

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
С.А. Махновский  
«23» марта 2017 г.

**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, 2017

**ОДОБРЕНО**

Предметной комиссией  
Математических и  
естественнонаучных дисциплин  
Председатель: Е.С. Корытникова  
Протокол №7 от 14 марта 2017 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 23 марта 2017 г.

**Разработчик**

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ.....	Ошибка! Закладка не определена.	5
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....		6
Практическая работа 1 Решение задач по теме: «Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Движение по окружности» .....		6
Практическая работа 2 Решение задач по теме: «Законы Ньютона. Система связанных тел. Движение тела по наклонной плоскости» .....		10
Практическая работа 3 Решение задач по теме «Законы сохранения в механике».....		15
Практическая работа 4 Решение задач по теме «Параметры колебательного движения» .....		19
Практическая работа 5 Решение задач по теме: «Применение 1 начала термодинамики к изопроцессам в газах». «Уравнение теплового баланса»_«КПД тепловых двигателей» .....		23
Практическая работа 6 Решение задач по теме: «Электростатика» .....		32
Практическая работа 8 Решение задач по теме: «Магнитное поле и его характеристики», «Сила Ампера. Сила Лоренца» .....		48
Лабораторная работа 1 Определение зависимости периода колебаний от массы груза .....		52
Лабораторная работа 2 Определение зависимости периода колебаний от жесткости пружины .....		55
Лабораторная работа 3 Определение ускорения свободного падения с помощью нитяного маятника .....		57
Лабораторная работа 4 Определение коэффициента полезного действия электрического нагревателя .....		60
Лабораторная работа 5 «Исследование зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры» .....		63
Лабораторная работа 6 Определение температурного коэффициента меди.....		66
Лабораторная работа 7 Определение температуры нити лампы накаливания .....		69
Лабораторная работа 8 Определение элементарного заряда методом электролиза.....		72
3 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.	6

## 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 действующего 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 по математическим и естественнонаучным, общепрофессиональным дисциплинам.

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:***

- У1. рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических и магнитных цепей;
- У2. применять основные законы физики для решения актуальных инженерных задач;
- У3. 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.

А также формированию ***общих компетенций:***

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;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

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

## 2 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. Можно ли принять Землю за материальную точку при расчете:
  - расстояния от Земли до Солнца;
  - пути, пройденного Землей по орбите вокруг Солнца за месяц;
  - длины экватора Земли?
1. Можно ли принять Землю за материальную точку при расчете: скорости движения точки экватора при суточном вращении Земли вокруг оси; скорости движения Земли по орбите вокруг Солнца; расстояния от экватора до полюса Земли?

##### *II. Решить задачи:*

2. Велосипедист движется под уклон с ускорением  $0,3 \text{ м/с}^2$ . Какую скорость приобретет велосипедист через 20 с, если его начальная скорость равна  $4 \text{ м/с}$ ?
3. За какое время автомобиль двигаясь с ускорением  $0,4 \text{ м/с}^2$ , увеличит свою скорость с  $12$  до  $20 \text{ м/с}$ ?
4. Период вращения барабана диаметром  $300 \text{ мм}$  равен  $0,023 \text{ с}$ .

Найдите скорость точек, лежащих на ободе барабана, и их центростремительное ускорение.

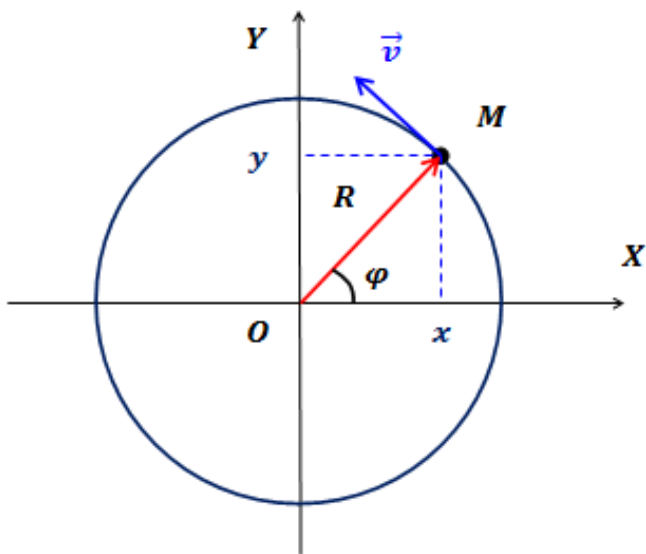
5. Колесо диаметром 7,5 м вращается с частотой 93,8 об/мин. Каковы скорость и центростремительное ускорение точек лежащих на ободе?

**Краткие теоретические сведения:**

Равномерное движение материальной точки по окружности – это движение, при котором материальная точка за равные промежутки времени проходит равные по длине дуги окружности. Равномерное движение тела по окружности – это частный и наиболее простой случай криволинейного движения. Хотя при таком движении модуль скорости остается постоянным, это движение с ускорением, которое является следствием изменения направления вектора скорости. В окружающем нас мире мы часто сталкиваемся с подобным движением – при любом вращении твердого тела вокруг некоторой закрепленной оси все точки этого тела движутся по окружностям.

Основные характеристики и формулы:

Пусть материальная точка  $M$  движется по окружности радиуса  $R$  (рис. 1). Начало декартовой системы координат поместим в центр окружности. Тогда положение точки на окружности однозначно определяется углом поворота  $\varphi$  между осью  $x$  и радиус-вектором точки.



### Рис.1. Равномерное движение тела по окружности

Условились положительным считать направление вращения против часовой стрелки.

Декартовы координаты точки однозначно определяются углом поворота точки:

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi \\ y = R \sin \varphi \end{cases}$$

При движении точки по окружности ее координата, то есть угол поворота  $\varphi$ , изменяется или становится функцией времени. Поэтому закон движения в этом случае – это зависимость угла поворота от времени:  $\varphi = \varphi(t)$ .

Единицей измерения угла поворота в системе СИ является радиан.

Период вращения  $T$  – это время, за которое точка совершает один полный оборот по окружности, т.е. поворачивается на угол  $2\pi$ .

Частота вращения  $n$  – это число полных оборотов, совершаемых точкой при равномерном движении по окружности, в единицу времени:

$$n = \frac{N}{t}$$

В системе СИ частота измеряется в  $c^{-1}$

Частота и период связаны между собой формулой:

$$n = \frac{1}{T}$$

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Выписать формулы по пройденному материалу.
2. Характеристика физических величин и их единиц измерения.
3. Решение задач по вариантам.

#### **Ход работы:**

1. Внимательно прочитать задачу, проанализировать условие, выявить характер движения (равномерное, равноускоренное, прямолинейное, криволинейное). Выписать числовые значения задачных 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, получают ли в результате единицы искомых величин.
  7. Подставить в расчетные формулы числовые значения физических величин и произвести вычисления. Оценить реальность полученного результата.

**Форма представления результата:** выполненная работа.

## Тема 1.2. Законы механики Ньютона

### Практическая работа 2

#### Решение задач по теме: «Законы Ньютона. Система связанных тел. Движение тела по наклонной плоскости»

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

**Выполнив работу, Вы будете уметь:** решать задачи на законы Ньютона.

**Материальное обеспечение:** справочные материалы

#### Задание:

##### *I. Ответить на вопросы:*

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

##### *II. Решить задачи:*

1. К центру шара приложена сила  $\vec{F}$  (рис. 1). Куда направлено ускорение шара? В каком направлении движется шар?

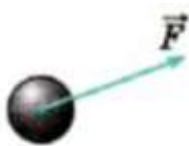


Рис. 1.

2. На полу лифта находится тело массой 50 кг. Лифт поднимается так, что за 3 с его скорость изменяется от 8 до 2 м/с. Определите силу давления тела на пол лифта.
2. Тепловоз на горизонтальном участке пути длиной 600 м развивает постоянную силу тяги 147 кН. Скорость поезда возрастает при этом от 36 до 54 км/ч. Определите силу сопротивления движению, считая её постоянной. Масса поезда 1000 т.

