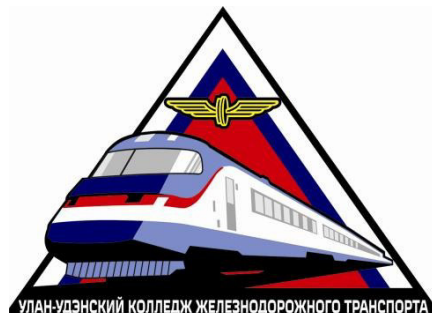


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта -
филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения»
(УУКЖТ ИрГУПС)



С.Б. Добуд-Оглы

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических работ
учебного предмета **УПВ.02 ФИЗИКА**
для специальности

23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам)

Технологический профиль

Углубленный уровень

Очная форма обучения на базе основного общего образования

Улан-Удэ – 2022

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.

00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



УДК 53 (075)
ББК 22.3
Д-126

Добуд-Оглы С.Б.

Д-126 **УПВ.02 Физика** [Текст]: Методические указания по выполнению практических работ для обучающихся очной формы обучения /С.Б. Добуд-Оглы; Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта ИрГУПС. – Улан-Удэ: Сектор информационного обеспечения учебного процесса УУКЖТ ИрГУПС, 2022. – 83 с.

Методические указания по выполнению практических работ учебного предмета УПВ.02 Физика содержат пояснительную записку и 15 практических работ с указанием дидактических целей, рекомендуемой литературы, кратких теоретических сведений, примера выполнения заданий, порядка выполнения работ.

УДК 53 (075)
ББК 22.3

Рассмотрено на заседании ЦМК протокол №5 от 20 апреля 2022 г и одобрено на заседании Методического совета колледжа протокол №5 от 20.04.22

© Добуд-Оглы С.Б., 2022
©УУКЖТ ИРГУПС, 2022

Содержание

Пояснительная записка	4
Методические требования к решению задач	4
Математические действия с формулами и законами	5
Перевод единиц в систему СИ	7
Практическая работа 1 Решение задач по теме: «Виды механического движения»	9
Практическая работа 2 Решение задач по теме: «Законы Ньютона. Динамика движения локомотива» (в форме практической подготовки)	15
Практическая работа 3 Решение задач по теме: «Законы сохранения в механике»	19
Практическая работа 4 Решение задач по теме: «Механические колебания и волны»	24
Практическая работа 5 Решение задач по теме: «Масса и размеры молекул»	28
Практическая работа 6 Решение задач по теме: «Уравнение состояния идеального газа»	31
Практическая работа 7 Решение задач по теме: «Изопроцессы»	35
Практическая работа 8 Решение задач по теме: «Характеристики электрического поля»	39
Практическая работа 9 Решение задач по теме: «Последовательное и параллельное соединение конденсаторов»	43
Практическая работа 10 Решение задач по теме: «Соединение потребителей электроэнергии»	48
Практическая работа 11 Решение задач по теме: «Законы Ома. Сопротивление контактного провода» (в форме практической подготовки)	54
Практическая работа 12 Решение задач по теме: «Индукция магнитных полей проводников различной формы»	60
Практическая работа 13 Решение задач по теме: «Сила Ампера. Сила Лоренца»	64
Практическая работа 14 Решение задач по теме: «Активное сопротивление в цепях переменного тока»	69
Практическая работа 15 Решения задач по теме: «Реактивные сопротивления в цепях переменного тока»	75
Справочные данные и табличные величины	81

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ разработаны в соответствии с рабочей учебной программой учебного предмета и требованиями к ФГОС среднего общего образования.

Методические указания предназначены для студентов 1 курса очной формы обучения.

Цель данных методических указаний – оказать помощь студентам при выполнении практических работ и закреплении теоретических знаний по основным разделам УПВ.02 Физика.

Рабочей программой учебного предмета предусмотрено 30 часов на проведение практических занятий (из них 4 часа в форме практической подготовки), каждая работа рассчитана на 2 академических часа. Практические работы проводятся в любом кабинете, специального оборудования для их проведения не требуется, проходят в индивидуальной форме организации работы студентов.

Каждый обучающийся за 2 академических часа должен решить не менее пяти задач по собственному выбору. Оценка выставляется в соответствии с уровнями решенных задач, представленных в виде таблиц в конце практических работ.

Методические требования к оформлению задач

При оформлении задач по физике следует строго придерживаться следующих правил:

- задачи оформляются разборчивым почерком;
- все значения величин, заданных в условиях задач и привлекаемых из справочных таблиц, записываются столбиком с заголовком «Дано» в тех единицах, которые указаны в условии. При необходимости перевода величин в систему СИ, рядом со столбиком «Дано», чертится дополнительный столбец с заголовком «СИ»;
- к некоторым задачам необходимы чертежи, схемы или графики с обозначением всех физических величин. Чертежи выполняются аккуратно при помощи чертежных инструментов; физические величины должны быть согласованы с обозначением на чертежах и схемах;
- при решении задачи вначале записывается первичная формула (закон), затем, при необходимости найти не исходную, а производную величину, ее выводят из первоначальной формулы, поставив знак « \Rightarrow » ‘следствие’;
- при оформлении расчетов единицы измерений величин могут не указываться, в этом случае у вычисленной величины единица измерения (присутствует обязательно) указывается в скобках. Если единицы измерений указывались изначально, то - без скобок. Если ряд формул сведен в одну

расчетную, необходимо проверить ее размерность: $[p] = \left[\frac{m \cdot g}{VM} \right] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \cdot \text{К}}{\text{м}^3 \cdot \frac{\text{моль}}{\text{м}^3}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па};$

- оформление расчетов проводится последовательно, нельзя в расчетах использовать величины, которые будут вычислены в задаче позднее;
- вычисления следует проводить с точностью, соответствующей точности исходных числовых данных в условии задачи (не имеет смысла округлять численное значение ответа до тысячных, если данные задачи округлены до десятых). Большие и маленькие числа рекомендуется записывать, используя множитель 10, например, не 0,000544, а $5,44 \cdot 10^{-4}$;
- после окончательных расчетов записывается ответ, включающий в себя обозначение искомой физической величины, численное значение и единицу измерения.

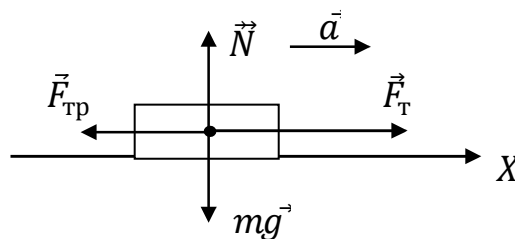
Пример оформления задачи:

Деревянный брусок массой 200 г начал движение под действием силы, направленной вдоль поверхности, при этом за 0,3 минуты он приобретает скорость 5,4 км/ч. Найти приложенную силу при коэффициенте трения равном 0,2.

Дано:
 $m=200 \text{ г}$
 $v_0=0$
 $v=5,4 \text{ км/ч}$
 $t=0,3 \text{ МИН}$
 $\mu=0,2$
 $\vec{F}_m - ?$

СИ:
 $0,2 \text{ кг}$
 $1,5 \text{ м/с}$
 18 с

Решение:



$$\vec{F}_p = m\vec{a}; \quad \vec{F}_p = \vec{F}_T + \vec{F}_{тр} + \vec{N} + m\vec{g}$$

$$a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{1,5-0}{18} \approx 0,08 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$ma = F_m - F_{mp} \Rightarrow F_m = ma + F_{mp}, \text{ где } F_{mp} = \mu N = \mu mg$$

$$F_m = ma + \mu mg = 2 \text{ кг} \cdot 0,08 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 0,2 \cdot 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 4,08 \text{ Н}$$

Ответ: $F_m = 4,08 \text{ Н}$

Математические действия с физическими формулами и законами

При решении задач часто приходится выражать одни физические величины через другие. Например, в задаче, где нужно найти время, зная перемещение и

скорость, используется формула $\vec{S} = \vec{v}t$. Для нахождения времени его выражают из исходной формулы: $t = \frac{S}{v}$

Чтобы выразить одну величину из другой, необходимо запомнить следующее правило:

Для того, чтобы найти неизвестный множитель, нужно произведение разделить на другие известные множители:

$$a = b \cdot c \cdot t$$

произведение
множители

т.е. $b = \frac{a}{c \cdot t}$ или $c = \frac{a}{b \cdot t}$ или $t = \frac{a}{b \cdot c}$

Если знак умножения присутствует слева и справа относительно знака «равно», например: $a \cdot c \cdot b = t \cdot n$, то где множители, а где произведение определяется из того, что необходимо найти. **Выражается всегда множитель, а произведением является все, стоящее с противоположной стороны от него относительно знака «равно».** Пусть из приведенного уравнения необходимо выразить t или n :

$$\underbrace{a \cdot c \cdot b}_{\text{произведение}} = \underbrace{t \cdot n}_{\text{множители}}$$

т.е. $t = \frac{a \cdot b \cdot c}{n}$ или $n = \frac{a \cdot b \cdot c}{t}$

Пусть необходимо выразить a , b или c :

$$\underbrace{a \cdot c \cdot b}_{\text{множители}} = \underbrace{t \cdot n}_{\text{произведение}}$$

т.е. $a = \frac{t \cdot n}{b \cdot c}$ или $b = \frac{t \cdot n}{a \cdot c}$ или $c = \frac{t \cdot n}{a \cdot b}$

Если, в формуле слева или справа присутствует дробь, например $\frac{PV}{T} = \frac{m}{M}R$, то ее нужно привести к вышеприведенному виду, т.е. вытянуть в одну линию. Для этого формулу записывают в виде пропорции и перемножают «крест на крест»:

$$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M} \Rightarrow P \cdot V \cdot M = T \cdot m \cdot R$$

в дальнейшем согласно правилу выражают любую величину.

Итак, выведем из нижеприведенных формул производные величины:

$$R = \rho \frac{L}{S} \Rightarrow R = \frac{\rho L}{S} \Rightarrow RS = \rho L \Rightarrow L = \frac{RS}{\rho} \text{ или } S = \frac{\rho L}{R} \text{ или } \rho = \frac{RS}{L}$$

$$P = \frac{1}{3} m_0 \frac{N}{V} v^2 \Rightarrow P = \frac{m_0 N v^2}{3V} \Rightarrow 3PV = m_0 N v^2 \Rightarrow$$

$$V = \frac{m_0 N v^2}{3P} \text{ или } N = \frac{3PV}{m_0 v^2} \text{ или } v^2 = \frac{3PV}{m_0 N}$$

При выражении числа взятого в квадрате, выражаем квадратный корень слева и справа, причем слева он исчезает: $\sqrt{v^2} = v$, а справа остается $\sqrt{\frac{3PV}{m_0 N}}$, т.е.

в результате: $v = \sqrt{\frac{3PV}{m_0 N}}$.

При выражении числа, стоящего под квадратным корнем, возводим левую и правую части формул в квадрат (при этом квадратный корень «исчезает»):

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2 LC \Rightarrow L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} \text{ или } C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$$

Если в формуле встречается знак «+» или «-», применяем правило арифметического сложения: $A=B+C \Rightarrow B=A-C$ и $C=A-B$

$$\text{Например: } \vec{s} = \vec{v} t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad \vec{v} t = \vec{s} - \frac{\vec{a}t^2}{2} \Rightarrow \vec{s} - \frac{\vec{a}t^2}{2} = \vec{v} t$$

и только потом применяем вышеизложенные правила:

$$\frac{\vec{a}t^2}{2} = \frac{(\vec{s} - \vec{v}t)}{1} \Rightarrow \vec{a} = \frac{2(\vec{s} - \vec{v}t)}{t^2}$$

Если знак «+» или «-» присутствует в числителе или знаменателе, в начале выразим весь этот числитель или знаменатель:

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow v^2 - v_0^2 = 2as, \text{ и после этого применяем правила сложения: } v^2 = 2as + v_0^2 \text{ или } v_0^2 = v^2 - 2as \Rightarrow v_0 = \sqrt{v^2 - 2as}$$

Перевод единиц в систему СИ

При решении задач все физические величины переводятся в систему СИ:

1. **масса** переводится в килограммы [кг], учитывая, что:

$$1 \text{ г} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \quad 1 \text{ т} = 1 \cdot 10^3 \text{ кг} \quad 1 \text{ ц} = 1 \cdot 10^2 \text{ кг}$$

Например, $50 \text{ г} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$

$$2 \text{ т} = 2 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

2. **расстояние (длина)** переводится в метры [м]

$$1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad 1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad 1 \text{ км} = 1 \cdot 10^3 \text{ м}$$

Например, $35 \text{ мм} = 35 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$

$$0,055 \text{ см} = 0,055 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$35 \text{ км} = 35 \cdot 10^3 \text{ м} = 3,5 \cdot 10^4 \text{ м}$$

3. **скорость** в метры в секунду [м/с], учитывая, что в 1 часе 60 минут или 3600 секунд:

$$72 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{72000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$36 \frac{\text{км}}{\text{мин}} = \frac{36000 \text{ м}}{60 \text{ с}} = 600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

4. **площадь** в квадратные метры [м²], учитывая, что:

$$1 \text{ см}^2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2, \quad 1 \text{ мм}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2:$$

$$\text{Например: } 25 \text{ см}^2 = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$350 \text{ мм}^2 = 350 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Найти площадь провода диаметром 1,8 мм:

$$S = \pi R^2; \text{ радиус } R = \frac{1,8 \text{ мм}}{2} = 0,9 \text{ мм};$$

$$S = 3,14 \cdot (0,9 \text{ мм})^2 \approx 2,54 \text{ мм}^2 = 2,54 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$\text{Или так: } R = 0,9 \text{ мм} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}; S = 3,14 \cdot (0,9 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2 \approx 2,54 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

5. **объем** в кубические метры [м³], учитывая, что:

$$1 \text{ см}^3 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad 1 \text{ мм}^3 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 \quad 1 \text{ л (литр)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$\text{Например, } 45 \text{ л} = 45 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$450 \text{ мм}^3 = 450 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

6. Если при записи единицы измерения используется приставка системы СИ, то меняем ее на соответствующий множитель (таблица стр. 83):

$$45 \text{ кН} = 45 \cdot 10^3 \text{ Н} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

$$25 \text{ МПа} = 25 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,5 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

$$125 \text{ мкФ} = 125 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ Ф}$$

$$0,55 \text{ нКл} = 0,55 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 5,5 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$$

Практическая работа 1

Тема: Виды механического движения

Цель: Научиться применять теоретические знания по теме «Механическое движение, его виды» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Равномерное движение – движение при котором тело (материальная точка) за одинаковые промежутки времени перемещается на одно и то же расстояние.

