклонная плоскость составляет с горизонталью угол  $30^\circ$ ?

4. На нити, переброшенной через неподвижный блок, подвешены грузы массами  $m$  и  $2m$ . С каким ускорением будут двигаться грузы, если их отпустить? Трением в блоке пренебречь.

5. На наклонной плоскости с углом наклона  $45^\circ$  лежит брусок массой 6 кг. Груз массой 4 кг присоединен к бруску при помощи нити и перекинут через блок. Определите натяжение нити, если коэффициент трения бруска о плоскость  $\mu = 0,02$ . При каких значениях  $\mu$  система будет в равновесии?

**Форма представления результата:** выполненная самостоятельная работа.

### **Тема 2.1. Основы МКТ Практическая работа №3 Решение задач по теме «Основы МКТ»**

**Цель работы:** Научиться применять основные формулы раздела «Молекулярная физика» при расчете параметров состояния идеального газа.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- решать задачи на параметры идеального газа.

**Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству обучающихся;

- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

- справочные материалы.

**Теоретические сведения:**

Пусть газ массой  $m$  занимает объем  $V$  при температуре  $T$  и давлении  $p$ , а  $M$  - молярная масса газа. По определению, концентрация молекул газа:  $n = N/V$ , где  $N$  - число молекул.

$$N = \frac{m}{M} N_A \Rightarrow n = \frac{m N_A}{VM}$$

Подставим это выражение в основное уравнение молекулярно-кинетической теории:

$$p = nkT = \frac{m N_A}{VM} kT \Rightarrow pV = \frac{m}{M} k N_A T$$

$$R = k N_A = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$$

Величину  $R$  называют универсальной газовой постоянной, а уравнение, записанное в виде

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ или } pV = \nu RT$$

называют уравнением состояния идеального газа или уравнением

Менделеева-Клапейрона. Нормальные условия - давление газа равно атмосферному ( $p = 101,325$  кПа) при температуре таяния льда ( $T = 273,15$  К).

**Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Решить задачи

**Ход работы:**

Для решения задачи можно рекомендовать следующую последовательность действий:

1. Прочитав условие задачи, записать данные, ясно представить какие из параметров газа меняются, какие остаются постоянными.
2. Записать уравнения Клапейрона-Менделеева для каждого состояния, приписывая соответствующие индексы изменяющимся параметрам.
3. Записать математически все вспомогательные условия и решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины. При решении системы уравнений, можно использовать деление одного уравнения на другое, вычитание, сложение уравнений и т. д. Если дана смесь газов, то уравнение Клапейрона-Менделеева записывают для каждого компонента. Давление смеси газов устанавливается законом Дальтона. В задачах на газовые законы следует пользоваться только абсолютной температурой и сразу переводить значения температуры по шкале Цельсия в значения по шкале Кельвина.

**Решить задачи:**

1. Температура воздуха в комнате изменилась от 7 до 27 °С. На сколько процентов уменьшилось число молекул в комнате?
2. Под каким давлением находится газ в сосуде, если средний квадрат скорости его молекул концентрация молекул  $n = 3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ , масса каждой молекулы  $m_0 = 5 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ ?
3. В колбе объемом 1,2 л содержится  $3 \cdot 10^{22}$  атомов гелия. Чему равна средняя кинетическая энергия каждого атома? Давление газа в колбе 105 Па.
4. Вычислите средний квадрат скорости движения молекул газа, если его масса  $m = 6 \text{ кг}$ , объем  $V = 4,9 \text{ м}^3$  и давление  $p = 200 \text{ кПа}$ .
5. Какое давление рабочей смеси устанавливается в цилиндрах двигателя автомобиля ЗИЛ-130, если к концу такта сжатия температура повышается с 50 до 2500С, а объем уменьшается от 0,75 до 0,12 л? Первоначальное давление равно 80кПа.

**Форма представления результата:** выполненная самостоятельная работа.

**Тема 2.2 Свойства твердых тел  
Практическая работа №4**

**Решение задач по теме «Давление жидкостей. Уравнение Бернулли»**

**Цель:**

1. повторить основные термины и формулы
2. Сформировать умение применять формулы при решении задач.
3. развивать логическое мышление, память, внимание; умение рассуждать и выделять главное.

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- решать задачи с использованием закона Гука

**Материальное обеспечение:**

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

**Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания

**Ход работы:**

При решении задач по этой теме надо иметь в виду, что закон Гука справедлив только при упругих деформациях тел. Сила упругости не зависит от того, какая происходит деформация: сжатия или растяжения, она одинакова при одинаковых  $\Delta l$ . Кроме этого, считается, что сила упругости вдоль всей пружины одинакова, так как масса пружины обычно не учитывается.

**Задача 1.** При помощи пружинного динамометра поднимают с ускорением  $a = 2,5 \text{ м/с}^2$ , направленным вверх, груз массой  $m = 2 \text{ кг}$ . Определите модуль удлинения пружины динамометра, если её жёсткость  $k = 1000 \text{ Н/м}$ .

**Решение.** Согласно закону Гука, выражающему связь между модулем внешней силы  $\vec{F}$ , вызывающей растяжение пружины, и её

удлинением, имеем  $F = k\Delta l$ . Отсюда 
$$\Delta l = \frac{F}{k}.$$

Для нахождения силы  $\vec{F}$  воспользуемся вторым законом Ньютона. На груз, кроме силы тяжести  $m\vec{g}$ , действует сила упругости пружины, равная по модулю  $F$  и направленная вертикально вверх. Согласно второму закону Ньютона  $m\vec{a} = F + m\vec{g}$ .

Направим ось  $OY$  вертикально вверх так, чтобы пружина была расположена вдоль этой оси (рис. 3.16). В проекции на ось  $OY$  второй закон Ньютона можно записать в виде  $ma_y = F_y + mg_y$ .

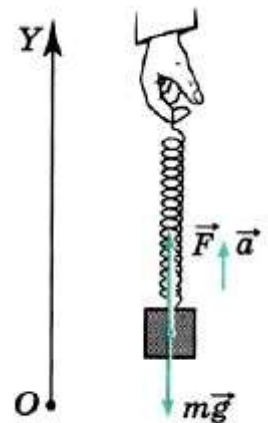


Рис. 3.16

Так как  $a_y = a$ ,  $g_y = -g$  и  $F_y = F$ , то  $F = ma + mg = m(a + g)$ .

Следовательно,

$$\Delta l = \frac{m(a+g)}{k} \approx 2,5 \text{ см.}$$

**Задача 2.** Определите, как изменяется сила натяжения пружины, прикреплённой к бруску массой  $m = 5$  кг, находящемуся неподвижно на наклонной поверхности, при изменении угла наклона от  $30^\circ$  до  $60^\circ$ . Трение не учитывайте.

**Решение.** На брусок действуют сила тяжести, сила натяжения пружины и сила реакции опоры (рис. 3.17).

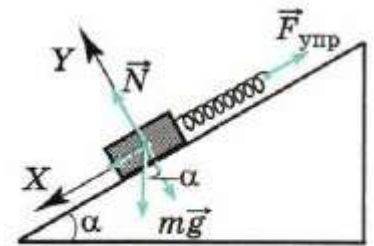


Рис. 3.17

Условие равновесия бруска:  $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{упр}} = 0$ .

Запишем это условие в проекциях на оси OX и OY:

$$\begin{cases} mg \sin \alpha - F_{\text{упр}} = 0; \\ N - mg \cos \alpha = 0. \end{cases}$$

Из первого уравнения системы получим  $F_{\text{упр}} = mg \sin \alpha$ .

При изменении угла наклона изменение силы упругости найдём из выражения  $\Delta F_{\text{упр}} = mg(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) = 5 \cdot 10 \cdot (0,866 - 0,5) \text{ (Н)} = 18,3 \text{ Н}$ .

**Задача 3.** К потолку подвешены последовательно две невесомые пружины жёсткостями  $60$  Н/м и  $40$  Н/м. К нижнему концу второй пружины прикреплён груз массой  $0,1$  кг. Определите жёсткость воображаемой пружины, удлинение которой было бы таким же, как и двух пружин при подвешивании к ней такого же груза (эффективную жёсткость).

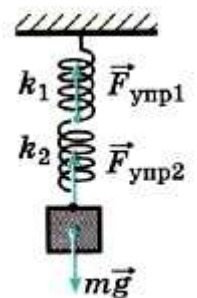


Рис. 3.18

**Решение.** Так как весом пружин можно пренебречь, то очевидно, что силы натяжения пружин равны (рис. 3.18). Тогда согласно закону Гука

$$F_{\text{упр1}} = F_{\text{упр2}}; k_1 x_1 = k_2 x_2. \quad (1)$$

На подвешенный груз действуют две силы — сила тяжести и сила натяжения второй пружины.