3. Жёсткий стержень длиной 1 м с прикрепленным к нему шариком массой 100 г вращается равномерно в вертикальной плоскости. Определите модуль и направление силы, с которой стержень действует на шарик в верхней точке, при скоростях шарика 2 м/с и 4 м/с.
4. Два груза массами 2 кг и 4 кг, связанные нерастяжимой нитью, поднимают вертикально силой 84 Н, приложенной к первому грузу. Определите ускорение, с которым движутся грузы, и силу натяжения нити.

### **Краткие теоретические сведения:**

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

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

При действии на тело нескольких сил их можно заменить равнодействующей силой  $\vec{F} = \sum \vec{F}_i$ , представляющей собой векторную сумму этих сил:

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

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

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

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

Инерциальные системы отсчета (ИСО) – это системы, в которых тело (группы тел), не подверженное действию сил (или

действия сил скомпенсированы), находится в покое или движется равномерно и прямолинейно. Система отсчета, движущаяся относительно данной ИСО равномерно и прямолинейно, также является инерциальной. Систему отсчета, связанную с Землей, с большой степенью точности можно считать инерциальной.

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

Второй закон Ньютона: ускорение, полученное телом в ИСО, прямо пропорционально равнодействующей приложенных к нему сил, обратно пропорционально массе тела: Если же рассматривать действие каждой силы в отдельности, имеет место принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции действия). В этом случае результирующее ускорение тела представляет собой векторную сумму ускорений, вызываемых каждой силой в отдельности: В случае равномерного движения по окружности тело имеет центростремительное ускорение, направленное согласно второму закону Ньютона к центру окружности:

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

#### **Порядок выполнения работы:**

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

#### **Ход работы:**

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

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

3. Для каждого тела в отдельности на основании второго

закона Ньютона записать уравнения движения, связывающие проекции сил и ускорений, выбрав предварительно систему отсчета. При движении тела по прямой второй закон Ньютона для тела имеет вид: где – 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 , где – сумма проекций всех сил, действующих на тело, на радиус вращения. При этом, если проекция силы направлена к центру вращения, ее нужно считать положительной, если от центра - отрицательной.

5. В задачах о движении системы связанных друг с другом тел одних уравнений движения оказывается недостаточно. В этом случае необходимо записать еще кинематические условия, выражающие собой соотношения между ускорениями тел системы, обусловленные связями между ними.

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

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

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

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

**Форма представления результата:** выполненная работа.



## Тема 1.3 Законы механики Ньютона

### Практическая работа 3

#### Решение задач по теме «Законы сохранения в механике»

**Цель работы:** научиться применять основные формулы раздела «Законы сохранения в механике» при решении задач.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:** решать задачи на законы сохранения механической энергии и импульса.

**Материальное обеспечение:** справочные материалы.

#### **Задание:**

##### **1. Актуализация знаний.**

Записать на доске формулы: механической работы, мощности, потенциальной энергии, кинетической энергии, импульса силы, импульса тела, закона сохранения импульса для упругого и неупругого ударов.

##### **2. Решить задачи с использованием алгоритма**

##### **Закон сохранения импульса.**

##### **Алгоритм решения задач на закон сохранения импульса:**

1. Записать краткое условие задачи.
2. Перевести единицы измерения в систему СИ.
3. Выбрать систему отсчёта.
4. Считать систему тел замкнутой.
5. Нарисовать тела до взаимодействия и после, учитывая упругий удар или неупругий, указывая направления их скоростей.
6. Выбрать оси координат.
7. Записать Закон сохранения импульса в векторной форме.
8. Спроецировать Закон сохранения импульса на оси координат.
9. Решить систему уравнений.
10. Оценить полученный результат.

##### **Закон сохранения энергии.**

##### **Алгоритм решения задач на закон сохранения энергии:**

1. Записать краткое условие задачи.
2. Перевести единицы измерения в систему СИ.
3. Выбрать систему отсчёта.
4. Определить начальное и конечное положения тел, а так же, если необходимо, то промежуточные положения, о которых идёт речь в задаче.

5. Выбрать нулевой уровень потенциальной энергии.
6. Если на тела действуют только потенциальные силы, записать закон сохранения механической энергии:  $E_1 = E_2$ . Если в системе тел действуют также и непотенциальные силы, то закон сохранения энергии записать в следующем виде:  $\Delta E = E_2 - E_1 = A$ , где  $A$  – работа непотенциальных сил.
7. Выразить неизвестное.
8. Произвести расчёт численного значения и единиц измерения.
9. Оценить полученный результат.

### **Задачи:**

1. Тележка массой 0,1 кг движется равномерно по столу со скоростью 5 м/с, так как изображено на рисунке. Чему равен её импульс и как направлен вектор импульса?
2. Автомобиль массой 1 тонна, движется прямолинейно со скоростью 20 м/с. Найти импульс автомобиля ...
3. Автомобиль, первоначально двигавшийся со скоростью 20 м/с, после выключения двигателя остановился через 3 секунды. Сила сопротивления, действовавшая на автомобиль при торможении равна 6000 Н. Найти массу автомобиля...
4. Чему равна скорость пороховой ракеты массой 1 кг после вылета из нее продуктов сгорания массой 0,1 кг со скоростью 500 м/с.
5. С лодки массой 240 кг, движущейся без гребца со скоростью 1 м/с, выпал груз массой 80 кг. Какой стала скорость лодки?
6. От двух ступенчатой ракеты, общая масса которой равна 1 тонна, в момент достижения скорости 171 м/с отделилась вторая ступень массой 0,4 тонны. При этом скорость ракеты увеличилась до 185 м/с. Найти скорость, с которой стала двигаться первая ступень ракеты.
7. Граната, летевшая горизонтально со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка. Масса первого 1 кг, масса второго осколка 1,5 кг. Большой осколок после взрыва продолжал лететь в том же направлении, но со скоростью 25 м/с, определить направление движения и скорость меньшего осколка.
8. Камень брошен вертикально вверх. В момент броска он имел кинетическую энергию 30 Дж. Какую потенциальную энергию он будет иметь в верхней точке?
9. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с. На



- какой высоте его кинетическая энергия будет равна потенциальной?
10. Тело свободно падает с высоты 21 м. На какой высоте его кинетическая энергия в 6 раз больше потенциальной?
  11. При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх шарик массой 100 г поднимается на высоту 2 м. Какова жесткость пружины, если до выстрела она была сжата на 5 см? Сопротивлением воздуха пренебречь.

### Краткие теоретические сведения:

Физическая величина, равная произведению массы тела на скорость его движения, называется импульсом тела (или количеством движения).

Импульс тела – векторная величина. Единицей измерения импульса в СИ является килограмм-метр в секунду (кг·м/с).

$$p = m v$$

Физическая величина, равная произведению силы на время ее действия, называется импульсом силы.

$$p = F_{\tau} t$$

В замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

Этот фундаментальный закон природы называется законом сохранения импульса.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

Абсолютно *неупругим* ударом называют такое ударное взаимодействие, при котором тела соединяются (слипаются) друг с другом и движутся дальше как одно тело.

Абсолютно *упругим* ударом называется столкновение, при котором сохраняется механическая энергия системы тел.

Под реактивным движением понимают движение тела, возникающее при отделении от тела с некоторой скоростью какой-либо его части. В результате чего само тело приобретает противоположно направленный импульс.

### Порядок выполнения работы:

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

**Форма представления результата:** выполненная работа.

## Тема 1.4 Колебательное движение

### Практическая работа 4

#### Решение задач по теме «Параметры колебательного движения»

##### Цель работы:

- знать и понимать понятия «свободные и вынужденные колебания, математический маятник, пружинный маятник, период, частота, амплитуда»;
- проверить знания, умения и навыки по теме механические колебания;
- создать и отработать алгоритм проведения эксперимента по определению периода колебаний математического и пружинного маятников;
- вывести формулы для расчета периода колебаний математического и пружинного маятников;
- закрепить навыки расчета периода колебаний по данной теме.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:** применять полученные знания на практике.

