

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



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ  
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ЕН.03 ФИЗИКА**  
программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности СПО  
**22.02.05 Обработка металлов давлением**

Магнитогорск, 2018

**ОДОБРЕНО**

Предметной комиссией  
Математических и  
естественнонаучных дисциплин  
Председатель: Е.С. Корытникова  
Протокол №6 от 21.02.2018 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 01.03.2018 г.

**Разработчик**

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение.....	4
2 Методические указания.....	6
Практическая работа 1.....	6
Практическая работа 2.....	9
Практическая работа 3.....	13
Практическая работа 4.....	15
Практическая работа 5.....	18
Практическая работа 6.....	23
Практическая работа 7.....	27
Практическая работа 8.....	36
Лабораторная работа №1.....	40
Лабораторная работа №2.....	43
Лабораторная работа №3.....	45
Лабораторная работа №4.....	48
Лабораторная работа №5.....	54
Лабораторная работа №6.....	57
Лабораторная работа №7.....	59
Лабораторная работа №8.....	63

## 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 естественно-научным, 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;

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

ПК 2.6 Производить расчеты энергосиловых параметров оборудования.

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:**

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

#### **Задание:**

1. Можно ли принять Землю за материальную точку при расчете:
  1. расстояния от Земли до Солнца;
  2. пути, пройденного Землей по орбите вокруг Солнца за месяц;
  3. длины экватора Земли?
1. Можно ли принять Землю за материальную точку при расчете:
  1. скорости движения точки экватора при суточном вращении Земли вокруг оси;
  2. скорости движения Земли по орбите вокруг Солнца;
  3. расстояния от экватора до полюса Земли?
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  $4 \text{ м/с}$ ?
2. За какое время автомобиль двигаясь с ускорением  $0,4 \text{ м/с}^2$ , увеличит свою скорость с  $12$  до  $20 \text{ м/с}$ ?
3. Период вращения барабана диаметром  $300 \text{ мм}$  равен  $0,023 \text{ с}$ . Найдите скорость точек, лежащих на ободе барабана, и их центростремительное ускорение.

3. 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 движется по окружности радиуса (рис.1). Начало декартовой системы координат поместим в центр окружности. Тогда положение точки на окружности однозначно определяется углом поворота между осью  $X$  и радиус-вектором точки.

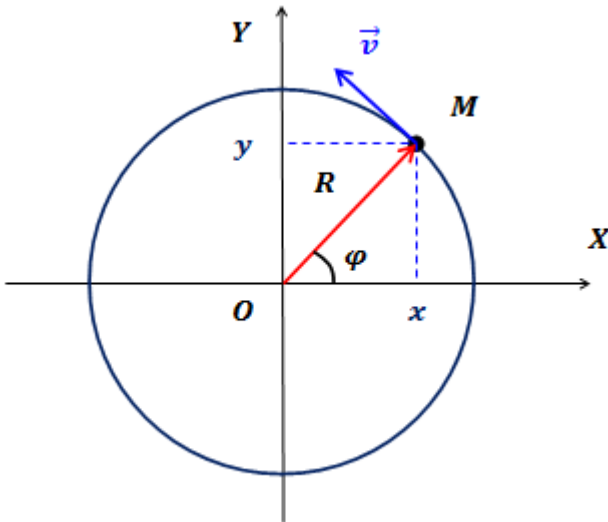


Рис.1. Равномерное движение тела по окружности

Условились положительным считать направление вращения против часовой стрелки..

Декартовы координаты точки однозначно определяются углом поворота точки:

При движении точки по окружности ее координата, то есть угол поворота, изменяется или становится функцией времени. Поэтому закон движения в этом случае — это зависимость угла поворота от времени.

Единицей измерения угла поворота в системе СИ является радиан.

Период вращения — это время, за которое точка совершает один полный оборот по окружности, т.е. поворачивается на угол.

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

### **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, выяснить характер движения (равномерное, равноускоренное, прямолинейное, криволинейное). Выписать числовые значения заданных величин.
2. 2. Сделать схематический чертеж, отображающий описанное в задаче движение. Изобразить на нем траекторию движения, векторы скорости, ускорения, перемещения.
3. 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. 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. 5. Решить составленную систему уравнений относительно искомых величин и получить ответ сначала в аналитическом виде (т.е. получить расчетные формулы).
6. 6. Подставить в расчетные формулы вместо обозначений физических величин обозначения их единиц в СИ, произвести преобразования и убедиться, получаются ли в результате единицы искомых величин. 7. Подставить в расчетные формулы числовые значения физических



величин и произвести вычисления. Оценить реальность полученного результата.

**Форма представления результата:** выполненная самостоятельная 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:**

-посадочные места по количеству обучающихся;

- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

-справочные материалы

**Задание:**

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

1. К центру шара приложена сила  $\vec{F}$  (рис. 2.23). Куда направлено ускорение шара? В каком направлении движется шар?

2. На полу лифта находится тело массой 50 кг. Лифт поднимается так, что за 3 с его скорость изменяется от 8 до 2 м/с. Определите силу давления тела на пол лифта.

3. Тепловоз на горизонтальном участке пути длиной 600 м развивает постоянную силу тяги 147 кН. Скорость поезда возрастает при этом от 36 до 54 км/ч. Определите силу сопротивления движению, считая её постоянной. Масса поезда 1000 т.

4. Жёсткий стержень длиной 1 м с 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.

5. Два груза массами 2 кг и 4 кг, связанные нерастяжимой нитью, поднимают вертикально силой 84 Н, приложенной к первому грузу. Определите ускорение, с которым движутся грузы, и силу натяжения нити.

#### **Краткие теоретические сведения:**

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

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

При действии на тело нескольких сил их можно заменить равнодействующей силой  $F_{\text{р}} \rightarrow$ , 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:** 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:  $\rightarrow F = m \cdot \rightarrow a$ , где  $\rightarrow F$  – 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  $\rightarrow F = m \cdot \rightarrow a$ , где  $\rightarrow F$  – сумма проекций всех

сил, действующих на тело, на радиус вращения. При этом, если проекция силы направлена к центру вращения, ее нужно считать положительной, если от центра - отрицательной.

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

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

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

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

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

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

## Тема 2.1. Основы МКТ Практическая работа 3

Решение задач по теме: «Основное уравнение МКТ, газовые законы».

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

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- решать задачи на параметры идеального газа.

**Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству обучающихся;

- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

- справочные материалы.

**Задание:**

1. Решить задачи:

1. Температура воздуха в комнате изменилась от 7 до 27 °С. На сколько процентов уменьшилось число молекул в комнате?

2. Под каким давлением находится газ в сосуде, если средний квадрат скорости его молекул  $\overline{v^2} = 10^6 \text{ (м/с)}^2$ , концентрация молекул  $n = 3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ , масса каждой молекулы  $m_0 = 5 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ ?

3. В колбе объёмом 1,2 л содержится  $3 \cdot 10^{22}$  атомов гелия. Чему равна средняя кинетическая энергия каждого атома? Давление газа в колбе  $10^5 \text{ Па}$ .

4. Вычислите средний квадрат скорости движения молекул газа, если его масса  $m = 6 \text{ кг}$ , объём  $V = 4,9 \text{ м}^3$  и давление  $p = 200 \text{ кПа}$ .

5. Какое давление рабочей смеси устанавливается в цилиндрах двигателя автомобиля ЗИЛ-130, если к концу такта сжатия температура повышается с 50 до 250°С, а объём уменьшается от 0,75 до 0,12 л? Первоначальное давление равно 80кПа.

2. Ответить на вопросы:

1. Какие явления рассматривает молекулярно – кинетическая теория?

2. Прокомментируйте основные положения МКТ.

3. Какими опытами были доказаны эти положения?

4. Модель какого вещества используется в МКТ? Охарактеризуйте эту модель.

5. Почему газы оказывают давление на стенки сосудов любой формы и размеров? Объясните это с точки зрения модели «идеального газа».

6. Получите основное уравнение МКТ идеального газа.

7. Вывести формулу связи для давления и средней кинетической энергии молекул.

8. Состояния теплового равновесия, характеризуется макроскопической величиной. Что это за величина?
9. Чем удобнее абсолютная шкала температур по сравнению с другими шкалами?
10. Зная температуру  $t$  по шкале Цельсия, как найти температуру по шкале Кельвина?
11. Что понимаете под температурой абсолютного нуля температур?
12. Как правильно выразить с помощью формулы связь между  $E$  и  $T$ ?
13. Из основного уравнения МКТ, вывести уравнение состояния газа. Частные случаи для изотермического, изобарного, изохорного процессов получить из уравнения состояния.
14. Получить в графической форме газовые законы.
15. С помощью каких опытов доказали справедливость молекулярно – кинетической теории?

