

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 ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

по учебной дисциплине
ФИЗИКА

для студентов специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация
электрооборудования промышленных и гражданских зданий
базовой подготовки

Магнитогорск, 2018

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

Методической комиссией МпК
Протокол №4 от 01.03.2018 г.

Составитель :
преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» МпК Наталья Витальевна Корнеева/

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «ФИЗИКА».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 08.02.09 и овладению общими компетенциями.

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на формирование общих и профессиональных компетенций по программе подготовки специалистов среднего звена по специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ	5
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	8
Практическое занятие 1	8
Практическое занятие 2	13
Практическое занятие 3	16
Практическое занятие 4	20
Практическое занятие 5	23
Практическое занятие 6	26
Практическое занятие 7	32
Практическое занятие 8	30
Практическое занятие 9	41
Практическое занятие 10	49
Практическое занятие 11	48
Практическое занятие 12	50
Практическое занятие 13	54
Практическое занятие 14	57
Практическое занятие 15	61
Практическое занятие 16	66
Практическое занятие 17	70
Лабораторное занятие 1	75
Лабораторное занятие 2	78
Лабораторное занятие 3	80
Лабораторное занятие 4	80
Лабораторное занятие 5	82
Лабораторное занятие 6	83
Лабораторное занятие 7	86
Лабораторное занятие 8	88
Лабораторное занятие 9	91
Лабораторное занятие 10	93
Лабораторное занятие 11	95
Лабораторное занятие 12	97
Лабораторное занятие 13	99
Лабораторное занятие 14	101
Лабораторное занятие 15	103
Лабораторное занятие 16	106
Лабораторное занятие 17	108
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ	110

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

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

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

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

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

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

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

У2 применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ, практического использования физических знаний;

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

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

ПК 3.1. Организовывать и производить монтаж воздушных и кабельных линий с соблюдением технологической последовательности.

ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение правил техники безопасности при выполнении электромонтажных и наладочных работ

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

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

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

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

2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Разделы/темы	Темы практических/лабораторных занятий	Количество часов	Требования ФГОС СПО (уметь)
Раздел 1. МЕХАНИКА		20	
1.1 ТЕМА 1.1. КИНЕМАТИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ	Практическая работа №1 «Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Движение по окружности»	2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 1.2. ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ НЬЮТОНА	Лабораторная работа №1 «Изучения условия равновесия рычага». Практические работы №2 «Движение тел под действием нескольких сил» №3 «Законы статики»	2 2 2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 1.3 ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ	Лабораторная работа №2 «Определение КПД при подъёме тела по наклонной плоскости». Практическая работа №4 Решение задач по теме «Законы сохранения в механике»	2 2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 1.4 КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ	Лабораторные работы №3 «Определение зависимости периода колебаний от массы груза» №4 «Определение зависимости периода колебаний от жесткости пружины» №5 «Определение ускорения свободного падения с помощью нитяного маятника» Практическая работа №5 «Гармонические колебания»	2 2 2 2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
РАЗДЕЛ 2 ЭЛЕМЕНТЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ		8	
ТЕМА 2.1. ОСНОВЫ МКТ	Лабораторная работа № 6 «Определение числа молекул в металлическом теле» Практическая работа №6 Решение задач по теме «Уравнение состояния идеального газа и его применение к изопроцессам»	2 2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 2.2. ТЕРМОДИНАМИКА	Лабораторная работа №7 «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости». Практическая работа № 7 «Применение первого начала термодинамики к изопроцессам в газах», «Уравнение	2 2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2

	теплового баланса», «КПД тепловых двигателей».		
РАЗДЕЛ 3 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА		34	
ТЕМА 3.1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА	Практические работы: №8 «Закон Кулона. Взаимодействие зарядов. Принцип суперпозиции электрических полей». №9 «Конденсаторы и виды их соединения»	2 2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 3.2. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА	Лабораторные работы: № 8«Смешанное соединение потребителей" № 9 «Определение коэффициента полезного действия электрического нагревателя». № 10«Исследование зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры» № 11«Определение температурного коэффициента меди» № 12 «Определение температуры нити лампы накаливания» № 13«Определение элементарного заряда методом электролиза» №14 «Мощность тока в проводниках при параллельном и последовательном соединении» Практические работы: №10 «Смешанное (комбинированное) соединение проводников» №11 «Работа тока. Тепловое действие тока. Закон Джоуля-Ленца». № 12 «Законы Кирхгофа».	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	У1, У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 3.3. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ	Практическая работа № 13 «Магнитное поле и его характеристики, сила Ампера, сила Лоренца»	2	У1, У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 3.4 ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	Лабораторная работа № 15 «Изучение явления электромагнитной индукции» Практическая работа №14 «ЭДС индукции и самоиндукции. Индуктивность»	2 2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 3.5 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ	Лабораторная работа №16 «Изучение устройства и принципа работы генератора переменного тока». Практическая работа №15 «Электромагнитные колебания в сети переменного тока»	2 2	У1, У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2

Раздел 4 КВАНТОВАЯ ФИЗИКА		6	
ТЕМА 4.1 КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	Практическая №16 Решение задач по теме «Тепловое излучение»	2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ТЕМА 4.2 АТОМНОЕ ЯДРО	Лабораторная работа №17 «Изучение треков заряженных частиц» Практическая работа №17 «Закон радиоактивного распада»	2 2	У2, У3; У 01.2; У 01.3; У 01.5; У 07.2
ИТОГО		68	

3 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 работы: научиться различать движение тела под углом к горизонту и движения по окружности от других видов механического движения, рассчитывать основные параметры материальной точки, движущейся под углом к горизонту и о окружности.

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Задание

1. Используя формулы для расчёта параметров движения тел под углом к горизонту и по окружности, решить задачи.
2. Проанализировать особенности параметров движения тел, движущихся од углом к горизонту и по окружности.

Краткие теоретические сведения

Траектория – линия, описываемая движущимся телом.

Путь (ℓ) – расстояние между двумя геометрическими точками, отсчитанное вдоль траектории движения тела.

Перемещение– вектор, соединяющий начальное и конечное положения тела.

Тело отсчёта – тело, относительно которого рассматривают положение других тел.

Система отсчёта – тело отсчёта, с которым жёстко связаны система координат, часы и метр.

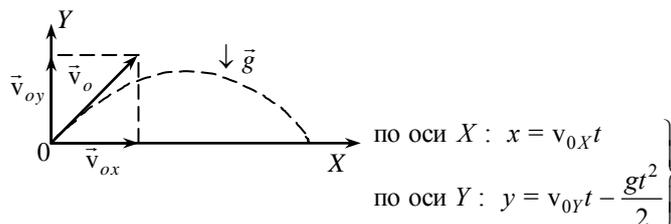
Материальная точка – тело, размерами которого можно пренебречь.

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Пусть тело брошено из начала координат под углом к горизонту с начальной скоростью \vec{v}_0 .

Из графика видно, что $\vec{v}_0 = \vec{v}_{0X} + \vec{v}_{0Y}$ (двумерное движение можно рассматривать, как наложение друг на друга двух одномерных – по осям X и Y).



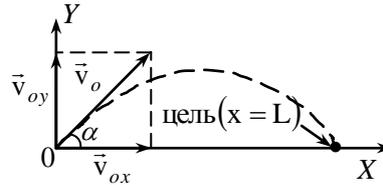
Из $t = \frac{x}{v_{0X}}$ \Rightarrow $y = v_{0Y} \cdot \frac{x}{v_{0X}} - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_{0X}^2}$ или

$$y = -\frac{g}{2 \cdot v_{0X}^2} \cdot x^2 + \frac{v_{0Y}}{v_{0X}} \cdot x$$

Это уравнение параболы $y = ax^2 + bx + c$, где $a = -\frac{g}{2 \cdot v_{0X}^2}$; $b = \frac{v_{0Y}}{v_{0X}}$; $c=0$.

Движение снаряда

Задача баллистики – попадание снаряда в цель. Дано – начальная скорость снаряда v_0 , найти – зависимость дальности полета L снаряда от угла α наклона ствола пушки.



Уравнение траектории $y = -\frac{g}{2 \cdot v_{0X}^2} \cdot x^2 + \frac{v_{0Y}}{v_{0X}} \cdot x$ (п. 1.2.3.1)

В момент приземления $x = L; y = 0$: $0 = -\frac{g}{2 \cdot v_{0X}^2} \cdot L^2 + L \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

$$\frac{g}{2 \cdot v_{0X}^2} \cdot L = \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow L = \frac{2 \cdot v_{0X}^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{g} = \frac{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}}{g} = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha$$

$L = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha$. При $\sin 2\alpha = 1$, т. е. $\alpha = 45^\circ$ $L = L_{\max}$.

Равномерное движение по окружности Пусть тело движется по окружности радиуса R с постоянной по значению скоростью v (линейной скоростью) и за время Δt переместилось на $\Delta \vec{S}$ из т. А в т. В. Вектор \vec{v} направлен по касательной к окружности и меняет направление, т.е. можно говорить об изменении скорости $\Delta \vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$, отличном от нуля. Отсюда: $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \neq \vec{0}$.

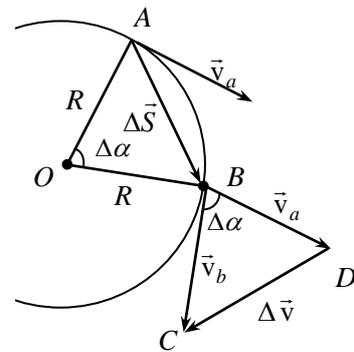
Центростремительное ускорение (\vec{a}) – скорость изменения направления вектора скорости.

Определим $|\vec{a}_{\text{cp}}| = a_{\text{cp}}$.

Из подобия треугольников OAB и CBD $\Rightarrow \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta S}{R} \Rightarrow \Delta v = \frac{v \cdot \Delta S}{R}$.

$a_{\text{cp}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v \cdot \Delta S}{R \Delta t}$; при $\Delta t \rightarrow 0$ $a_{\text{cp}} \rightarrow a$

и $\frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow v \Rightarrow a = \frac{v^2}{R}$.



При $\Delta t \rightarrow 0$ $\Delta \vec{v} \perp \vec{v} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{v}$, вектор \vec{a} направлен по радиусу к центру окружности.

Период обращения точки по окружности (T) – время, за которое точка описывает одну окружность.

$T = \frac{2\pi R}{v}$ $[T] = 1 \text{ с}$

Из $a = \frac{v^2}{R}$ и $v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow a = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot R$.

Частота обращения точки по окружности (ν) – количество полных оборотов, совершаемых точкой в единицу времени.

$$\nu = \frac{1}{T} \quad [\nu] = 1 \frac{1}{c}; \quad \nu = \frac{v}{2\pi R} \quad a = 4\pi^2 \nu^2 R.$$

Угловая скорость обращения точки по окружности (ω) – скорость изменения угла поворота $\Delta\alpha$ радиуса R , соединяющего точку с центром окружности.

$$\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} \quad [\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{c}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = 2\pi\nu; \quad \omega = 2\pi \frac{v}{2\pi R} = \frac{v}{R} \Rightarrow \nu = \frac{\omega R}{2\pi}; \quad \nu = \frac{\omega R}{2\pi};$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} \Rightarrow a = \omega^2 R.$$

- Центробежное ускорение тела на экваторе, обусловленное вращением Земли, $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 0,034 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, где $T = 24$ часа = $8,64 \cdot 10^4$ с; $R = 6370 \text{ км} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$.

Искусственные спутники Земли

Спутники обращаются вокруг Земли с ускорением $g = \frac{v^2}{R} = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Тогда у поверхности Земли

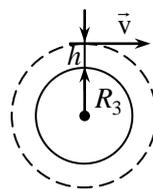
$$v_{1к} = \sqrt{gR_3} = 7,9 \frac{\text{км}}{\text{с}} \text{ – первая космическая скорость, где } R_3 = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м – радиус Земли. Период}$$

$$\text{обращения спутника } T = \frac{2\pi R_3}{v} = \frac{40000}{7,9} = 5060 \text{ с} = 84 \text{ мин.}$$

- Первую космическую скорость вычислил ещё Ньютон. Он писал, что если выстрелить с вершины горы из пушки со скоростью 8 км/с, то ядро не упадёт, а будет обращаться вокруг Земли.

Зная закон всемирного тяготения и точное значение гравитационной постоянной (п.1.3.4.1), можно показать, что на разных высотах h относительно

ускорение свободного падения $g'(h) = \frac{g \cdot R_3^2}{(R_3 + h)^2}$, где



поверхности Земли

$$g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \text{ (для } h = 0),$$

причём $g'(h) = \frac{v^2}{R_3 + h}$. Из $\frac{v^2}{R_3 + h} = \frac{gR_3^2}{(R_3 + h)^2}$ видим, что на

высоте h от поверхности

$$\text{Земли: } v_{1к}(h) = \sqrt{\frac{gR_3^2}{R_3 + h}} = \sqrt{gR_3} \cdot \sqrt{\frac{R_3}{R_3 + h}} \text{ или } v_{1к}(h) = v_{1к} \sqrt{\frac{R_3}{R_3 + h}}, \text{ т. е. } v_{1к}(h) \text{ на этой орбите меньше}$$

$v_{1к}$ у поверхности Земли.

Порядок выполнения работы:

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

Решить задачи

1. Тело брошено под углом α к горизонту со скоростью \vec{V}_0 . Определить скорость тела на высоте h над горизонтом. Зависит ли скорость от угла бросания? Сопротивлением воздуха пренебречь.
2. Тело брошено с начальной скоростью $\vec{V}_0=10\text{м/с}$ под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту. Найти скорость тела в высшей точке подъёма и в точке его падения на горизонтальную плоскость.
3. Струя воды в гидромониторе вылетает из ствола со скоростью 50 м/с под углом 35° к горизонту. Найти дальность полета и наибольшую высоту подъема струи.
4. Под каким углом к горизонту надо бросить тело, чтобы высота подъёма была равна дальности полёта?
5. Автомобиль движется по закруглению радиусом 80 метров со скоростью 54 км/ч . Определить его центростремительное ускорение.
6. Определить радиус R маховика, если при вращении скорость точек на его ободе $\vec{V}=6\text{м/с}$, а точек, находящихся на 15 см ближе к оси $\vec{V}=5,5\text{м/с}$.
7. Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее секундной. Найти соотношение линейных скоростей концов стрелок.
8. Точильный круг радиусом 10 см делает один оборот за $0,2\text{ с}$. Найдите скорость точек, наиболее удалённых от оси вращения.
9. Самолёт, выходя из пике, движется по траектории, которая в нижней части является дугой окружности радиусом 800м . Вычислите ускорение самолёта при его движении, если его скорость равна 720 км/ч . (отв.: 50 м/с^2)
10. Спутник движется по круговой орбите на высоте 630 км . Период обращения спутника $97,5\text{ минут}$. Определите его линейную скорость и центростремительное ускорение. Радиус Земли 6370 км . (Отв.: 7514 м/с ; $8,1\text{ м/с}^2$)

Решить задачи самостоятельно:

1. Тело брошено под углом $\alpha=45^\circ$ к горизонту со скоростью $\vec{V}_0=20\text{м/с}$. Определить скорость тела на высоте h над горизонтом. Зависит ли скорость от угла бросания? Сопротивлением воздуха пренебречь.
2. Струя воды в гидромониторе вылетает из ствола со скоростью 20 м/с под углом 30° к горизонту. Найти дальность полета и наибольшую высоту подъема струи.
3. Под каким углом к горизонту надо бросить тело, чтобы высота подъёма была равна половине дальности полёта?
4. Поезд выезжает на закругленный участок дороги с начальной скоростью $V_0=15\text{м/с}$ и проходит по нему путь 600 метров за 30 секунд . Радиус закругления $R=1\text{ км}$. Определить \vec{V} и полное ускорение в конце этого пути.
5. Луна движется вокруг Земли по окружности радиусом 384000 км с периодом 27 суток 7 часов 45 минут . Каковы линейная скорость и центростремительное ускорение Луны к Земле? (Отв.: 1020 м/с ; $0,00271\text{ м/с}^2$).
6. Автомобиль движется со скоростью 60 км/ч . Сколько оборотов в секунду делают его колеса, если они катятся по шоссе без скольжения, а внешний диаметр покрышек колёс равен 60 см ? Найдите центростремительное ускорение внешнего слоя резины на покрышках его колес. (Отв.: $a=930\text{ м/с}^2$).
7. Время одного оборота вокруг оси равно 24 часа . Вычислите угловую и линейную скорости вращения точек на экваторе. Радиус Земли считать равным 6400 км (отв.: $0,0007\text{ рад/с}$; 448 м/с).

8. Период обращения первого космического корабля – спутника Земли «Восток» равнялся 90 минут. Средняя высота спутника над Землёй была равна 320 км. Радиус Земли 6400км. Вычислите скорость корабля.
9. Какова скорость движения автомобиля, если его колёса радиусом 30 см делают 600 оборотов в минуту?
10. Луна движется вокруг Земли на расстоянии 380000 км от неё, совершая один оборот за 27,3 суток. Вычислите центростремительное ускорение Луны.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 1.2. ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ НЬЮТОНА

Практическая работа № 2

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

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-решать задачи на законы Ньютона.

Материальное обеспечение:

-посадочные места по количеству обучающихся;

- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

-справочные материалы

Задание:

Ответить на вопросы:

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

Решить задачи:

1. К центру шара приложена сила \vec{F} . Куда направлено ускорение шара? В каком направлении движется шар?
2. На полу лифта находится тело массой 50 кг. Лифт поднимается так, что за 3 с его скорость изменяется от 8 до 2 м/с. Определите силу давления тела на пол лифта.
3. Тепловоз на горизонтальном участке пути длиной 600 м развивает постоянную силу тяги 147кН. Скорость поезда возрастает при этом от 36 до 54 км/ч. Определите силу сопротивления движению, считая её постоянной. Масса поезда 1000 т.
4. Жёсткий стержень длиной 1 м с прикреплённым к нему шариком массой 100 г вращается равномерно в вертикальной плоскости. Определите модуль и направление силы, с которой стержень действует на шарик в верхней точке, при скоростях шарика 2 м/с и 4 м/с.
5. Два груза массами 2 кг и 4 кг, связанные нерастяжимой нитью, поднимают вертикально силой 84 Н, приложенной к первому грузу. Определите ускорение, с которым движутся грузы, и силу натяжения нити.
6. Электросварщик уронил огарок электрода. В момент удара о землю огарок имел скорость 28м/с. На какой высоте работает электросварщик?
7. Какую силу тяги должен развивать двигатель, чтобы автомобиль массой 1000 кг двигался:
а) равномерно; б) с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$.

Краткие теоретические сведения:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Третий закон Ньютона: в ИСО силы взаимодействия между двумя телами имеют одинаковую физическую природу, равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны: Эти силы приложены к разным телам и поэтому не

уравновешивают друг друга. В задачах механики встречаются следующие виды сил: тяготения (гравитационные силы), упругости и сопротивления.

Порядок выполнения работы:

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

Ход работы:

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

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

3. Для каждого тела в отдельности на основании второго закона Ньютона записать уравнения движения, связывающие проекции сил и ускорений, выбрав предварительно систему отсчета. При движении тела по прямой второй закон Ньютона для тела имеет вид: $\Sigma F_x = ma_x$, где ΣF_x – 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, $\Sigma F_r = ma_r$, где ΣF_r – сумма проекций всех сил, действующих на тело, на радиус вращения. При этом, если проекция силы направлена к центру вращения, ее нужно считать положительной, если от центра - отрицательной.

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

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

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

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

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

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 1.2. ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ НЬЮТОНА

Практическая работа № 3

Решение задач по теме «Законы статики».

Цель работы:

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи на законы статики и условия равновесия тел

Материальное обеспечение:

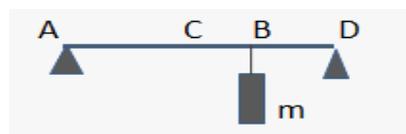
- посадочные места по количеству обучающихся;
- раздаточный материал с заданиями;
- сборники задач
- справочные материалы

Задание:

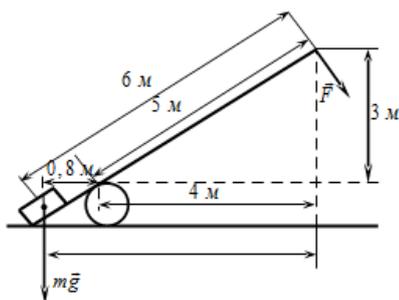
Решить задачи:

Внимание! При представлении решения заданий требуется развернутый ответ. В нем обязательно должен быть поясняющий чертеж (рисунок), ссылка на физические законы (правила, постулаты и т.д.), система уравнений, приводящая к правильному алгебраическому ответу, и числовой ответ с указанием единиц.

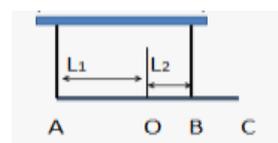
1. Однородная балка длиной 6 м своими концами опирается на две опоры. К балке на расстоянии 2 м от правого конца подвешен груз массой $m = 750\text{ кг}$. Масса балки 120 кг . С какой силой балка с грузом давит на правую опору?



2. На земле лежит балка массой 90 кг . Какую силу необходимо приложить, чтобы приподнять балку за один из ее концов?

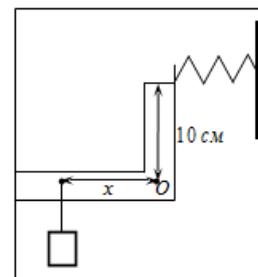


3. Балка массой 140 кг подвешена на двух канатах. Определите силы натяжения канатов, если $L_1 = 3\text{ м}$, $L_2 = 1\text{ м}$.



4. Если закрепить два груза массами $2m$ и m на невесомом стержне длиной $L = 3\text{ м}$, как показано на рисунке, то, для того чтобы стержень оставался в равновесии, его следует подвесить в точке O , находящейся на расстоянии x от груза массой $2m$. Найдите расстояние x .

5. Под действием силы тяжести mg груза и силы F рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Вектор силы F перпендикулярен рычагу. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Найдите модуль силы тяжести, действующей на груз, если модуль силы F равен 120 Н .



6. К концам рычага приложены направленные вниз силы 6 Н и 4 Н . Точка опоры находится на 5 см ближе к одному концу рычага, чем к другому. Какова длина (см) рычага, если он находится в равновесии?

7. К легкому рычагу сложной формы с точкой вращения в точке O (см.

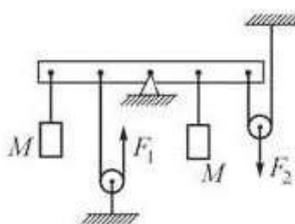
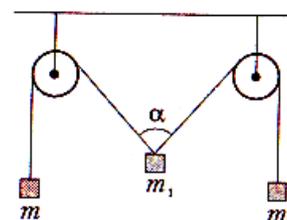
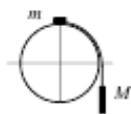


рисунок) подвешен груз массой 2 кг и прикреплена пружина, второй конец которой прикреплен к неподвижной стене. Рычаг находится в равновесии, а сила натяжения пружины равна 15 Н . На каком расстоянии x от оси вращения подвешен груз, если расстояние от оси до точки крепления пружины равно 10 см ?

8. Чтобы уравновесить на лёгкой рейке с помощью двух невесомых блоков одинаковые грузы массой M каждый, к нити, перекинутой через левый блок, и к оси правого блока необходимо приложить вертикальные силы F_1 и F_2 (см. рисунок). Расстояния между чёрными точками на рейке одинаковы, трение отсутствует, нити нерастяжимы. Что можно утверждать про силы F_1 и F_2 .



9. Система из грузов t и M и связывающей их лёгкой нерастяжимой нити в начальный момент покоится в вертикальной плоскости, проходящей через центр закреплённой сферы. Груз t находится в точке A на вершине сферы (см. рисунок). В ходе возникшего движения груз t отрывается от поверхности сферы, пройдя по ней дугу 30° . Найдите массу t , если $M=100\text{ г}$. Размеры груза t ничтожно малы по сравнению с радиусом сферы. Трением пренебречь.