**Материальное обеспечение:** справочные материалы

##### Задание:

###### *1. Ответить на вопросы:*

1. Какая колебательная система называется «математическим маятником»?
2. Для данного случая, в чём физический смысл понятия «материальная точка»?
3. Какая колебательная система называется «пружинным маятником»?
4. Какое движение мы называем «колебаниями» математического и пружинного маятников?
5. Какая физическая величина называется «периодом колебания»?
6. Какая физическая величина называется «частотой колебания»?
7. Какая физическая величина называется «амплитудой колебания»?
8. Под действием каких основных сил происходят колебания пружинного и математического маятников?

###### *2. Решить задачи:*

1. Пружинный маятник совершает гармонические колебания с амплитудой 20 см. Как изменится период колебаний этого маятника при уменьшении амплитуды колебаний до 10 см?
2. Тело массой 0,5 кг, прикрепленное к пружине жесткостью 10 Н/м, совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости. Найти период колебаний. Ответ привести с точностью до десятых.
3. Математический маятник длиной 0,99 м совершает 50 полных колебаний за 1 мин. и 40 с. Чему равно ускорение свободного падения в данном месте на поверхности Земли?
4. Нитяной маятник за 1,2 минуты совершил 36 полных колебаний. Найдите период и частоту колебаний маятника.
5. Амплитуда незатухающих колебаний точек струны 4 мм, частота колебаний 2 кГц. Какой путь пройдет точка струны за 0,8 сек. Какое перемещение совершит эта точка за период колебаний?
6. На какое расстояние надо отвести от положения равновесия груз массой 320 г, закрепленный на пружине жесткостью 0,6 кН/м, чтобы он проходил положение равновесия со скоростью 2м/с?
7. Какова масса груза, колеблющегося на пружине жесткостью 0,6кН/м, если при амплитуде колебаний 8см он имеет максимальную скорость 4м/с?
8. За одно и то же время один математический маятник делает 50 колебаний, а другой 30. Найдите их длины, если один из маятников на 32 см короче другого.
9. За одно и то же время один математический маятник делает 25 колебаний, а другой 15. Найдите их длины, если один из маятников на 16 см короче другого.

### Краткие теоретические сведения:

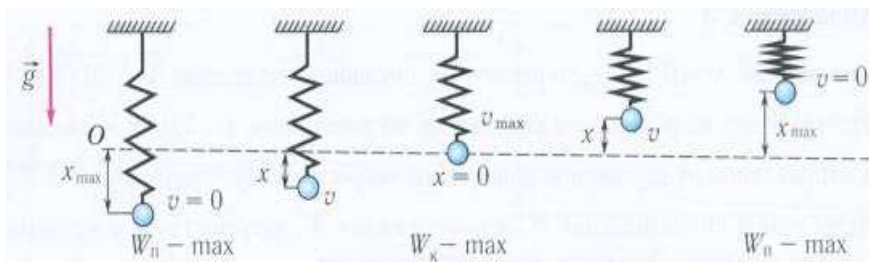


Рис. 1. Превращения энергии при колебаниях пружинного маятника

## Основные уравнения гармонических колебаний

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

### Математический маятник

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

### Пружинный маятник

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

#### 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).

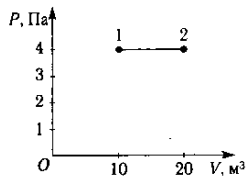
#### Ход работы:

1. Внимательно прочитать условие задачи и увидеть мысленным взором конкретную ситуацию, представленную в задаче.
2. Записать кратко условие задачи, перейти, если необходимо в систему СИ.
3. Проанализировать условие задачи на предмет, что известно в задаче и что надо найти.
4. Составить систему уравнений и решить ее относительно неизвестных.
5. Вывести размерность в полученных формулах, сделать расчет ответов.
6. Проанализировать ответы (эта часть решения задачи хоть и заключительная, но не самая легкая: необходимо рассмотреть, для каких случаев работает полученная формула, когда ответ не имеет физического смысла и реален ли полученный численный ответ).

**Форма представления результата:** выполненная работа.

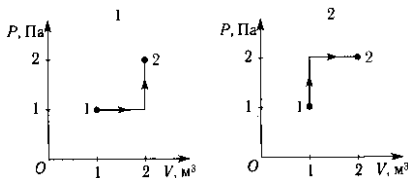






- а) 10 Дж.  
 б) 20 Дж.  
 в) 30 Дж.  
 г) 40 Дж.

5. 5. Состояние идеального газа изменилось в соответствии с графиками на  $P$ - $V$  диаграмме. В каком случае изменение внутренней энергии больше?



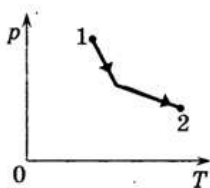
- а) В первом  
 б) В обоих случаях одинаково  
 в) Во втором  
 г) Ответ неоднозначен

6. От чего зависит КПД теплового двигателя?  
 7. Почему расширение рабочего тела надо проводить при более высокой температуре, чем сжатие?  
 8. Как можно получить двигатель с максимальным КПД?  
 9. Проблемный вопрос: Когда (зимой или летом) у двигателя машины КПД выше (расход топлива ниже) и почему? (Обсуждение).

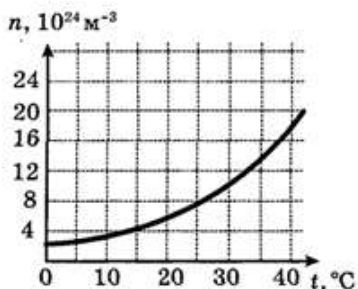
**II. Решить задачи 1:**

1. Идеальный газ перевели из состояния с давлением  $p_1 = 204$  кПа и объемом  $V = 90$  л в состояние с давлением  $p_2 = 170$  кПа и объемом  $V_2 = 108$  л. Определите изменение внутренней энергии газа в этом процессе.  
 2. На диаграмме показан процесс изменения состояния фиксированного количества вещества идеального одноатомного газа. Опираясь на свои знания по молекулярной физике, объясните, как изменяется объем газа по мере его прохождения из состояния 1 в состояние 2.





3. На рисунке приведен график зависимости концентрации молекул в насыщенном водяном паре от температуры. Во сколько раз изменится внутренняя энергия  $2 \text{ м}^3$  насыщенного пара при изменении его температуры от  $0$  до  $40^\circ\text{C}$ ?



4. Воздушный шар объемом  $2500 \text{ м}^3$  и массой оболочки  $400 \text{ кг}$  имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы он взлетел вместе с грузом массой  $200 \text{ кг}$ ? Температура окружающего воздуха  $7^\circ\text{C}$ , его плотность –  $1,2 \text{ кг/м}^3$ . Оболочку шара считать нерастяжимой.

### II. Решить задачи 2:

- Для приготовления ванны смешали  $40 \text{ л}$  холодной воды при  $10^\circ\text{C}$  с горячей водой при  $60^\circ\text{C}$ . Какой объем горячей воды надо взять, чтобы температура установилась  $40^\circ\text{C}$ ?
- В воду, объемом  $0,5 \text{ л}$ , температура которой  $80^\circ\text{C}$ , опускают алюминиевую ложку массой  $20 \text{ г}$ . определить температуру алюминиевой ложки, если в результате теплообмена установилась температура  $40^\circ\text{C}$ .
- Смешали  $100 \text{ г}$ . свинцовых опилок при температуре  $50^\circ\text{C}$  с  $50 \text{ г}$ . алюминиевых опилок при температуре  $70^\circ\text{C}$ . Какова

- температура получившейся смеси?
4. В сосуд, содержащий 1,5 кг воды при 15 °С, впускают 200 г водяного пара при 100 °С. Какая общая температура установится в результате этого?
  5. В сосуд, содержащий 2,8 л воды при 20 °С, бросают кусок стали массой 3 кг, нагретый до 160 °С. Определите температуру, установившуюся в результате теплообмена.
  6. В сосуд, содержащий 3,5 л воды, доливают 150 г спирта при температуре 20 °С. Определите температуру воды, если в результате смешивания установилась температура 18 °С.