### 3. Самостоятельное решение.

1. Чему равна молекулярная масса азота? ( $28 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).
2. Найти число молей в 42 граммах азота. (1,5моля)
3. Имеется азот в количестве 42 граммов. Рассчитать число молекул в нем. ( $9 \cdot 10^{23}$  )
4. Изменится ли давление, если концентрация молекул газа увеличилась в 2 раза, а средняя кинетическая энергия движения молекул уменьшилась в 2 раза? (нет)
5. Давление азота в сосуде 100 кПа при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Найти плотность этого газа. (1, 1 кг/ м<sup>3</sup>)
6. Начертите график изменения состояния идеального газа, в ( P,T) координатах.
7. Найти температуру газа в горящей лампе, если давление увеличилось с 80 кПа до 100 кПа после включения лампы. Температура в выключенной лампе была  $7^\circ\text{C}$ . ( $77^\circ\text{C}$ ).
8. Какой объем займут 200 г. водорода, если его сжатость до давления  $2 \cdot 10^5$  Па при температуре  $27^\circ\text{C}$ ?
9. Какова температура азота в баллоне емкостью  $25,6 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, если его масса 1,4 кг, а давление  $35 \cdot 10^5$  Па?
10. Какова плотность кислорода при температуре  $27^\circ$  и нормальном атмосферном давлении?
11. Определите число молей воздуха в комнате  $5 \times 6 \times 3$  м при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении  $10^5$  Па.

### **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:**

Для решения задачи можно рекомендовать следующую последовательность действий:

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

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

### **Тема 2.2. Термодинамика**

#### **Практическая работа 4**

#### **Решение задач по теме: «Работа газа в изопроцессах. Первое начало термодинамики».**

**Цель работы:** научиться определять работу газа при различных изопроцессах, находить внутреннюю энергию газа.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- решать задачи с использованием 1 начала термодинамики в применении к изопроцессам.

#### **Материальное обеспечение:**

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

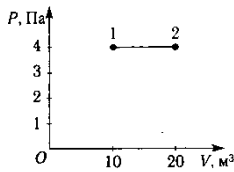
#### **Задание:**

Ответить на вопросы, выбрав правильный ответ:

1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при изотермическом сжатии?



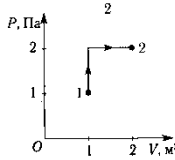
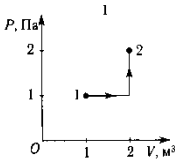
2. А. Увеличивается. Б. Уменьшается. В. Не изменяется. Г. Ответ неоднозначен.



3. 2. Какое выражение соответствует первому закону термодинамики в изохорическом процессе?  
 4. А.  $\Delta U = Q$ . Б.  $\Delta U = A$ . В.  $\Delta U = 0$ . Г.  $Q = -A$ .  
 5. 3. Чему равно изменение

внутренней энергии газа, если ему передано количество теплоты 300 Дж, а внешние силы совершили над ним работу 500 Дж?

6. А. 200 Дж. Б. 300 Дж. В. 500 Дж. Г. 800 Дж.  
 7. 4. Чему равна работа, совершенная газом при переходе из состояния 1 в состояние 2?



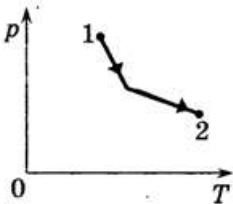
8. А. 10 Дж. Б. 20 Дж. В. 30 Дж. Г. 40 Дж.  
 9. 5. Состояние идеального газа изменилось в соответствии с графиками на  $P$ - $V$  диаграмме. В каком случае изменение внутренней

энергии больше?

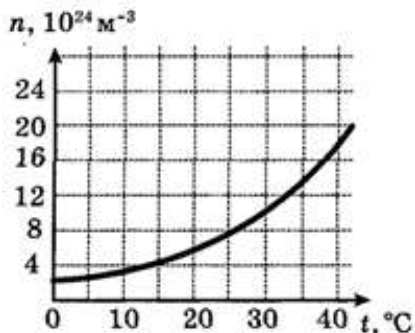
10. А. В первом. Б. Во втором.  
 11. В. В обоих случаях одинаково. Г. Ответ неоднозначен.

Решить задачи:

1. Идеальный газ перевели из состояния с давлением 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.

#### Краткие теоретические сведения:

Применим к газу I начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A$$

где  $Q$  - теплота, сообщенная газу,

$\Delta U$  - изменение внутренней энергии газа,

$A$  - работа, совершенная 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,

$v$  - количество вещества газа,  
 $R$  - мольная газовая постоянная,  
 $T$  - температура газа.

Об увеличении внутренней энергии газа будет свидетельствовать повышение его температуры.

**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 самостоятельная работа.

**Тема 3.2. Законы постоянного тока**  
**Практическая работа 5**  
**Решение задач по теме: «Законы Кирхгофа».**

**Цель работы:** научиться применять законы Кирхгофа для расчета сложных электрических цепей.

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- применять законы Кирхгофа для расчета токов;
- уясните понятия «узел» и «ветвь»;

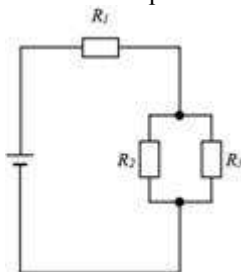
**Материальное обеспечение:** -

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

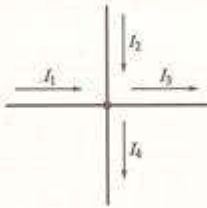
**Задание:**

Решить задачи:

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

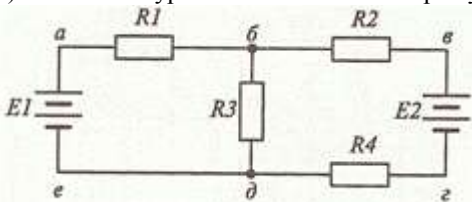


2). Напишите уравнение согласно первому закону Кирхгофа для узла, изображенного на рисунке.

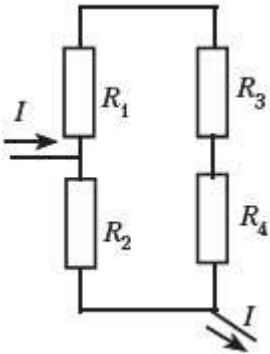


3). Нарисуйте электрический узел, для которого согласно первому закону Кирхгофа составлено следующее уравнение:  $I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 - I_6 = 0$

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



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



**Краткие теоретические сведения:**

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

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

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

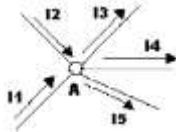


РИСУНОК 1

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

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

$$I_1 + I_2 + (-I_3) + (-I_4) + (-I_5) = 0, \text{ а в общем виде } \sum I = 0, \text{ т.е. алгебраическая}$$

сумма токов в узле равна нулю. При этом токи, направленные от узла, считаются отрицательными.

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

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

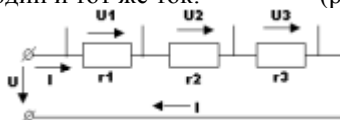


РИСУНОК 2

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

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

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

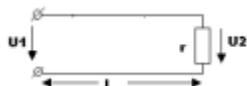


РИСУНОК 3

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

Наличие узла в схеме – это признак параллельного соединения.



РИСУНОК 4

Напряжение на приемниках одинаково и равно положению между узлами:

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

Токи в ветвях распределяются обратно пропорционально сопротивлениям ветвей или прямо пропорционально их проводимостям:

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_3} = g_1 : g_2 : g_3$$

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

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

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

Мощность характеризуется как скорость совершения работы в источнике питания или в приемнике энергии:  $P = \frac{A}{t}$  - общий вид формулы;  $P_{\text{ист}} = E \cdot I$  - мощность источника электрической энергии;  $P_{\text{ист}} = (U + U_0) I = UI + U_0 I$ , где  $P = UI$  - мощность потребителей;  $P_0 = U_0 I = I^2 r_0$  - потеря мощности в источнике.

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

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

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

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

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

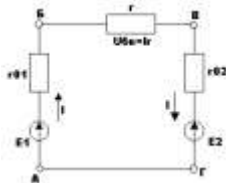
Энергия, получаемая одним кулоном электричества в электрической цепи полностью расходуется потребителями и в соединительных проводах. Такое выражение частного случая всеобщего закона сохранения энергии и называется вторым законом Кирхгофа:  $\sum E = \sum Ir$

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

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

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

Например для контура АБВГА (рис.5), обходя его по направлению движения по часовой стрелке, можно написать:  $E_1 + (-E_2) = Ir_{12} + Ir + Ir_{22}$ .



#### 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 самостоятельная работа.

### Тема 3.3. Магнитное поле

#### Практическая работа 6

**Решение задач по теме: «Магнитное поле и его характеристики, силы в магнитном поле».**



**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.

- применять правило левой и правой рук для определения сил Ампера и Лоренца.

- решать расчетные задачи на формулу силы Ампера и Лоренца.

**Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству обучающихся;

- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

- справочные материалы

**Задание:**

Решить задачи:

1. Прямолинейный проводник длиной 10 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 4 Тл и расположен под углом  $30^{\circ}$  к вектору магнитной индукции. Чему равна сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, если сила тока в проводнике 3 А?
2. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U=400$  В, попал в однородное магнитное поле с индукцией  $B=1,5$  Тл. Определить: 1) радиус  $R$  кривизны траектории; 2) частоту вращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям индукции.
3. Протон со скоростью  $2 \cdot 10^7$  м/с влетает в однородное магнитное поле с индукцией 8 Тл под углом  $45^{\circ}$  к линиям индукции. Найти силу, действующую на протон.
4. Прямолинейный проводник длиной 15 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 4 Тл и расположен под углом  $60^{\circ}$  к вектору магнитной индукции. Чему равна сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, если сила тока в проводнике 2,5 А?
5. Заряженный шарик массой 0,1 мг и зарядом 0,2 мКл влетает в область однородного магнитного поля индукцией 0,5 Тл, имея импульс  $6 \cdot 10^{-4}$  кг·м/с, направленный перпендикулярно линиям магнитной индукции. С какой силой будет действовать магнитное поле на заряженный шарик?
6. Определить силу, с которой однородное магнитное поле действует на проводник длиной 20 см, если сила тока в нем 300 мА, расположенный

под углом 45 градусов к вектору магнитной индукции. Магнитная индукция составляет 0,5 Тл.