Скорость – физическая величина, показывающая перемещение тела (материальной точки) совершаемое в единицу времени.

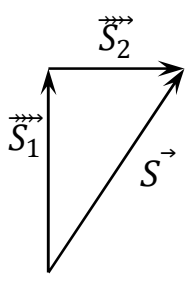
Равноускоренное движение – движение, при котором скорость тела (материальной точки) за одинаковые промежутки времени изменяется на одну и ту же величину.

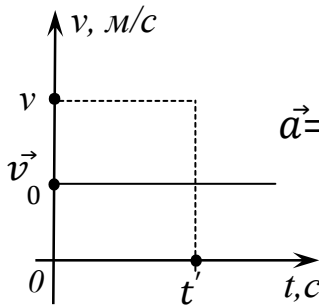
Ускорение – физическая величина, показывающая на сколько изменяется скорость тела (материальной точки) за единицу времени.

Равномерное движение по окружности – движение тела (материальной точки) с постоянной линейной скоростью по траектории являющейся окружностью.

Центростремительное ускорение – физическая величина, характеризующая быстроту изменения направления вектора скорости тела (материальной точки).

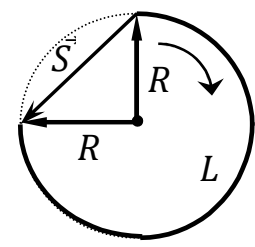
Угловая скорость – физическая величина, характеризующая быстроту и направление вращения тела (материальной точки) относительно центра вращения и равная углу поворота в единицу времени.

 <p>Теорема Пифагора: $\vec{S} = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$</p> <p>$L = S_1 + S_2$</p> <p>Длина окружности: $L = 2\pi R$</p>	<p>\vec{S} – перемещение</p> <p>L – пройденный путь</p> <p>R – радиус окружности</p> <p>$\pi = 3,14$</p>
<p>Равномерное прямолинейное движение: $\vec{s} = \vec{v} \cdot t$</p> <p>Равноускоренное прямолинейное движение: $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$; $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$; $\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$; $\vec{s} = \frac{\vec{v}^2 - \vec{v}_0^2}{2\vec{a}}$</p> <p>Равномерное движение по окружности: $\vec{a}_c = \frac{v^2}{R}$; $n = \frac{N}{t}$; $T = \frac{1}{n}$;</p>	<p>\vec{s} – перемещение</p> <p>\vec{v} – скорость</p> <p>t – время</p> <p>\vec{v}_0 – начальная скорость</p> <p>\vec{a} – ускорение</p> <p>\vec{a}_c – центростремительное ускорение</p> <p>ω – угловая скорость</p>

$\omega = \frac{2\pi}{T}; \quad v = \omega R$ <p>Возможные скрытые условия: если тело начинает движение: $\vec{v}_0=0$, если тормозит $\vec{v}=0$, если находится в свободном падении $\vec{a}=9,8 \text{ м/с}^2$</p>	<p>T – период n – частота R – радиус окружности N – число колебаний</p>
 $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t'}$	<p>Пара значений \vec{v} и t' выбираются на графике произвольно</p>

Примеры решения задач:

Найти путь и перемещение конца часовой стрелки длиной 7 см по истечении 9 часов. Найти угловую скорость стрелки, частоту вращения, линейную скорость и центростремительное ускорение точки, лежащей на конце стрелки.

<p>Дано: Часовая стрелка $R=7 \text{ см}$</p>	<p>СИ: $7 \cdot 10^{-2} \text{ м}$</p>	<p>Решение:</p> 	<p>Пусть начальное положение стрелки – вертикально вверх. Т.к. стрелка часовая, через 9 часов она повернется на угол 270° и установится как на рисунке</p>
<p>L-?, \vec{S}-? ω-?, v-?, $a_{ц}$-?</p>		<p>Длину вектора перемещения \vec{S} найдем по теореме Пифагора: $\vec{S} = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{7^2 + 7^2} \cdot 10^{-2} \text{ м} \approx 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 9,9 \text{ см}$</p>	<p>Пройденный путь конца стрелки соответствует три четверти окружности с радиусом равным ее длине, зная, что длина окружности равна $2\pi R$,</p>
		<p>пройденный путь: $L = \frac{2\pi R}{4} \cdot 3 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{4} \cdot 3 = 32,97 \cdot 10^{-2} \text{ м} \approx 33 \text{ см}$</p>	

Для того, чтобы найти все вращательные характеристики, учтем, что период вращения часовой стрелки равен 1 час: $T = 1 \text{ час} = 3600 \text{ с} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$

Частота: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{3,6 \cdot 10^3 \text{ с}} = 0,28 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{с}}$

Угловая скорость: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3,6 \cdot 10^3} = 0,56\pi \cdot 10^{-3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

Линейная скорость: $v = \omega R = 0,56 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{с}} \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 1,23 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Центростремительное ускорение: $a_u = \frac{v^2}{R} = \frac{(1,23 \cdot 10^{-4})^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{7 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 2,16 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Ответ: $|\vec{S}| = 9,9 \text{ см}, L = 33 \text{ см}, \nu = 0,28 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{с}}, \omega = 0,56\pi \cdot 10^{-3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
 $v = 1,23 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}}, a_u = 2,16 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Поезд, трогаясь с места, через 10 секунд приобретает скорость 0,6 м/с. Каково перемещение поезда? Через сколько времени от начала движения скорость поезда станет равной 10,8 км/ч?

<p>Дано: $t_1 = 10 \text{ с}$ $\vec{v}_1 = 0,6 \text{ м/с}$ $\vec{v}_2 = 10,8 \text{ км/ч}$</p>	<p>СИ: 3 м/с</p>	<p>Решение: Если поезд трогается с места, начальную скорость принимаем равной 0: $\vec{v}_0 = 0$. Ускорение поезда: $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 0}{10 \text{ с}} = 0,06 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$</p>
<p>$\vec{S} \text{ -?}, t_2 \text{ -?}$</p>		
<p>Перемещение: $\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} = 0 + \frac{0,06 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10^2 \text{ с}^2}{2} = 3 \text{ м}$</p>		
<p>Т.к ускорение не меняется: $\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_0}{t_2} \Rightarrow t_2 = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_0}{\vec{a}} = \frac{3 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 0}{0,06 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 50 \text{ с}$</p>		

Ответ: $\vec{S} = 3 \text{ м}, t = 50 \text{ с}$

Определить перемещение движущегося равноускоренно тела, если оно останавливается сбавляя свою скорость от 15 м/с до 36 км/ч с ускорением 1 м/с². В течение какого времени длится остановка тела?

<p>Дано: $\vec{v} = 36 \text{ км/ч}$ $\vec{v}_0 = 15 \text{ м/с}$ $\vec{a} = -1 \text{ м/с}^2$</p>	<p>СИ: 10 м/с</p>	<p>Решение: $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \Rightarrow t = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\vec{a}} = \frac{10 - 15}{-1} = 5 \text{ (с)}$ $\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} = 15 \cdot 5 + \frac{(-1) \cdot 5^2}{2} = 62,5 \text{ (м)}$</p>
<p>$\vec{S} \text{ -?}, t \text{ -?}$</p>		<p>Ответ: $\vec{S} = 62,5 \text{ м}, t = 5 \text{ с}$</p>

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выразить скорость в м/с: 54 км/ч, 72 км/ч, 60 м/мин., 0,6 км/мин., 0,3 км/с, 720 дм/ч.
2. Камень с высоты 2 м над поверхностью земли был брошен вверх на 5 м и упал на землю. Найти путь и перемещение камня в этом случае.
3. Самолет пролетел 400 км на север, затем повернул на восток и пролетел еще 300 км. Каков путь и перемещение самолета? Нарисовать траекторию движения самолета, считая движение происходящим в плоскости.
4. Туристы, пытаясь обойти гору, прошли 7 км на север, повернули на восток, пройдя 3 км, а, затем, на юг и прошли еще 3 км. Каков путь и перемещение туристов? ($L=13$ км, $s=5$ км)
5. Средняя скорость автомобиля 20 м/с. Водитель двигался прямолинейно в течении 10 минут, затем развернулся и по этой же дороге проехал 5 мин в обратном направлении. Каков путь и перемещение автомобиля?
6. Найти путь и перемещение конца секундной стрелки длиной 10 см по истечении 30 секунд.
7. Найти путь и перемещение конца минутной стрелки, длиной 5 см через 30 минут, 60 минут.
8. Найти путь и перемещение конца минутной стрелки длиной 8 см через 15 минут. ($L=12,56$ см, $s=11,3$ см)
9. Найти путь и перемещение конца секундной стрелки длиной 3 см по истечении 105 секунд. ($L\approx 33$ см, $s\approx 4,24$ см)
10. Два велосипедиста двигаются навстречу друг другу со скоростями 10 м/с и 5 м/с. Начальное расстояние между ними 3 км. Определить расстояние между велосипедистами через 2 минуты, а также время, через которое они встретятся. ($s'=1200$ м, $t=200$ с)
11. Из пункта А в пункт В выехал автомобиль с постоянной скоростью 72 км/ч. За ним следом, спустя 1 минуту, выехал велосипедист со скоростью 10 м/с. Определить расстояние между транспортными средствами через 2 минуты после старта автомобиля. После старта велосипедиста. ($s_1=1800$ м, $s_2=2400$ м)

12. Начальная скорость автомобиля 10 м/с. Какова будет его скорость через 6 секунд при ускорении $0,5 \text{ м/с}^2$. Каков при этом пройденный путь?
($v=13 \text{ м/с}$, $s=69 \text{ м}$)
13. Поезд, трогаясь с места, через 10 секунд приобретает скорость $0,6 \text{ м/с}$. За какое время от начала движения скорость поезда станет равной 3 м/с ?
($t=50 \text{ с}$)
14. Тело ускоряется от скорости 2 м/с до 6 м/с за 2 секунды. Определить пройденный телом путь за это время. ($s=8 \text{ м}$)
15. Камень бросают вертикально вниз со скоростью 4 м/с . Время падения камня 5 с . Определить высоту, с которой был брошен камень и скорость в момент удара о землю. ($v=53 \text{ м/с}$, $s=142,5 \text{ м}$)
16. Автомобиль, двигаясь со скоростью 20 м/с , начинает торможение. Каков тормозной путь автомобиля, если торможение длится 4 с . Каково ускорение автомобиля? ($a=5 \text{ м/с}^2$, $s=40 \text{ м}$)
17. Камень отпустили с высоты 10 м . Вычислить через сколько времени он достигнет поверхности земли и с какой скоростью на нее упадет.
($t \approx 1,4 \text{ с}$, $v=13,7 \text{ м/с}$)
18. Тело находясь в свободном падении увеличивает свою скорость от 2 м/с до 6 м/с . Определить в течение какого времени длилось падение тела на этом промежутке, и какой путь оно при этом проделывает.
($t \approx 0,4 \text{ с}$, $s \approx 1,6 \text{ м}$)
19. Тело, падая с неизвестной высоты, ускоряется от 5 м/с до $34,4 \text{ м/с}$ за 3 с . Можно ли данное движение назвать свободным падением?
20. Равномерно двигающаяся по окружности точка делает полный оборот за 5 секунд . Чему равна угловая скорость вращения точки? Определить частоту вращения. ($n=0,2 \text{ Гц}$, $\omega=0,4\pi \text{ рад/с}$)
21. Машина движется со скоростью 36 км/ч по мосту с радиусом кривизны 200 м . Определить центростремительное ускорение автомобиля.
($a_{ц}=0,5 \text{ м/с}^2$)
22. Угловая скорость точки, вращающейся равномерно по окружности равна $5\pi \text{ рад/с}$. Определить период обращения и частоту вращения точки. Сколько оборотов сделает точка за 10 секунд . Какова линейная скорость и центростремительное ускорение вращения точки при радиусе траектории 10 см ? ($T=0,4 \text{ с}$, $n=2,5 \text{ Гц}$, $N=25$, $v=1,57 \text{ м/с}$, $a_{ц} \approx 24,6 \text{ м/с}^2$)
23. Определить радиус траектории вращения точки при линейной скорости 10 м/с и центростремительном ускорении 5 м/с^2 . Каковы период, частота и угловая скорость вращения? ($R=20 \text{ м}$, $\omega \approx 0,16\pi \text{ рад/с}$, $T=12,5 \text{ с}$, $n=0,08 \text{ Гц}$)
24. На рисунке 1 представлены различные виды движений. Максимально подробно опишите их.