<i>Вещество</i>	<i>Удельная теплоемкость кДж/(кг·К)ё</i>
Алюминий	0,88
Медь	0,38
Свинец	0,13
Сталь	0,46
Вода	4,2
Спирт	2,4

7. КПД тепловой машины, работающей без потерь энергии, является максимальным, если ее рабочий цикл включает:
  - а) две адиабаты, две изохоры;
  - б) две изобары, две изохоры;
  - в) две изохоры, две изотермы;
  - г) две изотермы, две адиабаты.
8. Тепловой двигатель с КПД, равным 40%, за цикл совершает полезную работу 200 Дж. Какое количество теплоты получает двигатель от нагревателя?
9. Тепловая машина получает за цикл от нагревателя количество теплоты 100 Дж и отдает холодильнику 75 Дж. Чему равен КПД машины?
10. Каково максимально возможное значение КПД тепловой машины, использующей нагреватель с температурой 427°С и холодильник с температурой 27°С?
11. Температура нагревателя идеальной тепловой машины в 2,5 раза больше температуры холодильника. Чему равен максимальный КПД машины?

**Краткие теоретические сведения:**

Применим к газу I начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A$$

где Q – теплота, сообщённая газу,  
 $\Delta U$  – изменение внутренней энергии газа,  
 A – работа, совершённая газом.

По условию задачи газ сжимается внезапно. Это значит, что теплообмен с окружающей средой не происходит, и  $Q=0$ .

Процессы, протекающий при отсутствии теплообмена с окружающей средой, называются *адиабатными*.

Тогда  $\Delta U + A = 0$

Перепишем равенство в виде:  $\Delta U - A' = 0$  где  $A' = -A$  – работа, совершенная *над* газом при его сжатии.

Получаем:  $\Delta U = A'$

Следовательно, **при внезапном сжатии газа его внутренняя энергия увеличится.**

Внутренняя энергия идеального газа определяется по формуле:

$$U = [1/(\gamma - 1)] * \nu * R * T$$

где  $\gamma$  - показатель адиабаты газа,

$\nu$  - количество вещества газа,

$R$  - мольная газовая постоянная,

$T$  - температура газа.

Об увеличении внутренней энергии газа будет свидетельствовать повышение его температуры.

### ***Тепловые машины и развитие техники.***

Развитие энергетики является одной из важнейших предпосылок научно-технического прогресса. Мощный расцвет промышленности и транспорта в XIX веке был связан с изобретением и усовершенствованием тепловых двигателей.

Тепловые двигатели – устройства, преобразующие внутреннюю энергию топлива в механическую.

Принцип работы тепловых двигателей.

В работе всех двигателей можно выделить следующие общие черты: энергия топлива → механическая энергия.

При этом энергия топлива сначала превращается во внутреннюю энергию газа или пара, нагретых до высокой температуры.

Необходимо наличие двух тел с различными температурами. Они называются нагревателем и холодильником. Кроме того, необходимо рабочее тело (пар или газ).

В процессе работы теплового двигателя рабочее тело забирает у нагревателя некоторое количество теплоты  $Q_1$  и превращает часть его в механическую энергию  $A$ , а непревращенную часть теплоты  $Q_2$  передает холодильнику.

По закону сохранения и превращения энергии  $A = Q_1 - Q_2$

Работа любого теплового двигателя циклична.

- Каждый цикл состоит из разных процессов:
- получение энергии от нагревателя;
- рабочего хода (расширения рабочего тела и превращения части полученной энергии в механическую);
- передачи неиспользованной части холодильнику.

Наличие нагревателя, рабочего тела и холодильника – принципиально необходимое условие для непрерывной циклической работы любого теплового двигателя.

КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1};$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Количество теплоты, как и все другие виды энергии, измеряется в системе СИ в Джоулях:  $[Q] = \text{Дж}$ . (Здесь и в дальнейшем единицы измеряются в системе СИ.)

### ***Нагревание или охлаждение***

При нагревании или охлаждении тела количество теплоты, поглощаемое или выделяемое им, рассчитывается по формуле:

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

где  $m$  – масса тела, кг;

$(t_2 - t_1)$  – разность температур тела, °С (или К);

$c$  – удельная теплоёмкость вещества, из которого состоит тело,

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \quad \text{или} \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

*Удельная теплоёмкость вещества* – это количество теплоты, которое нужно сообщить одному килограмму данного вещества, чтобы увеличить его температуру на 1° С (или это количество теплоты, которое выделяет один килограмм данного вещества, остывая на 1° С).

Например,

$$C_{\text{воды}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}},$$

$$C_{\text{льда, водяного пара}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$C_{\text{свинца}} = 140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}},$$

$$C_{\text{меди}} = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$C_{\text{железа, стали}} = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}},$$

$$C_{\text{алюминия}} = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Значения удельных теплоемкостей других веществ можно найти в справочниках, а также в школьном учебнике или задачнике.

При нагревании тела его внутренняя энергия увеличивается. Это требует притока энергии к телу от других тел. Значит, оно поглощает некоторое количество теплоты, принимая его от других тел, участвующих в теплообмене.

При охлаждении тела его внутренняя энергия уменьшается. Поэтому остывающее тело отдаёт кому-либо некоторое количество теплоты.

Обычно конечную температуру, установившуюся в результате теплообмена, обозначают греческой буквой  $\theta$  (тэта).

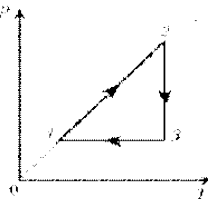
### Порядок выполнения работы:

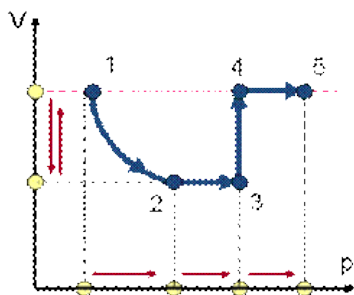
1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.

**Способы решения задач (и алгоритм действий) на построение графиков изопроцессов в осях  $PV$ ,  $PT$ ,  $VT$ , если представлен один из графиков**

Для каждой задачи характерен свой алгоритм решения

1. Записать уравнение Менделеева-Клапейрона
  2. Анализ графика.
  3. Начать построение с точки таким образом, чтобы от нее можно было «идти» свободно в любом направлении
- График с дополнительными условиями



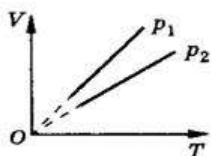


Графические задачи на сравнение макроскопических величин:

***Сравнение макроскопических параметров используя графики (изобара, изохора, изотерма).***

Алгоритм:

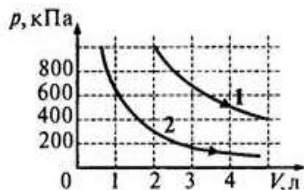
1. Выбрать одну из величин постоянной
2. Провести линию соответствующую этому значению,
3. Там где линия пересекается с графиками, опустить перпендикуляр на вторую ось.
4. Сравнить значения величин.
5. И подставить в уравнение Менделеева–Клапейрона выявить зависимость для искомым значений



***Решение задач на сравнение параметров газа***

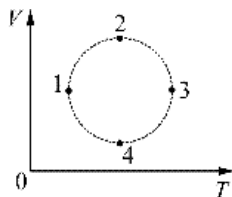
1. На рисунке приведены графики двух изометрических процессов, проводимых с одной и той же массой газа. Судя по графикам,

1. оба процесса идут при одной и той же температуре;
2. в процессе 1 газ начал расширяться позже, чем в процессе 2;
3. процесс 1 идет при более высокой температуре;
4. процесс 2 идет при более высокой температуре.



На  $V$ – $T$ –диаграмме изображен процесс, производимый над одним моле идеального газа.

2. В каком из четырех обозначенных состояний газа его давление больше?