7. Проводник с током 5 А находится в магнитном поле с индукцией 10 Тл. Определить длину проводника, если магнитное поле действует на него с силой 20Н и перпендикулярно проводнику.
8. Проводник длиной 0,15 м перпендикулярен вектору магнитной индукции однородного магнитного поля, модуль которого  $B=0,4$  Тл. Сила тока в проводнике 8А.  
Найдите работу, которая была совершена при перемещении проводника на 0,025 м по направлению действия силы Ампера.
9. Определить центростремительную силу, действующую на протон в однородном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл (вектор магнитной индукции перпендикулярен вектору скорости), если радиус окружности, по которой он движется, равен 5 см.
10. С каким ускорением движется электрон в однородном магнитном поле (вектор магнитной индукции перпендикулярен вектору скорости) с индукцией 0,05 Тл, если сила Лоренца, 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.)

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:

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

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

Напряженность магнитного поля:

$$\vec{v} \perp \vec{B}$$

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

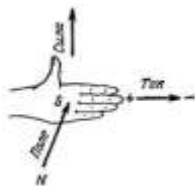
$$F_{Л} = ma_{ц} \Rightarrow$$
$$qBv = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \frac{qBR}{m}$$

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

Магнитное поле соленоида:

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

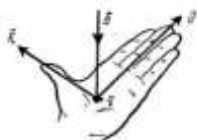
Закон Ампера:  $F_A = BIl \sin \alpha$ .



Направление силы Ампера определяется по правилу «левой руки»:

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

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



Направление силы Лоренца определяется по правилу «левой руки» для положительных зарядов; для отрицательных зарядов - зеркальное отображение. Сила Лоренца всегда перпендикулярна плоскости, в которой находятся векторы  $V$  и  $B \Rightarrow$  сила Лоренца работы не совершает, т.е. не может изменить кинетической энергии свободных зарядов.

#### Порядок выполнения работы:

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

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

## Раздел 4

### Тема 4.1 Электромагнитные колебания .Переменный ток.

#### Практическая работа 7

Решение задач по теме: «Электромагнитные колебания»

**Цель работы:** Сформировать умение применять формулы при решении задач.

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- применять формулы при решении задач по теме,
- решать расчетные задачи на формулу периодического изменения заряда и тока, формулу Томсона.

**Материальное обеспечение:**

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

Незатухающие колебания, возникающие под действием внешней периодически изменяющейся ЭДС  $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$

Процесс, при котором электромагнитное поле периодически изменяется по времени

Описываются величинами, характеризующими электромагнитное поле: напряжение  $U$ , сила тока  $I$ , заряд  $q$ , напряженности электр  $\vec{E}$  и магнитного  $\vec{H}$  полей, магнитная индукция  $\vec{B}$

Последовательное соединение:

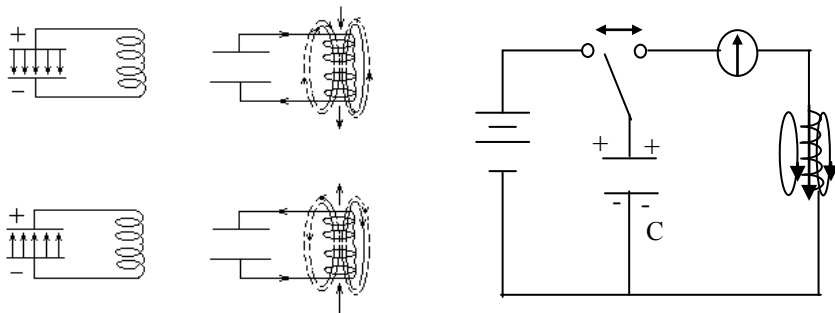
- 1) конденсатора, накапливающего энергию электрического поля;
- 2) катушки накапливающей энергию магнитного поля;
- 3) возникновение свободных колебаний в контуре обусловлено явлением самоиндукции

Колебания силы тока в цепи переменного тока

Закрытый колебательный контур -

Электрическая цепь, состоящая из конденсатора и катушки, в которой энергия электрического поля превращается в энергию магнитного поля и обратно

**Электрическая цепь, состоящая из конденсатора и катушки**



1. Вынужденные колебания. Ключ в «1» – заряжается конденсатор.

2. Собственные колебания. Ключ «2» электрическое поле  $\rightleftharpoons$  магнитное поле. Часть энергии тратится на нагрев проводов  $R \rightarrow Q$  колебания затухающие. Для поддержания незатухающих колебаний переводим ключ «1», затем в «2». Вынужденные – незатухающие колебания

$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C} \text{ – формула Томсона (англ. ф. 1853)}$$

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Преобразование энергии электрического поля в энергию магнитного поля и наоборот по гармоническому закону  $E_{эл} \leftrightarrow E_{м}$

### Актуализация

1. Механические колебания.

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

$x = A \sin \omega t = A \sin \varphi$  – толчком

$x = A \cos \omega t = A \cos \varphi$  – оттягиванием

$v = A \omega \cos \omega t$ ;  $v_{\max} = A \omega$

$a = -A \omega^2 \sin \omega t$ ;  $a_{\max} = A \omega^2$

$A = x_{\max}$ , м

$$\varphi = \frac{t}{T}; \text{ рад};$$

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

$$x(\varphi) = A \sin \varphi$$

$$E_p = \frac{kx^2}{2}; E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, c;$$

$$v = \frac{1}{T} = \frac{n}{t}, \text{Гц}$$

$$\omega = 2\pi v = \frac{2\pi}{T}; \frac{\text{рад}}{c}$$

$\boxed{kA^2 = mv^2}$  – закон сохранения энергии  
 $x = A$   
 $E = E_k + E_p$

$$v = \sqrt{\frac{kA^2}{m}} = A \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Математический маятник:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ ;  $F = ma$

Пружинный маятник:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ ;  $F_{\text{упр}} = -kx$

## 2. Электромагнитные колебания.

$$E_{\text{эл}} = \frac{CU^2}{2}; E_{\text{м}} = \frac{LI^2}{2}$$

$E_{\text{эл}} = E_{\text{м}} \rightarrow \boxed{CU^2 = LI^2}$  – закон сохранения энергии

$$E_{\text{эл-м}} = E_{\text{эл}} + E_{\text{м}}$$

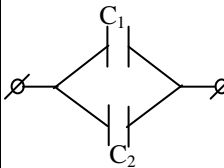
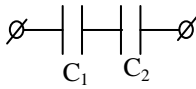
$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{LC}}$$

$$v = \frac{n}{t} = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\omega = 2\pi v = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

резонанс:  $v_0 = v_{\sim} \Rightarrow I_{\text{max}}$

### Соединение конденсаторов

параллельное	последовательное
 $C_{\text{б}} = C_1 + C_2 = nC_i$ $E_c = \frac{qu}{2}$ $q = C \cdot U$	 $\frac{1}{C_{\text{б}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{n}{C_i}$ $C_{\text{б}} = \frac{C_i}{n}$

### Примеры решения задач

1. Уравнение гармонических колебаний точки  $x = 0,4 \cos \pi t$ . Найти амплитуду, период и смещение точки через 0,5 с.

Дано: м. т. $x(t)=0,4\cos\pi t$ $t_1=0,5$ с	$x=A\cos\omega t$ $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$	$A=0,4$ м; $\omega=\pi$ ; $T = \frac{2\pi}{\pi} = 2(с)$ $\nu = \frac{1}{2} = 0,5$ Гц $x(0,5) = 0,4 \cdot \cos\pi \cdot \frac{1}{2} = 0,4\cos\frac{\pi}{2} = 0$
$A=?$ $T=?$ $x(t_1)=?$ $\nu=?$	$\nu = \frac{1}{T}$	

2. Запишите уравнение гармонического колебания маятника, выведенного из положения равновесия, если амплитуда колебаний 5 см и за 1 минуту совершается 120 полных колебаний.

Дано: м. маятник $A=5\text{см}=0,05$ м $t_1=1$ мин=60 с $n=120$ $\varphi_0=0$ $X(t)=?$ уравнение	$x=A\sin\omega t$ $\omega = 2\pi\nu = 2\pi \frac{n}{t_1}$	$\omega = 2\pi \cdot \frac{120}{60} = 4\pi$ рад. $x(t)=0,05\sin 4\pi t$ , м
---	--	--

3. При опытном определении ускорения свободного падения за 5 минут насчитали 150 полных колебаний маятника. Определите значение ускорения свободного падения, если длина маятника 1 м.

Дано: м. маятник $n = 150$ $t = 300$ с $\ell = 1$ м $g = ?$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ ; $T^2 = \frac{4\pi^2\ell}{g}$ $g = \frac{4\pi^2\ell}{T^2}$ ; $T = \frac{t}{n}$	$T = \frac{300}{150} = 2с$ $g = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1}{4} = 9,86 \frac{м}{с^2}$
---	--	---

4. Груз массой 0,4 кг совершает колебания в горизонтальной плоскости на пружине жесткостью 250 н/м. амплитуда колебаний груза 15 см. Найти полную механическую энергию колебаний и наибольшую скорость движения. Трением пренебречь.