10. К концам нити, перекинутой через два блока, подвешены два одинаковых груза массами 5 кг каждый. Какой массой обладает груз t_1 , если при равновесии $\alpha=120^\circ$?

Краткие теоретические сведения

Статика

Равновесие – одно из состояний:

- 1) покой;
- 2) равномерное прямолинейное движение;
- 3) равномерное вращение вокруг неподвижной оси.

Равновесие невращающихся тел

Согласно второму закону Ньютона, для того, чтобы невращающееся тело находилось в равновесии, необходимо, чтобы равнодействующая всех приложенных к нему сил равнялась нулю:

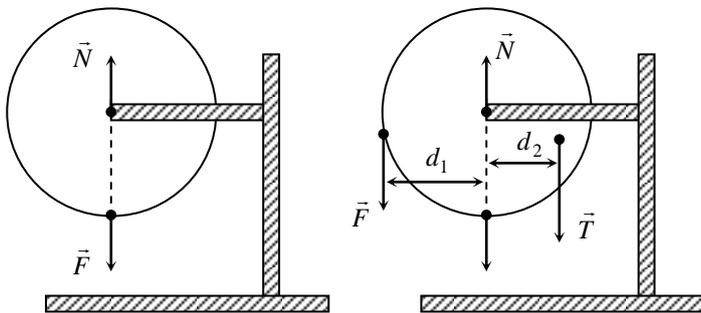
$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{0} \text{ – условие равновесия.}$$

Равновесие тел, имеющих ось вращения

Пусть тело закреплено на неподвижной оси и к нему приложена сила \vec{F} одним из двух способов:

1) линия действия \vec{F} проходит через ось вращения. \vec{F} будет уравновешена реакцией \vec{N} и тело находится в равновесии;

2) линия действия \vec{F} не проходит через ось вращения, что приводит к вращению тела.



Приложим к телу силу \vec{T} , вызывающую его вращение в противоположную сторону. При определённых условиях вращение может стать равномерным либо прекратится совсем. Из опытов известно, что это произойдет, если $|\vec{F}| \cdot d_1 = |\vec{T}| \cdot d_2$, где d_1 и d_2 – плечи сил \vec{F} и \vec{T} .

Плечо силы (d) относительно оси – кратчайшее расстояние от линии действия силы до этой оси.

Момент силы (M) – произведение модуля силы на её плечо.

$$M = |\vec{F}| \cdot d \quad [M] = 1 \text{ Нм}$$

- В данном параграфе момент рассматривается как скалярная величина, а силы и их плечи лежат в плоскости, перпендикулярной оси вращения.
- Момент силы, вращающий тело по часовой стрелке, считают отрицательным, против – положительным.

Условие равновесия известно как **правило моментов**: тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех приложенных к нему сил равна нулю.

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{0} \\ \sum_{i=1}^n M_i = 0 \end{array} \right\}$$

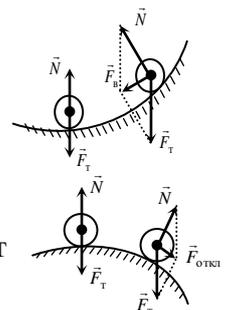
Полное условие равновесия (для любых тел)

Тело находится в равновесии, если равнодействующая всех приложенных к нему сил равна нулю и сумма моментов этих сил относительно оси вращения также равна нулю.

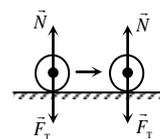
Виды равновесия

1. **Устойчивое равновесие** – равновесие, при выходе из которого возникает сила $\vec{F}_в$, возвращающая тело в исходное положение.

2. **Неустойчивое равновесие** – равновесие, при выходе из которого возникает сила $\vec{F}_{откл}$, ещё больше отклоняющая тело от исходного положения.



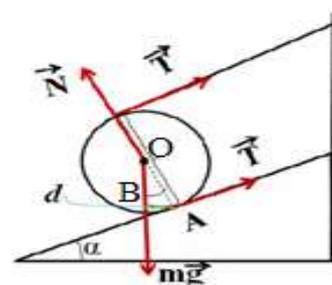
3. **Безразличное равновесие** – равновесие, при выходе из которого не возникает ни возвращающая, ни отклоняющая сила.



Пример. Цилиндр массой $m = 150$ кг удерживается на наклонной плоскости с помощью ленты, с одной стороны закрепленной на наклонной плоскости, а с другой направленной параллельно плоскости. Найти силу натяжения ленты. Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$.

Решение. Задачу можно решить, применяя либо только первое условие равновесия, либо только второе.

1 способ. Используем первое условие равновесия. Запишем сумму всех действующих сил: , где T – сила натяжения ленты, N – сила реакции опоры, mg – сила тяжести цилиндра.



Возьмем проекции сил на оси OX и OY . Направим ось OX вдоль силы натяжения ленты, а ось OY перпендикулярно выбранной оси и по направлению действия силы N .

$$\text{На ось } OX: 2T - mg \sin \alpha = 0$$

$$\text{На ось } OY: N - mg \cos \alpha = 0$$

Решая полученную систему уравнений относительно T получим: N .

Порядок выполнения работы:

1. Перед решением задач (№№ 1-10) на доске выписываются формулы по данной теме.
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи, соблюдая алгоритм решения, убедиться в правильности полученных величин и их единиц измерения.

Ход работы.

1. В каждой задаче сделать рисунок, показать все силы, действующие на тело (или тела системы), находящиеся в положении равновесия, выбрать систему координат и определить направление координатных осей.
2. Для тела, не имеющего оси вращения, записать первое условие равновесия в векторной форме, затем записать это условие равновесия в проекциях на оси координат и получить уравнение в скалярной форме.
3. Для тела, с закрепленной осью вращения, следует определить плечи всех сил относительно этой оси и использовать второе условие равновесия (правило моментов).
Если из условия задачи следует, что ось вращения тела не закреплена, то необходимо использовать оба условия равновесия. Для этого выбрать ось, относительно которой целесообразно определять момент сил (при этом положение оси вращения следует выбирать так, чтобы через нее проходило наибольшее число линий действия неизвестных сил), определить плечи сил и написать уравнение, выражающее второе условие равновесия.
4. Решить полученную систему уравнений и определить искомые величины.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 1.3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Практическая работа №4

Решение задач по теме «Законы сохранения в механике»

Цель: научиться использовать законы сохранения механики для расчёта параметров различных физических процессов

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Задание

1. Уяснить понятия и составить представление о работе, мощности, потенциальной и кинетической энергии, знать формулы для их вычисления.
2. Решить задачи, используя законы сохранения механики.

Порядок выполнения работы

1. Повторить законы сохранения в механике.

Количество потребляемой энергии – один из главных показателей технического развития общества. Производство, распределение и потребление энергии невозможно без её преобразования из одного вида в другой. Если под действием

Работа (A) – скалярное произведение векторов силы и перемещения.

$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}| \cdot \cos \alpha = F \cdot S \cdot \cos \alpha = F_S S$$

где α – угол между \vec{F} и \vec{S} ; $F_S = F \cdot \cos \alpha$ – проекция на направление.

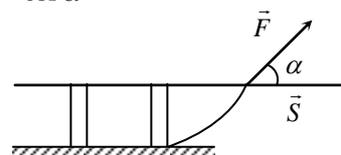
$$[A] = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = \text{Дж} - \text{джоуль}$$

Мощность (N) – скорость совершения работы.

$$[N] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1 \text{ Вт}$$

ватт

$$N = \frac{A}{\Delta t}$$



Энергия

Механическая система – совокупность материальных точек, взаимодействующих друг с другом и телами, не входящими в эту совокупность.

После совершения работы система перейдёт из одного состояния в другое. Тогда **работа** – физическая величина, характеризующая процесс перехода механической системы из одного состояния в другое.

Можно говорить, что существует некий параметр механической системы, изменение которого равно совершённой работе A .

Механическая энергия (E) – параметр механической системы, изменение которого равно совершённой работе (A). $[E] = 1 \text{ Дж}$

где E_1 – механическая энергия системы в начальном состоянии;

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

E_2 – механическая энергия системы в конечном состоянии.

Работа – мера изменения механической энергии системы.

Кинетическая энергия (E_k) – половина произведения массы тела на квадрат его скорости.

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

- Кинетическая энергия – энергия движения.

Потенциальная энергия (E_n) – энергия взаимодействия тел или частей тела.

Нулевой уровень потенциальной энергии – состояние системы, в котором $E_n = 0$.

Нулевой уровень потенциальной энергии взаимодействия тела с Землёй (НУПЭЗ) – горизонтальная плоскость, на которой принимается E_n системы тело–Земля равной нулю.

Потенциальная энергия взаимодействия тела с Землей (E_n) – произведение силы тяжести тела на высоту h положения центра масс тела относительно НУПЭЗ.

$$E_n = mgh$$

относительно

Потенциальной энергией взаимодействия частей тела обладают упруго деформированные тела

$$E_n = \frac{kx^2}{2}$$

Потенциальная энергия упруго деформированного тела (E_n) – половина произведения жёсткости k тела на квадрат его абсолютной деформации x .

Законы сохранения в механике

Энергия интересует человечество на всём пути его развития. Веками люди пытались изобрести машину («вечный двигатель»), позволяющую получать энергию из «ниоткуда». Закон сохранения и превращения энергии запрещает существование вечного двигателя, однако время от времени появляются люди, объявляющие о создании очередной его модели.

Закон сохранения механической энергии

Внешние силы – силы, действующие со стороны тел, не входящих в данную систему.

Замкнутая механическая система тел – система, на каждое из тел которой не действуют внешние силы или равнодействующая всех внешних сил равна нулю, т.е. $\sum \vec{F}_{i, \text{внеш}} = \vec{0}$.

Полная механическая энергия системы – сумма кинетической и потенциальной энергии тел этой системы.

Закон сохранения механической энергии: полная механическая энергия замкнутой механической системы тел, в которой действуют только силы тяжести и упругости, остаётся неизменной.

$$\sum_{i=1}^n (E_k + E_n)_i = const$$

- Отдельно от тела отсчёта ни одно тело не обладает механической энергией.

Закон сохранения импульса

Пусть два тела масс m_1 и m_2 составляют замкнутую механическую систему, движутся т.е. векторные суммы импульсов тел до и после взаимодействия одинаковы.

Фундаментальный закон сохранения импульса: геометрическая сумма импульсов тел замкнутой механической системы остаётся неизменной.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

$$\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const$$

сумма

- Закон сохранения импульса применим только в ИСО.

Решить задачи

1. Граната, летевшая горизонтально со скоростью 15 м/с, разорвалась на две части массой 6 кг и 14 кг. Скорость большого куска возросла при этом до 24 м/с (по направлению движения). Какова скорость меньшего куска после разрыва гранаты? (Отв.: после взрыва кусок полетел в обратную сторону со скоростью 6 м/с).
2. Человек массой 80 кг, бегущий со скоростью 5 м/с, догоняет тележку массой 40 кг, движущейся со скоростью 2 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью станет двигаться тележка после этого?
3. При формировании железнодорожного состава три сцепленных между собой вагона, движущиеся со скоростью 0,8 м/с, сталкиваются с неподвижным вагоном, после чего все вагоны продолжают двигаться в ту же сторону с одинаковой скоростью. Определите эту скорость, если массы вагонов одинаковы.
4. Зенитный снаряд, выпущенный в вертикальном направлении достигнув максимальной скорости, взорвалась. При этом образовалось три осколка. Два осколка разлетелись под прямым углом друг к другу, причем скорость первого осколка массой 9 кг равна 60 м/с, а скорость второго массой 18 кг равна 40 м/с. Третий осколок отлетел со скоростью 200 м/с. Определить графически направление полета третьего осколка. Какова его масса?
5. Железнодорожный вагон массой 45т подъезжает к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 25т и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно со скоростью 0,5м/с. Какова была скорость вагона массой 45 тонн перед сцепкой?
6. Железнодорожный вагон массой 25т подъезжает со скоростью 0,2 м/с к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 30т и автоматически сцепляется с ним.

После сцепки вагоны движутся прямолинейно. Какова скорость движения вагонов после сцепки?

Решить задачи самостоятельно

1. Человек массой 70 кг, бегущий со скоростью 2 м/с, догоняет тележку массой 30 кг, движущейся со скоростью 2 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью станет двигаться тележка после этого?
2. При формировании железнодорожного состава три сцепленных между собой вагона, движущиеся со скоростью 0,5 м/с, сталкиваются с неподвижным вагоном, после чего все вагоны продолжают двигаться в ту же сторону с одинаковой скоростью. Определите эту скорость, если массы вагонов одинаковы.
3. Зенитный снаряд, выпущенный в вертикальном направлении достигнув максимальной скорости, взорвалась. При этом образовалось три осколка. Два осколка разлетелись под прямым углом друг к другу, причем скорость первого осколка массой 5 кг равна 50 м/с, а скорость второго массой 15 кг равна 20 м/с. Третий осколок отлетел со скоростью 200 м/с. Определить графически направление полета третьего осколка. Какова его масса?
4. Железнодорожный вагон массой 40т подъезжает к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 20т и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно со скоростью 0,6м/с. Какова была скорость вагона массой 40 тонн перед сцепкой?
5. Железнодорожный вагон массой 20т подъезжает со скоростью 0,4 м/с к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 40т и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно. Какова скорость движения вагонов после сцепки?

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 1.4 КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Практическая работа № 5

Решение задач по теме «Гармонические колебания»

Цель: научиться отличать колебательное движение от других видов механического движения, рассчитывать его параметры.

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Задание

1. Привести примеры колебательного движения, встречающегося в быту, на производстве, в природе, в электрических цепях.
2. Рассчитать параметры колебательного движения в приведённых задачах.

Краткие теоретические сведения

Механическое колебание – периодически повторяющееся движение тела (точки) по какой-либо траектории поочерёдно в противоположных направлениях.

Механическая колебательная система (МКС) – система тел, в которой происходят механические колебания.

Положение устойчивого равновесия (т.О) – положение, равноудалённое от крайних точек траектории (А и В).

Полное колебание – один законченный цикл колебаний, после которого тело возвращается в исходное состояние.

Выделяют три вида колебаний: 1) собственные; 2) свободные; 3) вынужденные.

Собственные колебания – колебания, совершаемые телом под действием одной только возвращающей силы.

- В природе таких колебаний нет, т. к. помимо возвращающей силы действует сила сопротивления среды.

Свободные колебания – колебания, совершаемые телом под действием двух сил: возвращающей и сопротивления среды.

- С уменьшением механической энергии тела свободные колебания затухают.
- Чем меньше сопротивление среды, тем меньше различие между свободными и собственными колебаниями.

Вынуждающая (внешняя) сила ($F_{\text{вын}}$) – периодически меняющаяся сила, действующая на тело независимо от возвращающей силы и приводящая к возникновению колебаний.

Вынужденные колебания – колебания, совершаемые телом под действием вынуждающей силы.

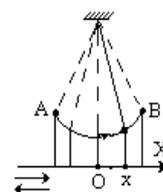
Параметры колебания

Период (T) – время, за которое тело совершает одно полное колебание. $[T] = 1$ с – секунда.

Частота (ν) – количество полных колебаний, совершаемых телом за единицу времени. $[\nu] = 1 \text{ с}^{-1} = 1 \text{ Гц}$ – герц

$$\nu = \frac{1}{T} \quad \text{в}$$

Смещение (x) – расстояние между проекциями положения устойчивого равновесия и текущего положения тела.



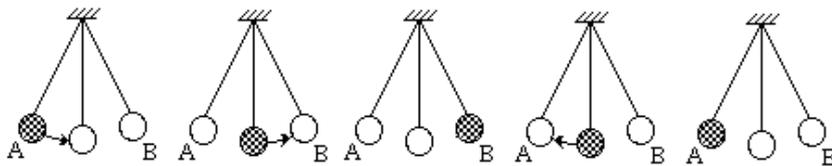
- Смещение – функция времени ($x = f(t)$), причем, если тело сместилось в направлении оси X – x имеет знак «+», обратно – знак «-».

Амплитуда (A) – величина максимального смещения.

Фаза (φ) – физическая величина $\varphi = 2\pi n$, пропорциональная числу периодов, прошедших от начала колебаний до текущего момента времени и определяющая состояние процесса в этот момент времени.

Из $\Delta t = \varphi \frac{T}{2\pi}$, $\Rightarrow \varphi = \frac{2\pi}{T} \Delta t$ $[\varphi] = 1$ рад – радиан.

Пример соответствия положения тела и значения фазы колебания через промежутки времени Δt :



- а) $\Delta t = 0$
 $\varphi = 0$
начало
- б) $\Delta t = \frac{T}{4}$
 $\varphi = \frac{\pi}{2}$
- в) $\Delta t = \frac{T}{2}$
 $\varphi = \pi$
- г) $\Delta t = \frac{3}{4}T$
 $\varphi = \frac{3\pi}{2}$
- д) $\Delta t = T$
 $\varphi = 2\pi$

Гармоническое колебание – колебание, при котором смещение изменяется по закону косинуса или синуса.

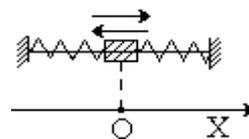
В общем случае уравнение гармонического колебания имеет вид:

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

где $x(t)$ – смещение; A – амплитуда; ω – циклическая частота;

t – время; φ_0 – начальная фаза.

Пусть в колебательной системе груз–пружина груз совершает собственные гармонические колебания под действием силы упругости пружины (её массой и потерей энергии на сопротивление среды пренебрегаем).



Упругие колебания – колебания, при которых возвращающей силой является сила упругости.

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

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Математический маятник – колебательная система,

состоящая из материальной точки, подвешенной на невесомой нерастяжимой нити, и Земли.

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

Решить задачи.

- Сколько колебаний совершает математический маятник длиной 3,6 метра за 5 минут?
- Маятник совершил 10 колебаний за время 50 секунд. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний.
- Найти частоту колебаний груза массой 100 грамм, подвешенного к пружине жесткостью 160 Н/м.
- Груз массой 100 грамм совершает колебания на пружине жесткостью 250 Н/м. Найти период, частоту, циклическую частоту и полную механическую энергию колебаний, если амплитуда колебаний 15 см.
- Груз массой $m=200$ грамм совершает колебания на пружине жесткостью 250 Н/м. Амплитуда колебаний 12 см. Найти полную механическую энергию и частоту колебаний груза.
- Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250Н/м делает 110 колебаний за время $t=20$ минут.
- Уравнение колебаний имеет вид: $X=12 \sin(2\pi t + \frac{\pi}{4})$. Найти: A , T , ν , φ , φ_0 .
- Уравнение колебаний имеет вид: $X=6 \cos 0,5t$. Определить A , T , ν , φ_0 .
- Уравнение колебаний имеет вид: $X=20 \cos 0,5t$. Определить X_0 , T , ν , φ_0 .

Решить задачи самостоятельно

- Сколько колебаний совершает математический маятник длиной 0,4 метров за 5 минут?
- Маятник совершил 60 колебаний за 2 минуты. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний.

3. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250Н/м делает 100 колебаний за 90 секунд.
4. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 100 Н/м делает 30 колебаний за 1 минуту 40 секунд.
5. Груз массой $m=100$ грамм совершает колебания на пружине жесткостью 50 Н/м. Амплитуда колебаний 15 см. Найти полную механическую энергию и частоту колебаний груза.
6. Уравнение колебаний имеет вид: $X(t)= 4 \sin (\pi t+\frac{\pi}{2})$. Найти: $X_0(A)$, T , ν , φ , φ_0 .
7. Уравнение колебаний имеет вид: $X= 0,4 \cos 100 \pi t$. Найти A , T , ν , ω .

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕМЕНТЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

Тема 2.1. ОСНОВЫ МКТ

Практическая работа №6

Решение задач по теме «Уравнение состояния идеального газа и его применение к изопроцессам»

Цель: углубить и конкретизировать представления о молекулярно-кинетической теории вещества; научиться использовать законы МКТ для расчёта основных параметров изопроцессов.

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Задание

1. Используя основные формулы законов МКТ, рассчитать параметров состояния вещества.
2. Уяснить причинную связь явлений, протекающих в веществе, установить основную зависимость изменения параметров состояния вещества.

Краткие теоретические сведения

Количество вещества (ν) – физическая величина, определяемая числом его структурных элементов (атомов, молекул и др.) $[\nu] = 1$ моль.

Число Авогадро (N_A) – количество частиц в 1 моль вещества (названо в честь Амедео Авогадро (1776–1856, Италия).

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}}$$

Молярная масса вещества (μ) – величина, численно равная его относительной атомной (молекулярной) массе $m_{\text{отн}}$ в атомных единицах массы (см. периодическую систему Дмитрия Ивановича Менделеева (1834–1907, Россия).

$$\mu = m_{\text{отн}} \cdot 10^{-3} \quad [\mu] = 1 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$$

Например: $\mu_C = 12 \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$, $\mu_{O_2} = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$, и т. д.

(C – углерод; O₂ – кислород).

Масса одной молекулы (в кг): $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$.

Из опытов известно, что 1 моль газа (независимо от химического состава) при нормальных условиях (0°С и 760 мм рт. ст.) занимает объём $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ (22,4 л).

Концентрация (n) – количество молекул N в единице объёма V .

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

$$[n] = 1 \frac{1}{\text{М}^3}$$

Число Лошмидта (n_l) – концентрация молекул газа при нормальных условиях (названо в честь Йозефа Лошмидта (1821–1895, Австрия).

$$n_{\text{л}} = \frac{N_{\text{А}}}{V_{\text{моль}}} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}}}{22,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{М}^3}{\text{МОЛЬ}}} \quad n_{\text{л}} \approx 2,7 \cdot 10^{25} \frac{1}{\text{М}^3}$$

$N = \nu \cdot N_{\text{А}}$ и $m = \nu \cdot \mu$ – число молекул N в ν моль вещества и его масса m .

Установлено, что $p = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_{\text{к}}$ – **основное уравнение МКТ идеального газа**, где $\bar{E}_{\text{к}} = \frac{m \cdot \bar{v}^2}{2}$ – средняя

кинетическая энергия одной молекулы; m – масса молекулы; $\bar{v} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \bar{v}_i^2}{N}}$ – средняя квадратичная скорость движения молекулы.

Температура и энергия

Можно отметить, что одни тела нагреты сильнее, другие – слабее.

Температура – характеристика степени нагретости тела.

Опыт показывает, что при соприкосновении двух тел разной температуры одно нагревается, другое – остывает.

Известно также, что объем жидкости зависит от ее температуры. На этом принципе построен **термометр** – прибор для определения температуры.

В тонкой прозрачной трубке находится подкрашенная жидкость (например, спирт). В зависимости от температуры тела эта жидкость либо нагревается (длина её столбика увеличивается), либо охлаждается (длина столбика уменьшается). Градуировку шкалы проводят так:

1) отмечают положение конца столбика жидкости при погружении термометра в тающий лёд – отметка начала отсчёта «0»;

2) отмечают положение конца столбика жидкости при погружении в кипящую воду при нормальном атмосферном давлении – отметка «100»;

3) делят отрезок между отметками на 100 равных частей (делений).

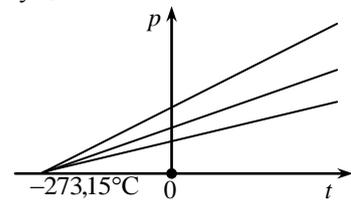
• Одно деление называют одним **градусом шкалы Цельсия** (1°C) в честь Андерса Цельсия (1701–1744, Швеция), предложившего эту шкалу.

• Для обеспечения точности измерений масса жидкости в трубке должна быть существенно меньше массы тела, температуру которого измеряют

Абсолютный нуль – температура $t = -273,15^{\circ}\text{C}$, при которой должно прекратиться поступательное движение молекул.

Абсолютная шкала температур (шкала Кельвина) (T) – шкала температур, где за нуль принимают абсолютный нуль.