25. На рисунке 2 приведены графики зависимости скорости от времени различных тел. Определить ускорения представленных движений. Рассчитать перемещение тел в течение первых 12 секунд.

$$(s_1 \approx 230 \text{ м}, s_2 = 200 \text{ м}, s_3 = 280 \text{ м})$$

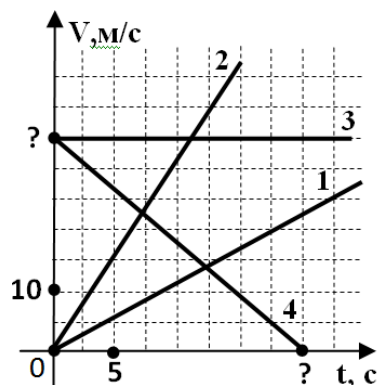


рис. 1.

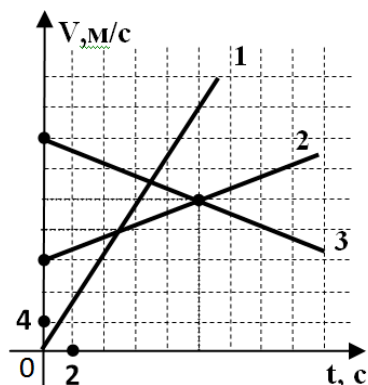


рис. 2.

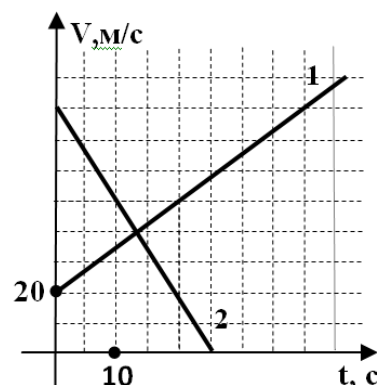


рис. 3.

26. С помощью рисунка 3 определить, какой пройденный путь совершают тела за первые 10 секунд после начала движения? За вторые 10 секунд?

$$(за \text{ первые } 10 \text{ с: } s_1 = 275 \text{ м}, s_2 = 640 \text{ м}; \text{ за вторые } 10 \text{ секунд: } s_1 = 425 \text{ м}, s_2 = 320 \text{ м})$$

27. На рисунке 4 представлена зависимость скорости автомобиля от времени. Найти пройденный автомобилем путь от начала до конца движения. Сколько времени длилось движение?

$$(s = 2880 \text{ м}, t = 3 \text{ мин})$$

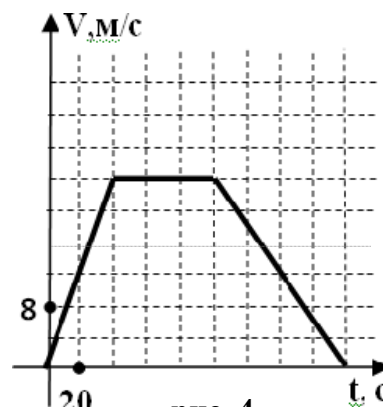


рис. 4

Уровень задачи	Номера задач									Максимальный балл
	2	5	6	7	13	14	19	21	24	
1	2	5	6	7	13	14	19	21	24	3
2	1	3	8	10	12	15	16	18	20	4
3	4	9	11	17	22	23	25	26	27	5

Практическая работа 2 (в форме практической подготовки)

Тема: Законы Ньютона. Динамика движения локомотива.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме «Силы в природе, законы Ньютона» на практике при решении задач, познакомиться с реальными значениями коэффициентов трения железнодорожных составов и сил тяги локомотивов.

Основные определения и термины:

Сила тяжести — сила, действующая на любое физическое тело, находящееся вблизи поверхности Земли или другого астрономического тела. Является следствием силы всемирного тяготения и вращения объекта. На чертежах направлена вертикально вниз.

Сила реакции опоры - сила, действующая на тело со стороны опоры (или подвеса) в результате действия силы тяжести. Направлена перпендикулярно опоре. Является следствием силы упругости.

Сила трения - это сила, возникающая при соприкосновении двух тел и препятствующая их относительному движению. Сила трения скольжения направлена противоположно движению. Является следствием шероховатости поверхностей и молекулярного притяжения.

Сила упругости - сила, возникающая в теле в результате его деформации и стремящаяся вернуть его в исходное (начальное) состояние. Направлена в сторону противоположно силе, ее вызывающей. Является следствием молекулярного притяжения.

Равнодействующая сила – векторная сумма всех сил, действующих на тело или та одна сила, которой можно заменить все силы действующие на тело.

1 закон Ньютона: Тело пребывает в покое или равномерном прямолинейном движении при отсутствии действия на него сил или когда это действие скомпенсировано (равнодействующая сила равна нулю).

2 закон Ньютона: Тело двигается с ускорением при отсутствии равновесия со стороны сил, действующих на него. Это ускорение прямо пропорционально равнодействующей силе и обратно пропорционально его массе.

3 закон Ньютона: Тела действуют друг на друга с силами равными по модулю и противоположными по направлению направленными вдоль одной линии.

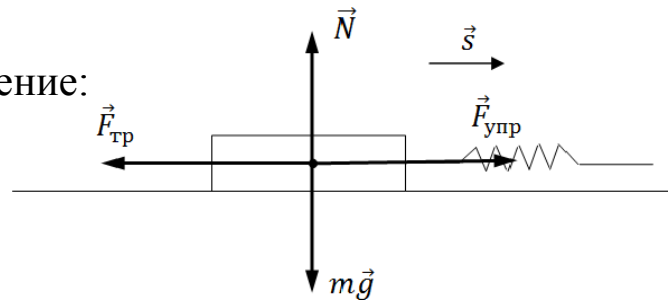
$\vec{a} = \frac{\vec{F}_p}{m} \text{ или } \vec{F}_p = m\vec{a}$ $\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g} - \text{сила тяжести}$ $\vec{F}_{\text{тр}} = \mu\vec{N} - \text{сила трения}$ $\vec{N} = m\vec{g} - \text{сила реакции опоры (при движении тела по горизонтальной поверхности)}$ $F_{\text{упр}} = -k\Delta l - \text{сила упругости (закон Гука)}$	<p>m – масса тела</p> <p>\vec{F}_p – результирующая сила</p> <p>$\vec{g} = 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения</p> <p>μ - коэффициент трения</p> <p>k - коэффициент упругости (жесткость тела)</p> <p>Δl – удлинение тела</p>
---	---

Примеры решения задач:

Жесткость пружины равна 50 Н/м. Если с помощью этой пружины равномерно тянуть по полу коробку массой 2 кг, то длина пружины увеличивается на 5 см. Какова сила упругости в этом случае? Чему равна сила трения и коэффициент трения?

<p>Дано:</p> <p>$k=50$ Н/м</p> <p>$m=2$ кг</p> <p>$\Delta l=5$ см</p>	<p>СИ:</p> <p>$5 \cdot 10^{-2}$ м</p>
<p>$F_{\text{упр}}=?$ $F_{\text{тр}}=?$ $\mu=?$</p>	

Решение:



Вследствие первого закона Ньютона при равномерном движении должно наблюдаться равновесие сил. В нашем случае: $N=mg$ и $F_{\text{тр}}=F_{\text{упр}}$.

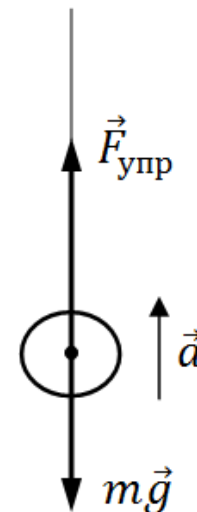
$$F_{\text{упр}}=k\Delta l=50 \cdot 5 \cdot 10^{-2}=2,5 \text{ (Н)} \Rightarrow F_{\text{тр}}=2,5 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \Rightarrow \mu = \frac{F_{\text{тр}}}{mg} = \frac{2,5}{2 \cdot 9,8} \approx 0,13$$

Ответ: $F_{\text{упр}}=2,5$ Н, $F_{\text{тр}}=2,5$ Н, $\mu=0,13$

Груз массой 0,2 кг поднимают за нить, привязанную к нему, с ускорением 3 м/с^2 . Чему равна сила натяжения нити?

<p>Дано:</p> <p>$a=3$ м/с²</p> <p>$m=2$ кг</p>	<p>Решение:</p> <p>При наличии ускорения из рисунка определяем равнодействующую силу: $F_p=F_{\text{упр}}-mg$</p> <p>По второму закону Ньютона: $F_p=ma$</p>
<p>$F_{\text{упр}}=?$</p>	



Итак: $ma=F_{\text{упр}}-mg \Rightarrow F_{\text{упр}}=ma+mg=m(a+g)=2 \cdot (3+9,8)=25,6$ (Н)

Ответ: $F_{\text{упр}}=25,6$ Н

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Тело массой 2 кг движется под действием силы 50 Н. Найдите ускорение этого тела.
2. Сила 60 Н сообщает телу ускорение 3 м/с^2 . Какая сила сообщает этому же телу ускорение 2 м/с^2 ?
3. Скорость тела под действием силы 100 Н изменяется от 10 м/с до 16 м/с за 3 с. Определить массу этого тела.
4. Определить силу тяжести, действующую на тело массой 7,5 кг.
5. Определить силу трения, действующую на равномернодвигающееся тело массой 5 кг при коэффициенте трения 0,5.
6. Сделайте чертежи и укажите, чему равна равнодействующая сила для следующих условий задач:
 - локомотив движется равномерно по горизонтальной поверхности;
 - локомотив с вагонами останавливается;
 - локомотив трогается с места;
 - локомотив движется равномерно, испытывая сопротивление воздуха;
 - физическое тело равномерно падает, испытывая сопротивление со стороны воздуха;
 - тело, испытывая сопротивление воздуха, падает с ускорением;
 - груз, подвешенный на нити, поднимают равномерно вверх; поднимают вверх с ускорением; опускают вниз с ускорением;
 - брусок, двигаясь по инерции по горизонтальной поверхности, останавливается;
 - брусок движется равномерно по горизонтальной поверхности;
 - брусок движется увеличивая свою скорость по горизонтальной поверхности;
 - физическое тело равномерно тонет, испытывая сопротивление со стороны воды;
 - предыдущее условие: равноускоренно тонет; равноускоренно всплывает.

Динамика движения локомотива.

Локомотив с вагоном массой 250 т трогается с места под действием силы тяги 200 кН приобретая ускорение $0,3 \text{ м/с}^2$. Найти на какое расстояние

переместиться состав за 1 минуту двигаясь с неизменным ускорением и какой тормозной путь будет в этом случае если он начнет экстренное торможение.

Дано:	СИ:
$m=250 \text{ т}$	250000 кг
$F_T=200 \text{ кН}$	200000 Н
$a=0,3 \text{ м/с}^2$	
1 мин	60 с
$v_0=0$	
S-?	
$S_{т.п.}$ -?	

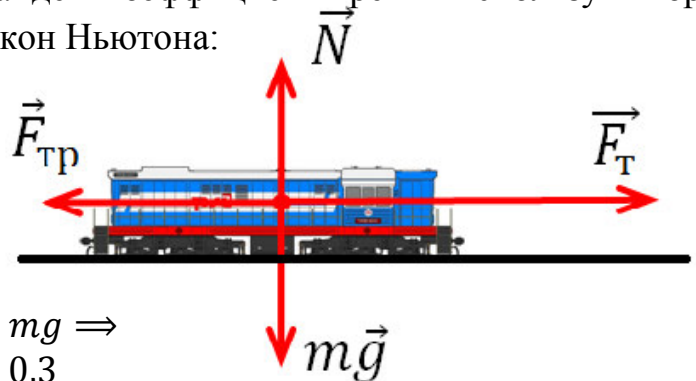
Решение:

Воспользуемся формулами кинематики, чтобы найти перемещение и скорость локомотива через 1 минуту:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} = 0 + \frac{0,3 \cdot 60^2}{2} = 540 \text{ (м)}$$

$$v = v_0 + at = 0 + 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ (м/с)}$$

Найдем коэффициент трения используя второй закон Ньютона:



$$ma = F_T - F_{тр} = F_T - \mu N = F_T - \mu \cdot mg \Rightarrow$$

$$\mu = \frac{F_T - ma}{mg} = \frac{200000 - 250000 \cdot 0,3}{250000 \cdot 10} = 0,05$$

Найдем ускорение состава в случае экстренного торможения – сила тяги в этом случае отсутствует: $ma = \mu \cdot mg \Rightarrow a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ (м/с}^2\text{)}$

И опять воспользуемся формулами кинематики:

$$S_{т.п.} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 18^2}{2 \cdot (-0,5)} = 324 \text{ (м)}$$

7. Вычислите неизвестные величины в случае когда локомотив начинает движение.

№	Коэффициент трения, μ	Ускорение, a , м/с ²	Сила тяги локомотива, F , кН	Масса локомотива с вагонами, m , т
1	?	0,5	310	489
2	0,02	?	285	475
3	0,01	0,6	?	120
4	0,03	0,7	290	?
5	?	0,6	205	140
6	0,03	?	170	120
7	0,01	0,6	?	130
8	0,02	0,9	250	?

Практическая работа 3

Тема: Законы сохранения в механике.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме «Закон сохранения импульса. Закон сохранения энергии» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Механическая работа - это физическая величина, характеризующая количественную меру действия силы на тело следствием которого является перемещение.

Энергия – физическая величина, равная максимальной работе которую может совершить тело или система тел.

Кинетическая энергия – энергия движущегося тела.

Потенциальная энергия – энергия тела находящегося во взаимодействии с другим телом или системой тел.

Импульс - векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения тела. В классической механике импульс тела равен произведению массы этого тела на его скорость.

Закон сохранения импульса: В замкнутой системе сумма всех импульсов тел системы остается постоянной при любых взаимодействиях.

Закон сохранения энергии - в замкнутой системе полная энергия не изменяется при любых взаимодействиях тел внутри этой системы. Под полной энергией понимают сумму всех энергий тел входящих в эту систему.