Условие равновесия груза запишем в виде  $mg = k_2 x_2$ .

Из этого уравнения найдём удлинение  $x_2 = \frac{mg}{k_2} = 0,025 \text{ (м)} = 2,5 \text{ см.}$

Подставив выражение для  $x_2$  в уравнение (1), получим для удлинения  $x_1 = \frac{mg}{k_1} = 0,017 \text{ (м)} = 1,7 \text{ см.}$

Определим теперь эффективную жёсткость. Запишем закон Гука для воображаемой пружины:

$$k_{\text{эфф}}x = mg, \text{ или } x = x_1 + x_2 = \frac{mg}{k_{\text{эфф}}}. \quad (2)$$

Подставив в формулу (2) выражения для удлинений  $x_1$  и  $x_2$  пружин,

$$k_{\text{эфф}} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} = 24 \text{ Н/м.}$$

получим

$$\frac{mg}{k_1} + \frac{mg}{k_2} = \frac{mg}{k_{\text{эфф}}}.$$

Для эффективной жёсткости получим выражение

**Задача 4.** Через блок, закреплённый у края стола, перекинута нерастяжимая нить, к концам которой привязаны брусок массой  $m_1 = 1$  кг, находящийся на горизонтальной поверхности стола, и пружина жёсткостью  $k = 50$  Н/м, расположенная вертикально. Ко второму концу пружины привязана гиря массой  $m_2 = 200$  г (рис. 3.19). Определите удлинение пружины при движении тел. Силу трения, массы пружины, блока и нити не учитывайте.

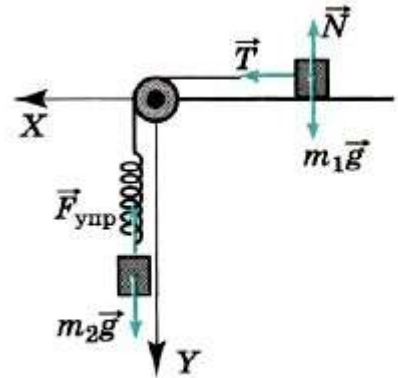


Рис. 3.19

**Решение.** На брусок действуют сила тяжести, сила реакции опоры и сила натяжения нити.

На гирию действуют сила тяжести и сила натяжения пружины.

Согласно второму закону Ньютона для бруска и гири запишем:

$$\begin{aligned} m_1 \vec{a}_1 &= m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}; \\ m_2 \vec{a}_2 &= m_2 \vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}}. \end{aligned}$$

В проекциях на выбранные оси координат запишем: на ось ОХ:  $m_1 a_1 = T$ ;

$$\begin{cases} 0 = m_1 g - N; \\ m_2 a_2 = m_2 g - F_{\text{упр}}. \end{cases} \quad (1)$$

на ось ОУ:

Так как нить нерастяжима, то модули ускорений равны:  $a_1 = a_2 = a$ .

В силу условия малых масс пружины, нити и блока можно записать:  $T_2 = F_{\text{упр}}$  и  $T_1 = T_2 = T$ .

Учтя последние равенства, систему уравнений (1) запишем в виде

$$\begin{cases} m_1 a = T; \\ m_2 a = m_2 g - T. \end{cases}$$

Выразив ускорение из первого уравнения системы и подставив его во второе,

получим  $m_2 \frac{T}{m_1} = m_2 g - T$ . Из этого уравнения найдём силу натяжения

$$T = \frac{m_2 g}{1 + \frac{m_2}{m_1}} = \frac{m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}.$$

нити:

Так как согласно закону Гука  $F_{\text{упр}} = kx$ , то  $kx = \frac{m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$ .

$$x = \frac{m_1 m_2 g}{(m_1 + m_2)k} = 0,033 \text{ м} \approx 33 \text{ мм}.$$

Тогда удлинение пружины

### Задачи для самостоятельного решения

1. К динамометру привязан груз массой 2 кг. Динамометр с грузом опускают с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$ . Жёсткость пружины  $10^3 \text{ Н/м}$ . Определите модуль растяжения пружины динамометра.

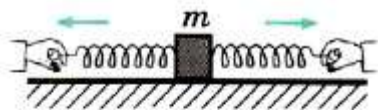


Рис. 3.20

2. К бруску массой 1 кг, находящемуся на гладкой горизонтальной поверхности, прикреплены две пружины (рис. 3.20). Жёсткость правой пружины  $2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$ , левой — в 2 раза меньше. Чему равно отношение удлинений пружин в случае, когда брусок неподвижен?

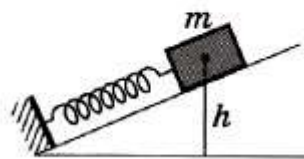


Рис. 3.21

3. Ящик массой 100 кг удерживается на наклонной плоскости на высоте 0,5 м закреплённой у основания пружины, жёсткость которой равна  $10^4 \text{ Н/м}$  (рис. 3.21). Определите длину пружины в недеформированном состоянии. Угол у основания наклонной плоскости равен  $30^\circ$ . Трением можно пренебречь.

4. К нижнему концу лёгкой пружины подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой  $m_1 = 0,5 \text{ кг}$  и нижний массой  $m_2 = 0,2 \text{ кг}$ . Нить, соединяющую грузы, пережигают. Определите проекцию ускорения на направленную вниз ось ОУ, с которым начнёт двигаться верхний груз.

**Форма представления результата:** выполненная самостоятельная работа.

## Тема 3.1 Электростатика

### Практическая работа №5

#### Решение задач «Соединение конденсаторов в батарею»

**Цель:** рассчитать напряжение, заряд, емкость конденсаторов и их энергию в электрических цепях постоянного тока с последовательным, параллельным и смешанным соединением конденсаторов.

#### Ход работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Рассмотреть примеры выполнения задания.

3. Выполнить индивидуальное задание.

### 1. Краткие теоретические сведения

**Конденсатор** – электронный компонент, предназначенный для накопления электрического заряда. Способность конденсатора накапливать электрический заряд зависит от его главной характеристики – **емкости**. Емкость конденсатора (C) определяется как соотношение количества электрического заряда (Q) к напряжению (U).

$$C = \frac{Q}{U}$$

где C емкость конденсатора, Ф

Q – заряд конденсатора, Кл

U – напряжение на конденсаторе, В

Энергия конденсатора зависит от его емкости. Поэтому при изменении емкости заряженного конденсатора будем изменяться его энергия:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{QU}{2}$$

где W – энергия конденсатора, Дж

В электрических цепях применяются различные *способы соединения конденсаторов*.

#### Параллельное соединение конденсаторов.

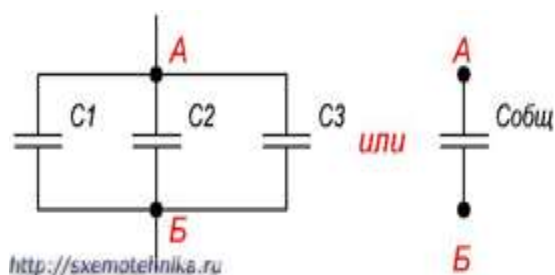


Рисунок 2. Параллельное соединение конденсаторов.

При заряде группы конденсаторов, соединенных параллельно, между пластинами всех конденсаторов будет одна и та же разность потенциалов, так как все они заряжаются от одного и того же источника тока.



$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

Общее же количество электричества на всех конденсаторах будет равно сумме количеств электричества, помещающихся на каждом из конденсаторов, так как заряд каждого их конденсаторов происходит независимо от заряда других конденсаторов данной группы:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

Исходя из этого, всю систему параллельно соединенных конденсаторов можно рассматривать как один эквивалентный (равноценный) конденсатор. Тогда **общая емкость конденсаторов при параллельном соединении равна сумме емкостей всех соединенных конденсаторов.**

Обозначим суммарную емкость соединенных в батарею конденсаторов буквой *Собщ*, емкость первого конденсатора *С1* емкость второго *С2* и емкость третьего *С3*. Тогда для параллельного соединения конденсаторов будет справедлива следующая формула:

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Последний знак + и многоточие указывают на то, что этой формулой можно пользоваться при четырех, пяти и вообще при любом числе конденсаторов.

### Последовательное соединение конденсаторов.

Если же соединение конденсаторов в батарею производится в виде цепочки и к точкам включения в цепь непосредственно присоединены пластины только первого и последнего конденсаторов, то такое **соединение конденсаторов** называется **последовательным** (рисунок 3).

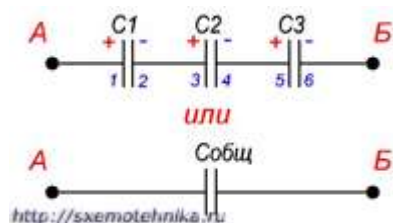


Рисунок 3. Последовательное соединение конденсаторов.