Дано: пружинный маятник $m=0,4$ кг $k=250$ н/м $A=0,15$ м	$E_p = \frac{kA^2}{2}$ , $E_k = 0$ , $E=E_p+E_k=E_p$ $m\nu^2 = kA^2 \Rightarrow \nu = A\sqrt{\frac{k}{m}} \cong$	$E = \frac{250 \cdot 0,15^2}{2} = 2,8$ Дж $\nu = 0,15\sqrt{\frac{250}{0,4}} = 0,15 \cdot 25 =$ $= 3,75 \approx 3,8 \frac{м}{с}$
---	--	---

Задания для самостоятельного решения

### Вопросы по теме «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ».

1. Из каких элементов состоит колебательный контур? Могут ли возникнуть колебания в контуре, содержащем конденсатор и резистор? индуктивность и резистор?

2. Какие физические величины изменяются при колебаниях в колебательном контуре?



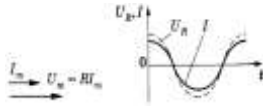
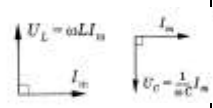
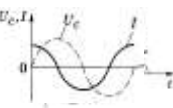
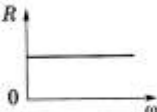
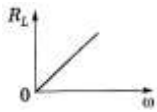
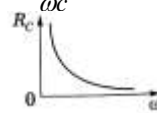
3. Чем отличаются колебания электрического заряда и тока в колебательном контуре? Как по графику изменения заряда со временем построить график зависимости силы тока от времени?
4. От чего зависит период колебаний в контуре? Может ли период колебаний в контуре оставаться постоянным при изменении индуктивности и емкости?
5. Как изменится период колебательного контура, если увеличить

число витков катушки? внести в катушку железный сердечник?

6. Какие превращения энергии происходят в колебательном контуре? Где сосредоточена энергия при свободных колебаниях в контуре через  $1/8$ ,  $1/4$ ,  $1/2$  периода после начала разрядки конденсатора?
7. Могут ли быть свободные колебания в реальном контуре незатухающими?
8. Чем отличаются друг от друга свободные колебания в двух контурах с одинаковыми параметрами, если их конденсаторы были заряжены от батарей с разными ЭДС?
9. Как действующее значение силы тока (напряжения) связано с амплитудным значением? Какое значение силы тока и напряжения измеряют амперметры и вольтметры в цепи переменного тока?
10. На катушку подается одинаковое напряжение — сначала от сети постоянного, а затем переменного тока. В каком случае она нагревается сильнее?
11. Почему в цепи, содержащей конденсатор, может протекать только переменный ток?
12. Допустимо ли в цепь переменного тока напряжением 220 В включить конденсатор, пробойное напряжение которого 250 В?
13. Почему в рамке, равномерно вращающейся в магнитном поле, возникает ЭДС? Чем отличаются промышленные генераторы от простейшей модели-рамки, вращающейся в магнитном поле?
14. Каким образом получают стандартную частоту переменного тока при медленном вращении рамки?
15. Для чего служит трансформатор? Какие его основные части? Каков принцип действия трансформатора?
16. Каким образом производят преобразования напряжения и силы тока в цепях переменного тока? Можно ли совершать такие преобразования в цепях постоянного тока?

Переменный ток, протекающий через:

Приборы	Резистор сопротивлением $R$	Катушку индуктивностью $L$	Конденсатор емкостью $C$
Схема			

Напряжение	$U=U_m \cos \omega t$	$U_L=\omega L Y_m \cos \omega t$	$U_c=\frac{Y_m}{\omega c} \cos \omega t$
Ток	$i=\frac{U}{R}=\frac{U_m}{R} \cos \omega t=Y_m \cos \omega t$	$I=Y_m \cos (\omega t-\frac{\pi}{2}); Y_m=\frac{U_m}{\omega L}$	$I=Y_m \cos (\omega t-\frac{\pi}{2})$
Диаграмма амплитудных значений $Y_m$ $U_m$			
Сдвиг фаз	$\varphi=0$ Y,U изменяется в одинаковых фазах, а эл. энергия расходуется на тепловое действие тока	Напряжение опережает ток на $\varphi=\frac{\pi}{2}=90^0$	Напряжение отстает от тока на $\varphi=\frac{\pi}{2}=90^0$
Сопrotивление 1. формула  2. зависимость сопротивления от частота  3.определение	$R=\frac{\rho_0 l}{S} (1+\alpha t)$   <u>Активное</u> – сопротивление потребителя, преобразующего подводимую к нему энергию в другие виды энергии	$X_L=\omega L$  <u>Индуктивное</u> – сопротивление, обусловленное явлением самоиндукции  Реактивное – сопротивление потребителя, не преобразующего подводимую к нему энергию в другие виды энергии (н-р ракета)	$X_c=\frac{1}{\omega c}$  <u>Емкостное</u> – сопротивление, обусловленное наличием емкости в цепи  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"><math>X=X_n-X_c=\omega L-\frac{1}{\omega c}</math></div> $X_L=X_c$ – резонанс $X_c>X_L$ – ёмкостный
		$X_L>X_c$ – индуктивный характер	

			характер
Мощность $\langle P \rangle = YU \cos \varphi$	$\cos 0 = 1$ ; $\langle P \rangle = Yq \quad Uq = Yq^2 K =$	$\cos 90^\circ = 0$ $P = 0$	$\cos 90^\circ = 0$ $P = 0$
$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$	$\frac{Uq^2}{K}$		
коэффициент мощности	$\langle P \rangle^{1u} = Y_m U_m \cos^2 \omega t$ $t = Y_m^2 R \sin \omega t$ $\langle P \rangle =$		
	$\frac{Y_m^2 R}{2} = \frac{Y_m U_m}{2} = \frac{U_m^2}{2R}$		

Актуализация:

Переменный электрический ток.

$$\text{мгновенные значения} \begin{cases} i = I_m \sin \omega t \\ u = U_m \sin(\omega t + \varphi) \\ e = \varepsilon_m \sin(\omega t + \psi) \end{cases}$$

$U_m$  – максимальное значение

$i$  - мгновенное значение

$U_g$  - действующее значение

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

рамки.

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

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

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

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

$$\text{действующее значение} \begin{cases} I_g = 0,707 \cdot I_m \\ U_g = 0,707 \cdot U_m \\ \varepsilon_g = 0,707 \cdot \varepsilon_m \end{cases}$$

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

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

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

$$E_{\text{потерь}} = k I^2 R t$$

Примеры решения задач

Сила тока в сети изменяется по закону  $i=4,2 \sin \omega t$ . Какое количество теплоты выделит электрокамин за 1 ч работы, если его сопротивление 70 Ом?

Дано:  
электрокамин  
 $i=4,2 \sin \omega t$   
 $t=3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$   
 $R=70 \text{ Ом}$   
 $Q=?$

$$Q=I^2 g R t$$

$$i=I_m \sin \omega t$$

$$I_g = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_m$$

$$I_m=4,2 \text{ А}$$

$$I_g=0,707 \cdot 4,2=3 \text{ А}$$

$$Q=3^2 \cdot 70 \cdot 3,6 \cdot 10^3 \approx 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 2,3 \text{ МДж}$$

Катушка индуктивностью 0,1 Гн и активным сопротивлением 25 Ом включена в сеть промышленного переменного тока со стандартной частотой. Определите ток в катушке, если напряжение на ее вводах 120 В.

Дано: катушка  
 $L=0,1 \text{ Гн}$   
 $R=25 \text{ Ом}$   
 $v=50 \text{ Гц}$   
 $U=120 \text{ В}$

$$I = \frac{U}{X};$$

$$X = \sqrt{R^2 + X_L^2} =$$

$$= \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} =$$

$$= \sqrt{R^2 + (2\pi \nu L)^2}$$

$$X = \sqrt{25^2 + (4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,1)^2} =$$

$$= \sqrt{625 + 986} = \sqrt{1611} = 40,1 \text{ Ом}$$

$$I_g = \frac{120}{40,1} \approx 3 \text{ А}$$

Примерные задания для самостоятельного решения.

Катушка индуктивностью 20 мГн включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определите индуктивное сопротивление катушки.

Конденсатор емкостью  $8 \cdot 10^{-4} \text{ ф}$  включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить силу тока на участке цепи с конденсатором, если сопротивление подводящих проводов 5 Ом, а напряжение на всем участке цепи 12 В.

Определите энергию электрического поля конденсатора емкостью 6 мкФ, если напряжение на его обкладках 400 В.

Определите максимальное и действующее значение переменной ЭДС, возникающей в рамке при ее равномерном вращении в однородном магнитном поле, если при угле поворота рамки на  $45^\circ$  мгновенное значение ЭДС 156 В.

Определите период и частоту собственных электромагнитных колебаний контура, если его индуктивность 1 мГн, а емкость 100 нФ.

Определите силу тока в колебательном контуре в момент полной разрядки конденсатора, если энергия магнитного поля катушки 9,6 мДж, а индуктивность 0,12 Гн.