<p>$A = \vec{F} \vec{S} \cos \alpha$ – механическая работа</p> <p>Если направление \vec{F} и \vec{S} совпадает $\alpha=0^\circ$ и $\cos 0^\circ=1$, то $A = \vec{F} \vec{S}$</p> <p>$E_k = \frac{mv^2}{2}$ – кинетическая энергия</p> <p>$E_p = mgh$ - потенциальная энергия</p> <p>По закону сохранения энергии:</p> <p>$A = E_{k2} - E_{k1}$</p> <p>$A = -(E_{p2} - E_{p1})$</p> <p>$m\vec{v}$ – импульс тела</p>	<p>\vec{F} – сила</p> <p>\vec{S} – перемещение тела</p> <p>α – угол между \vec{F} и \vec{S}</p> <p>h – высота относительно нулевого (произвольно выбранного) уровня.</p> <p>Чаще всего за h принимают высоту относительно земной поверхности</p>
<p><i>Закон сохранения импульса:</i></p> <p>$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$</p> <p>При записи закона без векторов, перед каждым импульсом ставится свой знак «+» или «-» в зависимости от направления произвольно выбранной координатной оси.</p>	<p>\vec{v}_1 и \vec{v}_2 – скорости тел до взаимодействия</p> <p>\vec{v}'_1 и \vec{v}'_2 - скорости тел после взаимодействия</p> <p>m_1 и m_2 – массы тел</p>

<p>Закон сохранения энергии: $E_k + E_p = const$ или $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ Если потенциальные энергии отсутствуют (столкновение шаров) закон записывается в виде: $E_{k1} + E_{k2} = E'_{k1} + E'_{k2}$ или: $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$</p>	<p>E_{k1} и E_{p1} - начальная кинетическая и потенциальная энергии E_{k1} и E_{k2} - кинетические энергии до взаимодействия E'_{k1} и E'_{k2} - кинетические энергии тел после взаимодействия</p>
--	--

Примеры решения задач:

Шар массой 200 г движущийся со скоростью 2 м/с врезается в такой же по размеру шар массой 400 г, движущийся ему на встречу со скоростью 1,5 м/с. Считая взаимодействие неупругим определить скорость шаров после взаимодействия. Найти изменение кинетической энергии системы после соударения.

<p>Дано: $m_1=200$ г $m_2=400$ г $v_1=2$ м/с $v_2=1,5$ м/с</p> <hr/> <p>$v'=? \Delta E_k=?$</p>	<p>СИ: 0,2 кг 0,4 кг</p>	<p>Решение: Задачи с законом сохранения импульса всегда сопровождаются рисунком:</p> <p>до взаимодействия \vec{v}_1 \vec{v}_2 m_1 m_2 после взаимодействия \vec{v}' m_1 m_2</p>
--	------------------------------------	--

Под неупругим взаимодействием понимаем, что после соударения шары будут двигаться вместе как одно целое с массой m_1+m_2

В начале, закон сохранения импульса записывается в векторной форме:

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

Затем в скалярной с учетом направления скоростей:

$m_1 v_1 - m_2 v_2 = m_1 v' + m_2 v'$. Составляющие справа со множителем v' взяли со знаком «+» предполагая, что движение системы продолжится в направлении первого шара.

Итак, $m_1 v_1 - m_2 v_2 = v'(m_1 + m_2) \Rightarrow v' = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2}$

$v' = \frac{0,2 \cdot 2 - 0,4 \cdot 1,5}{0,2 + 0,4} \approx -0,33$ (м/с) – знак « - » указывает на то, что направление

выбрано не верно и движение будет происходить в противоположную сторону.

Найдем кинетическую энергию системы до взаимодействия:

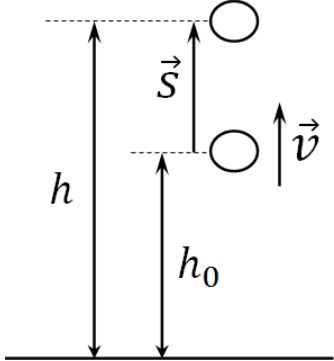
$$E = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 2^2}{2} + \frac{0,4 \cdot 1,5^2}{2} = 0,85 \text{ (Дж)}$$

$$\text{И после взаимодействия: } E' = \frac{(m_1+m_2)v'^2}{2} = \frac{(0,2+0,4) \cdot 0,33^2}{2} \approx 0,03 \text{ (Дж)}$$

$$\text{Изменение кинетической энергии: } \Delta E = E - E' = 0,85 - 0,03 = 0,82 \text{ (Дж)}$$

Ответ: $v' = 0,33 \text{ (м/с)}$ – влево, $\Delta E = 0,82 \text{ Дж}$

Камень массой 50 г бросают вертикально вверх со скоростью 20 м/с находясь на высоте 25 м относительно поверхности земли. Найдите кинетическую и потенциальную энергию камня через 1 с после броска. Найдите высоту на которой окажется камень.

Дано:	СИ:	Решение:
$m=50 \text{ г}$	$0,05 \text{ кг}$	Задачи с законом сохранения энергии для удобства могут сопровождаться рисунком
$v_0=20 \text{ м/с}$		
$h_0=25 \text{ м}$		В таких задачах нельзя сразу рассчитывать E_k и E_p по исходным формулам, т.к. высота и скорость должны быть взяты по истечении 1 с, а они изменяются от первоначальных.
$t=1 \text{ с}$		
$E_k - ? \quad E_p - ?$		

Найдем скорость тела через 1 с по формулам равноускоренного движения кинематики, с учетом движения вверх (ускорение $\approx 10 \text{ м/с}^2$ должно быть взято со знаком « - »): $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \Rightarrow v = v_0 - gt = 20 - 1 \cdot 10 = 10 \text{ (м/с}^2)$

$$\text{Кинетическая энергия камня стала } E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{0,05 \cdot 10^2}{2} = 2,5 \text{ (Дж)}$$

Найдем полную энергию системы взяв момент броска:

$$E_{\text{пол}} = \frac{mv_0^2}{2} + mgh_0 = \frac{0,05 \cdot 20^2}{2} + 0,05 \cdot 10 \cdot 25 = 22,5 \text{ (Дж)}$$

По закону сохранения энергии полная энергия не изменяется и в данной задаче всегда будет равна 22,5 Дж:

$$E_p = E_{\text{пол}} - E_k = 22,5 - 2,5 = 20 \text{ Дж}$$

Высоту через 1 с выведем из формулы потенциальной энергии, зная, что она будет равна 20 Дж: $E_p = mgh \Rightarrow h = \frac{E_p}{mg} = \frac{20}{0,05 \cdot 10} = 40 \text{ (м)}$

Ответ: $E_k = 2,5 \text{ Дж}$, $E_p = 20 \text{ Дж}$, $h = 40 \text{ м}$.

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Найти импульс и кинетическую энергию тела массой 2 кг движущегося со скоростью 5 м/с.
2. Сани тянут на пути 100 м с силой 80 Н за веревку, составляющую угол 60° к горизонту. Какая работа совершается при этом?
3. Груз массой 50 кг свободно падает из состояния покоя в течение 10 с. Какую работу совершает сила тяжести за этот промежуток времени?
($A=250$ кДж)
4. Найти на какой высоте находится тело массой 40 кг, обладающей потенциальной энергией тела 2 кДж.
5. Тело массой 40 кг, двигаясь равномерно, преодолело путь 60 м за 2 мин. Чему равна его кинетическая энергия? ($E_k=5$ Дж)
6. Тело массой 1 кг двигаясь прямолинейно увеличило свою скорость от 1 м/с до 10 м/с. Найти изменение импульса этого тела.
7. Человек массой 60 кг, бегущий со скоростью 3 м/с, догоняет тележку массой 40 кг, движущуюся со скоростью 2 м/с и вскакивает на неё. С какой скоростью они продолжают движение? ($v'=2,6$ м/с)
8. Электровоз массой $1,8 \cdot 10^5$ кг, движущийся со скоростью 0,5 м/с, сталкивается с неподвижным вагоном массой $4,5 \cdot 10^4$ кг, после чего они начинают двигаться вместе. Найти скорость их совместного движения.
($v'=0,4$ м/с)
9. Два шарика массами 20 г и 30 г движутся в противоположном направлении со скоростями 6 м/с и 4 м/с соответственно. Чему равна алгебраическая и векторная сумма импульсов этих шариков? (0,24 кг·м/с и 0)
10. Чтобы сцепить три одинаковых вагона первому сообщают скорость 3 м/с. Какой скоростью будут обладать вагоны после сцепления? ($v'=1$ м/с)
11. Граната, летевшая со скоростью 10 м/с разорвалась на два осколка массами 1 кг и 1,5 кг. Скорость большего куска осталась горизонтальной и возросла до 25 м/с. Определить скорость и направление полета меньшего осколка. ($v'=12,5$ м/с)

12. Орудие установлено на железнодорожной платформе. Масса платформы с орудием 50 т. Орудие выстреливает в горизонтальном направлении вдоль железнодорожного пути. Масса снаряда 20 кг, его начальная скорость 500 м/с. Определить скорость платформы после выстрела. ($v' = 0,2$ м/с)
13. Решить предыдущую задачу, при условии, что платформа уже двигалась со скоростью 5 м/с. (решить задачу для двух случаев: выстрел произведен по направлению движения платформы и против ее движения).
($v'_1 = 4,8$ м/с, $v'_2 = 5,2$ м/с)
14. Два неупругих шара массами 6 кг и 4 кг движутся со скоростями соответственно 8 м/с и 3 м/с на встречу друг другу. Определить их скорости после абсолютно неупругого взаимодействия. ($v' = 3,6$ м/с)
15. Тело подбрасывают вверх со скоростью 12 м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха определить на какую высоту поднимется тело. ($h = 7,2$ м)
16. Стрелу массой 150 г выпускают вертикально вверх со скоростью 90 м/с. Найдите кинетическую и потенциальную энергию стрелы через 4 с.
($E_k = 187,5$ Дж, $E_p = 420$ Дж)
17. Мяч массой 60 г отпускают с высоты 50 м. Найдите кинетическую и потенциальную энергию камня через 3 с после начала движения.
($E_k = 27$ Дж, $E_p = 3$ Дж)
18. Груз массой 120 г бросают вертикально вниз со скоростью 10 м/с с высоты 30 м. Найдите кинетическую и потенциальную энергию через 1 с после броска.
($E_k = 24$ Дж, $E_p = 18$ Дж)
19. Тело сбрасывают с высоты 10 м. Определить его скорость в момент удара о землю. ($v \approx 14,1$ м/с)
20. С какой начальной скоростью надо бросить вниз мяч с высоты 2 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 4 м. ($v \approx 6,3$ м/с)
21. Грузик массой 100 г отпускают с высоты 20 м. На какой высоте его кинетическая энергия будет равна потенциальной и чему она будет равна?
($h = 10$ м, $E = 10$ Дж)
22. Мяч массой 60 г бросают вниз со скоростью 8 м/с с высоты 6 м. На какой высоте его кинетическая энергия будет равна потенциальной?
($h = 4,6$ м, $E = 2,76$ Дж)
23. Неупругие шары массами 3 кг и 2 кг движутся навстречу друг другу со скоростями соответственно равными 1 м/с и 2 м/с. Найдите изменение кинетической энергии системы после удара. ($\Delta E = 5,4$ Дж)
24. Шар массой 2 кг двигающийся со скоростью 2 м/с врезается в неподвижный шар массой 3 кг. Определить скорости шаров после взаимодействия, если они упруго отталкиваются друг от друга. ($v'_1 = 0,4$ м/с, $v'_2 = 1,6$ м/с)

Уровень задачи	Номера задач								Максимальный балл
1	1	2	4	5	6	7	9	10	3
2	3	8	11	12	14	16	17	21	4
3	13	15	18	19	20	22	23	24	5

Практическая работа 4

Тема: Механические колебания и волны.

Цель: научиться применять теоретические знания по темам «Колебательное движение», «Механические волны» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Колебания – движения или процессы, обладающие той или иной степенью повторяемости во времени.

Механические колебания – движения, точно или приблизительно повторяющиеся через определенные промежутки времени.

Гармонические колебания - колебания, при которых физическая величина изменяется с течением времени по гармоническому (синусоидальному, косинусоидальному) закону.

Механические волны - это процесс распространения в пространстве колебаний частиц упругой среды (твёрдой, жидкой или газообразной).

Основные характеристики колебаний и волн:

Амплитуда - максимальное значение смещения колеблющегося тела от среднего значения (положения равновесия).

Частота – физическая величина, равная количеству повторений в единицу времени.

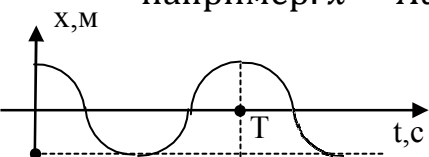
Период – физическая величина, равная промежутку времени, в течение которого происходит одно полное колебание.

Циклическая частота – физическая величина численно равная количеству полных циклов колебаний в единицу времени или количество колебаний за время равное 2π секундам. Записывается с числом π , например 2π рад/с.

Фаза колебаний – физическая величина, стоящая под знаком синуса или косинуса. Определяет отклонение колеблющейся точки от положения равновесия в конкретный момент времени.

Скорость волны – расстояние на которое распространяются колебания точек волны в единицу времени.

Длина волны – физическая величина равная расстоянию на которое распространяется волна за время равное периоду. В поперечных волнах – расстояние между двумя вершинами колебаний.