$[T] = 1 \text{ К} - \text{кельвин}$. $1 \text{ К} = 1^{\circ}\text{C}$. Между шкалами Кельвина и Цельсия



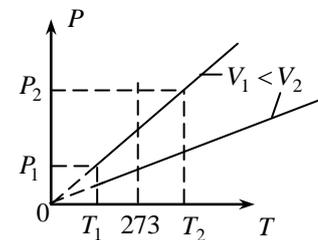
Температура как мера средней кинетической энергии молекул газа. Постоянная Больцмана

Графики $p(T)$ при $V = \text{const}$ имеют вид:

Нетрудно видеть, что для любого $V = \text{const}$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (\text{т.е. } p \sim T). \quad p = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_{\text{к}} \quad (\text{п.2.3.2}). \quad \text{Тогда } \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_{\text{к}} \sim T, \text{ или } \bar{E}_{\text{к}} \sim T,$$

или $\bar{E}_{\text{к}} = \frac{3}{2} kT$, где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – **постоянная Больцмана** (названа в честь Людвиг Больцмана (1844–1906, Австрия).



$$\text{Из } \bar{E}_{\text{к}} = \frac{3}{2} kT \text{ и } \bar{E}_{\text{к}} = \frac{m \bar{v}^2}{2} \Rightarrow \bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}.$$

$p = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_k = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \frac{3}{2} kT$ или $p = nkT$, т. е. давление газа не зависит от его природы, а определяется только концентрацией n молекул и температурой T .

- Концентрация n молекул смеси газов равна сумме концентраций n_i составляющих газов: $n = \sum_{i=1}^n n_i$.

Тогда $p = nkT = \sum_{i=1}^n n_i kT = \sum_{i=1}^n p_i$, где p_i – давление i -той составляющей.

$p = \sum_{i=1}^n p_i$ – закон Джона Дальтона (1766–1844, Англия).

Объединённый газовый закон

Из $p = nkT$, с учётом $n = \frac{N}{V}$ (п.2.2.2), $\Rightarrow p = k \frac{N}{V} \cdot T$ или $\frac{pV}{T} = kN = \text{const}$.

Объединённый газовый закон: для данного количества вещества произведение давления газа на его объём, отнесённое к абсолютной температуре, есть величина постоянная.

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

Из $\frac{pV}{T} = kN$ и $N = \nu N_A \Rightarrow \frac{pV}{T} = \nu k N_A$.

$R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$ – универсальная газовая постоянная.

Тогда $\frac{pV}{T} = \nu R$.

Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона)

Из $\frac{pV}{T} = \nu R$ и $\nu = \frac{m}{\mu} \Rightarrow pV = \frac{m}{\mu} RT$ – уравнение состояния идеального газа (Менделеева-Клапейрона).

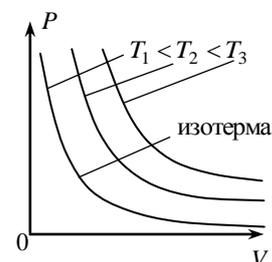
- Бенуа Клапейрон (1799–1864, Франция) показал, что $\frac{pV}{T} = \text{const}$; Д. И. Менделеев определил значение этой константы: $\text{const} = \nu R$.

Изопроцессы в газах

Уравнение $pV = \frac{m}{\mu} RT$ содержит пять параметров. В реальных условиях часть из них неизменны.

Практический интерес вызывают три процесса в газах:

- при $\nu = \text{const}$ и $T = \text{const}$;
- при $\nu = \text{const}$ и $p = \text{const}$;
- при $\nu = \text{const}$ и $V = \text{const}$.



Изотермический процесс. Закон Бойля-Мариотта

Изотермический процесс – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и температуре (был исследован Робертом Бойлем (1627–1691, Англия) и Эдмом Мариоттом (1620–1684, Франция) ещё до появления МКТ). Результаты их опытов полностью согласуются с уравнением Менделеева-Клапейрона. При постоянных v, T уравнение $pV = \nu RT$ принимает вид: $pV = \text{const}$.

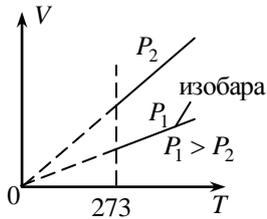
Закон Бойля-Мариотта: при постоянных количестве вещества и температуре произведение давления газа на его объём остаётся постоянным.

$$pV = \text{const}$$

Из $pV = p \frac{m}{\rho} = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{\rho} = \text{const}$ (где ρ – плотность газа).

Изобарический процесс. Закон Гей-Люссака

Изобарический процесс – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и давлении (был изучен в 1802 году Жозефом Гей-Люссаком (1778–1850, Франция)).



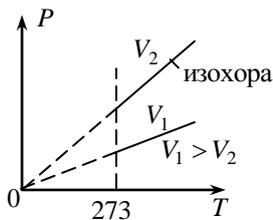
При постоянных v, p уравнение $pV = \nu RT$ принимает вид: $\frac{V}{T} = \text{const} = \alpha$.

Закон Гей-Люссака: при постоянных количестве вещества и давлении объём газа прямо пропорционален его абсолютной температуре.

$$V = \alpha T$$

Изохорический процесс. Закон Шарля

Изохорический процесс – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и объёме (был изучен Шарлем).



При постоянных v, V уравнение $pV = \nu RT$ принимает вид: $\frac{p}{T} = \text{const} = \beta$.

Закон Шарля: при постоянных количестве вещества и объёме давление газа прямо пропорционально его абсолютной температуре.

$$p = \beta T$$

Внутренняя энергия газа (U) – сумма кинетической энергии его молекул, потенциальной энергии их взаимодействия и внутримолекулярной энергии.

Для идеального газа:

Таким образом, *внутренняя энергия U идеального газа равна суммарной кинетической энергии*

всех его N молекул: $U = \sum_{i=1}^N \bar{E}_{ки}$ (*). Из (*) и $\bar{E}_{ки} = \frac{3}{2} kT$ (п.2.4.3) $\Rightarrow U = \frac{3}{2} kTN$ или

$U = \frac{3}{2} kN_A \nu T = \frac{3}{2} \nu RT$ $U = \frac{3}{2} \nu RT$ – для одноатомного идеального газа.

Молекула, состоящая из двух жёстко связанных атомов, наряду с поступательным, приобретает

вращательное движение и для неё: $U = \frac{5}{2} \nu RT$. Для многоатомного идеального газа: $U = 3 \nu RT$.

В общем случае $U = \frac{i}{2} \nu RT$, где $i = 3$ – для однородного газа, $i = 5$ – для двухатомного газа, $i = 6$ – для трех- и более атомного газа.

Работа газа при изобарическом расширении. Физический смысл универсальной газовой постоянной

Газ при расширении способен совершать работу.

Пневматическое устройство – устройство, работающее на сжатом газе.

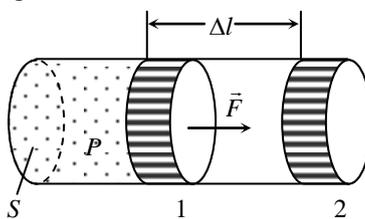
Пусть давление p газа в цилиндре с давлением окружающего воздуха. Газ до температуры T_2 .

Газ расширится и совершит работу

сила давления газа на поршень; $\Delta \ell$ –

Отсюда $A = p \cdot S \cdot \Delta \ell = p \cdot \Delta V$ $A = p \cdot \Delta V$,

изменение объема газа.



поршнем площади S равно
Температура газа T_1 . Нагреем

$A = F \Delta \ell$, где $F = p \cdot S$ –

перемещение поршня.

где $\Delta V = V_2 - V_1$ –

При $\Delta V > 0$ работу считают положительной (её совершает газ).

При $\Delta V < 0$ работу считают отрицательной (её совершают над газом).

$$A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1) = \nu RT_2 - \nu RT_1 = \nu R \Delta T \quad A = \nu R \Delta T.$$

Для 1 моля газа: $A_{\text{моль}} = R \cdot \Delta T$.

Физический смысл R : универсальная газовая постоянная – работа, совершаемая одним молем идеального газа при его изобарическом нагревании на один кельвин.

Физический смысл R : универсальная газовая постоянная – работа, совершаемая одним молем идеального газа при его изобарическом нагревании на один кельвин.

Решить задачи:

1. В баллоне емкостью 20 л находится кислород при температуре 300К и давлении 0,8МПа. Определите массу газа в баллоне.
2. Определить массу кислорода, находящегося в баллоне вместимостью 2л под давлением 0,1МПа при температуре 27°С?
3. Определить плотность кислорода, находящегося в баллоне под давлением 0,3 кПа при температуре 27°С?
4. Баллон емкостью 100 л содержит 3кг кислорода. При какой температуре возникает опасность взрыва, если баллон выдерживает давление до 6МПа?
5. В баллоне находится газ при температуре 12°С. Во сколько раз уменьшится давление, если 40% газа выйдет, а температура упадет до 8°С?
6. Найти плотность водорода при температуре 15°С и давлении 98 кПа.
7. Из баллона со сжатым водородом вместимостью 10л вследствие неисправности вентиля утекает газ. При 7°С манометр показывает давление 5 МПа. Показание барометра не изменилось и при 17°С. Определить, сколько газа утекло.
8. Определить плотность смеси, состоящей из 4г водорода и 32г кислорода, при температуре 7°С и давлении 93кПа.

9. Сколько молекул воздуха будет находиться в 1 см^3 сосуда при 10°C , если воздух в сосуде откачан до давления $1,33\text{ мкПа}$?
10. Вычислить давление 1 моль углекислого газа, занимающего при температуре 300 К объем 1 л .
11. Кислород массой 10 г находится под давлением $0,303\text{ МПа}$ при температуре 100°C . После расширения вследствие нагревания при постоянном давлении кислород занял объем 10 л . Найти объем газа до расширения и температуру газа после расширения.

Решить задачи самостоятельно

1. Баллон емкостью 50 л содержит $2,6\text{ кг}$ кислорода. Допустимое давление 1 МПа . Определить максимальную температуру?
2. Какая масса воздуха требуется для наполнения камеры в шине автомобиля «Москвич» если её объем 12 л ? Камеру накачивают при температуре 25°C до давления $0,2\text{ МПа}$.
3. Какова плотность сжатого воздуха при 273 К и давлении $0,2\text{ МПа}$?
4. Какой объем занимают 5 г углекислого газа, находящегося при температуре 300 К и под давлением $1,5\text{ кПа}$?
5. Сколько молекул воздуха находится в комнате объемом 240 м^3 при температуре 15°C и давлении 10^5 Па ?
6. Объем пузырька воздуха по мере всплывания его со дна озера на поверхность увеличился в три раза. Какова глубина озера?
7. В закрытом сосуде вместимостью 2 л содержится 12 кг кислорода. Найти давление кислорода при 15°C .
8. В баллоне емкостью 80 л находится газ под давлением $4,9 \cdot 10^5\text{ Па}$. Какой объем займет газ при нормальном атмосферном давлении $0,1\text{ МПа}$. Процесс изотермический.
9. При температуре 5°C давление воздуха в баллоне равно 12 кПа . При какой температуре давление в нем будет $0,26\text{ МПа}$?
10. В цилиндре дизеля воздух сжимается от $0,8 \cdot 10^5\text{ Па}$ до $30 \cdot 10^5\text{ Па}$. Объем при этом уменьшается от 8 до 3 л . Начальная температура 27°C . Определить конечную температуру.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 2.2. ТЕРМОДИНАМИКА

Практическая работа №7

Решение задач по теме «Применение первого начала термодинамики к изопроцессам в газах. Уравнение теплового баланса. КПД тепловых двигателей»

Цель: на примере решения задач изучить закон сохранения энергии применительно к тепловым процессам, путях изменения внутренней энергии тел, адиабатическом процессе, принципе работы тепловой машины.

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Задание

1. Составить уравнения теплового баланса в задачах, решить задачи на изменение внутренней энергии тела при тепловых и механических процессах.
2. Выучить формулировку и математическую запись первого начала термодинамики, решить задачи на применение его к изопроцессам.

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы термодинамики.

Теплообмен (теплопередача) – обмен внутренней энергией без совершения механической работы.

Количество теплоты (Q) – энергия, переданная в результате теплообмена. $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$

Удельная теплоёмкость (c) – количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К (1°C).

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

$$\sum Q_{\text{отд.}} = \sum Q_{\text{пол.}} \text{ – уравнение теплового баланса.}$$

Горение: $Q = q \cdot m$. $q = \frac{Q}{m}$

Удельная теплота сгорания (q) – количество теплоты, выделяемое при сгорании 1 кг топлива.

Парообразование -переход вещества из жидкого состояния в газообразное. $Q = r \cdot m$. $r = \frac{Q}{m}$

Удельная теплота парообразования (r) – количество теплоты, необходимое для превращения в пар 1 кг жидкости при постоянной температуре.

Плавление – переход вещества из твёрдого состояния в жидкое. $Q = \lambda \cdot m$. $\lambda = \frac{Q}{m}$

Удельная теплота плавления (λ) – количество теплоты, необходимое для плавления 1 кг вещества при температуре плавления.

Первый закон (начало) термодинамики: изменение внутренней энергии ΔU системы равно сумме количества теплоты Q , переданного системе, и работы A , совершенной над ней внешними силами.

$$\Delta U = Q + A \quad Q = \Delta U + A'$$

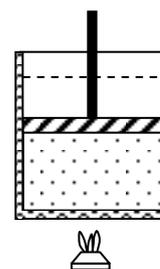
Тепловая машина – машина, совершающая механическую работу за счёт внутренней энергии топлива.

Рабочее тело – газ, совершающий работу в тепловой машине.

Нагреватель – устройство, сообщаемое рабочему телу количество теплоты Q_1 при температуре T_1 .

Холодильник – устройство, отнимающее от рабочего тела количество теплоты Q_2 при температуре T_2 .

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$



Применение первого закона термодинамики к изопроцессам в идеальном газе

Первый закон термодинамики позволяет установить соотношение теплоты и работы в изопроцессах.

1. **Изотермический процесс:** $Q = \Delta U + A'$.

Из $T = \text{const}$ ($\Delta T = 0$) и $U \sim T \Rightarrow \Delta U = 0$. Тогда $Q = A'$, т. е. всё подведённое к газу количество теплоты идёт на совершение механической работы.

2. **Изобарический процесс:** $Q = \Delta U + A'$ $A' = p\Delta V \neq 0$.

Из $U \sim T \Rightarrow \Delta U \sim \Delta T$. Из $\Delta T \neq 0 \Rightarrow \Delta U \neq 0$. Тогда $A' \neq 0$ и $\Delta U \neq 0$, т. е. часть подведённого к газу количества теплоты идёт на увеличение его внутренней энергии, а часть – на совершение им механической работы.

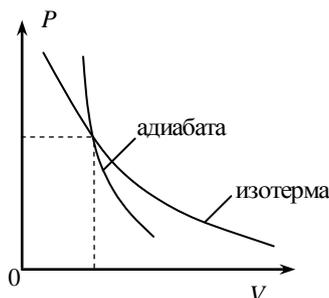
3. **Изохорический процесс:** $Q = \Delta U + A'$

Из $\Delta V = 0 \Rightarrow A' = p\Delta V = 0$. Тогда $Q = \Delta U$, т. е. всё подведённое к газу количество теплоты идёт на увеличение его внутренней энергии.

4. **Адиабатический процесс:** $Q = \Delta U + A'$

- **Адиабатический процесс** – процесс, происходящий без теплообмена системы с окружающей средой.

Из $Q = 0 \Rightarrow A' = -\Delta U$, т. е. система внешних сил только за счёт уменьшения энергии. Если внешние силы совершают её внутренняя энергия увеличивается. Из адиабата круче изотермы (при возрастает только с ростом n , тогда как при n и T).



совершает работу против своей внутренней работы над системой, то $p = nkT$ видно, что изотермическом сжатии p адиабатическом – с ростом

Адиабатический процесс – идеальный. Реальные процессы можно приближённо считать адиабатическими, если выполняется хотя бы одно из условий:

- 1) система хорошо теплоизолирована;
- 2) процесс протекает быстро (теплообмен с окружающей средой не успевает произойти).

Решить задачи

1. Стальной резец массой 200г нагрели до 800°C и погрузили для закалки в 5кг воды, взятой при 20°C . Определить установившуюся температуру.
2. В алюминиевую кастрюлю массой 0,15кг налито 1,2л воды при температуре 20°C . Сколько кипятка нужно долить в кастрюлю, чтобы температура воды стала 50°C ? Потерями тепла в погружающую среду пренебречь.
3. Термодинамической системе передано 200Дж теплоты. Как изменится внутренняя энергия системы, если она совершила работу 400Дж.
4. Какое количество теплоты необходимо для изохорного нагревания гелия массой 4кг на 100К?
5. Вычислить КПД тепловой машины, если температура нагревателя 420°C , а холодильника 130°C .

6. Определить КПД тепловой машины, если температура нагревателя 140°C , а холодильника 17°C .
7. Вычислить КПД газовой горелки, если в ней используется газ, теплота сгорания которого 36МДж/м^3 , а на нагревании чайника с 3л воды от 10°C до кипения было израсходовано 60л газа. Теплоемкость чайника $100\text{ Дж/К}\cdot\text{кг}$.
8. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117°C , а холодильника 27°C . Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1с, равно 60кДж . Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1с, мощность машины.
9. Во время расширения газа в цилиндре с поперечным сечением 200см^2 , вызванного нагревателем, газу было передано количество теплоты $1,5\cdot 10^5\text{Дж}$, причем давление газа оставалось постоянным и равным $2\cdot 10^5\text{Па}$. На сколько изменилось внутренняя энергия газа, если поршень передвинулся на расстояние $0,3\text{м}$?
10. КПД тепловоза равен 30%. Определить расход нефти в нем на $7,36\cdot 10^2\text{ Ватт}$ в час.
11. Двигатель расходует 25кг бензина в час и охлаждается водой, разность температур которой при входе в охлаждающее устройство и выходе из него 15К. Определить секундный расход воды, если на ее нагревание затрачивается 30% энергии, выделившейся при сгорании бензина.
12. В процессе работы тепловой машины за некоторое время рабочим телом было получено от нагревателя $1,5\cdot 10^6\text{Дж}$ теплоты, передано холодильнику $-1,2\cdot 10^6\text{Дж}$ теплоты. Вычислить КПД машины и сравнить его с максимально возможным КПД, если $T_1=250^{\circ}\text{C}$, $T=30^{\circ}\text{C}$.
13. При выстреле вертикально вверх свинцовая пуля достигла высоты 1200 м. При падении, ударившись о землю, она нагрелась. Считая, что 50% всей энергии удара пошло на нагревание пули, рассчитать, на сколько повысится ее температура.

Решить задачи самостоятельно

1. Стальную деталь массой 0,3 кг нагрели до 800°C , а затем погрузили для закалки в масло, взятой при 10°C . Определить установившуюся температуру.
2. Калориметр с теплоемкостью $63\text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ было налито 250г масла при 12°C . После опускания в масло медного тела массой 500г при 100°C , общая температура установилась 33°C . Какова удельная теплоемкость масла по данным опыта?
3. Газ под давлением 10^5Па изобарно расширился и совершил работу 25Дж. На сколько увеличился объем газа?
4. При изометрическом расширении газом была совершена работа 20Дж. Какое количество теплоты сообщено газу?
5. Углекислый газ массой 0,02кг нагревают при постоянном объеме. Определите изменение внутренней энергии газа при нагревании от 20 до 108°C , если удельная теплоемкость газа $c=665\text{Дж/кг}\cdot\text{К}$.
6. Температура пара поступавшего в турбину, 227°C , а температура холодильника 30°C . Определить КПД турбины.
7. Идеальная тепловая машина получает от нагревателя, температура которого 500К, за один цикл 3360Дж теплоты, отдаваемое за один цикл холодильнику, температура которого 400К. найти работу машины за один цикл.
8. Какой должна быть температура нагревателя для того, чтобы в принципе стало возможным достижение значения КПД тепловой машины 80%, если температура холодильника 27°C .

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

РАЗДЕЛ 3 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Тема 3.1. Электростатика.

Практическая работа № 8

Решение задач по теме: «Закон Кулона. Взаимодействие зарядов. Принцип суперпозиции электрических полей»».

Цель работы:

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

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

Материальное обеспечение:

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

Задание:

Решить задачи:

1. С какой силой взаимодействуют два заряда по 9нКл каждый, находящиеся на расстоянии 6 см друг от друга?
2. С какой силой взаимодействуют в вакууме два разряда по 0,4мКл каждый на расстоянии 0,5 м друг от друга? ($\epsilon=1$)
3. На каком расстоянии друг от друга заряды 10мкКл и 20нКл взаимодействуют с силой 6мН?
4. Найти величину каждого из двух одинаковых зарядов, если в масле ($\epsilon=6$) на расстоянии 5 см друг от друга они взаимодействуют с силой 0,9мН?
5. Два шарика, расположенные в воде ($\epsilon=81$) на расстоянии 20 см друг от друга, имеет одинаковые отрицательные разряды и взаимодействуют с силой 10мН. Определить заряд каждого шарика.

При решении задач с использованием понятия напряжённости электрического поля нужно прежде всего знать формулы, определяющие силу, действующую на заряд со стороны электрического поля, и напряжённость поля точечного заряда. Если поле

создаётся несколькими зарядами, то для расчёта напряжённости в данной точке надо сделать рисунок и затем определить напряжённость как геометрическую сумму напряжённостей полей.

1. Два одинаковых положительных точечных заряда расположены на расстоянии r друг от друга в вакууме. Определите напряжённость электрического поля в точке, расположенной на одинаковом расстоянии r от этих зарядов.
2. Проводящая сфера радиусом $R = 0,2$ м, несущая заряд $q = 1,8 \cdot 10^{-4}$ Кл, находится в вакууме. Определите: 1) модуль напряжённости \vec{E} электрического поля на её поверхности; 2) модуль напряжённости \vec{E}_1 электрического поля в точке, отстоящей на расстоянии $r_1 = 10$ м от центра сферы; 3) модуль напряжённости \vec{E}_0 в центре сферы.
3. В однородное электрическое поле напряжённостью $E_0 = 3$ кН/Кл внесли точечный заряд $q = 4 \cdot 10^{-10}$ Кл. Определите напряжённость электрического поля в точке А, находящейся на расстоянии $r = 3$ см от точечного заряда. Отрезок, соединяющий заряд и точку А, перпендикулярен силовым линиям однородного электрического поля.
4. В вершинах равностороннего треугольника со стороной $a = 3$ см находятся три точечных заряда $q_1 = q_2 = 10^{-9}$ Кл, $q_3 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определите напряжённость электрического поля в центре треугольника в точке О.
5. Расстояние между двумя неподвижными зарядами $q_1 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = 10^{-9}$ Кл равно 1 м. В какой точке напряжённость электрического поля равна нулю?

Краткие теоретические сведения: Закон Кулона в вакууме

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

Закон Кулона в среде:

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

Электрическая постоянная.

В ряде случаев для упрощения расчётов k удобно представлять в виде: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$. Тогда

$$F_k = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

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

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

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

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

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

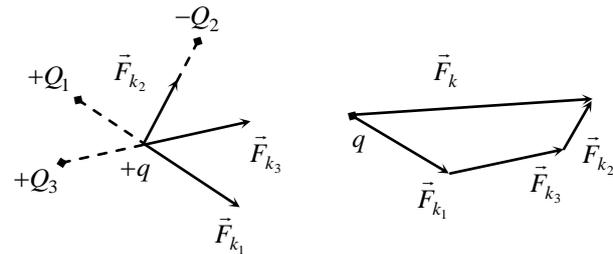
Электростатическое поле – поле, созданное неподвижным зарядом (зарядами).

Оказалось, что:

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

Принцип суперпозиции полей

Если взять n точечных электрических зарядов Q_1, Q_2, \dots, Q_n , то они создадут общее электрическое поле. Опыты показали: в точке этого поля на пробный заряд q действует равнодействующая:



$$\vec{F}_k = \vec{F}_{k1} + \vec{F}_{k2} + \dots + \vec{F}_{kn} \Rightarrow \vec{E} = \frac{\vec{F}_k}{q} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n.$$

Принцип суперпозиции (наложения) полей: напряжённость \vec{E} в данной точке электрического поля, созданного системой n точечных зарядов Q_i , равна векторной сумме

напряжённостей \vec{E}_i , созданных в этой точке каждым зарядом $\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$.