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$$

$$U = U_{C1} + U_{C2} + U_{C3} + \dots$$

Чем меньше емкость конденсатора, тем большее напряжение необходимо для того, чтобы зарядить этот конденсатор требуемым количеством электричества, и наоборот.

Таким образом, при заряде группы конденсаторов, соединенных последовательно, на конденсаторах малой емкости напряжения будут больше, а на конденсаторах большой емкости — меньше.

Алгоритм расчета имеет вид:

1. Определяют эквивалентную емкость участков с последовательным соединением конденсаторов.
2. Если эти участки содержат последовательно соединенные конденсаторы, то сначала вычисляют их емкость.
3. После расчета эквивалентных емкостей конденсаторов перерисовывают схему. Обычно получается цепь из последовательно соединенных эквивалентных конденсаторов.
4. Рассчитывают емкость полученной схемы.

**Задание:**

Определить эквивалентную ёмкость  $C$ , заряд  $Q$  батареи и энергию  $W$ , накопленную батареей. Вычислить напряжение и заряд на каждом конденсаторе. Как изменятся найденные величины, если один из конденсаторов замкнут? Напряжение на зажимах цепи  $U$ , взять из таблицы №1

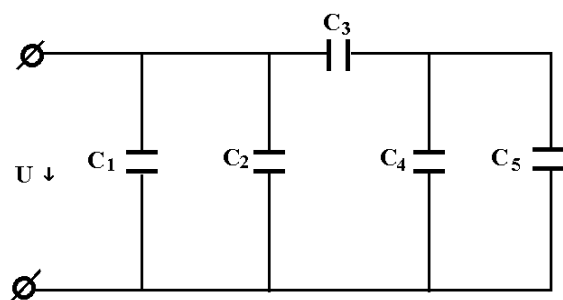


Таблица №1

№ варианта	U В	C <sub>1</sub> мкФ	C <sub>2</sub> мкФ	C <sub>3</sub> мкФ	C <sub>4</sub> мкФ	C <sub>5</sub> мкФ	Закоротить конденсатор
1	150	10	20	30	60	-	C4
2	60	20	-	90	15	30	C3
3	150	15	15	30	20	40	C5
4	60	-	20	90	40	5	C3
5	150	20	10	30	-	60	C5
6	60	10	10	90	45	-	C4
7	150	30	-	30	10	50	C3

8	60	-	20	90	25	20	C5
9	150	-	30	30	30	30	C4
10	60	15	20	90	-	45	C5
11	150	10	5	45	25	15	C3
12	60	15	45	15	10	20	C4

**Форма представления результата:** выполненный вариант.

### Тема 3.2. Законы постоянного тока Практическая работа №6

#### Решение задач по «Соединение потребителей. Правила Кирхгофа.»

**Цель работы:** научиться «читать» схемы, при смешанном соединении; определять общее сопротивление цепи; находить распределение токов и напряжений при различных видах соединения.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- решать задачи на смешанное соединение проводников.
- рассчитывать параметры отдельных и комбинированных цепей.

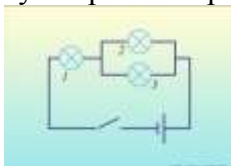
**Материальное обеспечение:**

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

**Задание:**

Ответить на вопросы:

1. Сформулируйте законы параллельного и последовательного соединения проводников и запишите на доске.
2. Начертить схему электрической цепи, содержащий лампочку, ключ, источник тока.
3. Как изменится сопротивление электрической цепи, если подключить к любому звену цепи еще одну лампочку: а) последовательно; б) параллельно?
4. При последовательном соединении двух проводников, сопротивления каждого из которых 2 Ом, сила тока в цепи составляет 0,2 А. Сколько ампер составит сила тока в неразветвленной части цепи, если те же проводники соединить параллельно? Напряжение в обоих случаях одинаково.
5. Сопротивление первой лампы 10 Ом, второй лампы - 20 Ом, третьей лампы - 30 Ом. Чему равно суммарное сопротивление ламп?



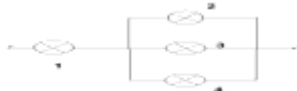
Решить задачи:

1. Определите сопротивление участка цепи, при соединении в точках В и Д, если  $R_1=R_2=R_3=R_4=2\text{ Ом}$



Изменится ли сопротивление участка цепи при соединении в точках А и С?

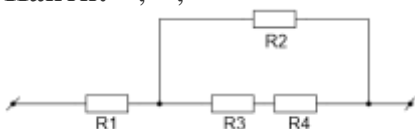
2. Четыре одинаковые лампы сопротивлением 15 Ом каждая соединены так, как показано на рисунке, и, подключены к источнику постоянного напряжения 20 В. Как изменится накал каждой из ламп, если лампа 4 перегорит?



3. Участок цепи, который состоит из четырёх резисторов, подключён к источнику с напряжением 40 В (см. Рис. 2). Вычислите силу тока в резисторах 1 и 2, напряжение на резисторе 3. Сопротивление первого резистора равно 2,5 Ом, второго и третьего – по 10 Ом, четвёртого – 20 Ом.

Дано:  $R_1 = 2,5\text{ Ом}$ ,  $R_2 = R_3 = 10\text{ Ом}$ ,  $R_4 = 20\text{ Ом}$ ,  $U = 40\text{ В}$

Найти:  $I_1, I_2, U_3$

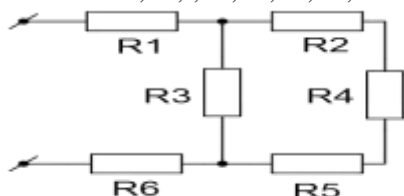


4. Найдите полное сопротивление цепи (см. Рис. 3), если сопротивление резисторов  $R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = 3\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 20\text{ Ом}$ ,  $R_4 = 24\text{ Ом}$

Найдите силу тока, идущего через каждый резистор, если к цепи приложено напряжение 36 В.

Дано:  $R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = 3\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 20\text{ Ом}$ ,  $R_4 = 24\text{ Ом}$ ,  $U = 36\text{ В}$

Найти:  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, R$



### Краткие теоретические сведения:

1. При последовательном соединении проводников общее сопротивление участка равно сумме сопротивлений проводников:

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

2. При последовательном соединении проводников силы тока в каждом из проводников равны и равны общей силе тока на участке цепи:

$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

3. При последовательном соединении проводников сумма напряжений равна общему напряжению на участке цепи:

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

4. При параллельном соединении проводников общая проводимость участка равна сумме проводимостей проводников:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

5. При параллельном соединении проводников сумма сил токов равна общей силе тока на участке цепи:

$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

6. При параллельном соединении проводников напряжения в каждом из проводников равны и равны общему напряжению на участке цепи:

$$U = U_1 = U_2 = \dots$$

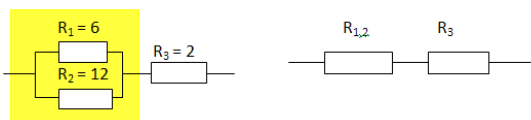
#### Порядок выполнения работы:

1. Перед решением задач по вариантам, на доске выписываются формулы по данной теме.
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решение задач по вариантам (самостоятельная работа).

#### Ход работы:

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.

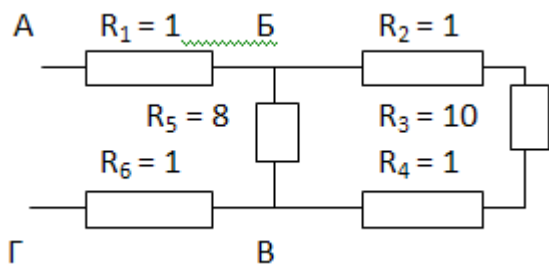
Тогда мы можем найти сопротивление этого участка с параллельным соединением проводников:

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

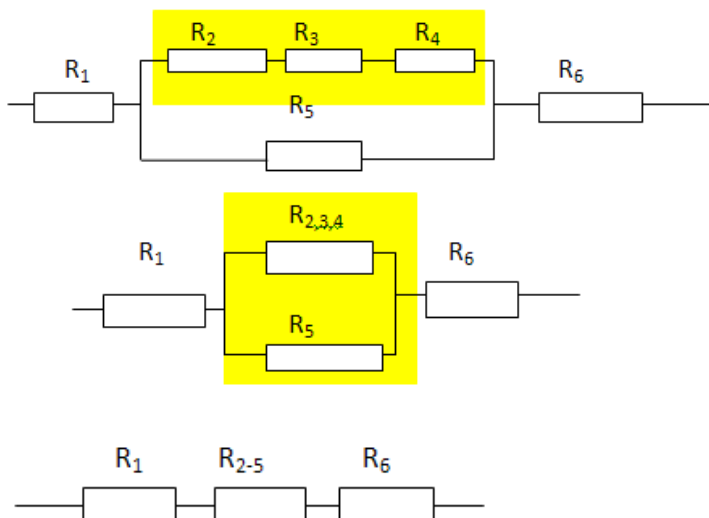
А теперь видно, что проводники  $R_{1,2}$  и  $R_3$  соединены последовательно. Общее сопротивление равно

$$R = R_{1,2} + R_3 = 4 + 2 = 6.$$

#### 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  $R_{2,3,4} = R_2 + R_3 + R_4 = 1 + 10 + 1 = 12$  Ом.

$R_{2,3,4}$  и  $R_5$  соединены параллельно. Поэтому

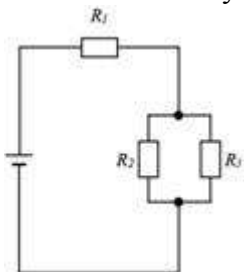
$$R_{2-5} = \frac{R_{2,3,4}R_5}{R_{2,3,4} + R_5} = \frac{12 \cdot 8}{12 + 8} = 4,8$$

### Законы Кирхгофа при решении задач

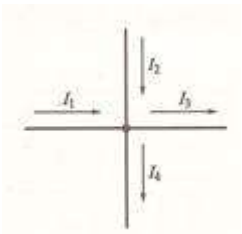
**Задание:**

Решить задачи:

1. Сколько узлов, ветвей и контуров имеет электрическая цепь, изображенная на рисунке?

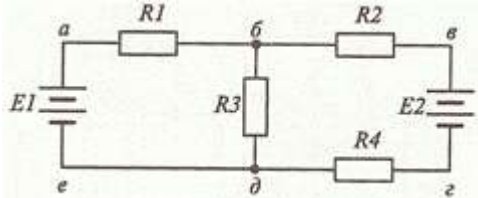


- 2). Напишите уравнение согласно первому закону Кирхгофа для узла, изображенного на рисунке.

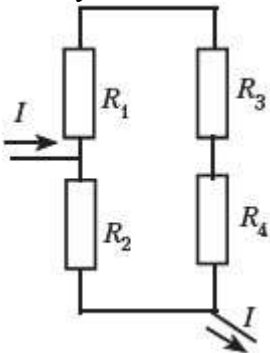


3). Нарисуйте электрический узел, для которого согласно первому закону Кирхгофа составлено следующее уравнение:  $I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 - I_6 = 0$

4). Напишите уравнения согласно второму закону Кирхгофа для контура б-в-г-д.



5). В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке, резисторы имеют сопротивления  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ . Определите общий ток в цепи, если напряжение между точками А и Б равно 24 В.



### Краткие теоретические сведения:

Для расчета токов в различных ветвях любой разветвленной цепи с произвольным числом источников и потребителей необходимо знать и применять законы Ома и Кирхгофа.

Определим, что такое ветвь и узел. Точка электрической цепи называется **узлом** или точкой разветвления, если в ней соединены три или большее число проводов (ветвей). (рис. 1).

**Ветвь электрической цепи** – это участок, расположенный между двумя узлами.

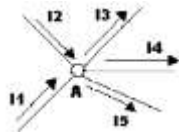


РИСУНОК 1

При постоянных токах в цепи ни в одной из ее точек не могут накапливаться электрические заряды, так как это вызвало бы изменение потенциалов точек цепи. Следовательно, электрические заряды, протекающие к какому-либо узлу в единицу времени, равны зарядам, утекающим от этого узла за ту же единицу времени. Это положение выражает **первый закон Кирхгофа**, который формулируется так: сумма токов, направленных к узлу, равна сумме токов, направленных от него.

Например, для узла А можно написать:  $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$ , или придав уравнению другой вид, получим:

$I_1 + I_2 + (-I_3) + (-I_4) + (-I_5) = 0$ , а в общем виде  $\sum I = 0$ , т.е. алгебраическая сумма токов в узле равна нулю. При этом токи, направленные от узла, считаются отрицательными.

Вспомним основные свойства последовательного и параллельного соединений проводников, приемников энергии.

**Последовательным соединением проводников** – приемников электрической энергии называется соединение, при котором электроприемники соединены один за другим без разветвлений и при наличии источника питания по ним проходит один и тот же ток:  $I = I_1 = I_2 = I_3$  (рис.2).

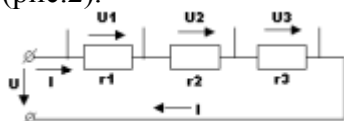


РИСУНОК 2

По закону сохранения энергии, энергия, затраченная на перемещение единичного заряда вдоль всей цепи, равна сумме энергий. Затраченных на перемещение того же заряда на всех участках цепи, т.е. напряжение на зажимах цепи равна сумме напряжений на всех участках ее:  $U = U_1 + U_2 + U_3$

Сопротивление  $r$  называется **эквивалентным** (общим) сопротивлением цепи, т.е. таким, замена которым всех сопротивлений цепи при неизменном напряжении не вызывает силы тока. Эквивалентное сопротивление ряда последовательно соединенных сопротивлений равно сумме этих сопротивлений:  $r = r_1 + r_2 + r_3$

Примером последовательного соединения может служить цепь, рассмотренная на рисунке 3, состоящая из проводов и приемника энергии.

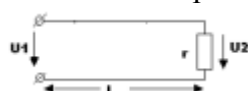


РИСУНОК 3

**Параллельным соединением приемников энергии** называется соединение, при котором один зажим каждого из приемников присоединен к одной точке электрической цепи, а другой зажим каждого из тех же приемников присоединен к другой точки цепи. Таким образом, между двумя узлами приемники образуют параллельные ветви. (рис.4).

Наличие узла в схеме – это признак параллельного соединения.

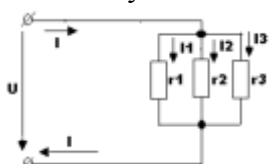


РИСУНОК 4

Напряжение на приемниках одинаково и равно положению между узлами:

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

Токи в ветвях распределяются обратно пропорционально сопротивлениям ветвей или прямо пропорционально их проводимостям:  $I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_3} = g_1 : g_2 : g_3$

Замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям, называют **контуром электрической цепи**.

Прежде чем приступить к рассмотрению физического смысла и вывода второго закона Кирхгофа, вспомним понятия работы и мощности электрической цепи.

Как вычисляется, каким прибором измеряется и как подсчитывается полезная работа или расход энергии? в каких единицах измеряются работ и мощность в электрической цепи?

Мощность характеризуется как скорость совершения работы в источнике питания или в приемнике энергии:  $P = \frac{A}{t}$  - общий вид формулы;  $P_{ист} = E \cdot I$  - мощность источника электрической энергии;  $P_{пот} = (U + U_{int}) I = UI + U_{int} I$ , где  $P = UI$  - мощность потребителей;  $P_0 = U_{int} I = I^2 r_0$  - потеря мощности в источнике.



Уравнение баланса мощности можно записать на основании закона сохранения энергии таким образом:  $P_{\text{ист}} = P + P_0$ .

Сделаем некоторые преобразования: в выражение для баланса мощностей подставим выражения для мощности источника и мощностей потребителей, при этом получим:

$$P_{\text{ист}} = P + P_0; P_{\text{ист}} = E \cdot I; P = UI; P_0 = U_0 I = I^2 r_0$$

$$EI = I^2 r + I^2 r_0. \text{ Если разделить обе части равенства на ток } I, \text{ то } E = Ir + Ir_0.$$

В данном случае всякая электрическая цепь и ее отдельные элементы являются преобразователями энергии, а ЭДС источника поддерживает электрический ток в электрической цепи.

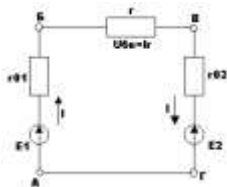
Энергия, получаемая одним кулоном электричества в электрической цепи полностью расходуется потребителями и в соединительных проводах. Такое выражение частного случая всеобщего закона сохранения энергии и называется вторым законом Кирхгофа:  $\sum E = \sum Ir$

В любом замкнутом электрическом контуре алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений на сопротивлениях, входящих в этот контур.

Если этот закон записать как  $\sum E - \sum Ir = 0$ , то он выражает условие, что алгебраическая сумма изменений потенциала при обходе замкнутого контура равна нулю.

При составлении уравнений по этому закону ЭДС и токи считаются положительными, если направления их совпадают с направлением произвольно выбранного обхода контура, в противном случае они считаются отрицательными и в уравнении  $\sum E = \sum Ir$  записываются со знаком «-».