**Форма представления результата:** выполненная работа.

## Тема 3.1 Электростатика

### Практическая работа 6

#### Решение задач по теме: «Электростатика»

##### Цель работы:

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

**Выполнив работу, Вы будете уметь:** решать задачи на закон сохранения электрического заряда на движение и равновесие заряженных частиц в электрическом поле, расчет напряженности, напряжения, потенциала, емкости конденсаторов.

**Материальное обеспечение:** справочные материалы

##### Задание:

###### *1. Решить задачи:*

1. Напряжение между полюсами батареи аккумуляторов 40 В. какой заряд получит конденсатор емкостью 500 мкФ, если его соединить с полюсами этой батареи?
2. Два одинаковых маленьких шарика, обладающих зарядами  $6 \cdot 10^{-6}$  Кл и  $-12 \cdot 10^{-6}$  Кл, находятся на расстоянии 60 см друг от друга. Определите силу взаимодействия между ними.
3. При перемещении заряда 2 Кл в электрическом поле силы, действующие со стороны этого поля, совершили работу 8 Дж. Чему равна разность потенциалов между начальной и конечной точками пути?
4. При перемещении электрического заряда между с точками с разностью потенциалов 8 В силы, действующие на заряд со стороны электрического поля, совершили работу 4 Дж. Чему равен заряд?
5. Напряжение между двумя горизонтально расположенными пластинами 600 В. В поле этих пластин находится в равновесии заряженная пылинка массой  $3 \cdot 10^{-8}$  г. Расстояние между пластинами 10 см. Определите заряд пылинки.
6. Конденсатор емкостью 0,02 мкФ соединили с источником тока, в результате чего он приобрел заряд  $10^{-6}$  Кл.



Определите значение напряженности поля между пластинками конденсатора, если расстояние между ними 5 мм.

**Краткие теоретические сведения:** Закон Кулона в вакууме:

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

Закон Кулона в среде:

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

Напряженность электрического поля:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Напряженность электрического поля точечного заряда:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{\epsilon r^2}$$

Закон сохранения электрического заряда:

$$g = g_1 + g_2 + \dots + g_n$$

Разность потенциалов:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = \frac{A}{q}$$

Потенциал точечного заряда:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = k \frac{q}{\epsilon r}$$

Связь потенциала и напряженности:

$$E = \frac{\Delta\varphi}{d}$$

Емкость конденсатора:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

Энергия заряженного конденсатора:

$$W = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{qU}{2}$$

**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:**

1. Расставить силы, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него условия равновесия или уравнение динамики материальной точки.
2. Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и характеристики поля и подставить в исходное уравнение.
3. Если при взаимодействии происходит перераспределение электрических зарядов, то следует добавить уравнение закона сохранения электрического заряда.
4. Полученную систему уравнений решить относительно неизвестной величины.

**II тип.** Задачи на расчет полей, созданных точечными зарядами, решаются с учетом принципа суперпозиции полей. Особое внимание следует обращать на векторный характер напряженности и помнить, что знак перед потенциалом определяется знаком заряда, создающего поле.

**III тип.** Задачи о заряженных телах, размерами которых нельзя пренебречь. Если речь идет о плоских конденсаторах, то:

1) следует установить тип соединения: выяснить, какие конденсаторы соединены последовательно, какие – параллельно.

2) составить уравнения, связывающие заряды и напряжение на конденсаторах. Следует учесть, что, если плоский конденсатор подключить к источнику питания, зарядить его, а затем отключить, то при изменении емкости конденсатора вследствие раздвижения (сближения) пластин, внесения (удаления) диэлектрика, заряд на конденсаторе не меняется. Если конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения, то при всех указанных выше изменениях емкости, напряжение между обкладками конденсатора остается неизменным. В случае, если между обкладками конденсатора вставляют (вынимают) незаряженную металлическую пластину, не замыкающую конденсатор, объем диэлектрика между обкладками уменьшается (увеличивается) на объем этой пластины, как если бы мы сближали (раздвигали) обкладки конденсатора;

3) в плоском конденсаторе одну пластину можно рассматривать как тело с зарядом  $q$ , помещенное в однородное электрическое поле с некоторой напряженностью, созданное другой пластиной.

**IV тип.** Смешанные задачи.

**Форма представления результата:** выполненная работа.

## Тема 3.2. Законы постоянного тока

### Практическая работа 7

#### Решение задач по теме «Смешанное соединение проводников», «Законы 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:**

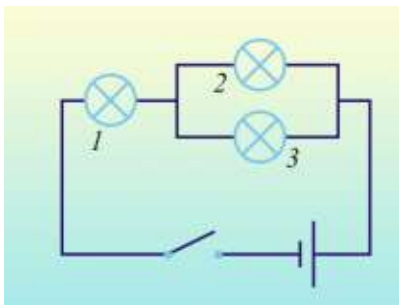
- решать задачи на смешанное соединение проводников.
- рассчитывать параметры отдельных и комбинированных цепей.

**Материальное обеспечение:** справочные материалы

**Задание:**

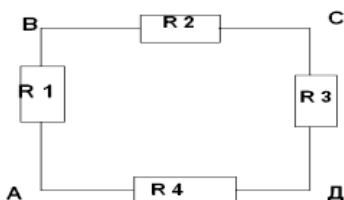
***I. Ответить на вопросы:***

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?



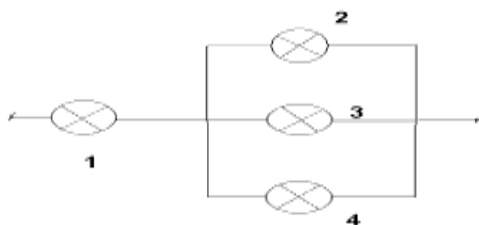
**II. Решить задачи:**

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?

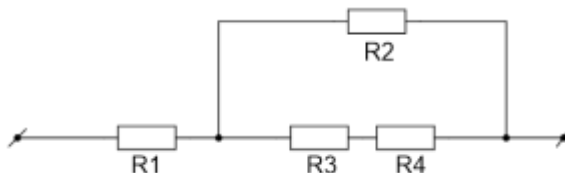
2. Четыре одинаковые лампы сопротивлением 15 Ом каждая соединены так, как показано на рисунке, и, подключены к источнику постоянного напряжения 20 В. Как изменится накал каждой из ламп, если лампа 4 перегорит?



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:**  $I_1, I_2, U_3$



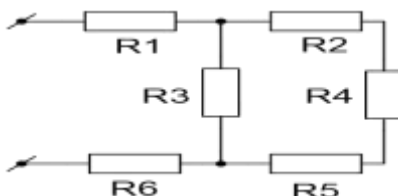
4. Найдите полное сопротивление цепи (см. Рис. 3), если сопротивление резисторов

$$R_1=R_2=R_5=R_6=3\text{Ом}, R_3=200\text{Ом}, R_4=240\text{Ом}$$

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

**Дано:**  $R_1=R_2=R_5=R_6=3\text{Ом}, R_3=200\text{Ом}, R_4=240\text{Ом}, U=36\text{В}$

**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:

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

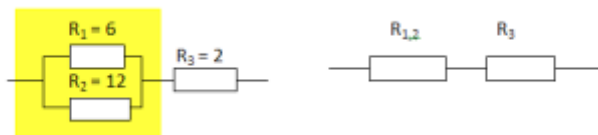
### Порядок выполнения работы:

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.