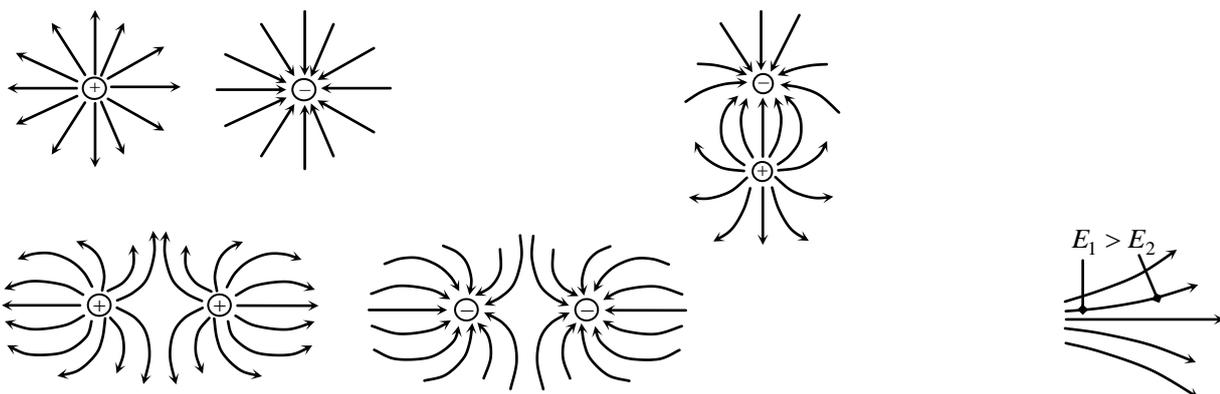
Графическое изображение электрического поля

Электрическое поле невидимо, его условно изображают в виде *линий напряжённости*.

Линия напряжённости (силовая линия) электрического поля – линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением вектора напряжённости \vec{E} в этой точке.

- Линии напряжённости поля можно построить, внося в него *положительный заряд* (по направлению силы \vec{F}_k в каждой точке поля).
- Линии напряжённости разомкнуты: они начинаются на положительных зарядах (или в бесконечности) и заканчиваются на отрицательных зарядах (или в бесконечности).
- Линии напряжённости не пересекаются.

Картины электрических полей разных источников:



Для большей наглядности линии напряжённости поля рисуют с разной плотностью (количеством линий, приходящихся на единицу площади перпендикулярно расположенной поверхности): в областях пространства, где напряжённость \vec{E} выше, плотность линий больше.

Примеры решения задач

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

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

А) Дано:

$$r_1 = r$$

$$r_2 = 3r$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$F_1/F_2 = ?$$

Решение:

Ответ: сила уменьшится в 9 раз.

Б) Дано:

$$r = r^*$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$q_1^* = q$$

$$q_2^* = 5q$$

$$F^*/F = ?$$

Решение:

Ответ: сила увеличится в 5 раз.

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

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

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

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

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

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

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

Дано:

$$q_1 = q_2 = 1 \text{ мкКл}$$

$$r = 30 \text{ см}$$

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

$$F = ?$$

СИ:

$$1 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$0,3 \text{ м}$$

Решение:

Ответ: $F = 0,01 \text{ Н}$

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

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{(1 \cdot 10^{-6})^2}{0,3^2} = 100 \cdot 10^{-4} = 0,01 \text{ (Н)}$$

$$[F] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{\text{Кл}^2}{\text{м}^2} = \text{Н}$$

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

Дано:

$$r = 0,5 \text{ м}$$

$$F = 3,6 \text{ Н}$$

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

$$q_1 = q_2 = q$$

$$q = ?$$

Решение:

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

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

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

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

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

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

Дано:

$$F=12 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

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

$$q_1=5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2=6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

r - ?

Решение:

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

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

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

$$r = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{\text{Кл} \cdot \text{Кл}}{\text{Н}}} = \sqrt{\text{м}^2} = \text{м}$$

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

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

Дано:

$$\epsilon=2,5$$

$$q_1=q_2=q$$

$$F_1=F_2$$

$$r_2=5\text{м}$$

r_1 - ?

Решение:

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

$$\frac{kq^2}{\epsilon r_1^2} = \frac{kq^2}{r_2^2} \Rightarrow \epsilon r_1^2 = \frac{kq^2}{\frac{kq^2}{r_2^2}} = r_2^2 \Rightarrow r_1^2 = \frac{r_2^2}{\epsilon} = \frac{5^2}{0,25} = 100(\text{м}^2)$$

$$r_1 = \sqrt{100} = 10(\text{м})$$

Ответ: $r_1=10\text{м}$

Порядок выполнения работы:

3. Перед решением задач на доске выписываются формулы по данной теме.

4. Провести анализ величин, входящих в формулы.

5. Решить задачи самостоятельно.

1. Во сколько раз надо изменить расстояние между зарядами, чтобы при погружении их в керосин сила взаимодействия между ними была такая же, как в воздухе? (Отв.: в 4,5 раза).
2. С какой силой взаимодействуют в вакууме 2 разряда по 0,2мКл каждый на расстоянии 0,2 м друг от друга? (Отв.: 90мН)
3. Два равных положительных заряда отталкиваются в воде с силой 1,6мкН на расстоянии 3 см друг от друга. Определить величину каждого заряда, если $\epsilon = 81$.
4. Два шарика, расположенные на расстоянии 10 см друг от друга, имеет одинаковые отрицательные разряды и взаимодействуют с силой 0,23мН. Найти число «избыточных» электронов на каждом шарике. (Отв.: 10^{11}).
5. Имеются 2 одноименно заряженных шарика, массы которых равны соответственно 10 и 1 грамм. Заряд второго шарика $3 \cdot 10^{-14} \text{ Кл}$. Каков должен быть заряд первого

- шарика, чтобы сила тяготения между ними уравновешивалась электрической силой? (Отв.: 25нКл).
6. Во сколько раз сила электрического отталкивания между двумя электронами больше силы их гравитационного притяжения друг к другу? (Отв.: в $4,2 \cdot 10^{-42}$ раз).
 7. В направленном вертикально вниз однородном электрическом поле напряжённостью $1,3 \cdot 10^5$ Н/Кл капля жидкости массой $2 \cdot 10^{-9}$ г оказалась в равновесии. Определите заряд капли и число избыточных электронов на ней.
 8. Точечный заряд $q=10$ нКл окружён сферической оболочкой из диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$. Внешний и внутренний радиусы оболочки равны соответственно $R_1= 5$ см, а $R_2= 6$ см. Определите напряжённость $E(r)$ электрического поля в зависимости от расстояния от заряда и начертите график этой зависимости.
 9. Три concentric сферические сферы радиусами R , $2R$ и $3R$ несут равномерно распределённые по их поверхностям заряды $q_1= +2q$, $q_2= -q$ и $q_3= +q$ соответственно. Известно, что точечный заряд q создаёт на расстоянии R электрическое поле напряжённостью $E_1= 63$ Н/Кл. Чему равна напряжённость поля в точке, отстоящей от центра сфер на расстоянии, равном $2,5R$?

Ход работы:

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

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Практическая работа № 9

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

Цель:

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи на емкость электрического проводника, как качественного, так и расчетного характера.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

Решить задачи:

1. Какова емкость проводника, потенциал которого изменяется на 10кВ при сообщении ему заряда 5нКл?
2. На сколько увеличится потенциал шара радиусом 3 см при сообщении ему заряда 20нКл?
3. Два проводника имеют одинаковую форму и размеры, но один из них сплошной, а другой полый. Какое из тел имеет большую емкость?
4. При сообщении проводнику заряда 0,1нКл его потенциал увеличился на 1400пВ. Определите емкость проводника.
5. Определите толщину диэлектрика конденсатора, емкость которого 1400пФ, площадь перекрывающих друг друга пластин 14см^2 , если диэлектрик-слюда.
6. Заряд конденсатора $4 \cdot 10^{-4}$ Кл, разность потенциалов на его обкладках 500В. Определите потенциальную энергию конденсатора.
7. Площадь пластины плоского воздушного конденсатора 60см^2 , заряд конденсатора 1нКл, разность потенциалов между его пластинами 90В. Определить расстояние между пластинами конденсатора.
8. Какова емкость проводника, потенциал которого изменяется на $\Delta\varphi=20\text{кВ}$ при сообщении ему заряда $q=9\text{нКл}$?
9. Определить емкость батареи $C_{\text{бат.}}$, если конденсаторы с емкостями $C_1=5\text{пФ}$, $C_2=10\text{пФ}$ и $C_3=30\text{пФ}$ соединили: а) последовательно; б) параллельно. Схему соединения конденсаторов начертить.
10. Три конденсатора соединили параллельно. При этом $c_1=1,5\text{мкФ}$; $c_2=3\text{мкФ}$; $c_3=4\text{мкФ}$. Напряжение в сети $U=220\text{В}$. Какой заряд накоплен всеми конденсаторами? Чему равна энергия всех конденсаторов?

Краткие теоретические сведения:

Электроёмкость. Конденсаторы

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

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

- 1) его размеров и формы;
- 2) наличия около него других проводников;
- 3) наличия вокруг него диэлектрической среды и её свойств.

Ёмкость шарообразного (сферического) проводника пропорциональна его радиусу r_0 .

$$C_{\text{ш}} = \frac{Q}{\varphi} = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon \cdot r_0$$

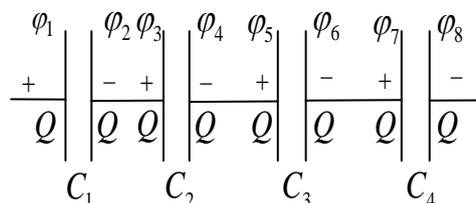
Конденсатор – система двух проводников (обкладок), разделённых слоем диэлектрика, предназначенная для накопления и хранения заряда.

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

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S}{d}, \text{ где } S \text{ – площадь обкладки; } d \text{ – расстояние между обкладками.}$$

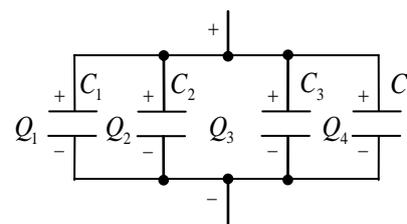
Последовательное соединение конденсаторов – соединение, при котором после зарядки отрицательно (положительно) заряженная обкладка предыдущего конденсатора соединена с положительно (отрицательно) заряженной обкладкой последующего.

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



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

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



Энергия электрического поля

заряженного конденсатора

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

Объёмная плотность энергии поля (w) –

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

Порядок выполнения работы:

1. Выписать формулы по пройденному материалу.
2. Дать характеристику физических величин и их единиц измерения.
3. Решить задачи самостоятельно.
 1. Какова емкость проводника, потенциал которого изменяется на 20кВ при сообщении ему заряда 2нКл?
 2. На сколько увеличится потенциал шара радиусом 2 см при сообщении ему заряда 2нКл?
 3. При сообщении проводнику заряда 0,2нКл его потенциал увеличился на 400пВ. Определите емкость проводника.
 4. Определите толщину диэлектрика конденсатора, емкость которого 1400пФ, площадь перекрывающих друг друга пластин 16см^2 , если диэлектрик слюда.
 5. Заряд конденсатора 2мКл, разность потенциалов на его обкладках 220В. Определите потенциальную энергию конденсатора.
 6. Площадь пластины плоского воздушного конденсатора 20см^2 , заряд конденсатора 2нКл, разность потенциалов между его пластинами 4В. Определить расстояние между пластинами конденсатора.
 7. Определить ёмкость батареи $C_{\text{бат}}$, если три конденсатора с ёмкостью 5пФ соединили: а) последовательно; б) параллельно. Схему соединения конденсаторов начертить.
 8. Три конденсатора $c_1=1,5\text{мкФ}$; $c_2=3\text{мкФ}$; $c_3=4\text{мкФ}$. соединили параллельно. Напряжение в сети $U=220\text{Вольт}$. Какой заряд накоплен всеми конденсаторами? Чему равна энергия всех конденсаторов?

Ход работы:

1. Внимательно прочитать задачу, проанализировать условие, выяснить область действия электрического заряда. Выписать числовые значения заданных величин.
2. Сделать схематический чертёж, отображающий электрическое поле вокруг проводника.
3. Подставить в расчетные формулы вместо обозначений физических величин обозначения их единиц в СИ, произвести преобразования и убедиться, получаются ли в результате единицы искоемых величин.
4. Подставить в расчетные формулы числовые значения физических величин и произвести вычисления. Оценить реальность полученного результата.

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.2. Законы постоянного тока

Практическая работа № 10

Решение задач по теме: «Смешанное соединение проводников»

Цель:

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи на расчёт электрических цепей

Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;

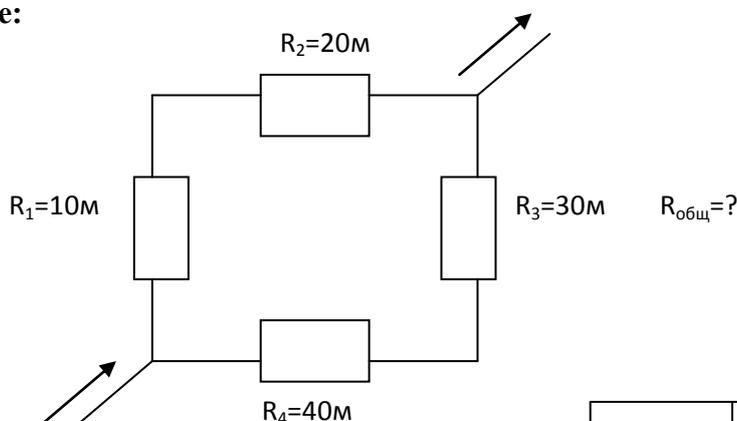
- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

- справочные материалы

Задание:

1.



2. Десять резисторов соединили по два последовательно в пять параллельных ветвей. Начертить схему соединения. Определить общее сопротивление резисторов, если каждый резистор имеет сопротивление 2 Ом.
3. Найти полное сопротивление электрической цепи (см. рис.1), если внутреннее сопротивление источника тока 1 Ом, а сопротивления других участков цепи соответственно равны 4,3,12 и 6 Ом.

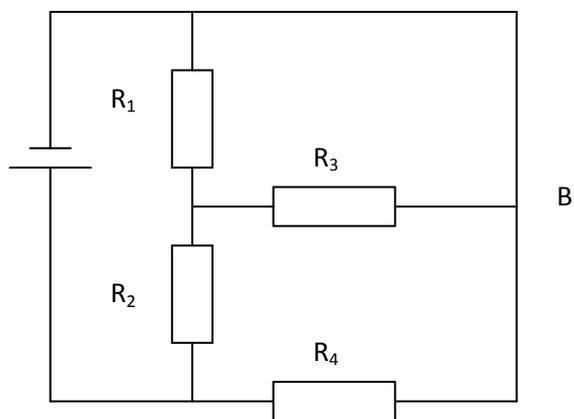
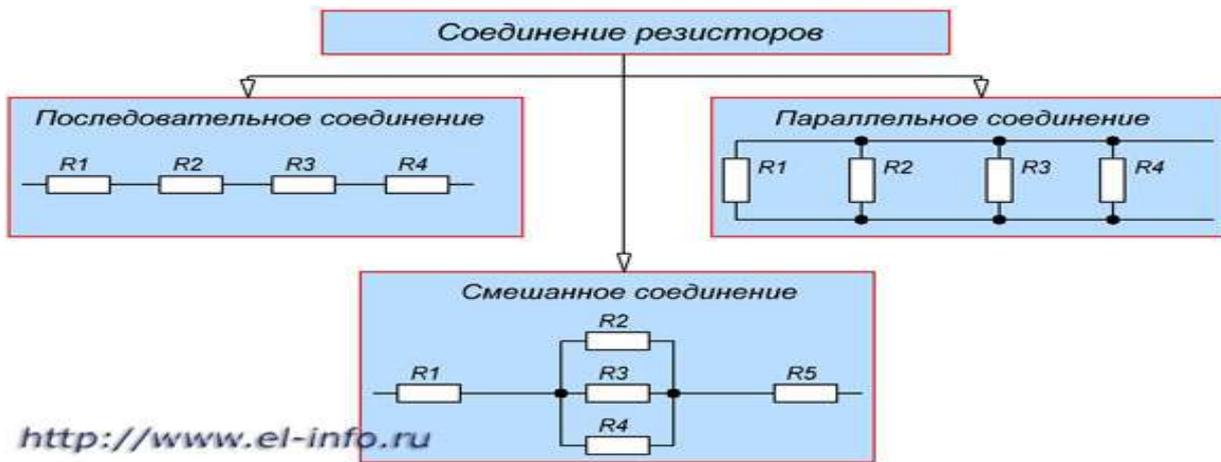


Рис.1

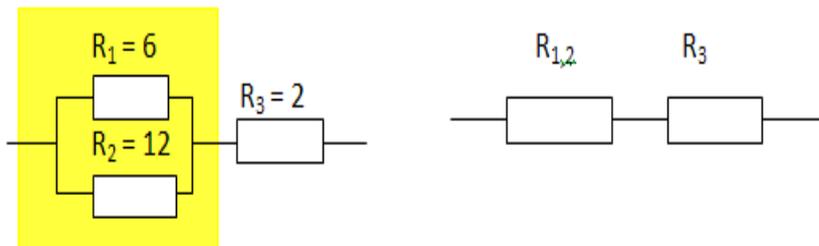
Краткие теоретические сведения:



При расчётах электрических цепей необходимо знать законы параллельного и последовательного соединения проводников.

При решении задач на смешанное соединение проводников обычно составляют так называемые эквивалентные схемы, выделяя участки с последовательным и параллельным соединением.

Пример 1.



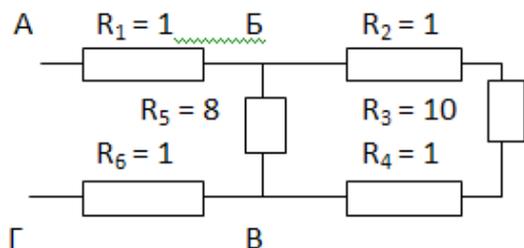
Сопротивление $R_{1,2}$ заменило выделенный участок цепи, в котором два проводника соединены параллельно.

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

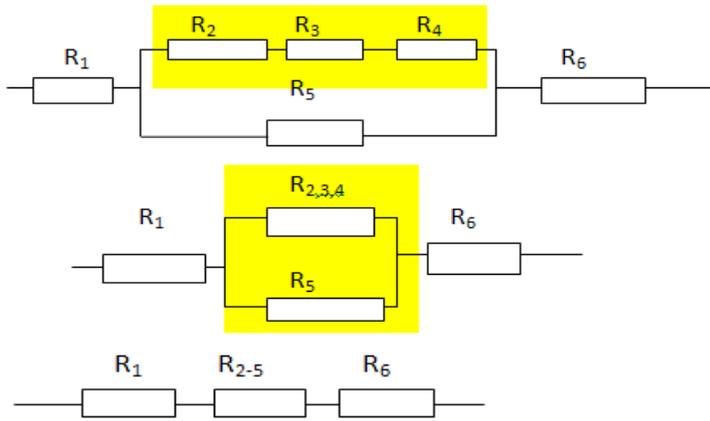
$$R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \cdot 12}{6 + 12} = 4$$

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

Пример 2.



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



R_2, R_3 и R_4 соединены последовательно. Поэтому $R_{2,3,4} = R_2 + R_3 + R_4 = 1 + 10 + 1 = 12$

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

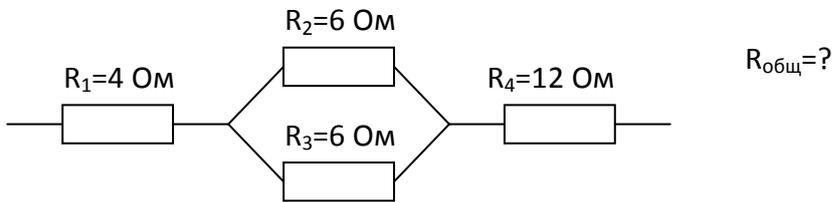
$$R_{2-5} = \frac{R_{2,3,4}R_5}{R_{2,3,4} + R_5} = \frac{12 \cdot 8}{12 + 8} = 4,8$$

И в последней схеме проводники соединены последовательно. $R = R_{2-5} + R_1 + R_6 = 1 + 4,8 + 1 = 6,8$.

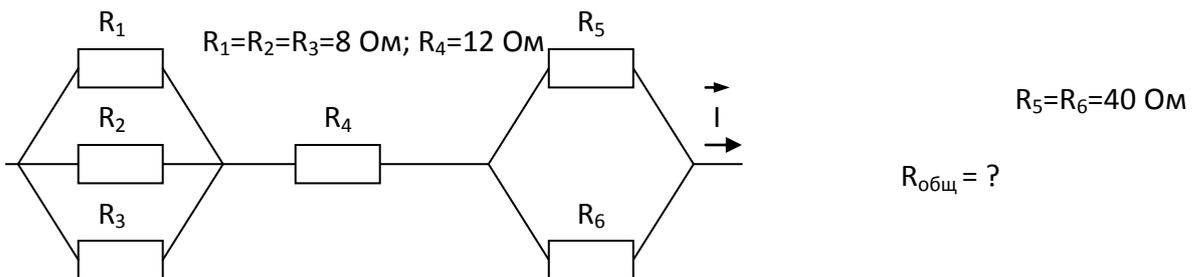
Порядок выполнения работы:

1. Выписать формулы по пройденному материалу.
2. Дать характеристики физических величин и их единиц измерения.
3. Решить задачи №№1-4 самостоятельно:

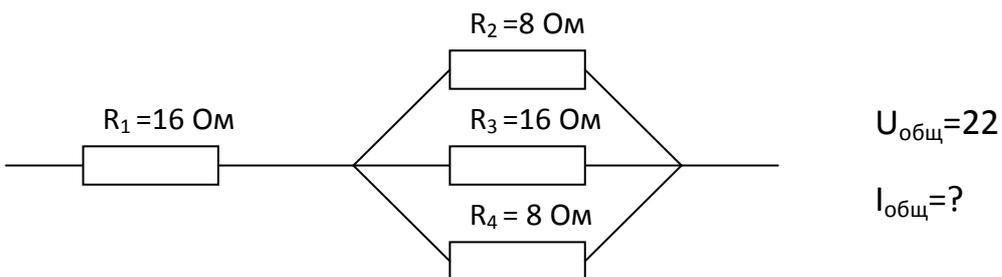
1.



2.



3



Ход работы:

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

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.2. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Практическая работа № 11

Решение задач по теме: «Работа тока. Тепловое действие тока. Закон Джоуля-Ленца»

Цель:

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

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

Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;

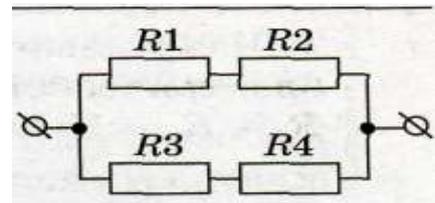
- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

- справочные материалы

Задание:

1. Мощность электрического утюга 1 кВт. Каково его сопротивление при включении в сеть с напряжением 220В?
2. Сопротивление резистора 440 Ом, напряжение в цепи равно 220В. Определить мощность тока.
3. По проводнику сопротивлением 200 Ом за 5 минут прошло количество электричества 300 Кл. Вычислить работу тока за это время.
4. В сеть с напряжением 220В включены параллельно одинаковые лампочки с сопротивлением 484 Ом каждая. Сколько лампочек включили в сеть, если они потребляют мощность 800 Вт?
5. Гальванический элемент с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на сопротивление 5 Ом. Какое количество теплоты выделится на проводнике и внутреннем сопротивлении за 10 с?
6. ЭДС источника электрической энергии равна 100 В. При внешнем сопротивлении 49 Ом сила тока в цепи 2 А. Найти падение напряжения внутри источника и его внутреннее сопротивление.
7. Аккумулятор с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом питает внешнюю цепь сопротивлением 12,4 Ом. Какое количество теплоты выделится за время 10 минут во всей цепи?
8. На каком из сопротивлений будет выделяться наибольшее количество теплоты в единицу времени, если $R_1=4$ Ом; $R_2=2$ Ом; $R_3=1$ Ом; $R_4=2$ Ом?
9. При ремонте электроплитки её спираль укоротили на 0,2 первоначальной длины. Как при этом изменится мощность плитки?