Например для контура АБВГА (рис.5), обходя его по направлению движения по часовой стрелке, можно написать:  $E_1 + (-E_2) = Ir_{\text{в}} + Ir + Ir_{\text{из}}$ .



### Порядок выполнения работы:

4. Перед решением задач по вариантам, на доске выписываются формулы по данной теме.
5. Провести анализ величин, входящих в формулы.
6. Решение задач по вариантам (самостоятельная работа).

### Ход работы:

1. Определить число узлов, ветвей и контуров в электрической цепи.

2. Произвольно расставить направление токов в ветвях.

3. Записать первый закон Кирхгофа для узлов.

4. Произвольно выбрать направление обхода в контурах.

5. Записать второй закон Кирхгофа для контуров.

**Форма представления результата:** выполненная самостоятельная работа.

## Тема 3.4 Магнитное поле

### Практическая работа №7

#### Решение задач «Сила Ампера. Сила Лоренца»

**Цель работы:** расширить знания учащихся о магнитных взаимодействиях, развивать умения обобщать, сравнивать, использовать полученные знания при решении задач.

## Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи на формулы силы Ампера и Лоренца

## Материальное обеспечение:

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

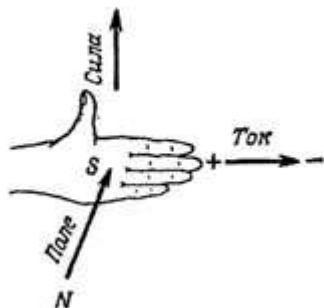
## Задание:

### Решить задачи:

1. Прямолинейный проводник длиной 10 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 4 Тл и расположен под углом  $30^\circ$  к вектору магнитной индукции. Чему равна сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, если сила тока в проводнике 3 А?
2. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U=400$  В, попал в однородное магнитное поле с индукцией  $B=1,5$  Тл. Определить: 1) радиус  $R$  кривизны траектории; 2) частоту вращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям индукции.
3. Протон со скоростью  $2 \cdot 10^7$  м/с влетает в однородное магнитное поле с индукцией 8 Тл под углом  $45^\circ$  к линиям индукции. Найти силу, действующую на протон.
4. Прямолинейный проводник длиной 15 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 4 Тл и расположен под углом  $60^\circ$  к вектору магнитной индукции. Чему равна сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, если сила тока в проводнике 2,5 А?
5. Заряженный шарик массой 0,1 мг и зарядом 0,2 мКл влетает в область однородного магнитного поля индукцией 0,5 Тл, имея импульс  $6 \cdot 10^{-4}$  кг·м/с, направленный перпендикулярно линиям магнитной индукции. С какой силой будет действовать магнитное поле на заряженный шарик?
6. Определить силу, с которой однородное магнитное поле действует на проводник длиной 20 см, если сила тока в нем 300 мА, расположенный под углом 45 градусов к вектору магнитной индукции. Магнитная индукция составляет 0,5 Тл.
7. Проводник с током 5 А находится в магнитном поле с индукцией 10 Тл. Определить длину проводника, если магнитное поле действует на него с силой 20Н и перпендикулярно проводнику.
8. Проводник длиной 0,15 м перпендикулярен вектору магнитной индукции однородного магнитного поля, модуль которого  $B=0,4$  Тл. Сила тока в проводнике 8А. Найдите работу, которая была совершена при перемещении проводника на 0,025 м по направлению действия силы Ампера.
9. Определить центростремительную силу, действующую на протон в однородном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл (вектор магнитной индукции перпендикулярен вектору скорости), если радиус окружности, по которой он движется, равен 5 см.
10. С каким ускорением движется электрон в однородном магнитном поле (вектор магнитной индукции перпендикулярен вектору скорости) с индукцией 0,05 Тл, если сила Лоренца,

**Краткие теоретические сведения:**

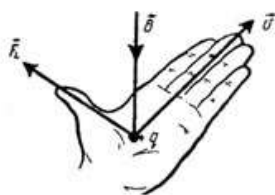
Закон Ампера:  $F_A = BIl \sin \alpha$ .



Направление силы Ампера определяется по правилу «левой руки»:

- магнитные силовые линии входят в ладонь;
- 4 пальца указывают направление силы тока в проводнике;
- отогнутый большой палец укажет направление силы Ампера.

Сила Лоренца:  $F_L = qV \sin \alpha$ .



Направление силы Лоренца определяется по правилу «левой руки» для положительных зарядов; для отрицательных зарядов - зеркальное отображение.

Сила Лоренца всегда перпендикулярна плоскости, в которой находятся векторы  $V$  и  $B \Rightarrow$  сила Лоренца работы не совершает, т.е. не может изменить кинетической энергии свободных зарядов.

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед решением задач по вариантам, на доске выписываются формулы по данной теме.
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решение задач по вариантам (самостоятельная работа).

**Форма представления результата:** выполненная самостоятельная работа.

**Тема 3.5 Явление электромагнитной индукции**

**Практическая работа №8**

**Решение задач по теме «Переменный ток»**

**Цель работы:** научиться решать задачи для цепей переменного тока

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- решать задачи для переменного тока

**Материальное обеспечение:**

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

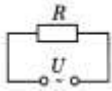
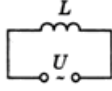
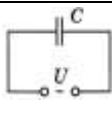
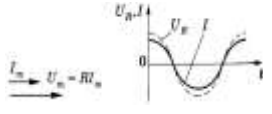

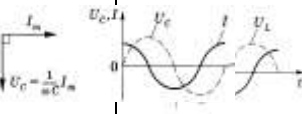
**Задание:**

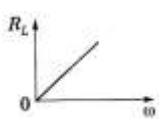
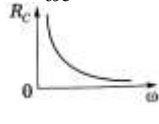
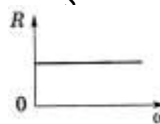
Ответить на вопросы

1. Почему в цепи, содержащей конденсатор, может протекать только переменный ток?
2. Допустимо ли в цепь переменного тока напряжением 220 В включить конденсатор, пробойное напряжение которого 250 В?
3. Почему в рамке, равномерно вращающейся в магнитном поле, возникает ЭДС? Чем отличаются промышленные генераторы от простейшей модели-рамки, вращающейся в магнитном поле?
4. Каким образом получают стандартную частоту переменного тока при медленном вращении рамки?

**Краткие теоретические сведения:**

Переменный ток, протекающий через:

Приборы	Резистор сопротивлением R	Катушку индуктивностью L	Конденсатор емкостью C
Схема			
Напряжение	$U = U_m \cos \omega t$	$U_L = \omega L Y_m \cos \omega t$	$U_C = \frac{Y_m}{\omega C} \cos \omega t$
Ток	$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m}{R} \cos \omega t = Y_m \cos \omega t$	$I = Y_m \cos (\omega t - \frac{\pi}{2}); Y_m = \frac{U_m}{\omega L}$	$I = Y_m \cos (\omega t - \frac{\pi}{2})$
Диаграмма амплитудных значений $Y_m$ $U_m$			

Сдвиг фаз	$\varphi=0$ $Y, U$ изменяется в одинаковых фазах, а эл. энергия расходуется на тепловое действие тока	Напряжение опережает ток на $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^0$	Напряжение отстает от тока на $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^0$
Сопrotивление		$X_L = \omega L$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$
1. формула			
2. зависимость сопротивления от частота	$R = \frac{\rho_0 \ell}{\sigma} (1 + \alpha t)$ 	<u>Индуктивное</u> – сопротивление, обусловленное явлением самоиндукции	<u>Емкостное</u> – сопротивление, обусловленное наличием емкости в цепи
3. определение	<u>Активное</u> сопротивление потребителя, <u>преобразующего</u> подводимую к нему энергию в другие виды энергии	Реактивное – сопротивление потребителя, не <u>преобразующего</u> подводимую к нему энергию в другие виды энергии (н-р ракета)	
		$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$	
		$X_L > X_C$ – индуктивный характер	$X_L = X_C$ – резонанс $X_C > X_L$ – ёмкостный характер
Мощность $\langle P \rangle = YU \cos \varphi$ $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ коэффициент мощности	$\cos 0 = 1$ ; $\langle P \rangle = Yq \quad Uq = Yq^2$ $K = \frac{Uq^2}{K}$ $\langle P \rangle^{-1} = Y_m \quad U_m \cos^2 \omega t = Y_m^2 R \sin \omega t$	$\cos 90^0 = 0$ $P = 0$	$\cos 90^0 = 0$ $P = 0$

	$\langle P \rangle = \frac{Y_m^2 R}{2} = \frac{Y_m U_m}{2} = \frac{U_m^2}{2R}$		
--	--	--	--