**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. Ответы на вопросы.

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

## Раздел 5

### Тема 5.1 Электрический ток в различных средах

#### Практическая работа 8

#### Решение задач по теме: «Определение температурного коэффициента меди», «Закон электролиза»

**Цель работы:** Выполнив эту работу, вы расширите знания и умения по измерению электрического сопротивления при различных значениях температуры и научитесь вычислять температурный коэффициент электрического сопротивления, строить график зависимости сопротивления от температуры.

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- решать задачи на формулы электрического сопротивления, температурный коэффициент сопротивления.

#### Материальное обеспечение:

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

#### Краткие теоретические сведения:

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

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

Зависимость электрического сопротивления  $R_t$  металлов от температуры выражается формулой

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

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:

$$t = \left(\frac{R_t}{R_0} - 1\right) \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (2).$$

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

$$T = \frac{R_t}{R_0 \cdot \alpha} \quad (3), \text{ где}$$

$T$  - 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.

### 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  $0^\circ\text{C}$ ?

Величину

$$\alpha = R - R_0 / (R_0 t) \quad (1)$$

называют температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Численно температурный коэффициент сопротивления показывает относительное изменение сопротивления при нагревании проводника на 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.

**Электролизом** называют процесс выделения на электродах веществ, связанный с окислительно-восстановительными реакциями.

Количественные характеристики электролиза определяются законом электролиза (законом Фарадея):

*Масса вещества, выделившегося на электроде, прямопропорциональна заряду, прошедшему через электролит.*

$$m = k \cdot q,$$

где  $m$  – масса вещества, выделившегося на электроде, кг;

$q$  – заряд, прошедший через электролит, Кл;

$k$  – электрохимический эквивалент вещества (характеристика вещества, определяется по таблице),  $\frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$ .

Так как  $I = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow q = I \cdot \Delta t \Rightarrow m = k \cdot I \Delta t$  – закон Фарадея,

где  $I$  – сила тока в электролите, А;

$\Delta t$  – продолжительность электролиза, с.

Величину  $k = \frac{\mu}{F \cdot n}$  называют *электрохимическим эквивалентом*  $[k] = \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$ .

#### Примеры решения задач

1. При серебрении изделия на катод за 30 мин. отложилось серебро массой 4,55 г. Определите силу тока при электролизе. Электрохимический эквивалент серебра  $1,12 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$ .

Дано:

$$m = 4,55 \text{ г} = 4,55 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

Решение:

Запишем закон электролиза Фарадея:

$$\Delta t = 30 \text{ мин.} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$\kappa = 1,12 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Кл}}{\text{Кл}}$$

$$I = ?$$

$$m = \kappa I \Delta t \Rightarrow I = \frac{m}{\kappa \Delta t}$$

$$I \approx 2,26 \text{ А}$$

2. Энергия ионизации атомов ртути равна 10,4 эВ. Какой наименьшей скоростью должен обладать электрон, чтобы произвести ионизацию атома ртути ударом?

<p>Дано:</p> <p><math>W_i = 10,4 \text{ эВ} = 16,64 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}</math></p> <p><math>m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}</math></p> <p><math>v_{\min} = ?</math></p>	<p>Решение:</p> <p><math>1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}</math></p> <p>Для того, чтобы ионизировать атом ртути, электрон должен обладать кинетической энергией <math>E_k</math>, равной энергии ионизации:</p>
---	---

$$E_k = W_i, \text{ или } \frac{mv^2}{2} = W_i,$$

где  $m$  – масса электрона;

$v_{\min}$  – наименьшая скорость электрона, при которой возникает ионизация.

$$\text{Откуда } v_{\min} = \sqrt{\frac{2W_i}{m}}; v_{\min} = 1,9 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

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

### 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.
5. Что такое электролиз, катод, анод?



6. Какие процессы происходят на катоде и аноде?
7. Чем отличается расплав от раствора?
8. Перечислите правила электролиза в растворах.

#### **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 1.1 Кинематика материальной точки.**

#### **Лабораторная работа №1.**

#### **Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника.**

**Цель работы:** Экспериментально определить ускорение свободного падения, сравнить с табличной величиной, сделать вывод по проделанной работе.

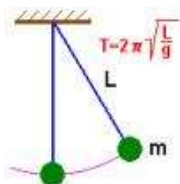
#### Оборудование:

- Часы с секундной стрелкой
- Измерительная лента с погрешностью
- Шарик с отверстием
- Нить
- Штатив с муфтой и кольцом

#### Теоретическая часть:

Для измерения ускорения свободного падения применяются разнообразные гравиметры, в частности маятниковые приборы. С их помощью удается измерить ускорение свободного падения с абсолютной погрешностью порядка  $10^{-5} \text{ м/с}^2$ . В работе используется простейший маятниковый прибор – шарик на нити. При малых размерах шарика по сравнению с длиной нити и небольших отклонениях от положения равновесия период колебания равен

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



Для увеличения точности измерения периода нужно измерить время  $t$  достаточно большого числа  $N$  полных колебаний маятника. Тогда период

$$T = t/N$$

И ускорение свободного падения может быть вычислено по формуле

$$g = \frac{4\pi^2 l \cdot N^2}{t^2}$$

#### Проведение эксперимента:

- Установить на краю стола штатив.
- У его верхнего конца укрепить с помощью муфты кольцо и повесить к нему шарик на нити. Шарик должен висеть на расстоянии 1-2 см от пола.
- Измерить лентой длину  $l$  маятника.
- Возбудить колебания маятника, отклонив шарик в сторону на 5-8 см и отпустив его.
- Измерить в нескольких экспериментах время  $t$  50 колебаний маятника и вычислить  $t_{\text{CP}}$ :

$$t_{\text{CP}} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}$$

Вычислить среднюю абсолютную погрешность измерения времени и результаты занести в таблицу.

$$\Delta t_{\text{CP}} = \frac{|t_1 - t_{\text{CP}}| + |t_2 - t_{\text{CP}}| + \dots + |t_n - t_{\text{CP}}|}{n}$$

№	$t$ , с	$t_{CP}$ , с	$\Delta t$ , с	$\Delta t_{CP}$ , с	$l$ , м
1	59	60	1	1	0,56
2	60		0		
3	60		0		
4	61		1		
5	58		2		
6	62		2		

- Вычислить ускорение свободного падения по формуле

$$g_{CP} = 4\pi^2 \frac{l \cdot N}{t_{CP}^2} = 4\pi^2 \frac{0,56\text{м} \cdot 40^2}{60^2 \text{с}^2} \approx 9,83\text{м/с}^2.$$

Определить относительную погрешность измерения времени .

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1\text{с}}{60\text{с}} \approx 0,017.$$

- Определить относительную погрешность измерения длины маятника

Где  $\Delta l = \Delta l_{Д} + \Delta l_{отс}$   $\varepsilon_l = \frac{\Delta l_{Д} + \Delta l_{отс}}{l} = \frac{0,05\text{м} + 0,05\text{м}}{0,56\text{м}} \approx 0,18$

- Вычислить относительную погрешность измерения  $g$  по формуле

$$\varepsilon_g = \varepsilon_l + 2\varepsilon_T + 2\varepsilon_t$$

$$\varepsilon_g = \varepsilon_l + 2\varepsilon_t = 0,18 + 2 \cdot 0,017 \approx 0,2.$$

- Определить  $\Delta g = g_{CP} \cdot \varepsilon_g$  — результат измерения.

$$\Delta g = g_{CP} \cdot \varepsilon_g \approx 1,97\text{м/с}^2.$$

Таким образом:  $9,83\text{м/с}^2 - 1,97\text{м/с}^2 \leq g \leq 9,83\text{м/с}^2 + 1,97\text{м/с}^2$ .

Вывод: Получается, что ускорение свободного падения, измеренное при помощи маятника, приблизительно равно табличному ускорению свободного падения ( $g=9,81 \text{ м/с}^2$ ) при длине нити 1 метр.

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

### Критерии оценки:

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

## Тема 2.2 Основы термодинамики.

### Лабораторная работа № 2.

#### Определение КПД 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.

**Порядок выполнения работы**

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

Удельная теплоемкость воды, $C$	Плотность воды, $\rho$ ,	Объем воды, $V$	Температура в начале и в конце опыта		Масса воды, $m$	Мощность, $P$	Время нагревания, $t$	К.П.Д.
			$T_1$	$T_2$				
Дж*кг/К	кг/м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	К	К	кг	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:**

**5. 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.

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

**7. 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.

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

## **Тема 2.3 Свойства жидкостей и твердых тел.**

### **Лабораторная работа № 3.**

#### **Определение упругости твердого тела.**

**Цель работы:** определить модуль упругости резины.

Выполнив эту работу, Вы сможете:

- самостоятельно определить абсолютное удлинение упругого тела;
- самостоятельно определить относительное удлинение упругого тела;
- самостоятельно вычислять модуль упругости (модуль Юнга).

**Материальное обеспечение:** полоска резины, грузы, линейка, штангенциркуль, штатив с принадлежностями.

Механические свойства твердого тела рассмотрим на примере деформации растяжения. В любом сечении деформированного тела действуют упругие силы, препятствующие разрыву этого тела на части. Состояние деформированного тела характеризует механическое напряжение:

$$\sigma = \frac{F}{S},$$

где  $\sigma$  – механическое напряжение Па  $\left(\frac{H}{m^2}\right)$ ;

$F$  – сила упругости Н;

$S$  – площадь поперечного сечения, перпендикулярного линии действия силы,  $m^2$ .