Краткие теоретические сведения:

Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля–Ленца

Пусть под действием электрического поля заряд Δq за время Δt прошёл через резистор R . Работа поля $A = \Delta q \cdot U$ (п.5.1.1.13), где U – напряжение на резисторе. Из $U = I \cdot R$ и $\Delta q = I \Delta t \Rightarrow$

$$\boxed{A = I^2 \cdot R \cdot \Delta t}; \boxed{A = I \cdot U \cdot \Delta t}, [A] = 1 \text{ Дж.}$$

- Работу поля A по перемещению заряда принято называть работой тока, а мощность поля P – мощностью тока.

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

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

Порядок выполнения работы:

1. Выписать формулы по пройденному материалу.
2. Дать характеристики физических величин и их единиц измерения.
3. Решить задачи №№1-5 самостоятельно:
 - 1) Определить сопротивление электрического паяльника мощностью 300 Вт, включенного в сеть напряжением 220 В.
 - 2) По проводнику сопротивлением 20 Ом за 5 мин прошло количество электричества 300 Кл. Вычислить работу тока за это время.
 - 3) Сколько электронов проходит каждую секунду через поперечное сечение вольфрамовой нити лампочки мощностью 70 Вт, включенной в сеть с напряжением 220В?
 - 4) Определить стоимость электрической энергии, потребляемой лампой мощностью 100 Вт за 200 ч горения ($k = 0,04 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$).
 - 5) Какое сопротивление нужно включить в сеть с напряжением 220 В, чтобы в нем за 10 минут выделилось 66 кДж теплоты?

Ход работы:

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

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.2 Законы постоянного тока

Практическая работа 12

Решение задач по теме: «Законы Кирхгофа»

Цель: 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»

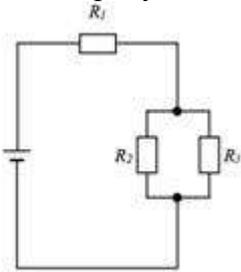
Материальное обеспечение: -

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

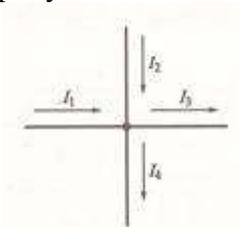
Задание:

Решить задачи:

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

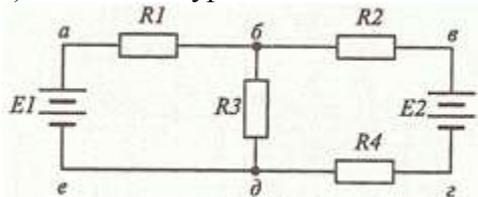


- 2). Напишите уравнение согласно первому закону Кирхгофа для узла, изображенного на рисунке.

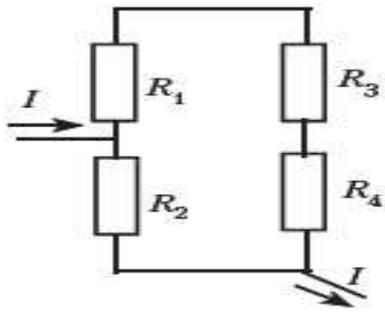


- 3). Нарисуйте электрический узел, для которого согласно первому закону Кирхгофа составлено следующее уравнение: $I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 - I_6 = 0$

- 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.

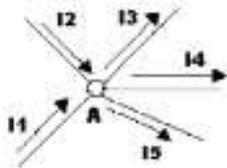


РИСУНОК 1

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:

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

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

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

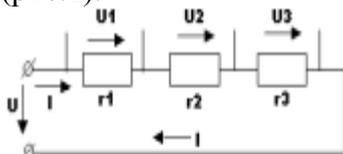


РИСУНОК 2

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

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

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



РИСУНОК 3

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

Наличие узла в схеме – это признак параллельного соединения.



РИСУНОК 4

Напряжение на приемниках одинаково и равно положению между узлами:

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

Токи в ветвях распределяются обратно пропорционально сопротивлениям

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

ветвей или прямо пропорционально их проводимостям:

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

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

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

Мощность характеризуется как скорость совершения работы в источнике

питания или в приемнике энергии: $P = \frac{A}{t}$ - общий вид формулы; $P_{ист} = E \cdot I$ - мощность источника электрической энергии; $P_{пот} = (U + U_0)I = UI + U_0I$, 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: $P_{ист} = P + P_0$.

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

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

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

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: $\sum E = \sum Ir$

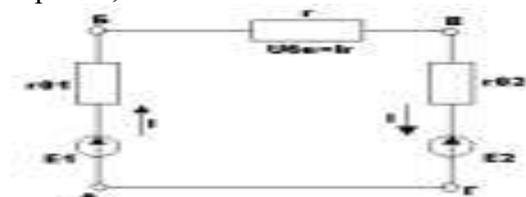
В любом замкнутом электрическом контуре алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений на сопротивлениях, входящих в этот контур.

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: $E_1 + (-E_2) = Ir_{AB} + Ir + Ir_{CD}$.



Порядок выполнения работы:

1. Выписать формулы по пройденному материалу.
 2. Дать название, характеристику физических величин и их единиц измерения.
 3. Решить задачи самостоятельно.
1. Освещение здания питается от четырехпроводной трехфазной сети с линейным напряжением $U_{л} = 380$ В. Первый этаж питается от фазы "А" и потребляет мощность 1760 Вт, второй – от фазы "В" и потребляет мощность 2200 Вт, третий – от фазы "С", его мощность 2640 Вт. Составить электрическую схему цепи, рассчитать токи, потребляемые каждой фазой, и ток в нейтральном проводе, вычислить активную мощность всей нагрузки. Построить векторную диаграмму.
 2. В трехфазную сеть с $U_{л} = 380$ В включен соединенный треугольником трехфазный асинхронный двигатель мощностью $P = 5$ кВт, КПД двигателя равен $\eta_H = 90\%$, коэффициент мощности $\cos \varphi_H = 0,8$. Определить фазные и линейные токи двигателя, параметры его схемы замещения R_ϕ , X_ϕ , построить векторную диаграмму. Включить ваттметры для измерения активной мощности и найти их показания.

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.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.3 МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Практическая работа № 13

Решение задач по теме: «Магнитное поле и его характеристики. Силы, действующие в магнитном поле на проводник и электрический заряд»

Цель работы:

1. Расширить знания учащихся о магнитных взаимодействиях, развивать умения обобщать, сравнивать, использовать полученные знания при решении задач.
2. Повторить основные термины и формулы раздела «Электромагнитные явления».
3. Сформировать умение применять формулы 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° 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 $U=400\text{В}$, попал в однородное магнитное поле с индукцией $B=1,5\text{ Тл}$. Определить: 1) радиус R кривизны траектории; 2) частоту вращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям индукции.
3. Протон со скоростью $2 \cdot 10^7\text{ м/с}$ влетает в однородное магнитное поле с индукцией 8 Тл под углом 45° 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° 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 $6 \cdot 10^{-4}\text{ кг}\cdot\text{м/с}$, направленный перпендикулярно линиям магнитной индукции. С какой силой будет действовать магнитное поле на заряженный шарик?

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:

Напряженность магнитного поля:

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

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

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

$$F_d = ma_n \Rightarrow$$

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

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

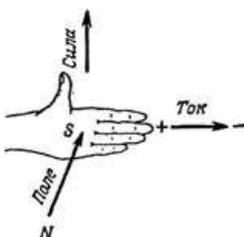
$$B = \mu\mu_0 nI, n = \frac{N}{l}$$

Магнитное поле соленоида:

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

Направление силы Ампера определяется по правилу «левой руки»:

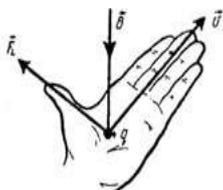
- магнитные силовые линии входят в ладонь;



- 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.



Порядок выполнения работы:

1. Перед самостоятельным решением задач на доске выписываются формулы по данной теме.
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить самостоятельно задачи №№ 1-5:

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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 5×10^{-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.)

Ход работы:

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

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.4 ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Практическая работа № 14

Решение задач по теме: «ЭДС индукции, самоиндукции. Индуктивность»

Цель:

1. Повторить основные термины и формулы раздела «Электромагнитная индукция».
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 электромагнитной индукции, как качественного, так и расчетного характера.

Материальное обеспечение:

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

Задание:

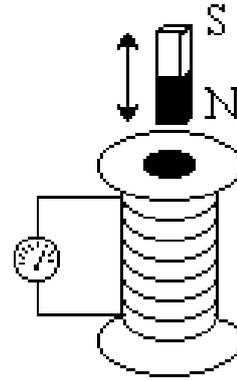
1. За 5мс в соленоиде, содержащем 500 витков провода, магнитный поток равномерно убывает с 7 до 3мВб. Найти величину ЭДС индукции в соленоиде.
2. Сколько витков провода должна содержать обмотка, если ЭДС индукции 20В, а магнитный поток убывает на 5мВб за 5 мс?
3. Определить время, за которое в катушке из 50-ти витков с ЭДС 20 Вольт магнитный поток возрастает на 5мВб.
4. Найти величину ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части 0,25м, перемещающемся в однородном магнитном поле с индукцией 8мТл со скоростью 5м/с под углом 30° к вектору магнитной индукции. (Отв.:5В).
5. Какова индуктивность соленоида, если при силе тока 5А через него проходит магнитный поток 50мВб? (Отв.: 10мГн).
6. Какой величины ЭДС самоиндукции возбуждается в обмотке электромагнита с индуктивностью 0,4Гн при равномерном изменении силы тока в ней на 5А за 0,02секунд. (Отв.: 100В).
7. В катушке индуктивностью 0,6Гн сила тока равна 20А. Какова энергия магнитного поля катушки? Как изменится энергия поля, если сила тока уменьшится вдвое? (Отв.:120Дж; уменьшится в 4 раза).
8. Через соленоид, индуктивность которого 0,4мГн и площадь поперечного сечения 10см^2 , проходит ток 0,5А. Какова индукция поля внутри соленоида, если он содержит 100 витков? Поле считать однородным. (Отв.:2мТл).
9. Найти энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 10А возникает магнитный поток 0,5Вб. (Отв.: 2.5Дж).
10. Какой магнитный поток возникает в катушке с индуктивностью 20мГн при силе тока 10А? (Отв.: 0,2 Вб).

Краткие теоретические сведения:

Опыт Фарадея. Электромагнитная индукция

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

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



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

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

Правило Ленца: индукционный ток, возникающий в замкнутом контуре, имеет такое направление, что создаваемый им магнитный поток сквозь поверхность, охватываемую контуром, стремится компенсировать изменение магнитного потока, вызывающего данный ток.

Закон электромагнитной индукции: ЭДС индукции, возникающая в контуре, равна скорости изменения магнитного потока (через поверхность, ограниченную данным контуром), взятой с обратным знаком.
$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

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

Потокоцепление. Индуктивность

Из $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ и $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \Rightarrow \mathcal{E} = -\frac{N \cdot \Phi_2 - N \cdot \Phi_1}{\Delta t}$. Обозначим общий магнитный поток, пронизывающий все витки катушки $N \cdot \Phi = \psi$, $[\psi] = 1 \text{ Вб}$.

Потокоцепление – величина, характеризующая связь магнитного потока с контуром.

Тогда закон электромагнитной индукции:
$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\psi}{\Delta t}$$

Из опытов известно, что ψ контура пропорционально току I в нём: $\psi = L \cdot I$.

Индуктивность (L) – коэффициент пропорциональности между потокоцеплением и током контура.
$$L = \frac{\psi}{I} \quad [L] = 1 \frac{\text{Вб}}{\text{А}} = 1 \text{ Гн} - \text{генри}$$

Самоиндукция. ЭДС самоиндукции

Магнитный поток, проходящий через контур, может быть создан не только внешним источником (например, магнитом), но и током в самом контуре (собственный поток).

При изменении (нарастании или убывании) тока в контуре изменяется собственный магнитный поток и возникает ЭДС.

Самоиндукция – явление возникновения ЭДС индукции, вызванное изменением тока в контуре.

ЭДС самоиндукции ($\mathcal{E}_{\text{си}}$) – ЭДС, возникающая при самоиндукции:

$$\mathcal{E}_{\text{си}} = -\frac{\Delta\psi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(LI)}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (\text{при } L = \text{const}).$$

$$\mathcal{E}_{\text{си}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

- Самоиндукция в технике позволяет плавно увеличивать ток. При выключении цепи самоиндукция приводит к возникновению искр и электрической дуги, что вредно для контактов выключателя и элементов цепи. В связи с этим применяют искрогасители (масляные и др.).

Магнитное поле обладает энергией.
$$W_L = L \frac{I_0^2}{2}$$

Порядок выполнения работы:

1. Выписать формулы по пройденному материалу.
 2. Дать название, характеристику физических величин и их единиц измерения.
 3. Решить задачи самостоятельно.
- 1) За 10мс в соленоиде, содержащем 100 витков провода, магнитный поток равномерно убывает с 5 до 3мВб. Найти величину ЭДС индукции в соленоиде.
 - 2) Сколько витков провода должна содержать обмотка на стальном сердечнике с поперечным сечением 50 см², чтобы в ней при изменении магнитной индукции от 0,1 до 1,1Тл в течение 5мс возбуждалась ЭДС индукции 100Вольт?
 - 3) С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 1метр, под углом 60° к линиям магнитного поля, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции 1Вольт? Индукция магнитного поля 0,2Тл.
 - 4) Найти индуктивность проводника, в котором равномерное изменение силы тока на 2А в течение 0,25 секунд возбуждает ЭДС самоиндукции 20мВ.
 - 5) Катушка с железным сердечником сечением 20см² имеет индуктивность 0,02Гн. Какой должна быть сила тока, чтобы индукция поля в сердечнике была 1мТл, если катушка содержит 1000 витков?
 - 6) Какой должна быть сила тока в обмотке дросселя индуктивностью 0,5Гн, чтобы энергия поля оказалась равной 1Дж?
 - 7) Какова индуктивность катушки, если при постепенном изменении в ней силы тока от 5 до 10А за 0,1секунд возникает ЭДС самоиндукции, равная 20 Вольт?

Ход работы:

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

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.5 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБНИЯ

Практическая работа № 15

Решение задач по теме: «Электромагнитные колебания в сети переменного тока»

Цель:

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

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

Материальное обеспечение:

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

Задание:

Решить задачи

1. От чего зависит период собственных незатухающих электромагнитных колебаний в контуре?
2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 1$ мкФ и катушки индуктивностью $L = 0,01$ Гн. Вычислить период колебаний в контуре. Можно ли возникшие колебания считать высокочастотными?
3. Колебательный контур состоит из лейденских банок общей электроемкостью $C = 6 \cdot 10^{-3}$ мкФ и катушки индуктивностью $L = 11$ мкГн. Вычислить частоту электромагнитных колебаний в контуре.
4. Катушку какой индуктивности надо включить в колебательный контур, чтобы с конденсатором емкостью $C = 2$ мкФ получить электромагнитные колебания частотой $\nu = 1000$ Гц?
5. Какой емкости конденсатор нужно включить в колебательный контур с катушкой индуктивности $L = 0,76$ Гн, чтобы получить в нем электрические колебания звуковой частоты $\nu = 400$ Гц?

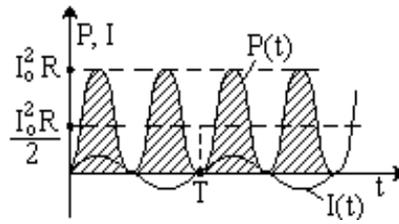
Краткие теоретические сведения:

Действующие значения мощности, силы и напряжения переменного тока

При $I = \text{const}$ на резисторе R рассеивается мощность $P = I^2 \cdot R$ и энергия $Q = P \cdot t$.

При $I(t) = I_0 \sin \omega t$, разбивая время t на бесконечно малые интервалы Δt_i , полагаем, что на Δt_i $I(\Delta t_i) = I_i = \text{const}$ и мгновенная мощность $P(\Delta t_i) = P_i = I_i^2 \cdot R = I_i^2 \cdot R$;
$$P_i = I_0^2 R \sin^2 \omega t_i = I_0^2 R \frac{(1 - \cos 2\omega t_i)}{2}.$$

Из графиков $P(t)$ и $I(t)$ количество теплоты $Q = \sum_{i=1}^n P_i \Delta t_i$ резисторе R за период $T = n\Delta t_i$, фигуры, ограниченной кривой интервале $[0, T]$, причем такое



видно, что, выделившееся на равно площади $P(t)$ и осью t на же количество

теплоты (численно равно площади прямоугольника со сторонами $\frac{I_0^2 R}{2}$ и T) выделилось бы на резисторе R при протекании по нему постоянного тока мощности $P_{\text{пост}} = I_{\text{пост}}^2 \cdot R = \frac{I_0^2 R}{2}$.

Действующее значение мощности переменного тока (P) – величина, численно равная мощности постоянного тока $P_{\text{пост}}$, при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока T , на равных резисторах R выделяют равные количества теплоты Q .

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} \text{ и } U_0 = I_0 \cdot R \Rightarrow \boxed{P = \frac{I_0^2 R}{2} = \frac{I_0 U_0}{2} = \frac{U_0^2}{2R}}$$

• Действующее значение мощности переменного тока часто называют **активной мощностью**.

Действующее значение силы переменного тока (I) – величина, численно равная силе постоянного тока $I_{\text{пост}}$, при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока T , на равных резисторах R выделяют равные мощности.

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} = I_{\text{пост}}^2 R = I^2 \cdot R = \frac{I_0^2 R}{2} \Rightarrow \boxed{I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}}$$

Действующее значение напряжения переменного тока (U) – величина, численно равная напряжению постоянного тока $U_{\text{пост}}$, при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока T , на равных резисторах R выделяют равные мощности.

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} = \frac{U_0^2}{2R} = \frac{U^2}{R} \Rightarrow \boxed{U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}}$$

Тогда $\boxed{P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = U \cdot I}$, что аналогично формулам расчёта мощности постоянного тока.

Если цепь содержит индуктивности и (или) ёмкости, то между током I и напряжением U в ней имеется сдвиг фаз φ . Тогда

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T I \cdot U \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T U_0 \sin \omega t \cdot I_0 \sin(\omega t + \varphi) dt = \\ = \frac{I_0 U_0}{T} \int_0^T \cos \varphi \cdot \sin^2 \omega t \cdot dt + \frac{I_0 U_0}{T} \int_0^T \sin \varphi \cdot \sin \omega t \cdot \cos \omega t \cdot dt =$$

$$= \frac{I_0 U_0}{T} \cos \varphi \int_0^T \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \cdot dt + \frac{I_0 U_0}{T} \sin \varphi \cdot \int_0^T \frac{\sin 2\omega t}{2} \cdot dt = \frac{I_0 U_0}{2} \cos \varphi = IU \cos \varphi$$

Значит, $P = I \cdot U \cdot \cos \varphi$, где $\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

• На практике нас редко интересуют амплитудные или мгновенные значения силы, напряжения или мощности переменного тока. Интерес представляют их действующие значения.

Закон Ома для переменного тока

Известно, что в цепях переменного тока:

а) для активного сопротивления R : $I_0 = \frac{U_0}{R}$; б) для ёмкости C : $I_0 = \frac{U_0}{X_C}$; в) для

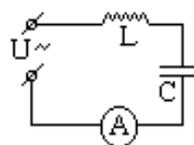
индуктивности L : $I_0 = \frac{U_0}{X_L}$.

Учтя, что $I_0 = I \cdot \sqrt{2}$ и $U_0 = U \cdot \sqrt{2}$, получим закон Ома для переменного тока для резистора, ёмкости и индуктивности:

$$\boxed{I = \frac{U}{R}}; \quad \boxed{I = \frac{U}{X_C}}; \quad \boxed{I = \frac{U}{X_L}}.$$

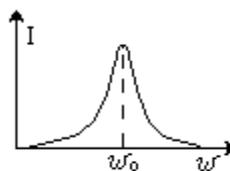
Резонанс в цепи переменного тока

Соберём цепь из катушки конденсатора C , амперметра переменного переменного напряжения $U = U_0 \cdot \sin \omega t$ с ω . Активное сопротивление проводов и индуктивности $R \approx 0$.



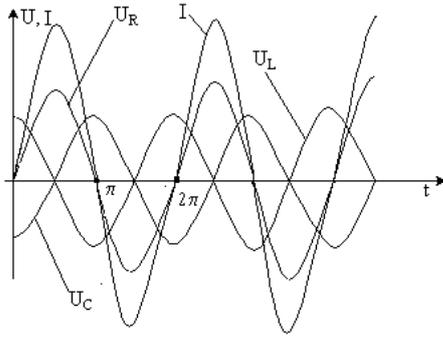
индуктивности L , тока A и источника изменяемой частотой катушки

Фиксируя $U_0 = \text{const}$ и изменяя частоту ω от 0 до максимально возможного значения, снимем зависимость силы действующего тока в цепи $I(\omega)$. Оказалось, что на частоте $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ наблюдается резкое увеличение тока.



наблюдается резкое

Резонанс – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных электромагнитных колебаний при совпадении частоты вынуждающего напряжения с собственной частотой колебаний контура.



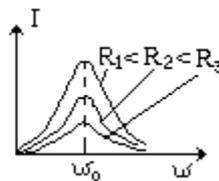
С учётом сопротивления R : $U = U_R + U_L + U_C$ (U_R, U_L, U_C – падения напряжения на R, L и C). В активном сопротивлении колебания тока I и падения напряжения U_R совпадают по фазе, в индуктивности – I отстаёт от U_L на $\frac{\pi}{2}$, в ёмкости – I опережает U_C на $\frac{\pi}{2}$. Значит, *падения напряжения на индуктивности и ёмкости колеблются в противофазах*, и уравнение для цепи с учётом фаз примет вид: $U = U_R + |U_L| - |U_C|$.

Резонанс объясняют тем, что на ω_0 U_L и U_C равны и противофазны: $U_L + U_C = 0$ или, с учётом фаз, $|U_L| - |U_C| = 0$; все приложенное напряжение U падает на активном сопротивлении $R \approx 0$ и сила тока в цепи резко возрастает: $I = \frac{U}{R} \rightarrow \infty$. Из $U_L = X_L I = \omega L I$ и $U_C = X_C I = \frac{1}{\omega C} I \Rightarrow |X_L I| - |X_C I| = 0$, т. е. *при резонансе значения индуктивного и ёмкостного сопротивлений переменному току равны*: $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$ (*). При резонансе $|U_L| = \omega L I$ может быть значительно больше значения внешнего приложенного напряжения $U = IR$, т.к. $\omega L \gg R$.

Т.к. $|U_L| = |U_C|$, *при резонансе величины падений напряжений на индуктивности и ёмкости резко возрастают, значительно превосходя величину внешнего приложенного напряжения*.

Электромагнитный резонанс (как и механический) наступает при совпадении частоты внешних воздействий с собственной частотой колебаний системы, при этом активное сопротивление действует аналогично силе трения – переводит энергию колебаний в энергию потерь (тепло).

Для разных R (при постоянных L, C) вид:



кривые $I(\omega)$ имеют

- При значительных R резонанс практически незаметным.

может быть

- Резонанс широко используют в радиотехнике (при настройке контура радиоприёмника на частоту выбранной радиостанции и пр.).

Порядок выполнения работы:

1. Выписать формулы по пройденному материалу.

2. Дать название, характеристику физических величин и их единиц измерения.
3. Решить задачи самостоятельно.
 - 1) Во сколько раз изменится период и частота свободных незатухающих колебаний в контуре, если его индуктивность увеличить в 2 раза, а емкость — в 4 раза?
 - 2) Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 2,5 \cdot 10^{-6}$ Гн и двух конденсаторов, соединенных между собой параллельно, емкостью $C = 5 \cdot 10^{-3}$ мкФ каждый. Определить период электрических колебаний в контуре.
 - 3) В колебательном контуре частота собственных колебаний $\nu_1 = 30$ кГц, при замене конденсатора частота стала $\nu_2 = 40$ кГц. Какой будет частота колебаний в контуре: а) при параллельном соединении обоих конденсаторов; б) при последовательном соединении?
 - 4) Колебательный контур состоит из воздушного конденсатора, площадь каждой пластины которого $S = 100$ см², и катушки индуктивностью $L = 10^{-5}$ Гн. Период колебаний в контуре $T = 107$ с. Определить расстояние между пластинами конденсатора.