<p>Уравнение колебаний:</p> $x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ <p>например: $x = A\cos\omega t$</p>  <p>$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ – циклическая частота</p> <p>$\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}$ – частота колебаний</p> <p>$\lambda = \nu T$</p> <p>$\vec{v} = \frac{s}{t}$ – скорость волны</p> <p>$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ – период колебаний математического маятника</p> <p>$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ – период колебаний пружинного маятника</p>	<p>A – амплитуда колебаний</p> <p>T – период колебаний</p> <p>N – количество колебаний</p> <p>t – время</p> <p>s – расстояние, проходимое волной</p> <p>λ – длина волны</p> <p>l – длина нити математического маятника</p> <p>g – ускорение свободного падения</p> <p>m – масса груза пружинного маятника</p> <p>k – жесткость пружины</p>
---	---

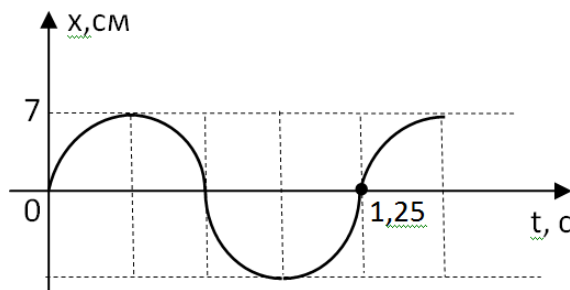
Примеры решения задач:

Математический маятник совершает колебания при котором координата груза меняется в соответствии с законом $x=7\sin 1,6\pi t$ (см). Найти все характеристики этого колебательного движения, длину нити маятника. Сколько полных колебаний маятник сделает за 10 секунд? Постройте график движения груза математического маятника.

<p>Дано:</p> <p>$x=7\sin 1,6\pi t$ (см)</p> <hr/> <p>ν-?, T-?, ω-? A-? $N(10 \text{ с})$ - ? l - ? график</p>	<p>Решение:</p> <p>Общее уравнение колебаний имеет вид: $x=A\sin\omega t$</p> <p>Сравнивая его с частным уравнением условия задачи: $x=5\sin 1,6\pi t$(см), делаем вывод: $A=7\text{см}=0,07\text{м}$, $\omega=1,6\pi\text{рад/с}$</p> <p>Зная одну из трех величин: ω, ν, T, всегда можно найти две остальные:</p> $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{1,6\pi} = 1,25 \text{ (с)}; \quad \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,25} = 0,8 \text{ (Гц)}$ <p>Количество колебаний за 10 секунд: $\nu = \frac{N}{t} \Rightarrow N = \nu t = 0,8 \cdot 10 = 8$</p> <p>Длину нити выразим из формулы периода колебаний математического маятника:</p> $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g} \Rightarrow l = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{1,25^2 \cdot 9,8}{4 \cdot 3,14^2} \approx 0,39 \text{ (м)}$
---	---

Для построения графика учтем, что это синусоида (выходит из нуля) и два значения: амплитуду $A=7$ см и период $T=1,25$ с.

Ответ: $A=7$ см, $T=1,25$ с, $\nu=0,8$ Гц,
 $\omega=1,6\pi$ рад/с, $N=10$, $l=39$ см



Расстояние между ближайшими гребнями волн в море 6 м. Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью 2 м/с. Сколько ударов сделает такая волна о борт лодки в течение одной минуты?

Дано:	СИ	Решение:
$\lambda=6$ м		$\lambda = \nu T \Rightarrow T = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{6}{2} = 3$ (с)
$\nu=2$ м/с		$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{N/t} = \frac{t}{N} \Rightarrow N = \frac{t}{T} = \frac{60}{3} = 20$
$t=1$ мин	60 с	Ответ: 20 ударов
N—?		

Рекомендуемая литература:

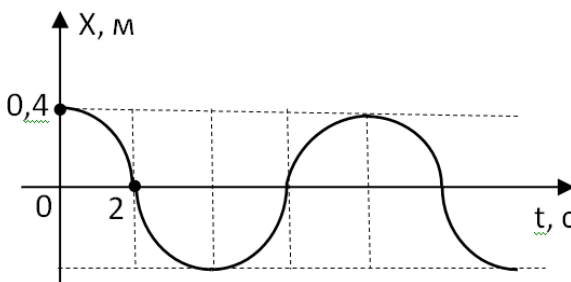
Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. При измерении пульса человека было зафиксировано 75 ударов за 1 мин. Определите период сокращения сердечной мышцы.
2. Амплитуда свободных колебаний тела равна 4 см. Какой путь прошло это тело за период колебаний?
3. Игла швейной машины проделывает 120 проколов в ткани за 1 мин. Определите частоту движения иглы и время одного колебания.
4. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.
5. Груз, подвешенный на пружине жесткостью 600 Н/м, совершает гармонические колебания. Какова должна быть жесткость пружины, чтобы частота колебаний уменьшилась в 2 раза? ($k=150$ Н/м)

6. Грузик на пружине за 6 с совершил 18 колебаний. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний.
7. Найти амплитуду, частоту, циклическую частоту, период колебаний, которое задается уравнением $x=5\sin 2\pi t$.
8. Написать уравнение гармонических колебаний, если частота 0,5 Гц, и амплитуда 80 см.

9. На рисунке приведен график зависимости смещения колеблющейся точки от времени. Найти все характеристики колебательного движения и записать уравнение движения.



$$(x=0,4\cos 0,25\pi t \text{ [м]})$$

10. Постройте график гармонических колебаний с частотой 0,4 Гц и амплитудой 30 см, если в начальный момент времени координата смещения равна 0.
11. Определить период, частоту и циклическую частоту математического маятника длиной 39,2 см. Сколько колебаний сделает такой маятник за 2 минуты при отсутствии затухания? ($N \approx 96$)
12. Какую длину имеет математический маятник с частотой колебаний 0,5 Гц? Написать уравнение движения грузика маятника при его максимальном смещении от положения равновесия на 2 см.
13. Рыболов заметил, что за время 12 с поплавок совершил 20 колебаний на волнах, а расстояние между гребнями волн приблизительно 1,2 м. Какова скорость распространения волн?
14. Поплавок на волне совершает колебания с частотой 15 колебаний в минуту. Определить период колебаний, циклическую частоту и количество колебаний за 15 секунд. Найти расстояние от лодки до берега, если волны доходят до него в течение 2 минут при длине волны 80 см.

$$(s=24 \text{ м})$$

15. По поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью 6 м/с. Каковы период и частота колебаний если длина волны 1,5 м?
16. Определить максимальную и минимальную длину звуковых волн, воспринимаемых человеком, если граничные частоты соответствуют 20 Гц и 20 кГц при скорости звука 340 м/с.

Уровень задачи	Номера задач						Максимальный балл
	1	2	3	6	15		
1	1	2	3	6	15		3
2	4	7	8	10	13	16	4
3	5	9	11	12	14		5

Практическая работа 5

Тема: Масса и размеры молекул.

Цель: научиться применять теоретические знания по темам «Основные положения МКТ», «Масса и размеры молекул» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Молекула – наименьшая частица вещества, обладающая его основными химическими свойствами и состоящая из атомов.

Атом – наименьшая часть химического элемента, способная к самостоятельному существованию и являющаяся носителем его свойств.

Относительная атомная масса - значение массы атома, выраженное в атомных единицах массы. Равна отношению массы атома данного элемента к 1/12 массы атома изотопа углерода ^{12}C .

Относительная молекулярная масса - это физическая величина, равная отношению массы молекулы вещества к 1/12 части массы атома углерода. Находится как сумма относительных атомных масс, определяемых по периодической таблице элементов Д.И. Менделеева.

Количество вещества – физическая величина, показывающая во сколько раз количество молекул в данном теле, отличается от числа молекул в 12 г изотопа углерода ^{12}C .

Один моль вещества – количество вещества, состоящего из $6,022 \cdot 10^{23}$ (число Авогадро) молекул.

Молярная масса – масса вещества взятого в количестве одного моля.

Плотность вещества – физическая величина, равная массе этого вещества, взятого в единице объема. Значение чаще применяется для жидкостей и твердых тел.

Концентрация молекул – физическая величина, равная количеству молекул вещества, взятого в единице объема. Значение чаще применяется для газообразного вещества.

$\nu = \frac{N}{N_a} = \frac{m}{m_0} = \frac{M}{M_0}$ <p>– количество вещества</p> $m_0 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_a}$ <p>– масса одной молекулы</p> $\rho = \frac{m}{V}$ <p>– плотность вещества</p> $n = \frac{N}{V}$ <p>– концентрация молекул</p>	<p>N – общее количество молекул</p> <p>m – масса всех молекул</p> <p>$N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ – число Авогадро</p> <p>V – объем газа</p> <p>M – молярная масса газа (определяется с помощью таблицы Менделеева)</p> <p>ρ – плотность (у твердых тел и жидкостей определяется по таблице)</p>
---	---

Примеры решения задач:

Какое количество молекул находится в 64 г кислорода?

Дано:	СИ:	Решение:
$m=64 \text{ г}$ $M=32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	$64 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$	Определим в начале массу одной молекулы кислорода: $m_0 = \frac{M}{N_a} = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} \approx 5,32 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$
$N=?$		

Чтобы найти количество частиц можно общую массу разделить на массу

одной частицы:
$$N = \frac{m}{m_0} = \frac{64 \cdot 10^{-3}}{5,32 \cdot 10^{-26}} = 12,03 \cdot 10^{23}$$

Другой способ (через количество вещества):

Количество вещества:
$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_a} \Rightarrow N = \frac{m \cdot N_a}{M}$$

$$N = \frac{64 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{32 \cdot 10^{-3}} = 12,04 \cdot 10^{23} \left[\frac{\text{кг} \cdot \frac{1}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{МОЛЬ}}}{\text{МОЛЬ}} = 1 \right]$$

Ответ: $1,2 \cdot 10^{24}$ молекул

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить массу молекул гелия, азота, углекислого газа, аммиака (NH_3).
2. Какое количество вещества содержится в медном бруске массой 4 кг?
3. В сосуде находится $12,04 \cdot 10^{24}$ молекул кислорода. Какое количество вещества, выраженное в молях, находится в этом сосуде?
4. Какова масса 200 молей азота?
5. Сколько молекул содержится в 1 моль углекислого газа?
6. В баллоне находится 42 г молекулярного азота, а другом сосуде находится 6,8 г гелия. В каком сосуде содержится большее количество вещества?
(во втором)
7. Определить число молекул, находящихся в 1 г гелия. ($N=1,5 \cdot 10^{23}$)

8. Какова масса $2,3 \cdot 10^{22}$ молекул серебра? ($m \approx 4,1$ г)
9. Какое количество молекул содержится в стакане с водой объемом 200 мл?
($N \approx 6,7 \cdot 10^{24}$)
10. Из открытого стакана за 5 суток испарилась вся вода, массой 50 г. Сколько в среднем молекул вылетало с поверхности воды за 1 секунду?
($N \approx 3,9 \cdot 10^{18}$ 1/с)
11. Определить массу алюминиевой ложки объемом 8 см^3 . (Плотность алюминия считать известной). ($m = 21,6$ г)
12. Водород находится в баллоне $0,05 \text{ м}^3$. Концентрация молекул газа составляет $3,6 \cdot 10^{24}$. Определить плотность газа. ($\rho = 12$ г/м³)
13. Плотность неизвестного газа $0,09 \text{ кг/м}^3$. При этом в объеме $0,1 \text{ м}^3$ содержится $2,7 \cdot 10^{24}$ молекул. Определить молярную массу газа. Какой это газ? ($M = 2$ г/моль)
14. Зная постоянную Авогадро N_A , плотность ρ данного вещества и его молярную массу M , выведите формулу числа молекул в единице объема (концентрации).
15. Золото можно раскатать до толщины $0,1 \text{ мкм}$. Известно, что им покрыли площадь 2 м^2 . Какое количество вещества потребовалось для этого и сколько молекул золота отложится на данном участке?
($\nu = 0,02$ моль, $N = 1,2 \cdot 10^{22}$)

Уровень задачи	Номера задач					Максимальный балл
	1	2	3	4	5	
1	1	2	3	4	5	3
2	6	7	8	9	11	4
3	10	12	13	14	15	5

Практическая работа 6

Тема: Уравнение состояния идеального газа.

Цель: научиться применять теоретические знания по темам «Давление и температура идеального газа», «Уравнения состояния идеального газа» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Температура - физическая величина, характеризующая термодинамическую систему и количественно выражающая интуитивное понятие о различной степени нагретости тел. Является мерой средней кинетической энергии молекул тела или термодинамической системы.

Абсолютная температура – значение температуры, отсчитываемой от абсолютного нуля и измеряемая в кельвинах.

Абсолютный нуль температур - значение температуры, при которой прекращается всякое тепловое движение молекул. $T \approx - 273,16^{\circ}\text{C}$

Давление газа – физическая величина, характеризующая силу, с которой газ давит на стенки сосуда в котором он находится, стремясь к расширению под действием теплового движения его молекул.

Универсальная газовая постоянная - константа, численно равная работе расширения одного моля идеального газа в изобарном процессе при увеличении температуры на 1 К. Равна произведению числа Авогадро на постоянную Больцмана.

Уравнения состояния идеального газа – формулы, устанавливающие зависимость между давлением, объемом и абсолютной температурой идеального газа. К уравнениям состояния относят уравнение Клапейрона и уравнение Менделеева-Клапейрона.