*Закон Гука:*

При малых упругих деформациях механическое напряжение  $\sigma$  прямо пропорционально модулю относительного удлинения тела.

$$\sigma = E \cdot |\mathcal{E}|,$$

где  $\mathcal{E}$  – относительное удлинение;

$E$  – модуль упругости (модуль Юнга).

Определим модуль Юнга для резины.

$\ell_0$  – начальная длина резины, м;

$\ell$  – длина резины под действием груза, м;

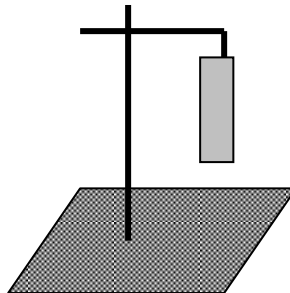
$\Delta\ell$  – абсолютное удлинение  $\Delta\ell = \ell - \ell_0$ .

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad \Rightarrow \quad \frac{F}{S} = E \frac{\Delta\ell}{\ell_0} \quad E = \frac{F \cdot \ell_0}{S \Delta\ell}$$

$$\sigma = E \cdot |\mathcal{E}|$$

*Порядок выполнения работы*

1. Укрепите на штативе полосу резины (см. рис.).



2. Измерьте начальную длину полоски (расстояние между отметками, нанесенными на полоске).

3. Силой, деформирующей полоску, является вес груза, подвешенного на полоске.

$$F=mg,$$

где  $m$  – масса груза, кг,  $g$  – ускорение свободного падения ( $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ ).

4. Измерьте размеры, позволяющие определить площадь поперечного сечения полоски, перпендикулярного линии действия веса груза.

5. Вычислите площадь поперечного сечения полоски.

6. Подвесьте к полоске груз, определите его вес.

7. Измерьте конечную длину полоски (расстояние между отметками, нанесенными на полоске, когда на полоске висит груз).

8. Вычислите модуль упругости резины.

9. Измерения и вычисления внесите в таблицу.

$l_0, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$\Delta l, \text{ м}$	$\xi$	$m, \text{ кг}$	$S, \text{ м}^2$	$F, \text{ Н}$	$E, \text{ Па}$

Вывод:

Внимание! Во избежание травм не допускайте падения груза!

#### Контрольные вопросы

1. Как изменится удлинение проволоки, если не меняя нагрузки, ее заменить другой из того же материала, той же длины, но с вдвое большим диаметром?

2. Какой диаметр имеет стержень, если под действием силы  $2 \cdot 10^3 \text{ Н}$  в нем возникает механическое напряжение  $160 \text{ МПа}$ ?

#### Критерии оценки:

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



чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

2. **Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.
3. **Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.
4. **Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

### **Тема 2.3 Свойства жидкостей и твердых тел Лабораторная работа № 4.**

#### **Изучение сил поверхностного натяжения жидкости (воды).**

**Цель:** определить коэффициент поверхностного натяжения воды методом отрыва капель.

**Материальное обеспечение:** сосуд с водой, шприц, сосуд для сбора капель, весы, разновесы.

#### **Теория.**

Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости

Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости стремится уменьшить потенциальную энергию и сокращается. При этом совершается работа  $A$ :

$A = \sigma \Delta S$ , где  $\sigma$  - коэффициент поверхностного натяжения. Единицы

измерения Дж/м<sup>2</sup> или Н/м

$$\sigma = \frac{A}{\Delta S} \quad \text{или} \quad \sigma = \frac{F}{l}$$

где  $F$  – сила поверхностного натяжения,  $l$  – длина границы поверхностного слоя жидкости. Поверхностное натяжение можно определять различными методами.

В лабораторной работе используется **метод отрыва капль**.

Опыт осуществляют со шприцом или капиллярами, в котором находится исследуемая жидкость. Нажимают на поршень шприца или открывают капилляр так, чтобы из отверстия узкого конца медленно падали капли. Перед моментом отрыва капли сила тяжести  $F_{\text{тяж}} = m_{\text{капли}} \cdot g$  равна силе поверхностного натяжения  $F$ , граница свободной поверхности

$$l = \pi \cdot d$$

Следовательно:

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{m_{\text{капли}} \cdot g}{\pi d_{\text{капли}}}$$

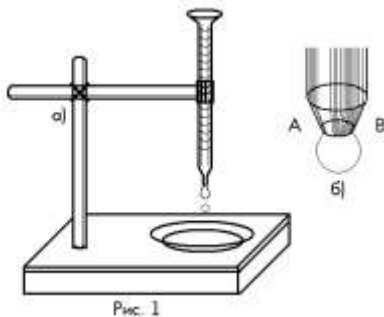
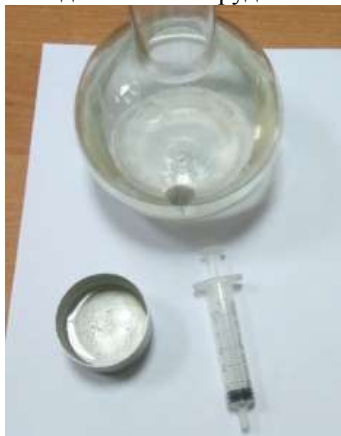
Массу капль можно найти, посчитав количество капль  $n$  и зная массу всех капль  $m$ .

Масса капль  $m$  будет равна массе жидкости в шприце. Зная объем жидкости в шприце  $V$  и плотность жидкости  $\rho$  можно найти массу

$$m = \rho \cdot V$$

**Ход работы.**

1. Подготовьте оборудование: Собрать установку ,изображенную на рисунке 1.



Начертите таблицу:

№ ОПЫ ТА	Масса капель	Число капель	Масса капли	Диаметр канала шприца	Поверхностное натяжение	Среднее значение поверхностног о натяжения	Табличное значение поверхн. натяжения	Относительн ая погрешность
	$m$ , кг	$n$	$m_0$ , кг	$d$ , м		$\sigma$ , Н/м	$\sigma_{\text{ср}}$ , Н/м	
1								
2								
3							0,072	

### Опыт 1

- Наберите в шприц 1 мл воды («один кубик»).
- Подставьте под шприц сосуд для сбора воды и, плавно нажимая на поршень шприца, добейтесь медленного отрывания капель. Подсчитайте количество капель в 1 мл и результат запишите в таблицу.
- Вычислите поверхностное натяжение по формуле

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{m_{\text{подвешенная}} \cdot g}{\pi d_{\text{подвешенная}}}$$

Результат запишите в таблицу.

5. Повторите опыт с 2 мл и 3 мл воды.
6. Найдите среднее значение поверхностного натяжения

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

Результат запишите в таблицу.

7. Сравните полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения с учетом температуры.
8. Определите относительную погрешность методом оценки результатов измерений.

$$\sigma = \frac{\text{табличное} - \text{лабораторное}}{\text{табличное}} * 100\%$$

9. Результат запишите в таблицу.
10. Сделайте вывод.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие силы называются силами поверхностного натяжения?
  2. Объясните причину возникновения сил поверхностного натяжения с молекулярной точки зрения.
  3. Как направлена сила поверхностного натяжения?
  4. При каких условиях капля жидкости принимает форму шара?
  5. Какими физическими явлениями можно объяснить появление радуги.
  6. Можно ли принести воду в решете?
  7. Что называется коэффициентом поверхностного натяжения с энергетической точки зрения. Запишите единицу измерения коэффициента поверхностного натяжения..
  8. Какие явления можно наблюдать на границе жидкости с твердым телом?
  9. Какая величина является главной характеристикой явлений смачивания и несмачивания?
  10. Под действие какой силы поднимается жидкость в капиллярных трубках
1. Почему маленькие капли росы на листьях некоторых растений имеют форму шариков, тогда как листья других растений роса покрывает тонким слоем?
  2. Как объяснить происхождение народной поговорки: «Как с гуся вода»?
  3. Почему, прежде чем покрыть штукатурку масляной краской, предварительно производят грунтовку олифой?

4. Почему острые края стекла при нагревании до плавления становятся закругленными?
5. С помощью узкой трубки выдуйте мыльный пузырь и поднесите другой ее конец к пламени горящей свечи. Почему пламя свечи будет отклоняться при этом в сторону?
6. Какая зубная паста лучше — с большим или малым поверхностным натяжением (при прочих равных условиях)? Почему?
7. Мыльная пленка, затягивающая отверстие воронки, поднимается вверх, если держать воронку отверстием вниз. Почему?
8. Если мыло уменьшает поверхностное натяжение воды, то почему мы выдуваем мыльные пузыри, а не водяные?
9. Вода легче песка. Почему же ветер может поднять тучи песка, но очень мало водяных брызг?
10. Почему волейбольная сетка сильно натягивается после дождя?
11. Какую форму принимает вода в бутылке в космическом корабле?
12. После выхода космического корабля на орбиту оказалось, что в закупоренном чистом стеклянном сосуде с водой весь воздух собрался внутри воды в виде шара. Почему?
13. Приведите примеры проявления капиллярных явлений в природе.
14. Приведите примеры использования капиллярных явлений в быту.
15. Приведите примеры применения капиллярных явлений в технике.