Ход работы:

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

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

РАЗДЕЛ 4 КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Тема 4.1. Квантовая оптика

Практическая работа №16

Решение задач по теме «Тепловое излучение»

Цель: изучить законы теплового излучения, отличать поглощательную и излучательную способности тела, понимать состояние «абсолютно черного тела»

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-производить расчёт параметров по законам теплового излучения

Материальное обеспечение:

посадочные места по количеству обучающихся;

- раздаточный материал с заданиями;

- сборники задач

- справочные материалы

Задание:

Решить задачи:

1. Найти температуру печи, если излучение из отверстия в ней площадью $S = 6,1 \text{ см}^2$ имеет мощность $N = 34,6 \text{ Вт}$. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.
2. Какую мощность излучения имеет Солнце? Его излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела. Температура поверхности Солнца $T = 5800 \text{ К}$
3. Какую энергетическую светимость имеет затвердевший свинец? Отношение энергетических светимостей свинца и абсолютно черного тела для данной температуры $k = 0,6$
4. Мощность излучения абсолютно черного тела $N = 34 \text{ кВт}$. Найти температуру этого тела, если известно, что его поверхность $S = 0,6 \text{ м}^2$
5. Мощность излучения раскаленной металлической поверхности $N = 0,67 \text{ кВт}$. Температура поверхности $T = 2500 \text{ К}$ ее площадь $S = 10 \text{ см}^2$. Какую мощность излучения имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение k энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.
6. Диаметр вольфрамовой спирали в электрической лампочке $d = 0,3 \text{ мм}$, длина спирали $l = 5 \text{ см}$. При включении лампочки в сеть напряжением $U = 127 \text{ В}$ через лампочку течет ток $I = 0,31 \text{ А}$. Найти температуру спирали. Считать, что по установлении равновесия все выделяющееся в нити тепло теряется в результате излучения. Отношение энергетических светимостей вольфрама и абсолютно черного тела для данной температуры $k = 0,31$.
7. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке $T = 2450 \text{ К}$. Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре $k = 0,3$. Найти площадь излучающей поверхности спирали
8. Найти солнечную постоянную, т. е. количество лучистой энергии, посылаемой Солнцем в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную к солнечным лучам и находящуюся на таком же расстоянии от него, как и Земля. Температура поверхности Солнца $T = 5800 \text{ К}$. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.
9. Считая, что атмосфера поглощает 10% лучистой энергии, посылаемой Солнцем, найти мощность излучения, получаемую от него горизонтальным участком Земли

площадью $S = 0,5$ га. Высота Солнца над горизонтом $\varphi = 30^\circ$. Излучение Солнца считать близким к излучению абсолютного черного тела.

10. Зная значение солнечной постоянной для Земли, найти значение солнечной постоянной для Марса

Краткие теоретические сведения

Чёрное тело. Закон теплового излучения Кирхгофа

Тепловое излучение возникает вследствие возбуждения частиц при их хаотическом движении и зависит от природы вещества и его температуры, причём *разные вещества при одной и той же температуре ($T > 0$) излучают неодинаково.*

Спектральная плотность энергетической светимости (излучательная способность) по частоте (e) – физическая величина, численно равная энергии теплового излучения с единицы площади поверхности тела за единицу времени в интервале частот единичной ширины $[e] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$.

Если излучение падает на тело, то *энергия излучения поглощается и превращается во внутреннюю энергию тела.*

Коэффициент поглощения (поглощательная способность) тела (a) – отношение поглощённой телом энергии излучения к падающей.

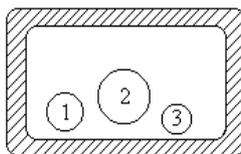
- a – безразмерная величина, зависит от природы тела, состояния его поверхности и частоты излучения.

Абсолютно чёрное тело – тело, поглощающее всё падающее на него излучение.

- У абсолютно чёрного тела (АЧТ) $a_{\text{ч}} = 1$, у других тел $a < 1$, у идеального зеркала $a = 0$.

Рассмотрим термоизолированную систему – камеру, внутрь которой помещены тела 1, 2, 3 разной температуры. Более нагретые тела излучают энергию, менее нагретые – принимают. Через некоторое время наступит тепловое равновесие (баланс излучения и поглощения), у стенок и тел установится одна температура. Пространство камеры будет равномерно заполнено ЭМВ разной частоты и интенсивности, хаотически движущимися во всех направлениях.

Пусть на 1 м^2 любой поверхности в диапазоне частот падает в 1 с энергия J . Т.к. тело излучает $a \cdot J$ энергии. Т.к. тело излучает $a \cdot J$ энергии, то $e = a \cdot J$ или $e_1 = a_1 \cdot J$; $e_2 =$



системы в любом единичном излучения J , тогда тело столько же, сколько и $a_2 \cdot J$ и т. д. Тогда $\frac{e_1}{a_1} = \frac{e_2}{a_2} = J$.

Если в системе есть АЧТ ($a_{\text{ч}} = 1$), то $\frac{e_1}{a_1} = \frac{e_2}{a_2} = \dots = \frac{e_{\text{ч}}}{1} = J$ и мы получаем **закон теплового**

излучения Кирхгофа: для произвольной частоты и температуры отношение излучательной способности любого тела к его поглощательной способности одинаково для всех тел и равно излучательной способности абсолютно чёрного тела, являющейся функцией только частоты и температуры.

Значит, *при данной температуре наибольшей излучательной способностью обладает АЧТ ($a_{\text{ч}} = 1 = a_{\text{max}} \Rightarrow e_{\text{ч}} = e_{\text{max}}$).* Тогда при данной высокой температуре: 1) при неравновесном излучении АЧТ светит ярче других; 2) при равновесном излучении из энергии J , падающей на тело, часть $a \cdot J$ поглощается, остальная $(1 - a)J$ – отражается. К отражённой части $(1 - a)J$ добавляется излучённая $e = a \cdot J$ и общая энергия, исходящая с поверхности тела $a \cdot J + (1 - a)J = J = e_{\text{ч}}$, т. е. *при равновесном излучении с единицы площади поверхности любого тела в единицу времени исходит излучение с такой же энергией, как и от АЧТ (с той же площади за то же время).*

Значит, если в стенке системы сделать отверстие (достаточно малое, чтобы не нарушить тепловое равновесие), то оно может служить хорошей моделью АЧТ. Действительно, если в

отверстие попадает излучение, то оно, многократно отражаясь, полностью поглощается системой и обратно не выходит.

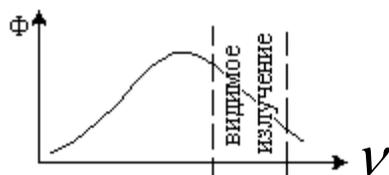
Если поместить в печь детали из графита, металла и кварца и наблюдать их через маленькое окошко, то они светят практически одинаково (их излучение равновесно и определяется только температурой). Если же их вынуть из печи (нарушить тепловое равновесие), то в первый момент их излучение будет определяться излучающей способностью и ярче других будет светить деталь из графита.

Если представить, что в системе установлены фильтры, пропускающие тепловое излучение только определённой частоты ν , то закон примет вид: $\frac{e_1(\nu)}{a_1(\nu)} = \frac{e_2(\nu)}{a_2(\nu)} = e_{\text{ч}}(\nu)$. Значит, если в каком-либо диапазоне частот тело имеет наибольшую поглощательную способность, то в этом же диапазоне оно имеет и наибольшую излучательную способность, что приводит к формулировке закона Кирхгофа, приведённой в п.7.5.4.

Распределение энергии в спектре. Законы Стефана–Больцмана и Вина

Модель АЧТ удобно использовать при изучении теплового излучения, т.к. спектр его излучения непрерывен и интегральная (суммарная по всему спектру) излучательная способность зависит только от температуры. Эта зависимость была экспериментально установлена в 1879 г. Йозефом Стефаном (1835–1893, Австрия), теоретически выведена в 1884 г. Больцманом и известна как **закон Стефана–Больцмана**: интегральная излучательная способность абсолютно чёрного тела прямо пропорциональна четвёртой степени его температуры $e_{\text{ч}} = \sigma T^4$, где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}^4}$ – **постоянная Стефана-Больцмана**.

Из опытов известно, что энергия в спектре теплового излучения распределяется неравномерно, причём мощность излучения Φ максимальна в инфракрасной части спектра. Энергетический спектр солнечного излучения имеет вид:

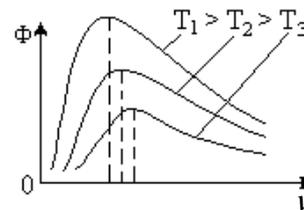


Такое распределение энергии в спектре было необъяснимо ни с помощью термодинамики, ни с позиции волновой оптики и электродинамики Максвелла (согласно которой энергия излучения пропорциональна четвёртой степени частоты колебаний ЭМВ и её максимум приходится на ультрафиолетовую область спектра).

- Позже это явление объяснил Макс Планк (1858–1947, Германия).

Опыты показали, что при увеличении температуры АЧТ частота максимального излучения уменьшается:

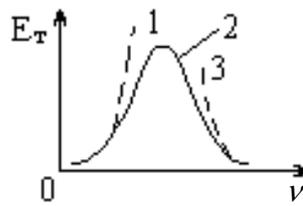
Связь между частотой максимальной мощности излучения и температурой АЧТ была установлена в 1896г. Вильгельмом Вином (1864–1928, Германия) и известна как **закон Вина**: произведение длины волны, соответствующей максимуму мощности излучения в спектре абсолютно чёрного тела, на его абсолютную температуру есть величина постоянная: $T \cdot \lambda_{\text{max}} = b$, где $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – **постоянная Вина**.



Ультрафиолетовая катастрофа

АЧТ состоит из громадного числа атомов, каждый из которых колеблется со многими частотами и излучает энергию соответствующих частот. Поэтому АЧТ излучает ЭМВ всевозможных частот при постоянной температуре, и кривая распределения энергии непрерывна (2).

Попытки теоретически получить на основе законов классической физики (Рэлей (1842–1919, Англия) и Вин (1877–1946, Англия)).



закон распределения энергии физики сделали Вин, Джон Джеймс Джинс (1877–1946,

Теоретическая кривая Вина (3) экспериментом в области

хорошо согласуется с достаточно больших частот.

Формула, предложенная в 1900 г. Рэлеем и Джинсом, хорошо согласуется с экспериментом в области малых частот (кривая 1). Однако, неограниченное возрастание кривой 1 с увеличением частоты противоречит как эксперименту, так и закону сохранения энергии: АЧТ, обладающее при некоторой постоянной температуре определенным, *конечным* запасом внутренней энергии, должно было бы испускать с единицы площади *неограниченно* большую мощность излучения. Этот вывод получил название «**ультрафиолетовая катастрофа**».

- Хорошее согласие с экспериментом даёт формула, полученная Планком в 1900 г., описывающая промежуточную область 2.

Решить задачи самостоятельно

1. Найти температуру печи, если излучение из отверстия в ней площадью $S = 8\text{ см}^2$ имеет мощность $N = 40\text{ Вт}$. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.
2. Какую энергетическую светимость имеет затвердевший свинец? Отношение энергетических светимостей свинца и абсолютно черного тела для данной температуры $k = 0,7$
3. Мощность излучения абсолютно черного тела $N = 35\text{ кВт}$. Найти температуру этого тела, если известно, что его поверхность $S = 0,5\text{ м}^2$
4. Мощность излучения раскаленной металлической поверхности $N = 1\text{ кВт}$. Температура поверхности $T = 2500\text{ К}$ ее площадь $S = 10\text{ см}^2$. Какую мощность излучения имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение k энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.
5. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке $T = 2450\text{ К}$. Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре $k = 0,4$. Найти площадь излучающей поверхности спирали

Форма представления результата: выполненная самостоятельная работа.

Критерии оценки: см. стр. 110

ТЕМА 4.2. АТОМНОЕ ЯДРО

Практическая работа №17

Решение задач по теме «Закон радиоактивного распад»

Цель работы: научиться рассчитывать состав атомов при различных превращениях

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- рассчитывать состав атомов при различных превращениях
- понимать сущность радиоактивных превращений и их опасность

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы, таблица Менделеева.

Задание

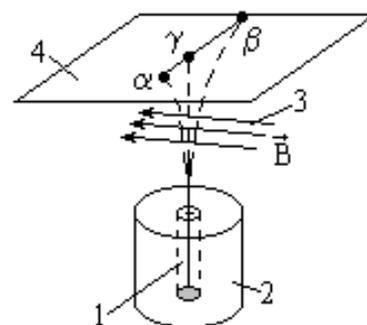
1. Выяснить природу радиоактивности и причину её опасности для живых организмов.
2. Выяснить практическое значение использования радиоактивных изотопов в науке, производстве, медицине, их вредное и полезное действие.
3. Применить изученный материал при решении задач на закон радиоактивного распада, правило смещения.

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Физика атома и атомного ядра»

Радиоактивность (р/а) – самопроизвольное превращение одних ядер в другие, сопровождаемое испусканием различных частиц.

Опыт: препарат радия помещают на дно узкого канала 1 в куске свинца 2. Излучение проходит через сильное магнитное поле 3 (нормальное к оси канала) и попадает на фотопластинку 4.



В отсутствие поля при проявлении на фотопластинке появляется одно тёмное пятно. В магнитном поле излучение разделилось на три луча (их назвали α , β , γ -лучи), два из которых отклонились от оси канала в противоположные стороны, а третья составляющая (γ -лучи) не отклонилась.

α -частицы – полностью ионизированные атомы гелия ${}^4_2\text{He}$.

β -лучи есть поток электронов, ${}^0_{-1}e$

γ -лучи – электромагнитные волны с $\lambda \approx 10^{-10} - 10^{-13}\text{м}$.

Правило смещения:

1) при α -распаде ядро теряет положительный заряд $2e$, масса его уменьшается на 4 атомных единицы массы и элемент смещается на две клетки к началу периодической системы;

2) при β -распаде ядро теряет электрон (заряд ядра увеличивается на e , масса практически не меняется) и элемент смещается на одну клетку к концу периодической системы.

• γ -излучение не сопровождается изменением заряда, а изменение массы ядра ничтожно мало.

• Примеры записи превращений: а) α -распад: ${}^M_Z X \rightarrow {}^{M-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$;

б) β -распад: ${}^M_Z X \rightarrow {}^M_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$.

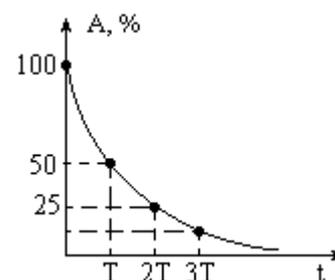
где ${}^M_Z X$ и ${}^M_{Z-2} Y$ – символические обозначения исходного элемента и продукта распада в периодической системе (M-масса в а.е.м., Z-разряд в е), ${}^4_2 \text{He}$ – α -частица, ${}^0_{-1} e$ – электрон.

Период полураспада (T) – время, в течение которого распадается половина от начального числа p/a атомов.

• P/a уменьшается вдвое после истечения периода полураспада либо после уменьшения вдвое количества вещества.

График $A(t)$ зависимости p/a (скорости распада) в % от времени:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \text{ – закон радиоактивного распада.}$$



• Период полураспада урана – 4,5 млрд. лет, радия – 1600 лет.

• Есть p/a элементы с периодом полураспада в миллионные доли секунды.

• Закон p/a распада является *статистическим* (выполняется при условии большого количества измерений для *среднего* числа атомов).

• P/a атомы не «стареют», т. е. атом, появившийся в результате распада в данный момент ничем не отличается от атома, аналогично появившегося год назад,

Изотопы –элементы, занимающие одинаковое место в периодической системе, но различающиеся некоторыми (нехимическими) свойствами.

В силу *идентичности химических свойств* заряды атомных ядер изотопов (и количество электронов в оболочках) одинаковы, но массы ядер различны, причём ядра могут быть как **p/a** , так и **стабильными**.

• Установлено существование изотопов у всех химических элементов.

• Изотоп водорода ${}^2_1 \text{H}$ называют **дейтерием**, ${}^3_1 \text{H}$ – **тритием**. ${}^2_1 \text{H}$ стабилен, при соединении с кислородом образует **тяжёлую** воду. ${}^3_1 \text{H}$ радиоактивен с $T \approx 12$ лет.

В науке и производстве применяют **меченые атомы** – p/a изотопы стабильных элементов, полученные в атомных реакторах. Они помогают выделить процессы движения и накопления веществ в биологии, медицине, химии и др.

• P/a изотопы используют:

1) в медицине – для γ -облучения болезнетворных образований в организме человека снаружи (кобальтовая пушка) и изнутри (например при поглощении р/а йода щитовидной железой);

2) в промышленности – для контроля качества изделий из металла, изучения процессов в доменных печах и др.;

3) в сельском хозяйстве – для облучения семян растений (выведение новых сортов и повышение урожайности), борьбы с вредными насекомыми, консервации и др.;

4) в археологии – для определения возраста образцов.

$$D = \frac{E}{m}$$

• Радиация безболезненна, не обнаруживается органами чувств и очень опасна.

Поглощённая доза облучения (D) – отношение поглощённой энергии E ионизирующего излучения к массе m облучаемого вещества. $[D] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 1 \text{ Гр}$ – грей

1 Р (один рентген) – доза облучения, при которой в 1 см^3 сухого воздуха при н.у. образуется столько ионов, что их общий заряд (для каждого знака) равен $3 \cdot 10^{-10}$ Кл (примерно $2 \cdot 10^9$ пар ионов).

• На практике 1 Гр эквивалентен 100Р.

Способы защиты от радиации:

1) удаление от источника радиации на безопасное расстояние (интенсивность излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника);

2) применение инструментов при работе с р/а препаратами (щипцы на длинных ручках);

3) использование защитных преград из поглощающих материалов (лучший поглотитель γ -лучей – свинец, медленных нейтронов – бор и кадмий).

Энергия связи ядра (E) – энергия, необходимая для полного расщепления ядра на нуклоны.

• Энергия связи зависит от массового числа A и равна энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных нуклонов.

Масса покоя ядра всегда меньше суммы масс покоя всех слагающих его нуклонов:

$M_{\text{я}} < Z \cdot m_{\text{p}} + N \cdot m_{\text{n}}$, где m_{p} и m_{n} – массы протонов и нейтронов, т. е. существует **дефект масс**

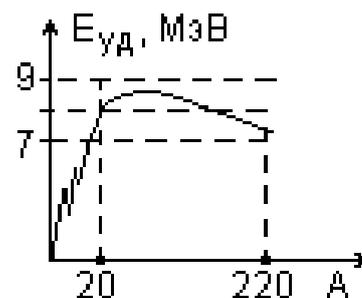
$$\Delta M = Z \cdot m_{\text{p}} + N \cdot m_{\text{n}} - M_{\text{я}} \quad (\Delta M > 0) \quad .$$

• При образовании ядра нуклоны с огромным ускорением устремляются друг к другу, а энергия $E_{\text{св}}$ выделяется в виде γ -квантов.

- Энергия γ -квантов огромна: при образовании 4 г He выделяется столько же энергии, сколько при сгорании двух вагонов каменного угля.

Удельная энергия связи ($E_{уд}$) – энергия связи, приходящаяся на один нуклон ядра.

Зависимость $E_{уд}(A)$ изображена на графике:



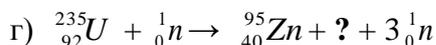
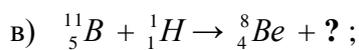
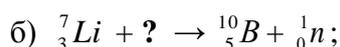
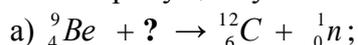
Ядерная реакция – изменение атомного ядра при взаимодействии с другим ядром или с элементарной частицей.

Энергетический выход ядерной реакции (Q) – разность энергий покоя ядер и частиц до реакции и после неё. $Q = \Delta E = \Delta Mc^2$

2. Решить задачи по вариантам

Вариант I

1. Написать пропущенную частицу в уравнении следующих ядерных реакций:



2. При соударении α -частицы с ядром бора ${}^{10}_5\text{B}$ произошла ядерная реакция, в результате которой образовалось два новых ядра, одним из ядер было ядро атома водорода ${}^1_1\text{H}$. Записать ядерную реакцию и определить второе ядро.

3. Какой элемент образуется из ${}^{239}_{92}\text{U}$ после 8 α -распадов и 6 β -распадов?

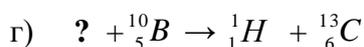
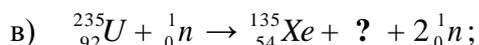
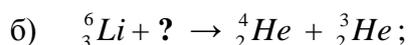
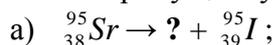
4. Период полураспада радия $T = 1600$ лет. Определить, сколько молекул вещества N останется через $t = 3200$ лет, если $N_0 = 10^{20}$

5. Найти дефект массы и энергию связи ${}^{239}_{93}\text{Np}$.

6. Определить энергию, выделяющуюся при реакции: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$

Вариант II

1. Написать пропущенную частицу в уравнении ядерных реакций:



2. При соударении протона 1_1H с ядром 7_3Li произошла ядерная реакция, в результате которой образовался нейтрон 1_0n и новое ядро. Записать ядерную реакцию и определить новое ядро.
3. Какой элемент образуется из ${}^{235}_{92}U$ после 8 α -распадов и 6 β -распадов?
4. Период полураспада радия $T=1600$ лет. Определить, сколько молекул вещества N останется через $t=800$ лет, если $N_0=10^{20}$.
5. Найти дефект массы и энергию связи ${}^{239}_{94}Pu$.
6. Определить энергию, выделяющуюся при реакции: ${}^6_3Li + {}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^3_2He$.

Форма предоставления результата: выполненная самостоятельная работа

Критерии оценки: см. стр. 110

Раздел 1. МЕХАНИКА
Тема 1.1. Кинематика материальной точки
Лабораторная работа № 1
Изучение условия равновесия рычага

Цель: проверить на опыте, при каком соотношении сил и их плеч рычаг находится в равновесии; проверить на опыте правило моментов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять условия равновесия тел
- находить соотношение сил и плеч, при которых рычаг находится в равновесии

Материальное обеспечение: рычаг на штативе, набор грузов, измерительная линейка, динамометр.

Задание: Определить условия равновесия рычага.

Краткие теоретические сведения:

Рычаг-твердое тело, способное вращаться вокруг неподвижной опоры.

Различают два вида рычагов. У рычага первого рода точка опоры находится между линиями действия приложенных сил. У рычага второго рода точка опоры расположена по одну сторону от них.

Используя рычаг, мы можем получить выигрыш в силе и поднять неподъемный груз. Расстояние от точки опоры до точки приложения силы называют плечом силы. Причем, **можно рассчитать равновесие сил на рычаге по следующей формуле:**

$$F_1 / F_2 = l_2 / l_1,$$

где F_1 и F_2 – силы, действующие на рычаг, а l_2 и l_1 – плечи этих сил.

Закон равновесия рычага: рычаг находится в равновесии тогда, когда действующие на него силы обратно пропорциональны плечам этих сил.

Этот закон был установлен Архимедом еще в третьем веке до нашей эры. Из него следует, что меньшей силой можно уравновесить большую. Для этого необходимо, чтобы плечо меньшей силы было больше плеча большей силы. А выигрыш в силе, получаемый с помощью рычага, определяется отношением плеч приложенных сил.

Порядок выполнения работы:

1. Уравновесить рычаг, вращая гайки на его концах так, чтобы он расположился горизонтально.
2. Изменяя массу грузов и размер плеч, проверить закон равновесия рычага.

Ход работы:

1. Рассмотрите измерительные приборы, находящиеся на столе. Определите цену их деления. Результаты запишите в таблицу 1.

Таблица 1

Название прибора	цена деления
------------------	--------------

Линейка	
Динамометр	

2. Уравновесьте с помощью гаек рычаг в горизонтальном положении.