Актуализация:

Переменный электрический ток.

$$\left. \begin{array}{l} i = I_m \sin \omega t \\ u = U_m \sin(\omega t + \varphi) \end{array} \right\} \text{мгновенные значения}$$

$$e = \varepsilon_m \sin(\omega t + \psi)$$

$U_m$  – максимальное значение

$u$  - мгновенное значение

$U_{\varphi}$  - действующее значение

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow e = -\Phi'(t) \text{ – мгновенное значение равномерно вращающейся рамки.}$$

$$R = \frac{\rho_0 \ell}{S} (1 + \alpha t)$$

$$P = I \cdot U \cos \varphi = I^2 \cdot R$$

$$X_L = \omega \cdot L \quad X_L = X_C \text{ – резонанс}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{\varphi} = 0,707 \cdot I_m \\ U_{\varphi} = 0,707 \cdot U_m \end{array} \right\} \text{действующее значение}$$

$$\varepsilon_{\varphi} = 0,707 \cdot \varepsilon_m$$

$$-I \text{ – постоянный ток } R = \frac{U}{I}$$

$$\sim I \text{ переменный ток } X = \frac{U_2}{I} = X_L - X_C$$

$$Z^2 = X_{C,L}^2 + R^2 \text{ – результирующее сопротивление}$$

$$E_{\text{потерь}} = k I^2 R t$$

### Задачи для самостоятельного решения.

1. Чему равна амплитуда силы тока в цепи переменного тока частотой 50 Гц, содержащей последовательно соединенные активное сопротивление 1 кОм и конденсатор емкости  $C = 1 \text{ мкФ}$ , если действующее значение напряжения сети, к которой подключен участок цепи, равно 220 В?

2. ЭДС индукции, возникающая в рамке при вращении в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $e = 12 \sin 100 \pi t$  В. Определите амплитуду ЭДС, действующее значение ЭДС, круговую частоту колебаний и начальную фазу колебаний.

3. В цепь переменного тока с частотой 50 Гц включено активное сопротивление 5 Ом. Амперметр показывает силу тока 10 А. Определите мгновенное значение напряжения через  $1/300$  с, если колебания силы тока происходят по закону косинуса.

4. Конденсатор емкостью 250 мкФ включается в сеть переменного тока. Определите емкостное сопротивление конденсатора при частоте 50 Гц.

5. Напряжение меняется с течением времени по закону  $u = 40\sin(10\pi t + \pi/6)$  В. Определите амплитуду, действующее значение, круговую частоту колебаний и начальную фазу колебаний напряжения.

6. Напряжение в цепи изменяется по закону  $u = U_m \sin^{2\pi}/Tt$ , причем амплитуда напряжения 200 В, а период 60 мс. Какое значение принимает напряжение через 10 мс?

7. Катушка индуктивностью 75 мГн последовательно с конденсатором включена в сеть переменного тока с напряжением 50 В и частотой 50 Гц. Чему равна емкость конденсатора при резонансе в полученной сети?

#### Порядок выполнения работы:

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

**Форма представления результата:** выполненная самостоятельная работа.

### Тема 1.1. Кинематика материальной точки

#### Лабораторная работа №1

##### «Зависимость периода колебаний пружинного маятника от массы и жесткости пружины»

**Цель работы:** экспериментально установить зависимость периода колебаний пружинного маятника от жесткости пружины и массы груза.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой, набор пружин разной жесткости, набор грузов разной массы, секундомер

#### Порядок выполнения работы

*Определение зависимости периода колебаний от массы груза*

1. Соберите пружинный маятник, используя выданное оборудование.
2. Выведите маятник из положения равновесия, включите секундомер и отсчитайте десять колебаний. Используя показания секундомера, рассчитайте период колебаний и заполните первую строку таблицы.

№	N	t, с	T, с	m, кг	$m^{1/2}, \text{кг}^{1/2}$	k, Н/м
---	---	------	------	-------	----------------------------	--------

опыта						
1						
2						
3						
4						
5						

3. Повторите эксперимент ещё 4 раза, увеличивая массу но, не меняя пружины. По полученным данным заполните таблицу.

4. Постройте график зависимости

периода колебаний ( $T$ ) от квадратного корня из массы ( $m^{1/2}$ ).

5. По форме графика определите вид зависимости между периодом и корнем квадратным из массы.

*Определение зависимости периода колебаний от жёсткости пружины*

1. Соберите пружинный матчик, используя выданное оборудование.
2. Выведите маятник из положения равновесия. включите секундомер и отсчитайте десять колебаний.
3. Используя показания секундомера, рассчитайте период колебаний и заполните первую строк таблицы.

№ опыта	N	t, с	T, с	m, кг	k, н/м	$K^{1/2}, (н/м)^{1/2}$
1						
2						
3						
4						
5						

4. Повторите эксперимент ещё 4 раза, увеличивая коэффициент жёсткости но, не меняя массу груза. По полученным данным заполните таблицу.
5. Постройте график зависимости периода колебаний ( $T$ ) от квадратного корня из коэффициента жёсткости. ( $k^{1/2}$ ).
6. По форме графика определите вид зависимости между периодом и корнем квадратным из коэффициента жёсткости.
7. Сделайте вывод о зависимости периода колебаний от массы груза и коэффициента жёсткости.

#### **Контрольные вопросы:**

1. В каком положении маятника скорость будет максимальной?
2. В каком положении маятника скорость равна нулю.
3. Увеличили или уменьшили массу груза, подвешенного к пружинному маятнику, если: а) период его колебаний сначала был 0, 4 с, а после изменения массы стал 0, 2 с; б) частота его колебаний вначале была равна 6 Гц, а потом уменьшилась до 5 Гц?

#### **Критерии оценки:**

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил



безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

## Тема 2.1. Основы МКТ

### Лабораторная работа №2

#### «Определение числа молекул в металлическом теле»

**Цель работы:** экспериментально определить число молекул в металлическом теле

**Оборудование:** металлические предметы правильной геометрической формы, штангенциркуль, справочные таблицы.

#### Порядок выполнения работы

1. Измерить необходимые размеры первого тела с помощью штангенциркуля.
2. Рассчитать объем первого тела, для этого необходимо найти формулу объема.
3. Рассчитать массу первого тела, подобрать формулу массы тела. (для определения массы записать формулу зависимости массы от плотности вещества)
4. Записать формулу числа молекул любого количества вещества массой  $m$  и молярной массой  $M$ .
5. Перевести все единицы в систему СИ.
6. Произвести расчёт числа молекул
7. Повторить опыт с другим телом.
8. Все данные записать в таблицу:

№ п/п	Объем тела, $m^3$	Масса тела, кг	Молярная масса, кг/моль	Число молекул

**Форма представления результата:** заполненная таблица и вывод по работе.

#### Критерии оценки:

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил

безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

## Тема 2.2 Свойства жидкостей Лабораторная работа № 3

### «Определение коэффициента поверхностного натяжения воды»

#### **Цель работы :**

изучение явления поверхностного натяжения; экспериментальное определение коэффициента поверхностного натяжения воды методом отрыва капель.

#### **Теоретические сведения:**

Поверхность жидкости, соприкасающейся с другой средой, например, с ее собственным паром, находится в особых условиях по сравнению с остальной массой жидкости. Возникают эти особые условия потому, что молекулы пограничного слоя жидкости, в отличие от молекул в глубине, окружены молекулами жидкости не со всех сторон. Молекулы пограничного слоя жидкости обладают избыточной поверхностной потенциальной энергией по сравнению с молекулами в ее глубине. Энергия обязана своим происхождением наличию поверхности жидкости, поэтому она пропорциональна площади  $S$  этой поверхности. Для

того, чтобы увеличить площадь поверхности при постоянной температуре на бесконечно малую величину  $dS$ , надо совершить работу:  $dA_{\text{вн}}=dU_s=\sigma dS$ , где  $\sigma$ - коэффициент поверхностного натяжения.

Из формулы следует, что коэффициент поверхностного натяжения жидкости  $\sigma$  численно равен работе, которую нужно совершить, чтобы увеличить площадь поверхности на единицу:  $\sigma=dA_{\text{вн}}/dS$  (1).

Коэффициент поверхностного натяжения химически чистой жидкости определяется природой жидкости, ее температурой. При повышении температуры коэффициент поверхностного натяжения уменьшается. При температуре, называемой критической, он становится равным нулю, так как исчезают различия между жидкостью и ее насыщенным паром.

Жидкость в равновесии имеет минимальную потенциальную энергию, и, следовательно, должна иметь минимально возможную поверхность. Это означает, что существуют силы, стремящиеся сократить поверхность раздела фаз. Эти силы называются силами поверхностного натяжения  $F_{\sigma}$ . Они направлены вдоль поверхности, по касательной к ней.