<p>$p = \frac{1}{3} m_0 n v^2$ – давление газа</p> <p>$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ – средняя квадратичная скорость молекул газа</p> <p>$p = nkT$</p> <p>$pV = \frac{m}{M}RT$ – уравнение Менделеева-Клапейрона или $pV = \nu RT$</p> <p>$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ - уравнение Клапейрона</p> <p>$p = 1 \text{ атм} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$</p> <p>$p = 1 \text{ мм.рт.ст} = 133 \text{ Па}$</p> <p>$V = 1 \text{ л (литр)} = 0,001 \text{ м}^3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$</p> <p><i>перевод температуры в Кельвин:</i></p> <p>$T = (t [^{\circ}\text{C}] + 273) \text{ К}$</p>	<p>T – абсолютная температура</p> <p>$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана</p> <p>$R = 8,31 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$ – универсальная газовая постоянная</p> <p>ν – количество вещества</p> <p>n – концентрация молекул газа</p> <p>p_1, V_1, T_1 - начальные значения давления, объема и температуры</p> <p>p_2, V_2, T_2 – конечные значения давления, объема и температуры</p> <p><i>Нормальные условия газа:</i></p> <p>$T = 273 \text{ К}; P = 100000 = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$</p>
--	---

Примеры решения задач:

Определить давление и температуру молекул аммиака массой 400 г, занимающего объем 20 литров при средней квадратичной скорости молекул 650 м/с. Какова плотность газа в данных условиях?

Дано:	СИ:	Решение
m=400 г	0,6 кг	Выразим температуру газа из формулы средней квадратичной скорости:
v=650 м/с		
V=20 л	20·10 ⁻³ м ³	$v = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \Rightarrow v^2 = \frac{3RT}{M} \Rightarrow T = \frac{Mv^2}{3R}$
M=17·10 ⁻³ кг/моль		
T-?, p-? ρ-?		$T = \frac{17 \cdot 10^{-3} \cdot 650^2}{3 \cdot 8,31} \approx 288 \text{ (К)}$

Давление выразим из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow p = \frac{mRT}{VM} = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot 288}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 17 \cdot 10^{-3}} = 2,8 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

Выведем формулу плотности с помощью уравнения Менделеева-Клапейрона:

$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow m = \frac{pVM}{RT}$, подставим выведенную массу в формулу плотности:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pVM}{RT} \cdot \frac{1}{V} = \frac{pM}{RT} = \frac{2,8 \cdot 10^6 \cdot 17 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 288} \approx 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ответ: T=288K=15⁰C, p=2,8 МПа, ρ=20 кг/м³

Находясь в объеме 2 м³ газ создавал давление 4 атм. При охлаждении газа на 150⁰C и установившейся температуре 30⁰C он стал оказывать давление 0,15 МПа. Как изменился объем газа после охлаждения? Как измениться скорость движения молекул газа если это был водород?

Дано:	СИ:	Решение
V ₁ =2 м ³		Найдем первоначальную температуру газа и воспользуемся уравнением Клапейрона:
p ₁ =4 атм	4·10 ⁵ Па	
ΔT=150 ⁰ C	150K	T ₁ =T ₂ +ΔT=303K+150K=453K
T ₂ =30 ⁰ C	303K	$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 p_2}$
p ₂ =0,15 МПа	0,15·10 ⁶ Па	
M=2·10 ⁻³ кг/моль		
ΔV-?, Δv-?		$V_2 = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 303}{453 \cdot 0,15 \cdot 10^6} = 35,7 \cdot 10^{-1} \approx 3,6 \text{ (м}^3\text{)}$

Объем увеличился на : ΔV=V₂-V₁=3,6 – 2=1,6 (м³)

Чтобы найти как изменилась скорость движения молекул необходимо

вычислить скорости молекул при температуре T_1 и T_2 : $v = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \Rightarrow$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 453}{2 \cdot 10^{-3}}} \approx \sqrt{5647 \cdot 10^3} \approx 2376 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ и } v_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 303}{2 \cdot 10^{-3}}} \approx 1943 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

скорость уменьшилась на $\Delta v = v_1 - v_2 = 2376 - 1943 = 433$ (м/с)

Ответ: $\Delta V = 1,6 \text{ м}^3$, $\Delta v = 433 \text{ м/с}$

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для решения:

1. Найти давление газа, находящегося при температуре 27°C , если его концентрация $4,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. ($p \approx 0,19 \text{ МПа}$)
2. Какова средняя квадратичная скорость молекул гелия при температуре 22°C ? ($v \approx 1356 \text{ м/с}$)
3. Определить концентрацию молекул кислорода, если при скорости молекул 300 м/с он оказывает давление 2 атм. ($n = 1,25 \cdot 10^{26} \text{ л/м}^3$)
4. При какой температуре $3 \cdot 10^{25}$ молекул газа в 1 м^3 создают давление $1,2 \text{ атм.}$ ($T = 290 \text{ К}$)
5. Скорость молекул азота 500 м/с . Концентрация молекул при этом составляет $4,2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$. Найдите давление, создаваемое газом. ($p = 16,3 \text{ кПа}$)
6. Определить концентрацию молекул азота, если при скорости молекул 400 м/с , он оказывает давление 1500 мм.рт.ст. ($n \approx 0,8 \cdot 10^{26} \text{ л/м}^3$)
7. Каково количество вещества газа, находящегося в баллоне объемом 5 л , если при температуре 17°C он создает давление 290 кПа ? ($\nu \approx 0,6 \text{ моль}$)
8. Каково давление сжатого кислорода, находящегося в баллоне объемом 15 л при температуре 14°C , если его масса 320 г ? ($p \approx 1,6 \text{ МПа}$)
9. В сосуде объемом 2 л содержится $0,2 \text{ г}$ водорода. Определить температуру газа, если он находится под давлением $0,1 \text{ МПа}$. ($T \approx 241 \text{ К}$)
10. В сосуде какого объема находятся $1,2 \text{ моль}$ гелия, если они оказывают давление $1,6 \text{ атм}$ при температуре 527°C ? ($V = 50 \text{ л}$)
11. Газ при давлении $0,2 \text{ МПа}$ и температуре -18°C имеет объем 5 л . Каким станет объем этой массы газа при нормальных условиях? ($V_2 \approx 10,7 \text{ л}$)

12. Определить при какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода 750 м/с. ($T \approx 722 K$)
13. Определите плотность молекул углекислого газа при температуре $26^{\circ}C$ и давлении 200 кПа. ($\rho \approx 3,54 \text{ кг/м}^3$)
14. Водород, взятый в количестве 4 моля, находится в колбе объемом 0,25 л под давлением 10^5 Па. Какова средняя квадратичная скорость его молекул?
($v \approx 3062 \text{ м/с}$)
15. Давление газа взятого в количестве 4 моль равно 1,5 атм. Каково давление 2 моль этого же газа в этом же сосуде при втрое большей температуре? ($p = 2,25 \text{ атм}$)
16. Каково количество молекул углекислого газа, находящегося в баллоне объемом 12 л, если при температуре $17^{\circ}C$, если он создает давление 450 кПа? ($N \approx 13,5 \cdot 10^{23}$)
17. В начале сжатия температура газа в двигателе внутреннего сгорания была $67^{\circ}C$. Найти температуру в конце сжатия, если при этом давление возрастает в 30 раз, а объём уменьшается в 6 раз. ($T_2 = 1700 K$)
18. Газ после нагревания на 100К в объеме 2 м^3 стал создавать давление 3 МПа. Какое давление создавал газ при первоначальной температуре $27^{\circ}C$ в объеме $0,5 \text{ м}^3$? ($p_1 = 9 \text{ МПа}$)
19. Какой объем займет 100 моль газа при нормальных условиях?
($V \approx 2,27 \text{ м}^3$)
20. Какова масса воздуха в комнате $5 \times 4 \times 3 \text{ м}^3$ при температуре $17^{\circ}C$ и давлении 720 мм.рт.ст.? (Молярная масса воздуха 29 г/моль). ($m \approx 69 \text{ кг}$)

Уровень задачи	Номера задач							Максимальный балл
	1	2	3	4	5	12		
1	1	2	3	4	5	12		3
2	6	7	8	9	10	19	20	4
3	11	13	14	15	16	17	18	5

Практическая работа 7

Тема: Изопроцессы.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме «Изопроцессы и их графическое изображение» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Термодинамическая система – тело или совокупность тел, способных обмениваться с другими телами энергией.

Термодинамические процессы – изменение состояние системы, в результате которого хотя бы один из параметров: температура, объем, давление - изменяет свое значение. В результате этого изменения поменяются другие (или один) параметры, в соответствии с законом (уравнением) Клапейрона.

Уравнение Клапейрона для замкнутого (неизменного) количества газа -

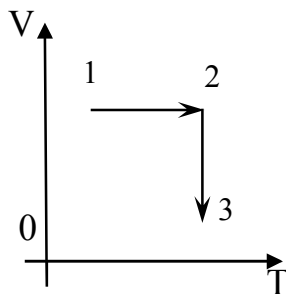
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Изопроцесс - термодинамические процессы, во время которых количество вещества и один из параметров состояния: давление, объём или температура-остаётся неизменным.

Изотермический процесс – термодинамический процесс, происходящий в физической системе при постоянной температуре. Параметры меняются в соответствии с законом Бойля-Мариотта.

Изобарный (изобарический) процесс – термодинамический процесс, происходящий в физической системе при постоянном давлении. Параметры меняются в соответствии с законом Гей-Люссака.

Изохорный (изохорический) процесс – термодинамический процесс, происходящий в физической системе при постоянном объеме. Параметры меняются в соответствии с законом Шарля.

<p>$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ - закон Шарля</p> <p>$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ - закон Гей-Люссака</p> <p>$p_1 V_1 = p_2 V_2$ – закон Бойля-Мариотта</p> <p>$\Delta T = T_2 - T_1$ – изменение температуры или $\Delta T = T_1 - T_2$ (при охлаждении)</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>1-2 $V=\text{const}$, $T\uparrow$, $p\uparrow$</p> <p>2-3 $T=\text{const}$, $V\uparrow$, $p\uparrow$</p> </div> </div>	<p>$T=\text{const}$ – изотермический процесс</p> <p>$P=\text{const}$ – изобарный процесс</p> <p>$V=\text{const}$ – изохорный процесс</p> <p>1-2 процесс изохорный (объем не меняется), температура возрастает, следовательно, давление также увеличивается (нагревание газа).</p> <p>2-3 процесс изотермический (температура не меняется), объем уменьшается, следовательно, давление увеличивается (сжатие газа).</p>
---	---

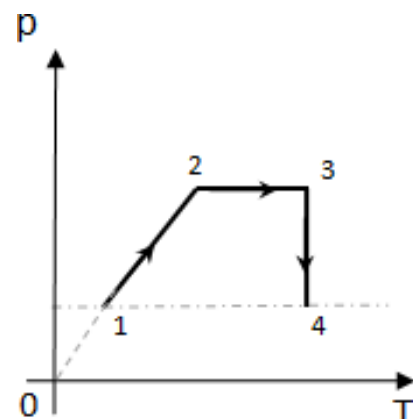
Примеры решения задач:

При изохорическом охлаждении газа на 40 К, его давление уменьшилось от 0,3 МПа до 0,1 МПа. Найти начальную и конечную температуру газа.

Дано:	СИ:	Решение:
$p_1=0,3 \text{ МПа}$ $p_2=0,1 \text{ МПа}$ $\Delta T=40 \text{ К}$	$0,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$ $0,1 \cdot 10^6 \text{ Па}$	Процесс изохорный. Для решения применим закон Шарля: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ Т.к. газ охладили: $T_2 = T_1 - \Delta T$. Подставим полученную формулу в Закон Шарля:
$T_1=?$, $T_2=?$		
$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_1 - \Delta T} \Rightarrow p_1 \cdot (T_1 - \Delta T) = p_2 \cdot T_1 \Rightarrow p_1 T_1 - p_1 \Delta T = p_2 T_1 \Rightarrow$ $p_1 T_1 - p_2 T_1 = p_1 \Delta T \Rightarrow T_1(p_1 - p_2) = p_1 \Delta T \Rightarrow$ $T_1 = \frac{p_1 \Delta T}{p_1 - p_2} = \frac{0,3 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 40 \text{ К}}{(0,3 - 0,1) \cdot 10^6 \text{ Па}} = 60 \text{ К}$ $T_2 = 60 \text{ К} - 40 \text{ К} = 20 \text{ К}$ Ответ: $T_1=60 \text{ К}$, $T_2=20 \text{ К}$		

В координатной плоскости $p(T)$ представлено несколько изопроцессов. Перенесите данные процессы в координатные плоскости $p(V)$ и $V(T)$.

Прежде чем графически строить процессы, их необходимо расписать, т.е. указать, что происходит с каждым из трех параметров и выяснить, какой из них не изменяется.

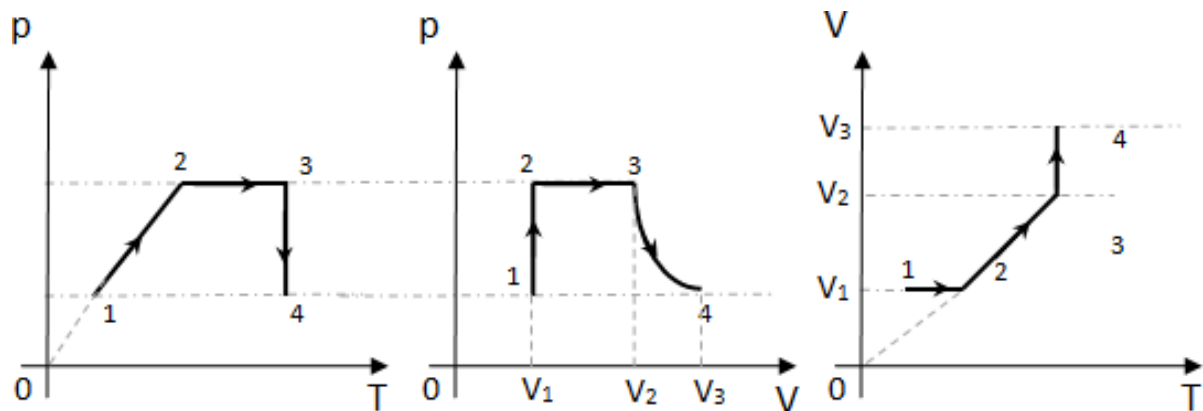


Процесс 1-2: давление p возрастает, температура T увеличивается, значит объем V не изменяется (один из процессов должен быть изопроцессом). На графике показано *изохорное нагревание*;

процесс 2-3: давление p не изменяется, температура T увеличивается, газ нагревается и следовательно он должен увеличивать свой объем V , чтобы давление, согласно условию, не изменялось. *Изобарное нагревание*;

процесс 3-4: давление p уменьшается, температура T не изменяется, это может быть только при расширении газа, т.е. увеличении объема V . *Изотермическое расширение*.