3. Для этого подвесьте два груза на левой части рычага на расстоянии, примерно равном 12 см от оси вращения. Опытным путём установите, на каком расстоянии вправо от оси вращения надо подвесить: а) один груз; б) два груза; в) три груза, чтобы рычаг пришёл в равновесие.



4. Считая, что каждый груз весит 1Н, запишите данные и измеренные величины в таблицу

Таблица 1

№ опыта	Сила F_1 на левой части рычага, Н	Плечо l_2 , см	Сила F_2 на правой части рычага, Н	Плечо l_1 , см	Отношение сил и плеч	
					$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{l_1}{l_2}$
1.						
2.						
3.						

5. Вычислите отношение сил и отношение плеч для каждого из опытов и полученные результаты запишите в последний столбик таблицы.

6. Проверьте, подтверждают ли результаты опытов условие равновесие рычага под действием приложенных к нему сил и правило моментов сил.

7. Дополнительное задание.

А) Подвесьте три груза справа от оси вращения рычага на расстоянии 5 см. С помощью динамометра определите, какую силу нужно приложить на расстоянии 15 см от оси вращения правее грузов, чтобы удерживать рычаг в равновесии. Как направлены в этом случае силы, действующие на рычаг? Запишите длину плеч этих сил. Вычислите отношение сил F_1 / F_2 и и плеч l_2 / l_1 , для этого случая и сделайте соответствующий вывод.

Б) С помощью установки, которую вы использовали в лабораторной работе, измерьте массу какого-нибудь тела. Опишите опыт.

Форма представления результата

Таблица 1

№ опыта	Сила F_1 на левой части	Плечо l_2 , см	Сила F_2 на правой части	Плечо l_1 , см	Отношение сил и плеч	

	рычага, Н		рычага, Н		$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{\ell_1}{\ell_2}$
1.						
2.						
3.						

Контрольные вопросы:

1. Что называют плечом силы?
2. Какую физическую величину называют моментом силы?
1. Каково условие равновесия тела, имеющего закреплённую ось вращения?
2. Что такое рычаг? Какое свойство рычага вы экспериментально выяснили?

Критерии оценки: см. стр. 110

Раздел 1 МЕХАНИКА

Тема 1.3 Законы сохранения в механике

Лабораторная работа № 2

Определение КПД при подъёме тела по наклонной плоскости

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

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

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

Задание:

1 изучить принцип действия простых механизмов

Порядок выполнения работы:

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

Ход работы:

1. Определить с помощью динамометра вес бруска.
2. Закрепите доску в лапке штатива в наклонном положении.
3. Положите брусок на доску, прикрепив к нему динамометр.
4. Перемещайте брусок с постоянной скоростью вверх по наклонной доске.
5. Измерьте с помощью линейки путь S , который проделал брусок, и высоту наклонной плоскости h .
6. Измерьте силу тяги F .
7. Вычислите полезную работу по формуле $A_{\text{п}} = P \cdot h$, а затраченную – по формуле $A_3 = F \cdot S$
8. Определите КПД наклонной плоскости: $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} \cdot 100\%$
9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

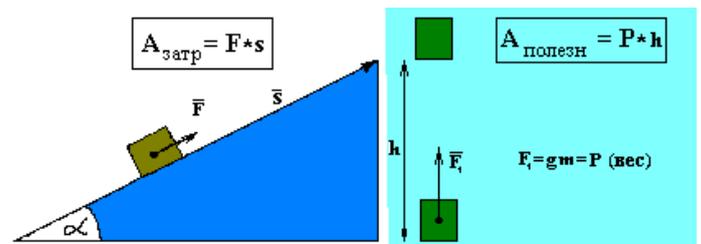


Таблица 1

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

10. Дополнительное задание:

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

Форма представления результата:

Таблица 1

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

Контрольные вопросы:

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

Критерии оценки: см.стр. 110

Тема 1.4. Колебательное движение
Лабораторная работа №№3,4 (4 часа)

Исследование зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жесткости пружины

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-различать виды колебаний;

-устанавливать зависимость между периодом маятника и его характеристиками.

Материальное обеспечение: штатив с муфтой и лапкой, набор пружин разной жесткости, набор грузов разной массы, секундомер

Задание:

1. Изучить колебания пружинного маятника;

Порядок выполнения работы

Определение зависимости периода колебаний от массы груза

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

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

3. Повторите эксперимент ещё 4 раза, увеличивая массу но, не меняя пружины. По полученным данным заполните таблицу.
4. Постройте график зависимости периода колебаний (T) от квадратного корня из массы ($m^{1/2}$).
5. По форме графика определите вид зависимости между периодом и корнем квадратным из массы.

Определение зависимости периода колебаний маятника от жёсткости пружины

1. Соберите пружинный маятник, используя выданное оборудование.
2. Выведите маятник из положения равновесия. включите секундомер и отсчитайте десять колебаний.

3. Используя показания секундомера, рассчитайте период колебаний и заполните первую строку таблицы.

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

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

Контрольные вопросы:

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

Форма предоставления результата: таблицы 1 и 2, ответы на контрольные вопросы

Критерии оценки: см. стр.110

Тема 1.4. Колебательное движение Лабораторная работа №5

Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника

Цель: научиться определять ускорение свободного падения опытным путём с помощью математического маятника.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-различать виды колебаний;

-устанавливать зависимость между периодом маятника и его длиной.

Материальное обеспечение: штатив с держателем, шарик, подвешенный на нити длиной около метра, линейка, штангенциркуль, секундомер.

Задание: изучить колебания математического маятника

Порядок выполнения работы:

1. Поставить штатив на край стола и опустить нить на максимально возможную длину.

2. Измерить длину нити l_1 и диаметр шарика d .

3. Определить длину математического маятника l по формуле:

$$l = l_1 + \frac{d}{2}$$

4. Отклонить шарик на небольшой угол (10°) и отпустить.

5. По секундомеру определить время t , за которое маятник совершает 50 полных колебаний n

6. Вычислить период полного колебания маятника.

7. Из формулы $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ выразить ускорение свободного падения g и вычислить его,

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

используя полученные значения T и l .

8. Уменьшить длину нити маятника на одну треть и вторично в той же последовательности вычислить ускорение свободного падения g .

9. Определить среднее значение ускорения свободного падения по формуле:

$$g_{cp} = \frac{g_1 + g_2}{2}$$

10. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу:

№	Длина нити, l , м	Диаметр шарика, d , м	Длина маятника	Число полных колебаний	Время полных колебаний	Период полного колебания	Ускорение свободного падения, g , м/с ²	Ускорение свободного падения, $g_{свободного}$, м/с ²	Ускорение свободного падения, $g_{ист.}$, м/с ²	Погрешность	
										Δ , м/с ²	ε , %
1											
2											

11. Вычислить абсолютную (Δ) и относительную (ε) погрешность изменений по формулам:

$$\Delta = |g - g_{уст.}|, \quad \varepsilon = \frac{\Delta}{g_{уст.}} \cdot 100\%$$

12. Сделать вывод по работе.

Тема 2.1 ОСНОВЫ МКТ Лабораторное занятие № 6

Определение числа молекул в металлическом теле

Цель: сформировать умение измерения числа молекул любого количества вещества массой m и молярной массой M .

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять число молекул в металлическом теле

Материальное обеспечение:

металлические предметы правильной геометрической формы, линейка, справочные таблицы

Задание:

Определить число молекул в заданных образцах, предварительно рассчитав их объём и массу.

Краткие теоретические сведения

Масса молекул. Моль вещества. Числа Авогадро

- **Плотность тела (ρ)** – отношение массы тела m к его объёму V .

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\rho] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Количество вещества (ν) – физическая величина, определяемая числом его структурных элементов (атомов, молекул и др.) $[\nu] = 1$ моль.

Число Авогадро (N_A) – количество частиц в 1 моль вещества (названо в честь Амедео Авогадро (1776–1856, Италия).

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}}$$

Молярная масса вещества (μ) – величина, численно равная его относительной атомной (молекулярной) массе $m_{\text{отн}}$ в атомных единицах массы (см. периодическую систему Дмитрия Ивановича Менделеева (1834–1907, Россия).

$$\mu = m_{\text{отн}} \cdot 10^{-3} \quad [\mu] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{МОЛЬ}}$$

Например: $\mu_C = 12 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{МОЛЬ}}$, $\mu_{O_2} = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{МОЛЬ}}$, и т. д.

(C – углерод; O₂ – кислород).

Масса одной молекулы (в кг): $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$.

Из опытов известно, что 1 моль газа (независимо от химического состава) при нормальных условиях (0°C и 760 мм рт. ст.) занимает объём $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ (22,4 л).

Концентрация (n) – количество молекул N в единице объёма V .

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

$$[n] = 1 \frac{1}{\text{м}^3}$$

Число Лошмидта (n_L) – концентрация молекул газа при нормальных условиях (названо в честь Йозефа Лошмидта (1821–1895, Австрия).

$$n_L = \frac{N_A}{V_{\text{моль}}} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}}}{22,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{М}^3}{\text{МОЛЬ}}} \quad n_L \approx 2,7 \cdot 10^{25} \frac{1}{\text{М}^3}$$

$N = \nu \cdot N_A$ и $m = \nu \cdot \mu$ – число молекул N в ν моль вещества и его масса m .

Порядок выполнения работы

1. Записать формулу числа молекул любого количества вещества массой m и молярной массой M .
2. Для определения массы записать формулу зависимости массы от плотности вещества.
3. Сделать необходимые измерения для вычисления объёма тела.
4. В справочных таблицах найти плотности веществ.
5. Перевести все единицы в систему СИ.
6. Произвести расчёт числа молекул.

Контрольные вопросы:

1. Какое давление на стенки сосуда производят молекулы гелия, если их концентрация равна $2,4 \times 10^{22} \text{ м}^{-3}$, а средняя квадратическая скорость движения 1564 м/с ?
2. Изменится ли давление на стенки сосуда, если молекулы гелия заменить молекулами аргона? Ответ обоснуйте. Средние квадратические скорости движения молекул газов считать одинаковыми.
3. Молекула азота при нормальных условиях движется со скоростью 454 м/с . Определите импульс и среднее значение кинетической энергии поступательного движения молекул азота.
4. В сосуде находится газ при температуре 273° С . Определите среднюю кинетическую энергию хаотического движения молекул газа.
5. На сколько уменьшится кинетическая энергия молекул при уменьшении температуры на 50 К ?
6. Определите температуру газа, если средняя кинетическая энергия хаотического движения его молекул равна $5,6 \times 10^{21} \text{ Дж}$.
7. При какой температуре будет находиться газ, если средняя кинетическая энергия молекул уменьшится на 20% ?

8. 9. Найдите средние квадратичные скорости молекул водорода и азота при температуре 300 К.
10. До какой температуры необходимо нагреть азот, чтобы средняя квадратичная скорость его молекул была равна средней квадратичной скорости молекул водорода при 300 К?

Форма представления результата: расчёт числа молекул выданных образцов в произвольной форме

Критерии оценки: см.стр. 110

Раздел 2. ЭЛЕМЕНТЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Тема 2.2 Термодинамика

Лабораторная работа № 7

Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости

Цель: Опытным путем определить коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- различать жидкости с разным поверхностным натяжением;
- учитывать свойства смачиваемости и несмачиваемости жидкости в быту.

Материальное обеспечение: пипетка, бюкса, весы и разновесы, вода, линейка.

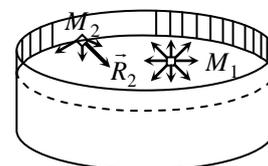
Задание:

-изучить факторы, влияющие на поверхностное натяжение жидкости

Краткие теоретические сведения:

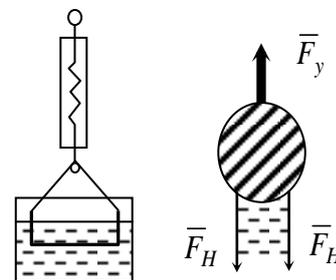
Поверхностное натяжение жидкости

Рассмотрим жидкость в сосуде и молекулы M_1 и M_2 на её свободной поверхности. Равнодействующие сил, приложенных к M_1 и M_2 , будут соответственно $\vec{R}_1 = \vec{0}$ и $\vec{R}_2 \neq \vec{0}$.



Сила поверхностного натяжения жидкости (\vec{F}_H) – сила, обусловленная взаимодействием молекул жидкости и вызывающая сокращение площади ее поверхности.

Опустим в жидкость планку, подвешенную на крючке динамометра. Медленно опустим сосуд. Максимальное показание динамометра (в момент выхода планки из жидкости) укажет силу поверхностного натяжения жидкости, действующую на планку.



Коэффициент поверхностного натяжения жидкости (σ) – отношение модуля силы поверхностного натяжения к длине натяжения.

$$\sigma = \frac{F_H}{l} = \text{const} \quad [\sigma] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

- Под длиной натяжения понимают длину границы жидкости, на которой действует сила поверхностного натяжения.

11. Сравнить полученный результат с табличным. Вычислить абсолютную (Δ) и относительную (ε) погрешности измерений по формулам:

$$\Delta = |\sigma_{\text{табл}} - \sigma_{\text{получ}}|$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{\sigma_{\text{ТАБЛ.}}} \cdot 100\%$$

12. Результаты расчётов занести в таблицу.

13. Сделать вывод по работе.

Форма представления результата:

Таблица 1

№ п/п	d_1 , м	d_2 , м	m_1 , кг	m_2 , кг	$m_3 = m_2 - m_1$, кг	$m = \frac{m_3}{50}$, кг	$m_{\text{ср}}$, кг	l , м	F_H , Н	σ , $\frac{H}{m}$	Δ , $\frac{H}{m}$	ε , %
1												
2												

Контрольные вопросы

1. Что называют коэффициентом поверхностного натяжения жидкости.
2. От каких величин зависит коэффициент поверхностного натяжения жидкости?
3. Приведите примеры смачиваемости и несмачиваемости жидкости.

Критерии оценки: см. стр. 110

Раздел 3 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Тема 3.2 Законы постоянного тока Лабораторная работа № 8

Смешанное соединение потребителей

Цель: научиться собирать и рассчитывать электрические цепи при смешанном (комбинированном) соединении проводников (потребителей).

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- собирать электрические цепи со смешанным соединением потребителей;
- различать виды соединений на каждом участке электрической цепи.

Материальное обеспечение: амперметры, вольтметры, соединительные провода, резисторы, источники питания.

Задание:

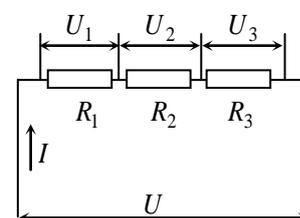
1. Собрать электрические цепи по схемам смешанного соединения.
2. Рассчитать параметры электрического тока.
3. Проверить соблюдение законов постоянного тока при различных видах соединений.

Краткие теоретические сведения:

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

При последовательном соединении проводников:

$$U = U_1 + \dots + U_n; \quad I = \text{const}; \quad R = R_1 + \dots + R_n$$



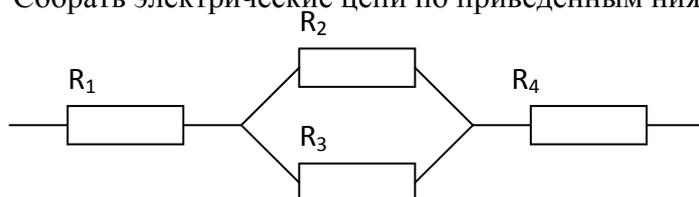
Параллельное соединение проводников – соединение, при котором начала всех проводников собраны в один узел, концы – в другой, и отключение от электрической цепи любого из этих проводников не приводит к отключению остальных. При параллельном соединении проводников:

$$U = \text{const}; \quad I = I_1 + \dots + I_n \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Порядок выполнения работы

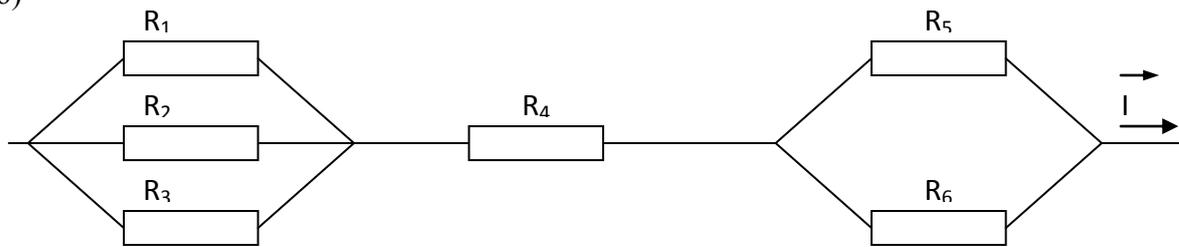
1. Собрать электрические цепи по приведённым ниже схемам.

а).



$$R_{\text{общ}} = ?$$

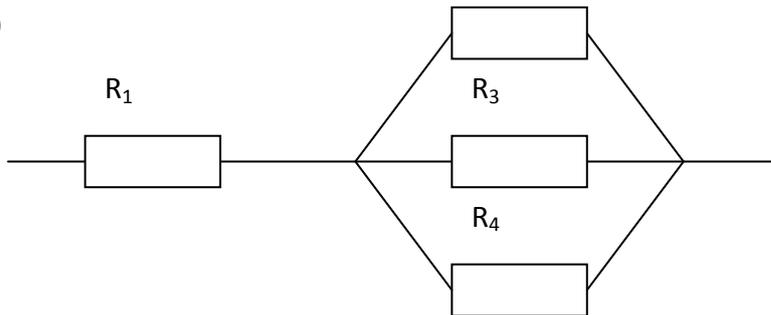
б)



$R_{\text{общ}} = ?$

R_2

в)



$I_{\text{общ}} = ?$

2. Схемы соединений начертить (заданную, эквивалентную).
3. Снять необходимые для расчётов параметры (силу тока, напряжение), используя законы параллельного и последовательного соединений.

Форма представления результата: отчёт в виде задач.

Критерии оценки: См. стр. 110

Тема 3.2 Законы постоянного тока

Лабораторная работа 9

Определение коэффициента полезного действия электрического нагревателя

Цель: научиться определять тепловую отдачу электрического нагревателя любого типа.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять параметры, определяющие КПД электрического нагревателя;

- рассчитывать КПД электрического нагревателя

Материальное обеспечение: 2 электрических нагревателя, сосуд для кипячения воды, вода, термометр, секундомер (часы), справочник по физике

Задание: изучить параметры, определяющие КПД электрического нагревателя

Краткие теоретические сведения:

Коэффициент полезного действия нагревателя связан соотношением: $\text{К. П. Д.} = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_3} \cdot (1)$

$Q_{\text{п}}$ - полезная теплота: $Q_{\text{п}} = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1)$ (2)

где c – удельная теплоемкость жидкости,

m – масса жидкости, которую кипятят,

T_1 – начальная температура жидкости,

T_2 – конечная температура жидкости,

Q_3 – количество теплоты, которую выделяет нагреватель (затраченная теплота): $Q_3 = Pt$ (3),

где P – мощность электрического нагревателя,

t – интервал времени, за который закипела жидкость.

Уравнение 2 и 3 подставим в 1, и в результате получим: $\text{К. П. Д.} = \frac{c \cdot m \cdot (T_2 - T_1)}{P \cdot t} \cdot 100\%$

Мощность электрического нагревателя определяется по паспортным данным, указанным на приборе.

Время, за которое закипит жидкость, определяется часами. Удельная теплоемкость воды определяется по справочнику.

Порядок выполнения работы

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

Определить						Вычислить
$c_{\text{в}}$	m	T_1	T_2	P	t	К.П.Д.
$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \square \square \text{К}$	кг	К	К	Вт	с	%

2. Занести в таблицу справочные данные удельной теплоемкости воды.

3. Записать в таблицу номинальную мощность электрического нагревателя, указанную на приборе.

4. В сосуд для кипячения воды налить 200 г воды.

5. Определить начальную температуру воды.

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.
9. Повторить опыт с другим нагревателем.
10. 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: отчёт в виде таблицы и ответов на вопросы

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.2 Законы постоянного тока Лабораторная работа № 10

«Исследование зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры»

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-собирать электрическую цепь по схеме;

-измерять сопротивление проводника

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

Краткие теоретические сведения

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

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

В полупроводнике при увеличении температуры увеличивается число свободных носителей заряда, появившихся при разрыве ковалентных связей. Это приводит к увеличению силы тока в полупроводнике и к уменьшению сопротивления проводника.

Порядок выполнения работы

1. Подготовьте к работе омметр:

а) вставьте штырьки проводников в гнезда, обозначенные «Ω» и «общ СОМ.»;

б) поставьте переключатель на цифру «10»;

в) соедините свободные штырьки проводников и ручкой «уст. 0» поставьте стрелки на «0».

2. На электрическую плитку поместите колбу с водой. Во избежание падения колбы поместите в кольцо, укрепленное в штативе. В колбу опустите пробирку, с помещенной в ней катушкой из медного провода. Осторожно опустите в пробирку термометр.

3. Свободные штырьки омметра соедините с клеммами медной катушки.

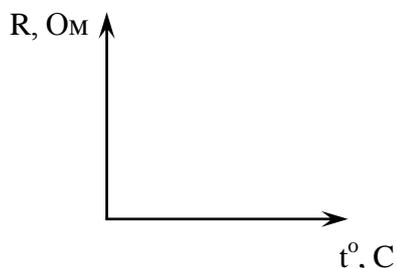
4. Включите шнур плитки в розетку и измерьте сопротивление катушки при различных значениях температуры.

5. Внесите измерения в таблицу.

Проводник (медь)

t°, C					
$R, \text{Ом}$					

6. На основе измерений постройте график. Сделайте вывод, как сопротивление проводника зависит от температуры.



7. Поставьте переключатель омметра с цифры «10» на цифру «100» и поставьте стрелку омметра на «0» (См. пункт 1-в).

8. Замените в колбе пробирку с металлом на пробирку с полупроводником (термистором). Опустите в пробирку термометр. К клеммам термистора подсоедините омметр.

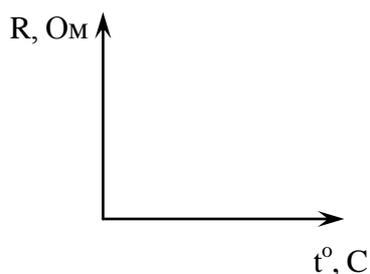
9. Измерьте сопротивление полупроводника при различных значениях температуры.

10. Внесите измерения в таблицу.

Полупроводник

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

11. Постройте график $R(t)$.



12. Сделайте вывод, как сопротивление полупроводника зависит от температуры

Контрольные вопросы:

1. Электрический ток в металлах – это упорядоченное движение
2. С точки зрения электронной теории электрическое сопротивление обусловлено соударениями... .
3. С повышением температуры сопротивление металла ...

Форма представления результата: отчёт в виде таблицы, графиков, ответы на вопросы

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.2 Законы постоянного тока

Лабораторная работа №11

Определение температурного коэффициента меди

Цель: раскрыть влияние температуры на электрическое сопротивление металлов; опытным путём определить коэффициент термического сопротивления меди; построить по экспериментальным данным график зависимости сопротивления от температуры

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять коэффициент термического сопротивления металлов;

Материальное обеспечение: прибор для определения температурного коэффициента сопротивления меди, термометр технический от 0 до 100°C с ценой деления 1°C, омметр, внешний сосуд калориметра с водой, электроплитка, ключ, соединительные провода, штатив с муфтой и лапкой.

Задание: изучить влияние температуры на электрическое сопротивление металлов

Краткие теоретические сведения:

Электрическое сопротивление зависит от температуры. Объясняется это тем, что упорядоченному движению свободных электронов электрический ток- это упорядоченное движение заряжённых частиц - электронов) оказывают противодействие (сопротивление) атомы кристаллической решётки, интенсивность теплового движения которых изменяется с изменением температуры.