### **Задачи для самостоятельного решения.**

1. С какой силой действует мыльная пленка на проволоку (рис.3), если длина проволоки 5 см? Какую работу надо совершить, чтобы переместить проволоку на 2 см?
2. Положите на поверхность воды спичку и коснитесь воды кусочком мыла по одну сторону вблизи спички. Объясните наблюдаемое явление. Найдите силу, приводящую спичку в движение, если длина спички 4 см.
3. Какова масса капли воды, вытекающей из пипетки, в момент отрыва, если диаметр отверстия пипетки равен 1,2 мм? Считать, что диаметр шейки капли равен диаметру отверстия пипетки.
4. Определить поверхностное натяжение масла, плотность которого  $0,91 \text{ г/см}^3$ , если при пропускании через пипетку  $4 \text{ см}^3$  масла получено 304 капли. Диаметр шейки пипетки 1,2 мм.
5. Какую массу имеет капля воды, вытекающая из стеклянной трубки радиусом 0,5 мм? Считать диаметр капли равным диаметру шейки трубки.
6. Найти высоту столбика воды, поднявшейся по капиллярной трубке диаметром 0,5 мм.

7. Соломинка длиной 8 см плавает на поверхности воды, температура которой 18 °С. По одну сторону от соломинки наливают мыльный раствор, и соломинка приходит в движение. В какую сторону? Какова сила, движущая соломинку?
8. Какую силу надо приложить чтобы с их помощью можно было бы оторвать проволочное кольцо от воды, если диаметр кольца равен 6 см?
9. Капля воды вытекает из вертикальной стеклянной трубки диаметром 1 мм. Найдите массу капли, если температура воды 20 °С.
10. Для определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва капли получили следующие данные: 318 капель жидкости имеют массу 5 г, диаметр шейки капли в момент отрыва равен  $7 \cdot 10^{-4}$  м. Найдите по этим данным коэффициент поверхностного натяжения жидкости.
11. С помощью пипетки отмерили 152 капли минерального масла. Их масса оказалась равной 1820 мг. Найдите коэффициент поверхностного натяжения масла, если диаметр шейки пипетки 1,2 мм.
12. В капиллярной трубке радиусом 0,5 мм жидкость поднялась на 11 мм. Найдите плотность данной жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения 22 мН/м.
- Проволочная рамка затянута мыльной пленкой. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть пленку, увеличив ее поверхность на  $6,0 \text{ см}^2$  с каждой стороны?
13. Спирт поднялся в капиллярной трубке на 1,2 см. Найдите радиус трубки.
14. Чем объяснить, что соломенная кровля на крыше, состоящая из отдельных стебельков, между которыми имеется множество скважин, надежно защищает от дождя?
15. Если на поверхности воды положить нитку и с одной стороны от нее капнуть эфиром, то нитка будет перемещаться. Почему это происходит? В какую сторону перемещается нитка? Коэффициент поверхностного натяжения эфира  $\sigma = 0,017 \text{ Н/м}$ .

### Критерии оценки:

- 1. Оценка «5» (отлично)** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.
- 2. Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

3. **Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.
4. **Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

### Тема 3.3 Магнитное поле Лабораторная работа № 5.

#### Исследование явления электромагнитной индукции.

##### Цель:

- исследовать зависимость силы индукционного тока от скорости изменения магнитного потока;
- исследовать зависимость ЭДС индукции от модуля скорости движения проводника, его длины и модуля магнитной индукции;
- проверить экспериментально правило Ленца.

**Материальное обеспечение:** две проволочные катушки разного диаметра, миллиамперметр, два магнита, источник тока, реостат, ключ, длинный проводник.

Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в замкнутом проводнике при изменении магнитного потока через площадь контура проводника.

Закон электромагнитной индукции:

ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

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

Основываясь на законе сохранения энергии, русский физик Э.Х. Ленц предложил правило, по которому определяется направление индукционного тока: индукционный ток, возникающий в замкнутом пространстве, направлен так, что создаваемый им магнитный поток через площадь, ограниченную контуром, стремится препятствовать тому изменению потока, которое вызывает данный ток.

#### *Порядок выполнения работы*

1. Подключите катушку-моток к зажимам миллиамперметра.

2. Вставляйте и вынимайте дугообразный магнит из катушки с различной скоростью и для каждого случая замечайте максимальную силу индукционного тока.

В каком случае скорость изменения магнитного потока через катушку, соединенную с миллиамперметром, была больше: при медленном или быстром движении магнита? Что можно сказать о зависимости силы индукционного тока и ЭДС индукции от скорости изменения магнитного потока через катушку?

3. Надевайте и снимайте катушку с полюса дугообразного магнита с различной скоростью. Для каждого случая замечайте максимальную силу индукционного тока.

Зависит ли ЭДС индукции, возникающая в проводнике, движущемся в магнитном поле, от модуля скорости проводника?

4. Надевайте и снимайте с полюса дугообразного магнита примерно с одной и той же скоростью и замечайте максимальную силу индукционного тока. Затем опыт повторите с двумя магнитами (полосовым и дугообразным сложенными вместе одноименными полюсами, рис.).

Зависит ли ЭДС индукции, возникающая в проводнике, движущемся в магнитном поле, от модуля вектора магнитной индукции?

5. Наденьте катушку на полюс дугообразного магнита и двигайте ее с одной и той же по модулю скоростью под разными углами к линиям магнитной индукции поля магнита. Для каждого движения катушки замечайте максимальную силу индукционного тока.

Зависит ли ЭДС индукции, возникающая в проводнике, движущемся в магнитном поле, от угла, под которым он пересекает линии магнитной индукции?

6. Подключите к зажимам миллиамперметра вместо катушки-мотка длинный проводник, свернутый в несколько витков. Надевая и снимая витки провода с полюса дугообразного магнита, замечайте максимальную силу индукционного тока. Сравните ее с максимальной силой индукционного тока, полученной в опыте с тем же магнитом и катушкой-мотком.

Зависит ли ЭДС индукции, возникающая в проводнике, движущемся в магнитном поле, от длины проводника?

7. Наденьте катушку на южный полюс магнита, а потом на северный полюс магнита и для каждого случая замечайте направления стрелки миллиамперметра.

Определите направление вектора магнитной индукции. В каждом опыте сделайте вывод.

8. Соберите электрическую цепь, в которой последовательно соедините проволочную катушку меньшего диаметра, реостат, ключ и источник тока.

9. Вставьте одну катушку в другую, соединенную с миллиамперметром.

Наблюдайте показания миллиамперметра в моменты замыкания и размыкания ключа.



Как уменьшилась сила тока в малой катушке? Почему в большей катушке появился электрический ток?

10. Замкните ключ и наблюдайте показания миллиамперметра.

Почему спустя короткое время стрелка миллиамперметра устанавливается на нулевое деление?

11. Перемещая движок реостата влево и вправо, наблюдайте показания миллиамперметра.

12. Сделайте и запишите общий вывод в тетрадь.

#### Контрольные вопросы

1. Как изменялся магнитный поток через катушку:

2. Магнитный поток через контур за 50 мс равномерно уменьшился от 10 мВб до 0 мВб. Определите значение ЭДС в контуре в это время.

3. В металлическое кольцо в течение первых двух секунд вдвигают магнит, в течение следующих двух секунд магнит оставляют неподвижным вокруг кольца, в течение последующих двух секунд его вынимают из кольца. В какие промежутки времени в катушке течет ток?

4. Круглый проволочный виток площади  $2 \text{ м}^2$  расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного поля. Величина вектора магнитной индукции равна 0,04 Тл. За время 0,01 с магнитное поле равномерно спадает до нуля. Чему равна ЭДС индукции, возникающая в витке:

#### Критерии оценки:

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

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

#### Тема 4.1 Колебания и волны.

##### Лабораторная работа № 6.

#### Исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы и жесткости пружины.

**Цель работы:** выяснить, как зависит период колебаний нитяного маятника от массы и жесткости пружины.

**Материальное обеспечение:** штатив с муфтой и лапкой, пружина, набор грузов, часы с секундной стрелкой или метроном.

#### *Ход работы.*

##### **Задание 1.**

#### *Исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы $T(m)$ .*

1. Закрепить пружину в штативе и подвесить к ней один груз.
2. Определите время  $t$  20 полных колебаний.
3. Вычислите период колебания по формуле  $T=t/N$ , где  $N$  – число полных колебаний.
4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.
5. Увеличьте массу груза и проделайте пункты 2,3,4.
6. Постройте график зависимости  $T(m)$ .

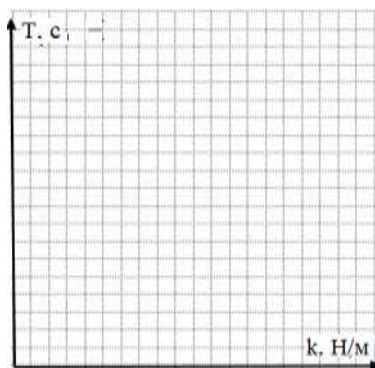
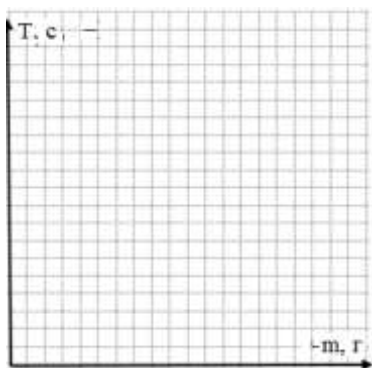
##### **Задание 2.**

#### *Исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от жесткости пружины $T(k)$ .*

1. Закрепить пружину в штативе и подвесить к ней один груз.
2. Определите время  $t$  20 полных колебаний.
3. Вычислите
  - период колебания по формуле  $T=t/N$ , где  $N$  – число полных колебаний.
  - Коэффициент жесткости, выразив его из формулы  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

- Измените жесткость пружины (замените пружину) и проделайте пункты 2,3,4.
- Постройте график зависимости  $T(k)$ .