Согласно условий имеем: 1-2 изохора $V=\text{const}$, $p \uparrow$, $T \uparrow$; 2-3 изобара $p=\text{const}$, $T \uparrow V \uparrow$; 3-4 изотерма $T=\text{const}$, $p \downarrow V \uparrow$. Строим графики в трех плоскостях, чтобы они соответствовали друг другу:



Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. При изотермическом сжатии давление возросло от 200 кПа до 600 кПа. Начальный объем газа 9 л. Какой объем стал после сжатия?
2. Газ изобарически сжат от объема 9 л до 3 л. Первоначальная температура газа была 50°C . Найти конечную температуру газа.
3. В закрытом сосуде при температуре 20°C давление газа было 2 атмосферы. После изменения температуры устанавливается давление 3 атмосферы. Как меняется температура газа? ($\Delta T = 146,5\text{K}$)
4. В закрытом сосуде находится газ по давлением 2 атм. Каким станет давление, если температуру газа повысить на $1/4$ от первоначальной?
($P_2 = 2,5\text{ атм}$)
5. При изобарном нагревании объем газа увеличивается втрое по сравнению с объемом при температуре 0°C . Как при этом изменилась температура газа? ($\Delta T = 546\text{K}$)
6. Газ находился в объеме 2 л при температуре 125°C оказывая давление 1,5 атм. Его подвергли изохорическому охлаждению на 100 К. Какое давление при этом установится? ($P_2 \approx 1,12\text{ атм}$)
7. При изобарическом нагревании на 100°C устанавливается объем 2 м^3 при температуре 130°C . Какой объем газа был до нагревания? ($V_1 = 1,5\text{ м}^3$)
8. При изотермическом сжатии на $0,4\text{ м}^3$ газ стал оказывать давление 400 кПа. На сколько изменилось давление газа, если до сжатия он находился в объеме $1,6\text{ м}^3$. ($\Delta p = 100\text{ кПа}$)

9. При изохорном охлаждении газа на 80 К устанавливается давление 0,5 атм при температуре 25⁰С. Какое давление создавал газ до охлаждения.

$(p_1 \approx 0,63 \text{ атм})$

10. При изобарическом нагревании газа на 140 К, объем увеличился от 3 л до 9 л. Найти начальную и конечную температуру газа.

$(T_1 = 70 \text{ К}, T_2 = 210 \text{ К})$

11. В закрытом сосуде давление газа изменилось на 200 кПа при падении температуры от 80⁰С до -20⁰С. Каково давление газа до и после охлаждения?
 $(p_1 = 706 \text{ кПа}, p_2 = 506 \text{ кПа})$

12. При изотермическом сжатии газа на 2 л, его давление возросло от 300 кПа до 600 кПа. Какой объем занимал газ до сжатия и какой стал занимать?

$(V_1 = 4 \text{ л}, V_2 = 2 \text{ л})$

15. В цилиндре под свободно перемещающимся невесомым поршнем на расстоянии 40 см от дна находится газ. На какое расстояние переместится поршень, если температуру понизить на 80 К? Начальная температура газа 400 К. $(\Delta L = 8 \text{ см})$

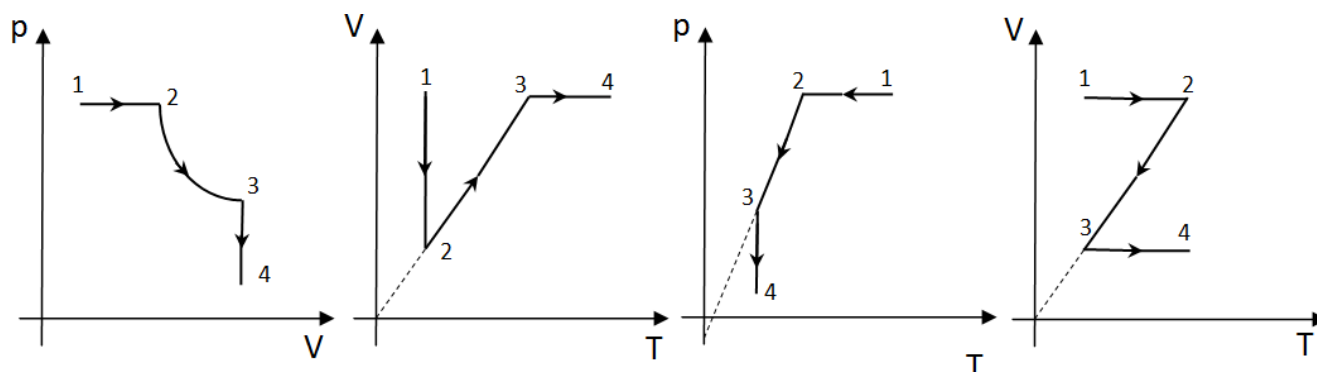
16. Изобразить на графиках в координатных плоскостях $p(V)$, $p(T)$ и $V(T)$ следующие, последовательно протекающие друг за другом процессы:

- 1) изотермическое расширение;
- 2) изобарическое сжатие;
- 3) изохорическое нагревание.

17. Изобразить на графиках в координатных плоскостях $p(V)$, $p(T)$ и $V(T)$ следующие, последовательно протекающие друг за другом процессы:

- 1) изобарическое нагревание;
- 2) изотермическое расширение;
- 3) изобарическое охлаждение.

18. На графиках приведено несколько изо процессов, представленных в конкретной координатной плоскости: $p(T)$, $V(T)$ или $p(V)$. Построить те же процессы в двух других координатных плоскостях.



Уровень задачи	Номера задач						Максимальный балл
1	1	2	3	5			3
2	4	6	7	8	9	18	4
3	10	11	12	15	16	17	5

Практическая работа 8

Тема: Характеристики электрического поля.

Цель: закрепить понятия напряженности и потенциала электрического поля на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Электрическое поле – особая форма материи (одна из двух компонент электромагнитного поля), посредством которой взаимодействуют неподвижные электрические заряды. Существует вокруг неподвижных частиц или тел, имеющих электрический заряд (*электростатическое поле*), а также возникает при изменении магнитного поля.

Напряженность электрического поля - векторная физическая величина, характеризующая электрическое поле в данной точке и равная силе, действующей на неподвижный единичный точечный заряд, помещенный в эту точку. Вектор напряженности направлен в сторону действия силы на положительный заряд (от положительных зарядов, к отрицательным зарядам).

Потенциал электрического поля – скалярная физическая величина, характеризующая энергию электрического поля в данной точке, и показывающая, какую работу совершает электрическое поле при удалении единичного положительного заряда из этой точки в бесконечность.

Разность потенциалов – Скалярная физическая величина, численно равная работе электрического поля при перемещении единичного заряда из начальной точки в конечную точку. Движение заряда в электрическом поле происходит от точки с большим потенциалом в точку с меньшим потенциалом.

Эквипотенциальная поверхность – множество точек, в которых потенциалы электрического поля равны. Например, сферы, для электрического поля, созданного точечным электрическим зарядом.

Диэлектрическая проницаемость среды – величина показывающая, во сколько раз среда (диэлектрик), в которой находится заряд, уменьшает силовые характеристики созданного им электрического поля.

$\vec{E} = \frac{F}{Q}$ – напряженность электрического поля $E = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{ Q }{r^2}$ – напряженность поля точечного заряда	<p>r – расстояние от точечного заряда до точки, где рассчитываются характеристики поля (\vec{E} или φ) $k=9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ ϵ – диэлектрическая проницаемость среды Q - электрический заряд</p>
---	---

Потенциал электрического поля: $\varphi = \frac{A}{Q}$ или $\varphi = \frac{W_p}{Q}$ $\varphi = \frac{k}{\varepsilon} \cdot \frac{Q}{r}$ – потенциал поля точечного заряда $\varphi = \frac{k}{\varepsilon} \cdot \frac{Q}{r'}$ – потенциал поля, созданного заряженным шаром $\varphi = k \cdot \frac{Q}{R}$ – потенциал заряженного шара $\Delta\varphi = U = \varphi_1 - \varphi_2$ - разность потенциалов $E = \frac{U}{d}$ – для однородного электрического поля	\vec{F} – сила на заряд со стороны поля A – работа эл. поля по перемещению заряда W_p – потенциальная энергия заряда в поле R – радиус шара r' – расстояние от центра шара, до точки с искомым потенциалом d – расстояние между точками, разность потенциалов между которыми составляет U Однородное поле – поле, в котором напряженность одинакова по модулю и направлению в любой точке пространства
--	--

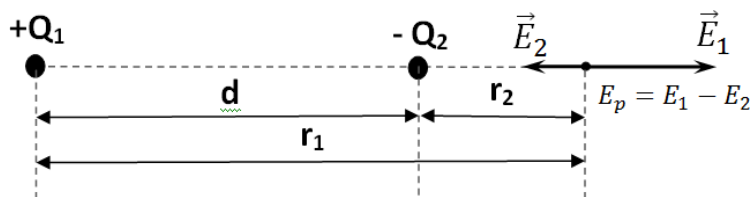
Примеры решения задач:

Два точечных заряда, равных 0,1 мкКл и -1,5 нКл, расположены на расстоянии 18 см друг от друга, найти напряженность в точке, лежащей справа от второго заряда на расстоянии 7 см на одной общей линии.

Дано: $Q_1=0,1$ мкКл $Q_2=-1,5$ нКл $d=18$ см $r_2=7$ см <hr/> $E_p - ?$	СИ $0,1 \cdot 10^{-6}$ Кл $-1,5 \cdot 10^{-9}$ Кл $0,18$ м $7 \cdot 10^{-2}$ м	Решение: Построим рисунок, т.к. в задаче присутствует несколько напряженностей от полей двух зарядов и необходимо будет применить принцип суперпозиции электрических полей.
---	--	--

Найдем напряженность каждого поля в отдельности по формуле:

$$E = \frac{k}{\varepsilon} \cdot \frac{|Q|}{r^2}$$



При отсутствии данных об окружающей среде $\varepsilon=1$ (можно не учитывать):

$$E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}{(0,18+0,07)^2} = 14,4 \cdot 10^3 = 14400 \left(\frac{\text{В}}{\text{м}}\right); E_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1,5 \cdot 10^{-9}}{0,07^2} \approx 2755 \text{ (В/м)}$$

По принципу суперпозиции электрических полей: $\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

В нашем случае согласно рисунку: \vec{E}_1 - создана положительным зарядом и направлена от него (вправо); \vec{E}_2 - отрицательным Q_2 и к нему (влево), следовательно $E_p = E_1 - E_2 = 14000 - 2755 = 11645$ (В/м). Направлена вправо.

Ответ: $E_p=11645$ В/м, вправо.

На расстоянии 50 см от центра шара, находящегося в глицерине, создается потенциал - 2 кВ. Сколько свободных электронов находится на шаре? Какова напряженность электрического поля в представленной точке?

<p>Дано:</p> <p>$r'=50$ см</p> <p>$\varphi = -2$ кВ</p> <p>$\epsilon_{\text{глицерина}} = 39$</p> <hr/> <p>N-? E-?</p>	<p>СИ:</p> <p>0,5 м</p> <p>$-2 \cdot 10^3$ В</p>	<p>Решение:</p> <p>Из формулы потенциала поля шара, выведем и рассчитаем заряд:</p> $\varphi = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{Q}{r'} \Rightarrow Q = \frac{\varphi \epsilon r'}{k} = \frac{-2 \cdot 10^3 \cdot 39 \cdot 0,5}{9 \cdot 10^9} \approx -4,33 \cdot 10^{-6} \text{ (Кл)}$
---	---	--

По свойству дискретности заряда: $Q = Ne \Rightarrow N = \frac{Q}{e}$, где e – заряд электрона

$$N = \frac{-4,33 \cdot 10^{-6}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 2,7 \cdot 10^{13}$$

Напряженность поля: $E = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|Q|}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |-4,33 \cdot 10^{-6}|}{39 \cdot 0,5^2} = 4 \cdot 10^3 \text{ (В/м)}$

Ответ: $N=2,7 \cdot 10^{13}$, $E=4$ кВ/м

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Напряженность электрического поля в некоторой точке равна 0,4 кН/Кл. Определить силу, с которой поле в этой точке будет действовать на заряд $4,5 \cdot 10^6$ Кл. ($F=1,8$ мН)
2. Поле образовано точечным зарядом $1,6 \cdot 10^8$ Кл. Определить напряженность этого поля на расстоянии 6 см от заряда. С какой силой будет действовать поле в этой точке на заряд, равный 1,8 нКл?
 $(E=40$ кВ/м, $F=0,64$ мН)
3. Какой точечный заряд, находящийся в воде, создает напряженность электрического поля 500 В/м на расстоянии 2 см от себя? ($Q=1,8$ нКл)
4. На каком расстоянии от точечного заряда 10 нКл, находящегося в керосине, создается напряженность поля 50 кВ/м? ($r=3$ см)
5. На расстоянии 3 см от заряда 4 нКл, находящемся в жидком диэлектрике, напряженность поля равна 20 кВ/м. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика? ($\epsilon = 2$)

6. Два заряда, равных -20 нКл и $0,16$ мкКл расположены на расстоянии 5 см друг от друга, найти напряженность в точке, лежащей на одной прямой с этими зарядами: слева на расстоянии 3 см от первого заряда; справа на расстоянии 5 см от второго заряда; в центре между зарядами.