### Порядок выполнения работы.

1. Взвесьте на электронных весах пустую емкость для сбора капель и запишите полученное значение массы  $m_0$  в таблицу 1.

(Предварительно убедитесь, что в емкости нет воды.)

2. Открывая кран (используя другую посуду), добейтесь, чтобы в процессе вытекания жидкости формировались отдельные капли воды.

3. Подставив емкость для сбора капель, накапайте в нее  $N$  капель воды. Капли воды не должны сливаться между собой. Число капель указано в таблице 1. (Может варьироваться преподавателем.)

4. Взвесьте на электронных весах массу емкости с водой  $m$ . Данные запишите в таблицу.

5. После взвешивания надо вылить воду из емкости, насухо протереть емкость.

6. Выполните пункты 2-5 для указанных значений  $N$ .

Номер измерения	Число капель $N$	Масса кюветы без воды $m_0$ , г	Масса кюветы с водой $m$ , г	Масса $N$ капель воды $mN$ , г	Масса одной капли воды $m1$ , г	Коэффициент поверхностного натяжения $\sigma$ Н/м
	20					
	30					
	40					
	45					
	50					

### Обработка результатов измерений.

1. Для каждого  $N$  (числа капель) найдите массу  $N$  капель воды. Для этого из массы емкости с водой надо вычесть массу емкости без воды:  $mN = m - m_0$ . Данные запишите в таблицу.

2. Для каждого  $N$  рассчитайте массу одной капли:  $m1 = mN/N$ . Данные запишите в таблицу.

3. Рассчитайте длину границы раздела фаз, которая равна длине окружности шейки капли перед ее отрывом  $L=2\pi R$ . Будем считать радиус шейки  $r$  равным внутреннему радиусу кончика трубки  $R = 0,7\text{мм}$

4. По формуле (2) для каждого случая рассчитайте коэффициент поверхностного натяжения жидкости  $\sigma$ . Расчеты проводить в системе СИ. Данные запишите в таблицу.

5. Найдите среднее значение  $\sigma$  ср.

6. Оцените абсолютную и относительную погрешности среднего значения  $\sigma$  по формуле для прямых измерений.

## Контрольные вопросы:

1. От чего зависит коэффициент поверхностного натяжения.
2. Единицы измерения коэффициента. натяжения и его физический смысл.
3. Перечислите свойства жидкостей

**Форма представления результата:** заполненная таблица и вывод по работе.

### Критерии оценки:

**1. Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**2. Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**3. Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**4. Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

## Тема 3.2. Законы постоянного тока

### Лабораторная работа № 4

#### Определение коэффициента полезного действия электрического нагревателя.

**Цель работы:** Научиться практически определять тепловую отдачу электрического нагревателя любого типа.

**Материальное обеспечение:** Электрический нагреватель (электрический чайник и электрическая плитка), сосуд для кипячения воды, вода, термометр, секундомер (часы), справочник по физике.

#### Краткие теоретические сведения:

Мощность тока вычисляется по одной из следующих формул:

$$P=I*U$$

Здесь  $P$  — тепловая мощность тока,  $U$  — напряжение на проводнике,  $R$  — его сопротивление.

Тепловая мощность тока связана с количеством теплоты, выделившимся в проводнике за определённое время, следующим соотношением:

$P=Q/t$ , где  $P$  — тепловая мощность тока,  $Q$  — количество теплоты,  $t$  — выделяющееся в проводнике за время.

КПД нагревательного элемента определяется по формуле:

$J=Q_n/Q_3$ , где  $J$  — КПД нагревателя,  $Q_n$  — количество теплоты, поглощённое телом,  $Q_3$  — количество теплоты, выделенное нагревателем. КПД обычно измеряется в процентах.

Если энергетических потерь нет, то КПД равен 100%.

## Порядок выполнения работы

1. Подготовить таблицу для записи результатов, определяемых в ходе работы.

$C_B$	$\square \square_B$	$V_B$	$T_1$	$T_2$	$P$	$t$	К.П.Д.
Дж	кг	$m^3$	К	К	Вт	с	%

2. Занести в таблицу справочные данные удельной теплоемкости и плотности воды.
3. Записать в таблицу номинальную мощность электрического нагревателя, указанную на приборе.
4. В сосуд для кипячения воды налить определенный объем воды. Занести объем в таблицу.
5. Определить начальную температуру воды. Результат занести в таблицу.
6. Включить нагреватель одновременно с секундомером (часами).
7. Остановить секундомер (часы) в момент бурного кипения воды. Время, за которое закипела вода, занести в таблицу.
8. Вычислить К.П.Д. электрического нагревателя и результат занести в таблицу.
9. Рассчитать абсолютную и относительную погрешность измерения, используя метод границ.
10. Повторить опыт с другим нагревателем.
11. Учитывая потери энергии сформулировать вывод.

### Контрольные вопросы

1. Увеличится или уменьшится К.П.Д. электрического чайника, если на его стенках появилась накипь (отложение солей)?
2. Зависит ли КПД электрического чайника от того открыт он или закрыт?

**Форма представления результата:** заполненная таблица и вывод по работе.

### Критерии оценки:

1. **Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.
2. **Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.
3. **Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.
4. **Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

## Лабораторная работа №5

## «Исследование зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры»

**Цель работы:** измерять сопротивление проводника омметром; установить зависимость сопротивление металла и полупроводника от температуры.

**Материальное обеспечение:** омметр, приборы для изучения зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры, термометр, электрическая плитка, штатив с принадлежностями, колба с водой.

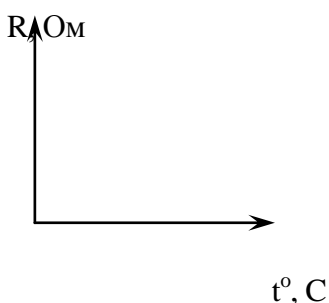
### Порядок выполнения работы

1. Подготовьте к работе омметр:
  - а) вставьте штырьки проводников в гнезда, обозначенные «Ω» и «общ.»;
  - б) поставьте переключатель на цифру «10»;
  - в) соедините свободные штырьки проводников и ручкой «уст. 0» поставьте стрелки на «0».
2. На электрическую плитку поместите колбу с водой. Для избежания падения колбу поместите в кольцо, укрепленное в штативе. В колбу опустите пробирку, с помещенной в ней катушкой из медного провода. Осторожно опустите в пробирку термометр.
3. Свободные штырьки омметра соедините с клеммами медной катушки.
4. Включите шнур плитки в розетку и измерьте сопротивление катушки при различных значениях температуры.
5. Внесите измерения в таблицу.

#### Проводник (медь)

$t^{\circ}, C$					
$R,$ Ом					

6. На основе измерений постройте график.

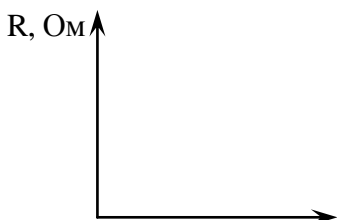


7. Поставьте переключатель омметра с цифры «10» на цифру «100» и поставьте стрелку омметра на «0» (См. пункт 1-в).
8. Замените в колбе пробирку с металлом на пробирку с полупроводником (термистором). Опустите в пробирку термометр. К клеммам термистора подсоедините омметр.
9. Измерьте сопротивление полупроводника при различных значениях температуры.
10. Внесите измерения в таблицу.

#### Полупроводник

$t^{\circ} C$					
$R,$ Ом					

11. Постройте график  $R(t)$ .



$t^{\circ}, \text{C}$

12. Сделайте вывод и запишите его в тетрадь.

### Теоретические обоснования:

Если пропустить электрический ток через стальную спираль, а затем ее нагреть, то амперметр покажет уменьшение силы тока. Это означает, что с изменением температуры сопротивление металла меняется.

Все металлы – кристаллические тела, в узлах кристаллической решетки которых располагается положительно заряженные ионы. Между колеблющимися ионами двигаются свободные электроны. Величина электрического сопротивления металла зависит от числа столкновений колеблющихся ионов и свободных электронов. При увеличении температуры металла увеличивается амплитуда колебаний ионов. Это приводит к увеличению столкновений, а значит и к увеличению сопротивления металла.

В полупроводнике при увеличении температуры увеличивается число свободных носителей заряда, появившихся при разрыве ковалентных связей. Это приводит к увеличению силы тока в полупроводнике ( $I = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow I \uparrow$ , если  $q \uparrow$ ) и к уменьшению сопротивления проводника ( $I = \frac{U}{R}$ , если  $I \uparrow$ , то  $R \downarrow$ ).