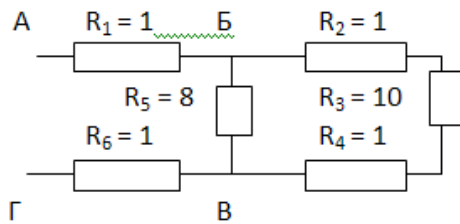
Тогда мы можем найти сопротивление этого участка с параллельным соединением проводников:

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

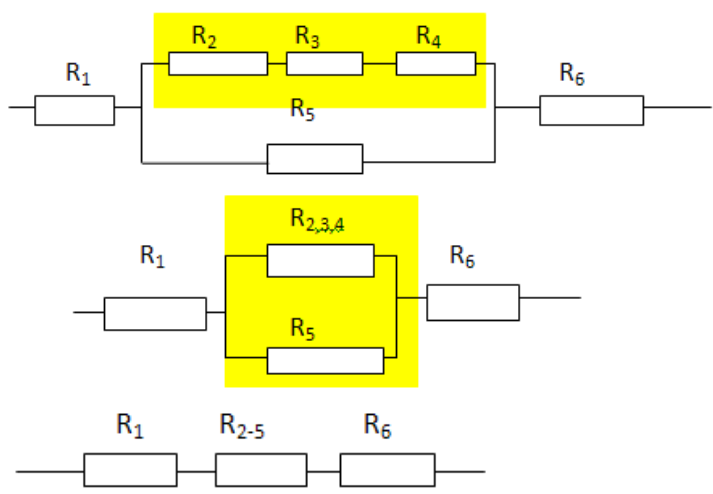
А теперь видно, что проводники  $R_{1,2}$  и  $R_3$  соединены последовательно. Общее сопротивление равно

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

### 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

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

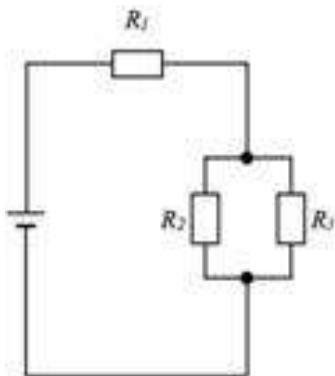
**Законы Кирхгофа при решении задач**

**Задание:**

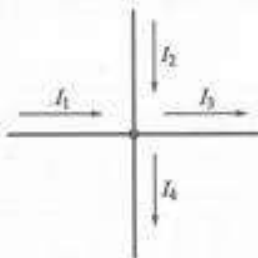
**Решить задачи:**

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



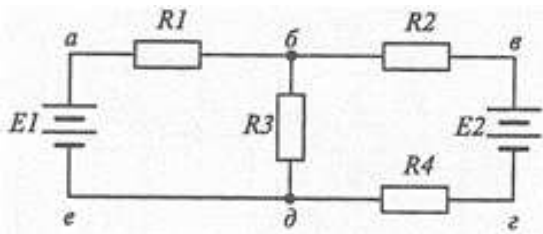


2. Напишите уравнение согласно первому закону Кирхгофа для узла, изображенного на рисунке.

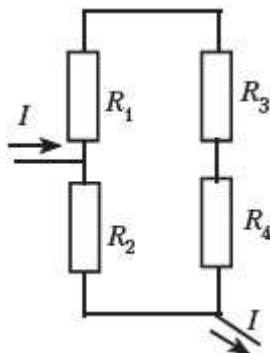


3. Нарисуйте электрический узел, для которого согласно первому закону Кирхгофа составлено следующее уравнение:  

$$I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 - I_6 = 0$$
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  $24 \text{ В}$ .



**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.

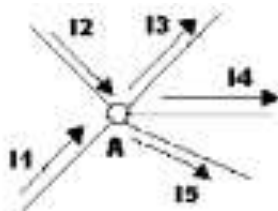


Рис. 1

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 *A* 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  $\Sigma I = 0$ , 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:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \text{ (рис.2)}$$

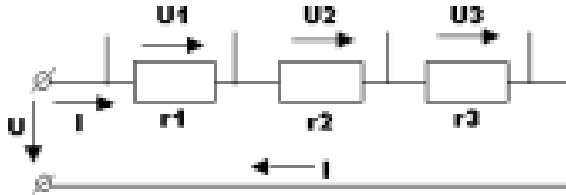


Рис. 2

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.

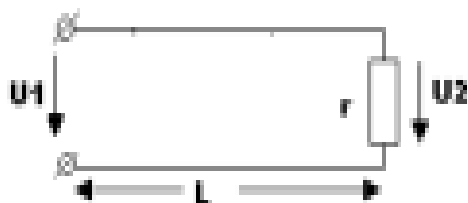


Рис. 3

**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.



Рис. 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:

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{I}{r_1} : \frac{I}{r_2} : \frac{I}{r_3} = g_1 : g_2 : g_3$$

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:

$$P = \frac{A}{I} \text{ – общий вид формулы;}$$

$$P = E \cdot I \text{ – мощность источника электрической энергии;}$$

$$P = (U + U_0)I = UI + U_0I, \text{ где } P = UI \text{ – мощность потребителей;}$$

$$P_0 = U_0I = I^2 r_0 \text{ – потеря мощности в источнике.}$$

Уравнение баланса мощности можно записать на основании закона сохранения энергии таким образом:

$$P = P + P_0$$

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

$$P = P + P_0; \quad P = E \cdot I; \quad P = UI; \quad P_0 = U_0I = I^2 r_0$$

$EI = I^2 r + I^2 r_0$ . Если разделить обе части равенства на ток  $I$ , 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:  $\sum E = \sum Ir$

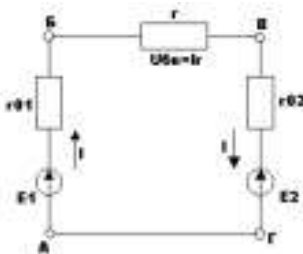
В любом замкнутом электрическом контуре алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений на сопротивлениях, входящих в этот контур.

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:

$$E_1 + (-E_2) = Ir + Ir_{01} + Ir_{02}$$



### 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:

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 работа.



### Тема 3.3. Магнитное поле

#### Практическая работа 8

#### Решение задач по теме: «Магнитное поле и его характеристики», «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 напряженности, магнитной индукции, магнитного потока.

**Материальное обеспечение:** справочные материалы

#### Задание:

##### *I. 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, действующая на него, равна  $5 \times 10^{-13}$  Н. (Так как сила Лоренца является одновременно и центростремительной силой, и электрон движется по окружности, в задаче требуется рассчитать центростремительное ускорение, которое приобретает электрон в результате действия центростремительной силы).

## **II. Ответить на вопросы теста:**

*1. Источником магнитного поля являются (является)...*

- 1) движущиеся электрические заряды;
- 2) заряженный теннисный шарик;
- 3) полосовой магнит.

*2. Обнаружить магнитное поле можно по...*

- А) по действию на любой проводник;
  - Б) действию на проводник, по которому течет электрический ток;
  - В) заряженный теннисный шарик, подвешенный на тонкой нерастяжимой нити;
  - Г) на движущиеся электрические заряды.
- 1) А и Б, 2) А и В, 3) Б и В, 4) Б и Г.

3. Закончить фразу: «Если электрический заряд неподвижен, то вокруг него существует...

- 1) магнитное поле,
- 2) электрическое поле,
- 3) электрическое и магнитное поле.

4. Закончить фразу: «Если электрический заряд движется, то вокруг него существует...

- 1) магнитное поле,
- 2) электрическое поле,
- 3) электрическое и магнитное поле.

5. Закончить фразу: «Вокруг проводника с током существует...

- 1) магнитное поле,
- 2) электрическое поле,
- 3) электрическое и магнитное поле.

6. Какие силы проявляются во взаимодействии двух проводников с током?

- 1) силы магнитного поля,
- 2) силы электрического поля,
- 3) силы гравитационного поля.

7. Какие утверждения являются верными?

- А) В природе существуют электрические заряды.
  - Б) В природе существуют магнитные заряды.
  - В) В природе не существует электрических зарядов.
  - Г) В природе не существует магнитных зарядов.
- 1) А и Б, 2) А и В, 3) А и Г, 4) Б, В и Г.