У химически чистых металлов с повышением температуры на 1 сопротивление возрастает примерно на 0,004 (1/273) сопротивления при 0 и выражается линейной зависимостью $R_t = R_0(1 + \alpha \Delta t)$, где

R_0 – сопротивление металла при 0,

Δt - разность температур (конечной и начальной);

α - температурный коэффициент сопротивления, показывающий, на какую часть начального сопротивления проводника при 0°C (273K) изменяется сопротивление при нагревании на 1°C или 1K.

$$\alpha = \Delta R / R_0 \Delta t \quad \text{или} \quad \alpha = \Delta R / R_0 \Delta T$$

$$\Delta R = R_t - R_0.$$

Опытным путём можно определить α , не прибегая к измерению сопротивления R_0 . Для этого необходимо дважды измерить сопротивление исследуемого материала R_1 и R_2 при разных температурах t_1 и t_2 .

Порядок выполнения работы

1. Сосуд с водой поставить на электроплитку и включить её в сеть.
2. Определить цену деления омметра.
3. Измерить сопротивление R_1 медной проволоки при комнатной температуре t_1 .

4. Опустить прибор в воду, установить в нём термометр. При некоторой температуре t_2 измерить сопротивление R_2 исследуемой проволоки.
5. Опыт повторить несколько раз.
6. Вычислить 2 – 3 раза α , используя соотношение: $\alpha = (R_2 - R_1) / (R_1 t_2 - R_2 t_1)$.
7. Определить среднее значение $\alpha_{\text{ср}}$ и сравнить полученный результат с табличным значением температурного коэффициента сопротивления меди, вычислить относительную погрешность.
8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

№	Температура медной проволоки	Сопротивление медной проволоки R, Ом	Температурный коэффициент сопротивления α , (°C) ⁻¹	Среднее значение температурного коэффициента сопротивления $\alpha_{\text{ср}}$.	Тб. значение температурного коэффициента сопротивления	Относительная погрешность
1						
2						
3						
4						
5						
6						

9. Используя данные эксперимента, построить график зависимости R_t от t , откладывая по оси абсцисс – температуру на оси ординат – сопротивление.
10. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы:

1. Какова физическая сущность электрического сопротивления?
2. Как объяснить увеличения сопротивления металлов при нагревании?
3. Объяснить формулу, по которой определяется температурный коэффициент сопротивления.
4. Почему температурный коэффициент сопротивления для электролитов отрицательный?
5. Каково сопротивление 0,5 кг медной проволоки диаметром 0,3 мм?
6. Указать практическое применение зависимости сопротивления проводника от температуры.

Форма представления результата: отчёт в виде таблицы, графиков, ответы на вопросы

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.2 Законы постоянного тока

Лабораторная работа № 12

Определение температуры нити лампы накаливания

Цель: Определить температуру светящейся нити лампы накаливания; исследовать экспериментально зависимость электрического сопротивления нити накала лампы от температуры; результаты представить графически.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять температуру лампы накаливания;

Материальное обеспечение: источник электропитания, лампа накаливания (6.3 В. или 3.5 В.), вольтметр (до 15 В.), авометр, миллиамперметр, реостат лабораторный, соединительные провода.

Задание: определить зависимость электрического сопротивления нити накала лампы от температуры

Краткие теоретические сведения:

Зависимость электрического сопротивления R_t металлов от температуры выражается формулой: $R_t = R_0(1 + \alpha \cdot t)$, где R_t - электрическое сопротивление металлического образца при температуре t ; R_0 - электрическое сопротивление его при 0°C ; α - температурный коэффициент электрического сопротивления для данного вещества. Если известны значения электрического сопротивления образца R_0 при 0°C и R_t в нагретом состоянии, а т.ж. температурный коэффициент электрического сопротивления α , то температуру t можно

вычислить по формуле: $t = \left(\frac{R_t}{R_0} - 1\right) \cdot \frac{1}{\alpha}$ Выражая температуру в градусах Кельвина,

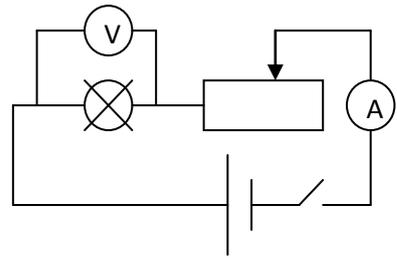
получаем другую формулу для определения температуры: $T = \frac{R_t}{R_0 \cdot \alpha}$

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

Порядок выполнения работы

1. Измерьте сопротивление нити лампы в холодном состоянии с помощью тестера. Это даст возможность вычислить сопротивление нити при нуле градусов Цельсия. Для вычисления воспользуйтесь значением термического коэффициента α_1 .

2. Соберите цепь согласно схеме.
3. Снимите ВАХ, перемещая движок реостата (минимум 10 замеров). Результаты занесите в таблицу.
4. Вычислите сопротивление и температуру для каждого замера, используя значение термического коэффициента α_2 и вычисленным R_0 .
5. Постройте ВАХ и зависимость $R = f(t)$.
6. Сделайте выводы.



Контрольные вопросы:

1. Каким способом была определена температура нити накаливания?
2. Как сопротивление проводника зависит от температуры?
3. От чего зависит яркость лампы?

Форма представления результата: отчёт в виде графика, ответы на вопросы

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.2 Законы постоянного тока

Лабораторная работа №13

Цель: измерить величину элементарного заряда методом электролиза

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- проводить процесс электролиза;
- определять заряд элементарной частицы.

Материальное обеспечение: сосуд с раствором медного купороса; медные электроды; весы с разновесами; амперметр; источник постоянного напряжения; часы; реостат; ключ; электрическая плитка; соединительные провода.

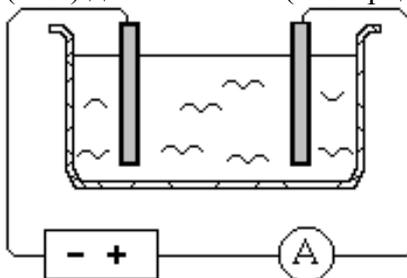
Задание:

1. Провести процесс электролиза;
2. Научиться определять элементарный заряд с помощью электролиза

Краткие теоретические сведения:

Электрический ток в электролитах. Электролиз

Опустим в ванну с электролитом (HCl) две пластины (электроды) и подключим к ним



батарею.

Анод – электрод, подключенный к «+» клемме источника напряжения.

Катод – электрод, подключенный к «-» клемме источника напряжения.

Ионы Cl^- (анионы) движутся к аноду, H^+ (катионы) – к катоду.

Ток в электролитах – упорядоченное движение анионов и катионов.

Cl^- отдают на аноде лишние электроны и объединяются в молекулы газа Cl_2 .

H^+ на катоде получают электроны и объединяются в молекулы газа H_2 .

Уравнения процесса: а) диссоциация: $2\text{HCl} \leftrightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$;

б) на аноде: $2\text{Cl}^- - 2e \rightarrow \text{Cl}_2 \uparrow$;

в) на катоде: $2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$.

Электролиз – совокупность химических процессов, происходящих в электролите при прохождении через него постоянного электрического тока.

Закон Фарадея для электролиза

Если ион вещества имеет массу m_0 и заряд q_0 , при электролизе выделилось N ионов и ими перенесён

заряд q , то их общая масса $m = m_0 \cdot N$ и $N = \frac{q}{q_0}$; $q_0 = e \cdot z$, где z – валентность иона. Тогда, с учётом

$m_0 = \frac{\mu}{N_A}$, получим $m = \frac{\mu}{N_A} \cdot \frac{q}{e \cdot z}$. **Число Фарадея (F)** – произведение $N_A \cdot e$. $F = 96500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$. Значит,

$m = \frac{\mu \cdot q}{F \cdot z}$ (*). Из $q = I \cdot t$ и (*) получим: $m = \frac{\mu \cdot I \cdot t}{F \cdot z}$ – закон Фарадея для электролиза.

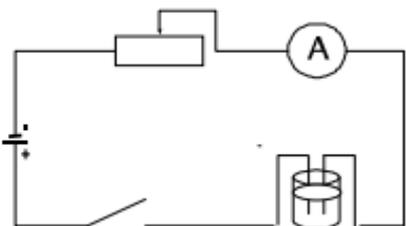
Электрохимический эквивалент вещества – величина $k = \frac{\mu}{F \cdot z}$.

Химический эквивалент вещества – величина $\frac{\mu}{z}$.

- Число Фарадея $F = \frac{\mu \cdot q}{m \cdot z}$ показывает, какой заряд необходимо пропустить через электролит для выделения на электродах 1 моль одновалентного вещества.

Порядок выполнения работы

1. Используя весы, определите массу m_1 катода, предварительно сделав на его верхней части риску, чтобы в дальнейшем не перепутать с анодом. Укрепите электроды в держателе и, не вставляя их в сосуд с раствором медного купороса, соберите электрическую цепь по схеме согласно рисунку.



2. Опустите электроды в сосуд с электролитом, замкните ключ, установите с помощью реостата силу тока в цепи не более 1 А. Процесс электролиза проводите в течение 20 мин, поддерживая с помощью реостата силу тока в цепи неизменной. По окончании опыта разомкните ключ, выньте и обсушите над электроплиткой медный катод и взвесьте его, определив массу m_2 .

3. Определите массу выделившейся на катоде меди $m = m_2 - m_1$.

4. Вычислите элементарный заряд, воспользовавшись формулой, полученной из закона электролиза: $e = M I t / m n N_A$, где M – молярная масса меди, n – валентность меди, N_A – постоянная Авогадро, I – сила тока, прошедшего через раствор электролита, t – время прохождения тока.

5. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

m_1 , г	m_2 , г	m , г	M , г/моль	n	I , А	t , с	e , Кл

6. Сравните полученное значение элементарного заряда с табличным значением заряда электрона.

Контрольные вопросы:

1. Какие частицы осуществляют перенос электрического заряда в растворах и расплавах электролитов?
2. Какой процесс называют электролизом?
3. Сформулируйте закон электролиза Фарадея. Запишите его математическое выражение.
4. Можно ли, используя данный метод измерения элементарного заряда, повысить точность результата? Как?
5. Почему дистиллированная вода не проводит электрический ток?

Форма представления результата: отчёт в виде таблицы, ответы на вопросы

Критерии оценки: см. стр. 110

Тема 3.2 Законы постоянного тока

Лабораторная работа № 14

Мощность тока в проводниках при параллельном и последовательном соединениях

Цель: сравнить мощность тока в двух проводниках при их последовательном и параллельном подключении

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- соединять потребители в электрических цепях последовательно и параллельно;
- рассчитывать мощность при последовательном и параллельном соединениях

Материальное обеспечение: батарейка напряжением 4,5 В, амперметр, вольтметр, два резистора с сопротивлениями, отличающимися в несколько раз, ключ, соединительные провода

Задание:

1. Соединить потребители последовательно, параллельно.
2. Рассчитать мощность при разных видах соединения, сняв показания электроприборов.

Краткие теоретические сведения:

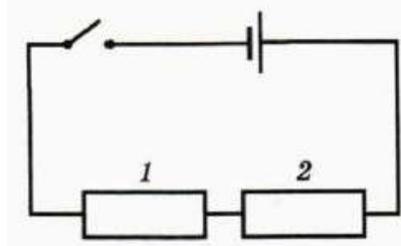
Для сравнения значений мощности тока в двух проводниках, соединённых последовательно, удобнее использовать формулу $P = I^2R$, потому что в таком случае сила тока в проводниках одинакова.

А для сравнения значений мощности тока в проводниках при их параллельном соединении удобнее использовать формулу $P = \frac{U^2}{R}$, потому что при этом напряжение на концах проводников одинаково.

Порядок выполнения работы

Последовательное соединение

1. Соберите электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке:



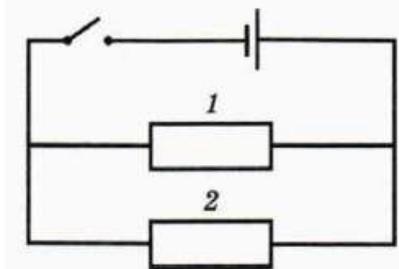
2. Измерьте значения силы тока в каждом проводнике и напряжения на концах проводников. Запишите результаты измерений в таблицу, заголовок которой приведён ниже.

I_1	U_1	R_1	P_1	I_2	U_2	R_2	P_2	$\frac{R_1}{R_2}$	$\frac{P_1}{P_2}$
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------------------	-------------------

3. Вычислите значения сопротивления проводников, мощности тока в них, а также отношения значений сопротивления и мощности тока. Результаты запишите в таблицу.

Параллельное соединение

4. Соберите электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке:



5. Измерьте значения силы тока в каждом проводнике и напряжения на концах проводников. Запишите результаты измерений в таблицу, заголовок которой приведён ниже.

I_1	U_1	R_1	P_1	I_2	U_2	R_2	P_2	$\frac{R_1}{R_2}$	$\frac{P_1}{P_2}$
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------------------	-------------------

6. Вычислите значения сопротивления проводников, мощности тока в них, а также отношения значений сопротивления и мощности тока. Результаты запишите в таблицу.

7. Сравните числа в последних двух столбцах таблицы при последовательном и параллельном соединениях проводников. Сделайте соответствующий вывод.

8. Запишите выводы из эксперимента.

Форма представления результата: отчёт в виде таблицы, ответы на вопросы

Критерии оценки: см. стр. 110

Раздел 3 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Тема 3.4 Электромагнитная индукция Лабораторная работа № 15

«Изучение явления электромагнитной индукции»

Цель: изучить явление электромагнитной индукции

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

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

Материальное обеспечение:

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

Задание:

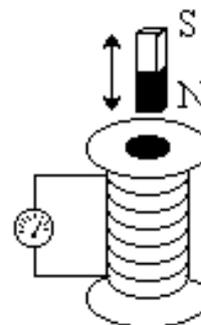
1. Изучить явление ЭМИ.
2. Определить параметры, от которых зависит индукционный ток.

Краткие теоретические сведения:

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

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

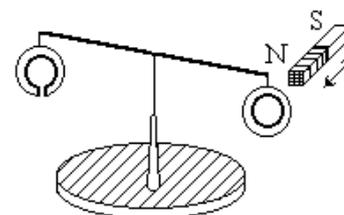
- 1) неподвижен (независимо от того, введён он в катушку или нет), тока в катушке нет;
- 2) движется (входит в катушку или выходит из неё), то в цепи катушки протекает ток.



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

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

Правило Ленца. Поместим на острие подставки коромысло с одинаковыми алюминиевыми кольцами, одно из которых имеет разрез. Опыт показывает, что при введении магнита (любым полюсом) в сплошное кольцо,



оно отталкивается от магнита, а при выведении – притягивается. Кольцо с разрезом на движение магнита не реагирует. Этот опыт подтверждает идею наведения тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока. По взаимодействию поля магнита и индукционного тока в кольце можно определить направление тока.

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

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

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

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

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

Порядок выполнения работы:

I. Выяснение условий возникновения индукционного тока.

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

I. Изучение направления индукционного тока.

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

Проверьте, одинаковым ли будет направление индукционного тока, если:

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

III. Изучение величины индукционного тока.

1. Приближайте магнит к неподвижной катушке медленно и с большей скоростью, отмечая, на сколько делений (N_1 , N_2) отклоняется стрелка миллиамперметра.
 2. Приближайте магнит к катушке северным полюсом. Отметьте, на сколько делений N_1 отклоняется стрелка миллиамперметра.
- К северному полюсу дугообразного магнита приставьте северный полюс полосового магнита. Выясните, на сколько делений N_2 отклоняется стрелка миллиамперметра при приближении одновременно двух магнитов.
3. Выясните, как изменялся магнитный поток в каждом случае. Сделайте вывод, от чего зависит величина индукционного тока.

Контрольные вопросы:

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

Форма представления результата: письменный отчет по предложенным вопросам.

Критерии оценки: см. стр. 110

Раздел 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Тема 3.5 Электромагнитные колебания

Лабораторная работа №16

Изучение устройства и принципа работы генератора переменного тока

Цель: развивать экспериментальные методы познания, формировать умения работать с лабораторными и контрольно-измерительными приборами.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- различать генераторы переменного и постоянного тока;
- знать принцип работы генератора переменного тока.

Материальное обеспечение: модель электродвигателя постоянного тока со статорными катушками, гальванометр, полупроводниковый диод на колодке, соединительные провода, источник тока, ключ, реостат, амперметр.

Задание:

1. Изучить строение генератора переменного тока;
2. Изучить принцип строения генератора переменного тока.

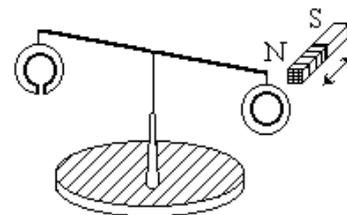
Краткие теоретические сведения:

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

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

Правило Ленца

правило Ленца: индукционный ток, возникающий в замкнутом контуре, имеет такое направление, что создаваемый им магнитный поток сквозь поверхность, охватываемую контуром, стремится компенсировать изменение магнитного потока, вызывающего данный ток.



Порядок выполнения работы:

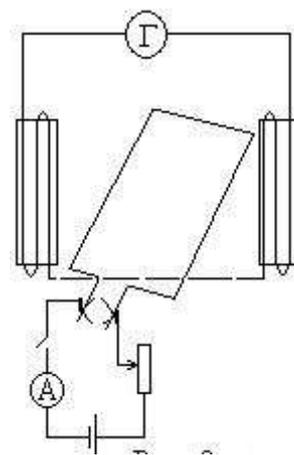
Рассмотрите устройство модели электродвигателя, укажите основные части, объясните принцип его работы.

Предложите способ преобразования электродвигателя в генератор переменного тока. Проверьте Ваш способ на опыте.

Исследуйте, влияет ли на первоначальное отклонение стрелки гальванометра, при получении переменного тока, направления вращения якоря генератора.

Исследуйте, как зависит амплитуда переменного тока от частоты вращения якоря и величины тока возбуждения.

Для преобразования электродвигателя постоянного тока в генератор переменного тока необходимо отсоединить провода катушек электромагнита от щеток коллектора. Через щетки коллектора на якорь от источника постоянного тока через реостат подаем ток возбуждения (см. рис.). При вращении якоря, его магнитное поле, создаваемое током возбуждения будет создавать в катушках электромагнита переменный ток.



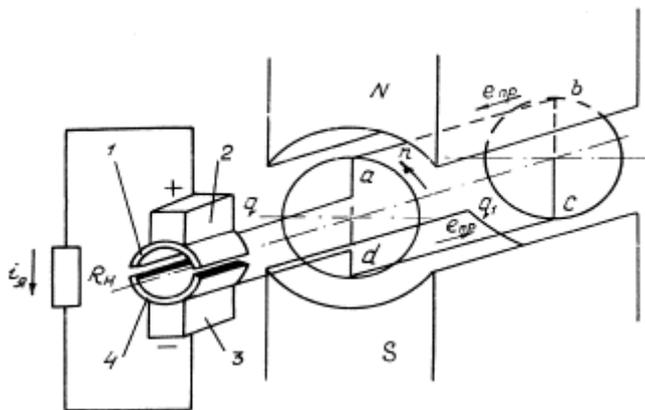
Подсоединив к катушкам электромагнита гальванометр, а через контактные щетки коллектора якоря подаем ток возбуждения, величина тока возбуждения не должна превышать 1 А, силу тока возбуждения регулируем реостатом.

Начинаем вращать якорь в первом случае по направлению движения часовой стрелке, а другой раз против него. По первоначальному отклонению стрелки гальванометра устанавливаем взаимосвязь между направлением вращения якоря и первоначальным направлением переменного тока.

Исследование зависимости между амплитудой переменного тока и частотой вращения якоря проводится при постоянной величине тока возбуждения. Исследование зависимости между амплитудой переменного тока и величиной тока возбуждения выполняется при постоянной частоте вращения якоря. При выполнении этой части лабораторной работы можно вращать якорь генератора другим электродвигателем. Для этого вал электродвигателя соединяем резиновой муфтой с якорем генератора. Электродвигатель к источнику тока подсоединяется через реостат, для того чтобы можно было регулировать частоту вращения вала электродвигателя.

Ответить на вопросы:

1. Какое явление положено в основу работы генератора? постоянного (переменного) тока. В чём оно заключается?
2. Указать отличие генератора постоянного от электродвигателя постоянного тока.
3. Каким преимуществом обладает переменный ток по сравнению с постоянным?
4. Когда чаще всего перегорают предохранители: при включении электродвигателей бытовой техники или при выключении? Почему?
5. Подписать составные части генератора.



Форма представления результата: письменный отчет по предложенным вопросам.

Критерии оценки: см.стр. 110

Раздел 4. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Тема 4.2. АТОМНОЕ ЯДРО

Лабораторная работа № 17

Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям

Цель: объяснить траекторию и характер движения заряженных частиц.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь: объяснять траекторию движения заряженных частиц

Материальное обеспечение: фотографии треков заряженных частиц.

Задание:

1. Изучить траектории заряженных частиц.
2. Проанализировать характер движения частиц и их характеристики.

Краткие теоретические сведения:

1. Треки заряженных частиц в камере Вильсона представляют собой цепочки микроскопических капелек жидкости (воды или спирта), образовавшихся вследствие конденсации пересыщенного пара этой жидкости на ионах, расположенных вдоль траектории заряженной частицы; в пузырьковой камере – цепочки микроскопических пузырьков пара перегретой жидкости, образовавшихся на ионах. Треки показывают траекторию движения заряженных частиц.

2. Длина трека зависит от начальной энергии заряженной частицы и плотности окружающей среды: она тем больше, чем больше энергия частицы и чем меньше плотность среды. 3. Толщина трека зависит от заряда и скорости частицы: она тем больше, чем больше заряд частицы и чем меньше её скорость.

4. При движении заряженной частицы в магнитном поле трек её получается искривленным. Радиус кривизны трека зависит от массы, заряда, скорости частицы и модуля индукции магнитного поля: он тем больше, чем больше масса и скорость частицы и чем меньше её заряд и модуль индукции магнитного поля.

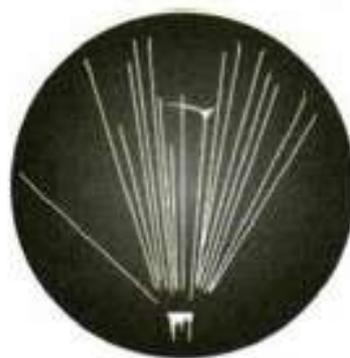
5. По изменению радиуса кривизны трека можно определить направление движения частицы и изменение её скорости: начало её движения и скорость больше тем, где больше радиус кривизны трека.

Порядок выполнения работы:

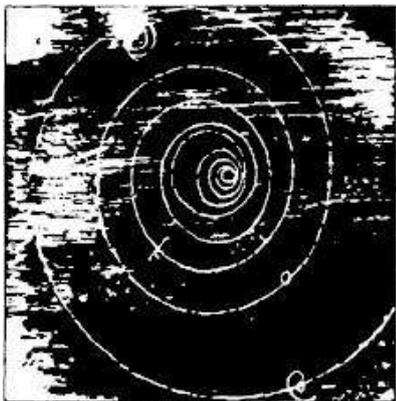
1. Проведите анализ треков заряженных частиц по фотографии №1, отвечая на следующие вопросы:

В каком направлении двигались альфа-частицы?

2) Почему длина треков альфа-частиц примерно одинаково?



3) Почему толщина треков альфа –частиц к концу пробега немного увеличивается?



4) Почему некоторые альфа-частицы оставляют треки только в конце своего пробега?

2. Проведите анализ треков заряженных частиц по фотографии №2, отвечая на следующие вопросы:

- 1) Почему трек электрона имеет форму спирали?
- 2) В каком направлении двигался электрон?
- 3) Как был направлен вектор магнитной индукции?

3. Проведите анализ треков заряженных частиц по фотографии №3, отвечая на следующие вопросы:

1) Почему треки ядер атомов имеют разную толщину?

2) Какой трек принадлежит ядру атома магния, кальция и железа?

3) Какой вывод можно сделать из сравнения толщины треков ядер атомов различных элементов?

4. Чем отличаются треки частиц, полученные в фотоэмульсии, от треков частиц в камере Вильсона и пузырьковой камере?



Форма представления результата: письменный отчет по предложенным вопросам.

Критерии оценки: см. стр.110

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

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

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

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

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

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

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

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

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

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

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

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

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

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

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

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