### Контрольные вопросы

1. Электрический ток в металлах – это упорядоченное движение ... .
2. С точки зрения электронной теории электрическое сопротивление обусловлено соударениями ... .
3. С повышением температуры сопротивление металла ... .
4. При абсолютном нуле чистый полупроводник обладал бы свойствами идеального ... .

**Форма представления результата:** заполненная таблица и вывод по работе.

### Критерии оценки:

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

## Лабораторная работа 6

### 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 (теплого) 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

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 t} \quad (1)$$

называют температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Численно температурный коэффициент сопротивления показывает относительное изменение сопротивления при нагревании проводника на  $10\text{C}$  ( $1\text{K}$ ) и измеряется в  $0\text{C}^{-1}$  или  $\text{K}^{-1}$ , что одно и то же.

У большинства химически чистых металлов температурные коэффициенты сопротивления близки к  $1/273 \text{K}^{-1}$ , 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  $00\text{C}$ .

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( 0С)	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:

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

## Лабораторная работа №7

### «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.

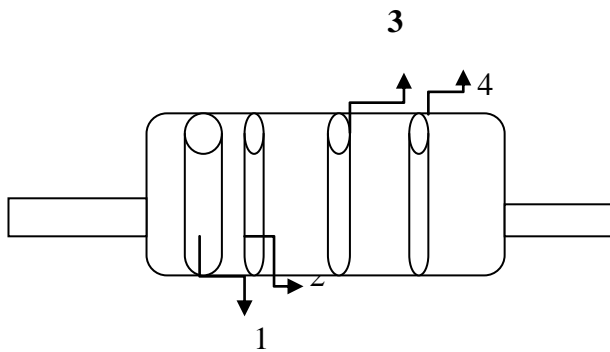
При этом значение сопротивления резистора указывается в Омах двумя первыми полосами и множителем (третья полоса)  $10^n$ , где  $n$  - любое целое число от - 2 до + 9.

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:

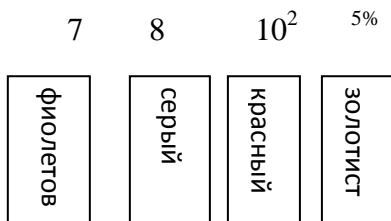
Цвет знака	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	Допуск в %
Серебристый	--	--	$10^{-2}$	10
Золотистый	--	--	$10^{-1}$	5
Черный	--	0	1	--
Коричневый	1	1	10	1
Красный	2	2	$10^2$	2
Оранжевый	3	3	$10^3$	--
Желтый	4	4	$10^4$	--
Зеленый	5	5	$10^5$	0,5
Голубой	6	6	$10^6$	0,25
Фиолетовый	7	7	$10^7$	0,1
Серый	8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

**Тема 3.3 Ток в различных средах****Лабораторная работа № 8****«Определение элементарного заряда методом электролиза»**

**Цель работы:** научиться определять значение элементарного заряда методом электролиза; изучить методы определения заряда электрона

**Материальное обеспечение:** цилиндрический сосуд с раствором медного купороса, лампа, электроды, весы, амперметр, источник постоянного напряжения, реостат, часы, ключ, соединительные провода.

**Краткие теоретические сведения:**

При пропускании через раствор медного купороса точка  $I$  в течении времени  $\Delta t$  на катоде выделится медь массой  $m = k\Delta q = kI\Delta t$ , где  $k$  – электрохимический эквивалент меди. Обозначим за него  $N$  число ионов меди, перенёсших заряд  $\Delta q$ . Тогда можно записать:  $\Delta q = enN$ ,  $m = m_i N$ , где  $e$  – значение элементарного электрического заряда,

$n$ - валентность меди,  $m_i$  – масса одного иона меди. Подставляя две последние формулы в выражение для  $m$ , получим:  $m_i N = kenN$ . Отсюда находим:  $e = \frac{m_i}{kn}$ . Затем выражаем значение  $k$  из закона Фарадея для электролиза:  $k = \frac{m}{I\Delta t}$ . Подставляя его в выражение  $e$ , получаем:  $e = \frac{m_i}{mn} I\Delta t$ .

**Порядок выполнения работы**

При помощи весов измерим массу катода:  $m_1 = 50$ г.

3. Соберем электрическую цепь и проведём необходимые измерения. Примерные численные данные проведены в таблице.

$m_1$ , кг	$m_2$ , кг	$m$ , кг	$\Delta t$ , с	$I$ , А	$k$ , кг/Кл	$n$	$m_i$ , кг
0,0541	0,05452	0,0005	1200	1	$3,67 \cdot 10^{-7}$	2	$1,06 \cdot 10^{-25}$

$$m = m_2 - m_1 = 0,05454 \text{ кг} - 0,0541 \text{ кг} = 0,00044 \text{ кг};$$

$$k = \frac{m}{I\Delta t} = \frac{0,00044 \text{ кг}}{1 \text{ А} \cdot 1200 \text{ с}} \approx 3,7 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$$

$$4. e = \frac{m_i}{mn} I\Delta t = \frac{1,06 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1200 \text{ с}}{0,00044 \text{ кг} \cdot 2} \approx 1,45 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Таким образом  $e = 1,45 \cdot 10^{-19}$  Кл, что с точностью до погрешности совпадает с данными, полученными в других экспериментах, и теоретическими оценками.

**Контрольные вопросы:**

1. Чем обусловлен электрохимический ток в электролитах?
2. Как рассчитать массу выделившегося вещества на электроде?

3. От чего зависит электрохимический эквивалент?
4. Какой физический смысл электрохимического эквивалента?
5. Какое оборудование и измерительные приборы нужно иметь, чтобы вычислить электрохимический эквивалент?
6. Назвать рабочую формулу для вычисления электрохимического эквивалента.
7. На каком из электродов выделяется медь в чистом виде и почему?
8. В электролитическую ванну поместим медную пластинку, служащую анодом. Пластинка покрыта воском, на котором нацарапан рисунок. Что получится после пропускания тока и удаления воска с пластины?
9. Что такое гальваностегия, гальванопластика.

**Форма представления результата:** заполненная таблица и вывод по работе.

#### **Критерии оценки:**

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

### **Тема 3.5 Явление электромагнитной индукции**

#### **Лабораторная работа №8 «Изучение явления электромагнитной индукции»**

**Цель:** опытным путем убедиться в появлении индукционного тока и проверить закон Ленца

**Оборудование:** миллиамперметр, источник питания, катушки с сердечниками, дугообразный магнит, выключатель кнопочный, соединительные провода, магнитная стрелка (компас), реостат.

#### **Теоретическая часть:**

Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в проводящем контуре, который либо покоится в переменном во времени магнитном поле, либо движется в постоянном магнитном поле таким образом, что число линий магнитной индукции, пронизывающих контур, меняется. В нашем случае разумнее было бы менять во времени магнитное поле, так как оно создается движущимися (свободно) магнитом. Согласно правилу Ленца, возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он вызван. В данном случае это мы можем наблюдать по отклонению стрелки миллиамперметра.

#### **Ход работы:**

1. Вставьте в одну из катушек железный сердечник, закрепив его гайкой. Подключите эту катушку через миллиамперметр, реостат и ключ к источнику питания. Замкните ключ и с помощью магнитной стрелки (компыаса) определите расположение магнитных полюсов катушки с током. Зафиксируйте, в какую сторону отклоняется при этом стрелка миллиамперметра. В дальнейшем при выполнении работы можно будет судить о расположении магнитных полюсов катушки с током по направлению отклонения стрелки миллиамперметра.
2. Отключите от цепи реостат и ключ, замкните миллиамперметр на катушку, сохранив порядок соединения их клемм.
3. Приставьте сердечник к одному из полюсов дугообразного магнита и вдвиньте внутрь катушки, наблюдая одновременно за стрелкой миллиамперметра.
4. Повторите наблюдение, выдвигая сердечник из катушки, а также меняя полюса магнита.
5. Зарисуйте схему опыта и проверьте выполнение правила Ленца в каждом случае.
6. Расположите вторую катушку рядом с первой так, чтобы их оси совпадали.
7. Вставьте в обе катушки железные сердечники и присоедините вторую катушку через выключатель к источнику питания.
8. Замыкая и размыкая ключ, наблюдайте отклонение стрелки миллиамперметра.
9. Зарисуйте схему опыта и проверьте выполнение правила Ленца.

#### **Контрольные вопросы:**

1. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
2. Как должен двигаться замкнутый проводящий контур в однородном магнитном поле, не зависящем от времени, поступательно или вращательно, чтобы в нем возник индукционный ток?
3. Металлическое кольцо может свободно двигаться по сердечнику катушки, включенной в цепь постоянного тока. Что будет происходить в момент замыкания и размыкания цепи?

#### **Критерии оценки:**

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.