### Краткие теоретические сведения:

Вектор магнитной индукции:

$$B = \frac{F_A}{Il \sin \alpha}$$

Напряженность магнитного поля:

$$H = \frac{B}{\mu\mu_0}, \vec{B} = \mu\vec{B}_0, \vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$$

Если  $\vec{v} \perp \vec{B}$  то частица будет двигаться по окружности и сила Лоренца будет сообщать ей центростремительное ускорение =>

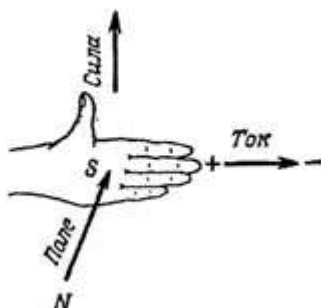
$$F_L = ma_c \Rightarrow qBv = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \frac{qBR}{m}$$

Магнитный поток:  $\Phi = Bs \cos \alpha$

Магнитное поле соленоида:

$$B = \mu_0 n I, \quad n = \frac{N}{l}$$

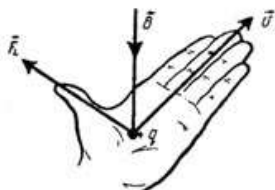
Закон Ампера:  $F_A = B l \sin \alpha$ .



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:  $F_L = q v \sin \alpha$ .



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).

4. Ответить на вопросы теста.

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

## Тема 1.4 Колебательное движение

### Лабораторная работа 1

#### Определение зависимости периода колебаний от массы груза

**Цель работы:** Исследовать зависимость периода колебаний пружинного маятника от жёсткости пружины.

**Материальное обеспечение:** штатив с 2-мя лапками, пружина №1 ( $\kappa_1=6,4$  Н/м), пружина №2 ( $\kappa_2=21,6$ Н/м), набор грузов массой по 100г, линейка, секундомер, динамометр.

#### Краткие теоретические сведения

Одной из важных характеристик колебательного движения является период колебания – интервал времени, в течение которого происходит одно полное колебание. Связь периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жёсткости пружины известна: Период свободных колебаний пружинного маятника определяется по формуле:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

#### Порядок выполнения работы

1. Соберите измерительную установку в соответствии с рисунком.
2. Подвесьте к штативу пружину, а к ней – одну гирию. Отведите гирию вниз от положения равновесия на 2см и отпустите.  
2.Измерьте промежуток времени  $t$ , за который происходят 30 полных колебаний. Найдите период  $T$  частоту  $\nu$  колебаний. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.
- 3.Повторите опыт, отведя гирию на 4см от положения равновесия.
- 4.Сделайте вывод о том, как зависит период колебаний от амплитуды и запишите его в тетрадь.
- 5.Повторите опыт (п.2), подвешивая к гире поочередно 2,3,4 гири. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.
- 6.Выберите удобный масштаб и постройте график

зависимости квадрата периода колебаний от массы груза.

7. Для этого поставьте на графике точки, соответствующие результатам ваших измерений. Проведите через начало координат отрезок прямой, близко проходящий к каждой из поставленных вами точек.

8. Сделайте вывод о характере зависимости квадрата периода колебаний и периода **колебаний пружинного маятника** от его массы и запишите его в тетрадь.

#### **Контрольные вопросы для самопроверки**

1. Дайте определение механических колебаний.
2. Какие колебания называются свободными?
3. Дайте определение амплитуды, периода, циклической частоты, фазы.
4. Запишите формулу связи циклической частоты с периодом колебаний.
5. Дайте определение пружинного маятника.
6. Запишите формулу циклической частоты колебаний пружинного маятника.
7. Запишите формулу периода колебаний пружинного маятника.

**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 1.4 Колебательное движение

### Лабораторная работа 2

#### Определение зависимости периода колебаний от жесткости пружины

**Цель работы:** Исследовать зависимость периода колебаний пружинного маятника от жёсткости пружины.

**Материальное обеспечение:** штатив с 2-мя лапками, пружина №1 ( $\kappa_1=6,4$  Н/м), пружина №2 ( $\kappa_2=21,6$ Н/м), набор грузов массой по 100г, линейка, секундомер, динамометр.

#### Краткие теоретические сведения:

Одной из важных характеристик колебательного движения является период колебания – интервал времени, в течение которого происходит одно полное колебание. Связь периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жёсткости пружины известна: Период свободных колебаний пружинного маятника определяется по формуле:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

#### Порядок выполнения работы

- Закрепить пружину в штативе и подвесить к ней один груз.
- Измерить время 20 колебаний.
- Вычислить период.
- Повторить опыт, меняя число подвешенных грузов.
- Оставив один груз и меняя пружины разной жесткости, измерить период колебаний груза .
- Все измерения и вычисления занести в таблицу.

k – постоянная величина					m – постоянная величина				
№ опыта	N число колеб.	t, с время колеб.	T, с период колеб.	m, кг масса груза	№ опыта	N число колеб.	t, с время колеб.	T, с период колеб.	k, Н/м жесткость пружины

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

1. Дайте определение механических колебаний.
2. Какие колебания называются свободными?
3. Дайте определение амплитуды, периода, циклической частоты, фазы.
4. Запишите формулу связи циклической частоты с периодом колебаний.
5. Дайте определение пружинного маятника.
6. Запишите формулу циклической частоты колебаний пружинного маятника.
7. Запишите формулу периода колебаний пружинного маятника.

**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 1.4 Колебательное движение

### Лабораторная работа 3

#### Определение ускорения свободного падения с помощью нитяного маятника

**Цель работы:** состоит в экспериментальной проверке формулы, связывающей период колебаний маятника с длиной его подвеса и в определении ускорения свободного падения на основе зависимости периода колебаний маятника на подвесе от длины подвеса

**Материальное обеспечение** штатив со штативной лапой и муфтой,

нить с петлями на концах, груз с крючком, линейка, электронный секундомер

**Краткие теоретические сведения:**

Тело, подвешенное на нити, может совершать колебания, период которых определяется формулой:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

где  $l$  – длина подвеса, а  $g$  – ускорение свободного падения.

Нужно помнить, что зависимость периода колебаний от длины, выраженная формулой (1), справедлива лишь для таких маятников, у которых длина подвеса значительно (не менее чем в десять раз) превосходит размер подвешенных грузов (длиной нити следует считать расстояние от точки подвеса до центра тяжести груза).

Из этой формулы следует, например, что период колебаний изменится вдвое при изменении длины подвеса в четыре раза.

Это следствие и проверяют в работе. Поочередно испытывают два маятника, длины подвесов которых отличаются в четыре раза. Каждый из маятников приводят в движение и измеряют время, за которое он совершит определенное количество колебаний. Чтобы уменьшить влияние побочных факторов, опыт с каждым маятником проводят несколько раз и находят среднее значение времени, затраченное маятником на совершение заданного числа колебаний. Затем вычисляют периоды маятников и находят их отношение.

Если груз, подвешенный на нити, колеблется, а его размеры значительно меньше, чем длина нити, то период колебаний может быть определен из формулы:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g} \quad (1),$$

где  $l$  – длина нити (точнее расстояние от точки подвеса до центра тяжести груза),  $g$  – ускорение свободного падения.

Зная период колебаний и длину нити, на основании этой формулы можно определить ускорение свободного падения:

$$g = 4l\pi^2 / T^2 \quad (2)$$

Длину нити измеряют линейкой, а период – по времени  $t$ , за которое маятник совершит определенное количество колебаний  $N$ :  $T=t/N$ .

Причём угол отклонения нити от вертикали при колебаниях груза не должен быть слишком велик (до 5-7 градусов), иначе формула для определения ускорения свободного падения перестает быть верной.

### **Порядок выполнения работы**

1. Установите на краю стола штатив. У его верхнего конца укрепите при помощи муфты кольцо и подвесьте к нему шарик на нити. Шарик должен висеть на расстоянии 3—5 см от пола.
2. Отклоните маятник от положения равновесия на 5—8 см и отпустите его.
3. Измерьте длину подвеса мерной лентой.
4. Измерьте время  $\Delta t$  40 полных колебаний ( $N$ ).
5. Повторите измерения  $\Delta t$  (не изменяя условий опыта) и найдите среднее значение  $\Delta t_{\text{ср}}$ .
6. Вычислите среднее значение периода колебаний  $T_{\text{ср}}$  по среднему значению  $\Delta t_{\text{ср}}$ .
7. Вычислите значение  $g_{\text{ср}}$ .
8. Полученные результаты занесите в таблицу:
9. Сравните полученное среднее значение для  $g_{\text{ср}}$  со значением  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  и рассчитайте относительную погрешность измерения.