Задание 1					Задание 2				
№ опыта	$m, \text{ кг}$	$t, \text{ с}$	$N$	$T, \text{ с}$	№ опыта	$t, \text{ с}$	$N$	$T, \text{ с}$	$k, \text{ Н/м}$
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				



Сделайте вывод о том, как зависит период колебаний груза от массы подвешенного груза и от жесткости пружины.

#### Контрольные вопросы и задачи.

- Что представляет собой пружинный маятник?
- В каких единицах в системе СИ измеряется и как обозначается: *жесткость, период*.
- В каком положении маятника скорость будет максимальной?
- В каком положении маятника скорость равна нулю.
- Установите соответствие символов обозначения физических величин.

- |                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| 1) амплитуда;           | а) $\varphi$ ;  |
| 2) циклическая частота; | б) $F$ ;        |
| 3) фаза;                | в) $L$ ;        |
| 4) период;              | г) $C$ ;        |
| 5) скорость;            | д) $A$ ;        |
| 6) сила;                | е) $\upsilon$ ; |
| 7) индуктивность;       | ж) $\omega$ ;   |
| 8) емкость              | з) $T$          |
1. При опытном определении ускорения свободного падения за 5 минут насчитали 150 полных колебаний маятника. Определите значение ускорения свободного падения, если длина маятника 1 м.
  2. Груз массой 0,4 кг совершает колебания в горизонтальной плоскости на пружине жесткостью 250 н/м. амплитуда колебаний груза 15 см. Найти полную механическую энергию колебаний и наибольшую скорость движения. Трением пренебречь.
  3. Определите жесткость пружины, если груз массой 100 кг качается на пружине с частотой 2 Гц.
  4. Найти массу груза, который на пружине, жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.

#### Критерии оценки:

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

правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

## Тема 5.1 Электрический ток в различных средах.

### Лабораторная работа № 7.

#### Определение электрического заряда методом электролиза.

##### Цель работы:

**Материальное обеспечение:** источник постоянного тока, кювета с электродами из набора «Электролит», вольтметр лабораторный, резистор, весы с гирями или электронные, ключ, соединительные провода, раствор медного купороса, секундомер (или часы с секундной стрелкой).

##### *Ход работы*

Для определения заряда электрона можно воспользоваться законом электролиза Фарадея

$$e = \frac{M * I * \Delta t}{m * n * N_a}$$

где:

$m$  — масса вещества, выделившегося на катоде;

$M$  — молярная масса вещества;

$n$  — валентность вещества;

$e$  — заряд электрона;

$N_a$  — постоянная Авогадро;

$I$  — сила тока в электролите;

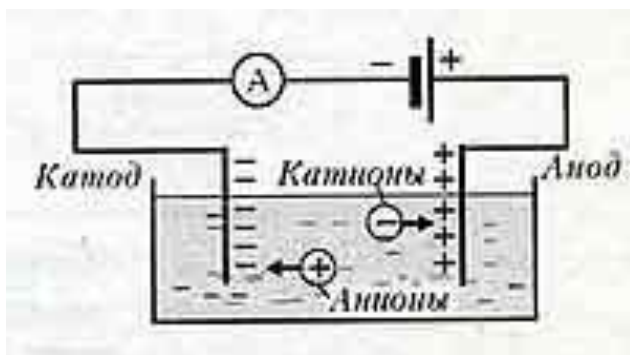
$\Delta t$  — время прохождения тока через электролит.

Из этой формулы видно, что для достижения цели работы необходимо знать молярную массу вещества, выделившегося на катоде, его валентность и постоянную Авогадро. Кроме того, в ходе опыта нужно измерить силу тока и время его протекания, а после окончания электролиза — массу вещества, выделившегося на катоде.

Для проведения опыта используется насыщенный водный раствор медного купороса, который наливают в кювету с двумя медными электродами. Один электрод жестко закреплен в центре кюветы, а другой (съемный) — на ее стенке.

В водном растворе происходит диссоциация молекул не только медного купороса ( $\text{CuSO}_4 = \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ), но и воды ( $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ), хотя и в слабой степени. Таким образом, в водном растворе  $\text{CuSO}_4$  содержатся как положительные ионы  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{H}^+$ , так и отрицательные ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{OH}^-$ . Если между электродами создать электрическое поле, то положительные ионы начнут двигаться к катоду, а отрицательные — к **аноду**. К катоду подходят ионы  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{H}^+$ , но разряжаются не все из них. Это объясняется тем, что атомы меди и водорода легко переходят в положительно заряженные ионы, теряя свои внешние электроны. Но ион меди легче присоединяет электрон, чем ион водорода. Поэтому на катоде разряжаются ионы меди.

К аноду будут двигаться отрицательные ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{OH}^-$ , но ни один из них разряжаться не будет. При этом медь начнет растворяться. Это объясняется тем, что атомы меди легче отдают электроны во внешний участок электрической цепи, чем ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{OH}^-$ , став положительными ионами, будут переходить в раствор:  $\text{Cu} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ .



Таким образом, при подключении электродов к источнику постоянного тока в растворе медного купороса возникнет направленное движение ионов, следствием которого будет выделение на катоде чистой меди.

Для того чтобы слой выделившейся меди был плотным и хорошо удерживался на катоде, электролиз рекомендуется проводить при небольшой силе тока в растворе. А так как это приведет к большой погрешности измерения, то вместо лабораторного амперметра в работе используют резистор и вольтметр. По показанию вольтметра  $U$  и сопротивлению резистора  $R$  (оно указано на его корпусе) определяют силу тока  $I$ . Принципиальная схема экспериментальной установки показана на рисунке 12.

Сила тока в электролите в ходе опыта может изменяться, поэтому в формулу для определения заряда подставляют ее среднее значение  $I_{\text{ср}}$ . Среднее значение силы тока определяют, записывая через каждые 30 с показания вольтметра на протяжении всего времени наблюдения, затем их суммируют и полученное значение делят на число замеров. Так находят  $U_{\text{ср}}$ . Затем по закону Ома для участка цепи находят  $I_{\text{ср}}$ . Записи результатов измерений напряжения удобнее заносить во вспомогательную таблицу.

Время протекания тока измеряют секундомером.

### **ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ**

1. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для определения заряда электрона методом, используемым в данной работе. С помощью каких измерительных приборов будут проведены измерения? Определите и запишите границы абсолютных погрешностей этих приборов.
2. Определите и запишите границы абсолютных погрешностей отсчета при использовании механического секундомера, вольтметра и весов.
3. Запишите формулы для работы
4. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений, погрешностей и вычислений.

Подготовьте вспомогательную таблицу для записи показаний вольтметра.

### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Определите на весах массу съемного электрода.

2. Закрепите электрод на кювете и соберите электрическую цепь, показанную на рисунке. Проследите, чтобы съемный электрод оказался подключенным к отрицательному полюсу источника напряжения.
  3. Заполните кювету раствором медного купороса, замкните ключ и через каждые 30 с на протяжении 15 мин записывайте показания вольтметра.
  4. Через 15 мин разомкните ключ, разберите цепь, снимите электрод, высушите и определите его массу вместе с осевшей на нем медью.
  5. Вычислите массу выделившейся меди:  $m$ — и границу абсолютной погрешности ее измерения.
  6. Вычислите среднее значение напряжения на резисторе  $U_{ср}$  и среднее значение силы тока в электролите  $I_{ср}$ .
  7. Вычислите электрохимический эквивалент меди.
  8. Вычислите заряд электрона  $e$ .
  9. Вычислите границу абсолютной погрешности определения заряда электрона  $\Delta e$ .
  10. Запишите результат определения заряда с учетом границы абсолютной погрешности.
- Сделайте вывод по проделанной работе.

### **Контрольные вопросы и задания.**

1. Почему время протекания тока в электролите влияет на погрешность результата измерения заряда электрона?
2. Как концентрация раствора влияет на результат измерения заряда электрона?
3. Чему равна валентность меди?
4. Чему равна молярная масса меди?
5. Чему равна постоянная Авогадро?

### **Тема 5.3 Электрический ток в различных средах.**

#### **Лабораторная работа 8.**

#### **Определение температурного коэффициента меди.**

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



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

**Краткие теоретические сведения:**

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

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

Величину  

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

называют температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Численно температурный коэффициент сопротивления показывает относительное изменение сопротивления при нагревании проводника на 10С (1К) и измеряется в 0С<sup>-1</sup> или К<sup>-1</sup>, что одно и тоже.

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  $\Delta\alpha = | \alpha_{табл} - \alpha |$ , для меди  $\alpha_{табл} = 0,0042$  К<sup>-1</sup>.
6. Определить относительную ошибку измерения  $\delta\alpha = (\Delta\alpha / \alpha_{табл}) 100\%$ .
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

№	t (0C)	R0(Ом)	R(Ом)	$\alpha$ (К <sup>-1</sup> )	$\Delta\alpha$ (К <sup>-1</sup> )	$\delta\alpha$ (%)
---	--------	--------	-------	-----------------------------	-----------------------------------	--------------------

опыта						
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.