### **Контрольные вопросы:**

1. Изменится ли период колебания маятника при перенесении с Земли на Луну?
2. Можно ли при определении периода ограничиться двумя, тремя, десятью колебаниями? В каком случае период будет определяться более точно?
3. Где применяется маятник?
4. Применяется ли маятник в вашей профессии? Если да, то приведите примеры.
5. Что называется механическим колебанием?

6. Какие колебания называются гармоническими?
7. Как определить период колебаний пружинного маятника?
8. Что называется частотой, периодом колебаний? Приведите формулы для их определения.
9. Что называется циклической частотой?
10. Что показывает начальная фаза колебаний?
11. Что такое коэффициент жесткости пружины? Какими двумя способами можно оценить этот коэффициент в данной работе?
12. Какими двумя способами можно оценить максимальное значение возвращающей силы, возникающей при отклонении груза от положения равновесия и стремящейся вернуть груз в первоначальное положение равновесия.

**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 3.2. 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:

$J=Q_n/Q_з$ , где  $J$  – КПД нагревателя,  $Q_n$  – количество теплоты, поглощённое телом,  $Q_з$  – 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.

$C_B$	$\rho_B$	$V_B$	$T_1$	$T_2$	$P$	$t$	К.П.Д.
$\frac{Дж}{кг \cdot K}$	$кг/м^3$	$м^3$	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:**

**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 3.2. Законы постоянного тока

### Лабораторная работа 5 «Исследование зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры»

**Цель работы:** измерять сопротивление проводника омметром; установить зависимость сопротивления 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 « $\Omega$ » 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.

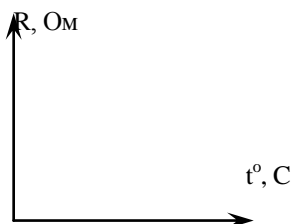
4. Включите шнур плитки в розетку и измерьте сопротивление катушки при различных значениях температуры.

5. Внесите измерения в таблицу.

#### Проводник (медь)

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

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.

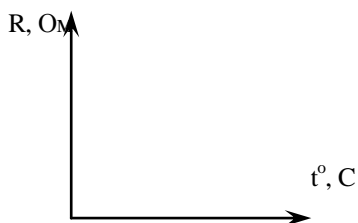
9. Измерьте сопротивление полупроводника при различных значениях температуры.

10. Внесите измерения в таблицу.

#### Полупроводник

$t^{\circ}\text{C}$					
R, Ом					

11. Постройте график  $R(t)$ .



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.

## Тема 3.2. Законы постоянного тока

### 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  $t$  С, а  $R_0$  при  $t=0$ .

Величину  $\alpha = (R - R_0) / (R_0 \cdot t)$  называют температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Численно температурный коэффициент сопротивления показывает относительное изменение сопротивления при нагревании проводника на 10С (1К) и измеряется в 0С<sup>-1</sup> или К<sup>-1</sup>, что одно и то же.

У большинства химически чистых металлов температурные коэффициенты сопротивления близки к 1 / 273 К<sup>-1</sup>, 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 00С.

2. Измерить сопротивление  $R_0$  с помощью омметра.

3. Перенести прибор для определения температурного коэффициента сопротивления в стакан с водой и, нагревая воду, измерять сопротивление  $R$  через каждые 20 - 40 градусов.

4. Вычислить для каждого измерения температурный коэффициент сопротивления по формуле (1).

5. Определить абсолютную ошибку измерения  $\Delta\alpha = |\alpha_{\text{табл}} - \alpha|$ , для меди  $\alpha_{\text{табл}} = 0,0042 \text{ K}^{-1}$ .

6. Определить относительную ошибку измерения  $\delta\alpha = (\Delta\alpha / \alpha_{\text{табл}}) 100\%$ .

7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

8. Построить график зависимости сопротивления  $R$  от температуры  $t$ .

9. Сделать вывод о характере этой зависимости.

Таблица 1

№ опыта	$t(0C)$	$R_0(Ом)$	$R(Ом)$	$\alpha(K^{-1})$	$\Delta\alpha(K^{-1})$	$\delta\alpha(\%)$
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.

## Тема 3.2. Законы постоянного тока

### Лабораторная работа 7

#### Определение температуры нити лампы накаливания

**Цель работы:** определить температуру светящейся нити лампы накаливания. Исследовать экспериментально зависимость электрического сопротивления нити накала лампы от температуры. Результаты представить графически.

**Материальное обеспечение:** источник электропитания ВС-24М, лампа накаливания (6.3 В. или 3.5 В.), вольтметр (до 15 В.), авометр АВО-63, миллиамперметр, реостат лабораторный, соединительные провода.

#### Краткие теоретические сведения:

Зависимость электрического сопротивления  $R_t$  металлов от температуры выражается формулой

$$R_t = R_0(1 + \alpha \cdot t)$$

где  $R_t$  – электрическое сопротивление металлического образца при температуре  $t$ ;  $R_0$  – электрическое сопротивление его при  $0^\circ\text{C}$ ;  $\alpha$  – температурный коэффициент электрического сопротивления для данного вещества. Если известны значения электрического сопротивления образца  $R_0$  при  $0^\circ\text{C}$  и  $R_t$  в нагретом состоянии, а т.ж. температурный коэффициент электрического сопротивления  $\alpha$ , то температуру  $t$  можно вычислить по формуле:

$$t = \left( \frac{R_t}{R_0} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\alpha}$$

Выражая температуру в градусах Кельвина, получаем другую формулу для определения температуры:

$$T = \frac{R_t}{R_0 \cdot \alpha},$$

где  $T$  – абсолютная температура.

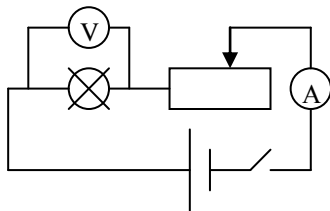
Сопротивление  $R_t$  можно определить, используя показания миллиамперметра и вольтметра, применив закон Ома для участка электрической цепи. Таким образом, для снятия зависимости электрического сопротивления нити лампы накаливания от температуры необходимо измерить напряжение на участке цепи, содержащем лампу, при различных значениях силы тока.

#### Порядок выполнения работы

1. Измерьте сопротивление нити лампы в холодном состоянии с помощью тестера. Это даст возможность вычислить

сопротивление нити при нуле градусов Цельсия. Для вычисления воспользуйтесь значением термического коэффициента  $\alpha_1$ .

2. Соберите цепь согласно схеме.
3. Снимите ВАХ, перемещая движок реостата (минимум 10 замеров). Результаты занесите в таблицу.
4. Вычислите сопротивление и температуру для каждого замера, используя значение термического коэффициента  $\alpha_2$  и вычисленным  $R_0$ .



5. Постройте ВАХ и зависимость  $R = f(t)$ .
6. Сделайте выводы.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Почему электрическое сопротивление металлов зависит от температуры?
2. Каковы основные источники погрешностей измерений в данном эксперименте?
3. Почему в данной работе электрическое сопротивление нити лампы при комнатной температуре можно считать приблизительно равным ее электрическому сопротивлению при  $0^\circ\text{C}$ ?

**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 3.2. Законы постоянного тока

### 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:

$$m_i N = kenN. \text{ Отсюда находим: } e = \frac{mi}{kn}.$$

Затем выражаем значение  $k$  из закона Фарадея для электролиза:  $k = \frac{m}{I\Delta t}$ . Подставляя его в выражение  $e$ , получаем:  $e = \frac{mi}{mn} I\Delta t$ .

#### 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	$1,06 \cdot 10^{-25}$

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

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

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

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.