$$(E_1=25 \text{ кВ/м влево}; E_2=558 \text{ кВ/м вправо}; E_3 \approx 2,6 \text{ МВ/м влево})$$

7. При переносе заряда с земли в точку поля, потенциал которой 1000 В, была произведена работа 10^{-5} Дж. Найти величину этого заряда.

$$(Q=10 \text{ нКл})$$

8. Напряженность однородного электрического поля между двумя параллельными пластинами, находящимися на расстоянии 5 см друг от друга, 10 кВ/м. Какова разность потенциалов между пластинами?

$$(U=500 \text{ В})$$

9. В однородном электрическом поле с напряженностью 490 В/м неподвижно «висит» пылинка массой 10^{-8} г. Найдите заряд пылинки. ($Q=0,2$ нКл)

10. Какую работу совершает поле при перемещении заряда 20 нКл из точки с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200 В? ($A=10$ мкДж)

11. Определить потенциал точки, удаленной от заряда 60 нКл на расстояние 3 см. ($\varphi=18$ кВ)

12. Определить какой точечный заряд, находящийся в глицерине, создает потенциал 2000 В на расстоянии $0,3$ м от себя. ($Q=2,6$ мкКл)

13. Определить потенциал точки находящейся на расстоянии 5 см от поверхности заряженного шара радиусом 10 см, если заряд шара 2 нКл.

$$(\varphi=120 \text{ В})$$

14. Уединенному проводящему шару сообщили электрический заряд 90 нКл. Найти потенциал шара, если его диаметр равен 30 см. Определить потенциал поля в центре шара, на его поверхности и на расстоянии 15 см от его поверхности. Шар находится в воздухе. ($\varphi_1=\varphi_2=5,4$ кВ, $\varphi_3=2,7$ кВ)

15. Какую часть электронов надо удалить из медного шара радиусом 18 см, чтобы его потенциал стал 100 кВ. ($N=1,25 \cdot 10^{13}$)

16. Уединенному металлическому шару передали $3,5 \cdot 10^{11}$ свободных электронов. Найти потенциал шара на расстоянии 30 см от его центра.

$$(\varphi=-1680 \text{ В})$$

17. На каком расстоянии от центра заряженного шара находится точка с потенциалом 40 мВ, если заряд шара 20 пКл. ($r=4,5$ м)

18. Электрическое поле в вакууме образовано точечным зарядом 20 нКл. На каком расстоянии друг от друга расположены две эквипотенциальные поверхности с потенциалами 50 В и 10 В? ($d=14,4$ м)

19. Разность потенциалов между точками, лежащими на одной силовой линии на расстоянии 4 см друг от друга, равна 160 В. Найдите напряженность

электростатического поля, если известно, что оно однородно. С какой силой будет действовать это поле на заряд 6 мкКл? ($E=4$ кВ/м, $F=24$ мН)

Уровень задачи	Номера задач							Максимальный балл
1	1	2	7	8	10	11		3
2	3	5	12	13	16	17	19	4
3	4	6	9	14	15	18		5

Практическая работа 9

Тема: Последовательное и параллельное соединение конденсаторов.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме: «Соединение конденсаторов в батарею» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

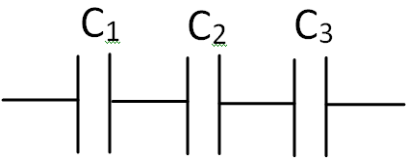
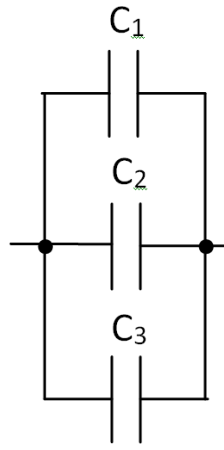
Емкость – скалярная физическая величина, характеризующая способность проводника (конденсатора) накапливать электрические заряды.

Конденсатор – прибор, служащий для накопления электрического заряда (энергии электрического поля).

Батарея конденсаторов - это группа единичных конденсаторов, соединенных между собой электрически.

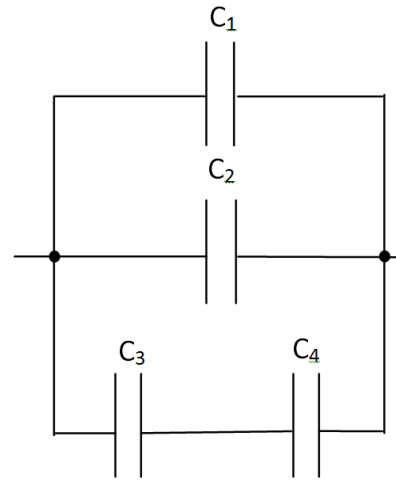
Параллельное соединение – соединение приборов, при котором все они объединены двумя узлами. Применяется для увеличения общей емкости.

Последовательное соединение - соединение, при котором выход одного элемента соединяется со входом другого. Применяется для уменьшения общей емкости.

Последовательное соединение конденсаторов:	Параллельное соединение конденсаторов:
	
$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3$ $Q_{\text{общ}} = Q_1 = Q_2 = Q_3$ $\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ $C_{\text{общ}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ - для двух конденсаторов}$ $C_{\text{общ}} = \frac{C}{N} \text{ - если емкости всех приборов равны. } N \text{ - их количество}$	$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = U_3$ $Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$ $C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3$ <p>C - емкость</p> <p>Q – электрический заряд U – разность потенциалов на обкладках конденсатора (напряжение)</p>

Примеры решения задач:

Конденсаторы соединены так, как показано на схеме. Электроёмкости равны: $C_1=1,9\text{ нФ}$, $C_2 = 11\text{ нФ}$, $C_3=7\text{ нФ}$, $C_4 = 3\text{ нФ}$. Заряд второго конденсатора равен 22 нКл . Определить электроёмкость, заряд и напряжение на всей батарее, а также на каждом конденсаторе в отдельности.



Дано:

$$C_1=1,9\text{ нФ}$$

$$C_2=11\text{ нФ}$$

$$C_3=7\text{ нФ}$$

$$C_4=3\text{ нФ}$$

$$Q_2=22\text{ нКл}$$

$$C_{\text{общ}}=? U_{\text{общ}}=?$$

$$Q_{\text{общ}}=? U_1=?$$

$$U_2=? U_3=? U_4=?$$

$$Q_1=? Q_3=? Q_4=?$$

Решение:

В случае одинаковых приставок СИ у заряда и электроёмкости их значения в систему СИ можно не переводить. Тогда все остальные заряды будут измеряться также в нКл.

В приведенной схеме конденсаторы C_3 и C_4 соединены последовательно. Обозначим электроёмкость этих двух конденсаторов C_{34} . Тогда конденсаторы C_1 , C_2 и C_{34} между собой соединены параллельно.

$$\text{Учитывая вышесказанное: } C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{7 \cdot 3}{7 + 3} = 2,1\text{ (нФ)}$$

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_{34} = 1,9 + 11 + 2,1 = 15\text{ (нФ)}$$

Для расчетов разностей потенциалов будем пользоваться формулой: $U = \frac{Q}{C}$,

для расчетов заряда: $Q=CU$

Итак, $U = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{22}{11} = 2\text{ (В)}$; Напряжение при параллельном соединении

$$\text{одинаково} \Rightarrow U_1 = U_2 = U_{34} = U_{\text{общ}} = 2\text{ В}$$

$$\text{Рассчитаем заряды: } Q_1 = U_1 \cdot C_1 = 2 \cdot 1,9 = 3,8\text{ (нКл)}$$

$$Q_3 = U_3 \cdot C_3 = 2 \cdot 7 = 14\text{ (нКл)}$$

$$Q_{34} = U_{34} \cdot C_{34} = 2 \cdot 2,1 = 4,2\text{ (нКл)}$$

$$Q_{\text{общ}} = U_{\text{общ}} \cdot C_{\text{общ}} = 2 \cdot 15 = 30\text{ (нКл)}$$

$Q_{\text{общ}}$ в нашем случае можно найти по формулам параллельного соединения:

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + Q_{34} = 3,8 + 22 + 4,2 = 30\text{ (нКл)}$$

$$C_3 \text{ и } C_4 \text{ соединены последовательно} \Rightarrow Q_3 = Q_4 = Q_{34} = 4,2\text{ нКл}$$

$$\text{Найдем разности потенциалов на них: } U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{4,2}{7} = 0,6\text{ (В)}$$

$$U_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{4,2}{3} = 1,4\text{ (В)}$$

в сумме 2 В

Ответ: $C_{\text{общ}}=15\text{ нФ}$, $U_{\text{общ}}=U_1=U_2=2\text{ В}$, $Q_{\text{общ}}=30\text{ нКл}$, $Q_1=3,8\text{ нКл}$,
 $Q_3=Q_4=4,2\text{ нКл}$, $U_3=0,6\text{ В}$, $U_4=1,4\text{ В}$

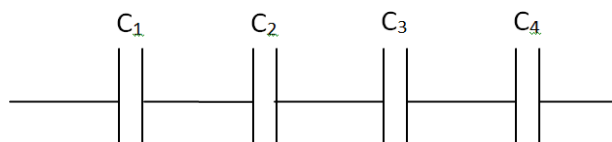
Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Два конденсатора с емкостями 12 нФ и 6 нФ соединены последовательно. На обкладках первого конденсатора откладывается напряжение 2 В. Найдите напряжение на втором конденсаторе.
2. Два конденсатора с емкостями 14 пФ и 26 пФ соединены параллельно. На втором конденсаторе сосредоточился заряд 156 пКл. Найти заряд, накопленный первым конденсатором.
3. Два конденсатора соединены параллельно. Известно, что вся батарея накопила заряд 120 нКл при напряжении 30 В. Найти емкость неизвестного конденсатора, если у одного из них она равна 3 нФ.
4. Два конденсатора соединены последовательно. Известно, что при напряжении 20 В на одном из конденсаторов он накапливает заряд 100 нКл. Найти емкость батареи, если напряжение на ней 60 В.

5. Найти общую емкость и все неизвестные величины электрической цепи. Напряжение на втором конденсаторе 12 В.

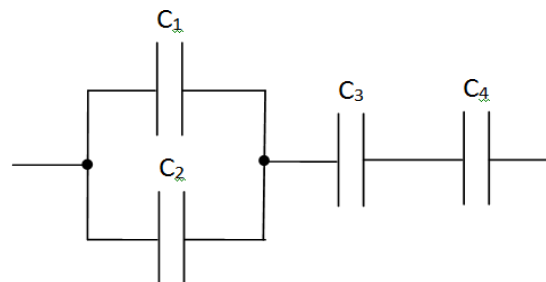


Емкости конденсаторов: $C_1=6$ нФ $C_2=2$ нФ $C_3=8$ нФ $C_4=3$ нФ

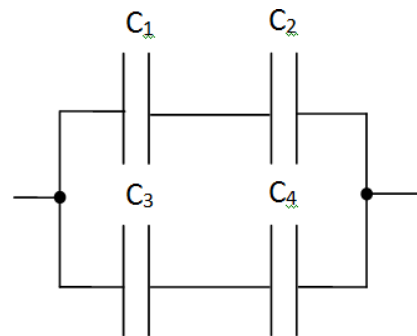
6. Четыре конденсатора с емкостями 5 мкФ, 4 мкФ, 2 мкФ и 10 мкФ соединены параллельно. Найдите все неизвестные величины электрической цепи, включая общую емкость, если заряд третьего конденсатора равен 10 мкКл.
7. Найти общую емкость и все неизвестные величины электрической цепи. Напряжение на втором конденсаторе 6 В.

Емкости конденсаторов:

$C_1=4$ нФ; $C_2=6$ нФ, $C_3=2$ нФ, $C_4=8$ нФ



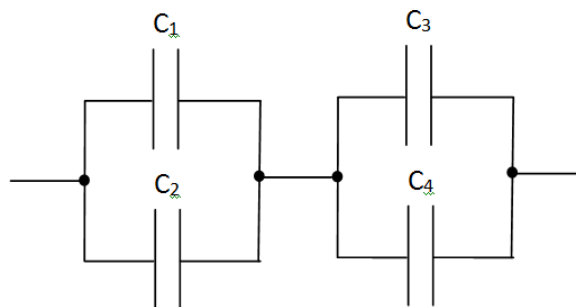
8. Электроемкости конденсаторов представленных на схеме соответственно равны: $C_1=40$ нФ; $C_2=60$ нФ, $C_3=20$ нФ, $C_4=80$ нФ. Найти общую электроемкость батареи, напряжение на каждом конденсаторе, если напряжение всей батареи 100 В. Определить заряд каждого конденсатора.



9. Найти общую электроемкость и все неизвестные величины электрической цепи. Заряд всей батареи равен 480нКл.

Электроемкости конденсаторов:

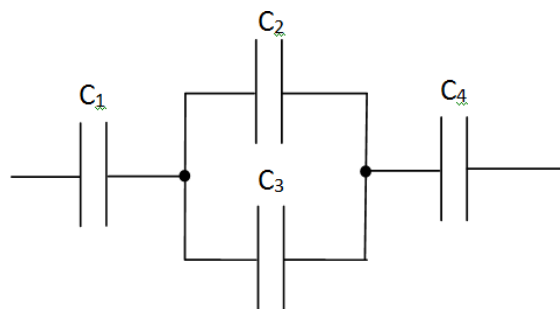
$C_1=10$ нФ; $C_2=30$ нФ, $C_3=20$ нФ, $C_4=40$ нФ



10. Найти общую электроемкость и все неизвестные величины электрической цепи. Напряжение на третьем конденсаторе 15 В.

Электроемкости конденсаторов:

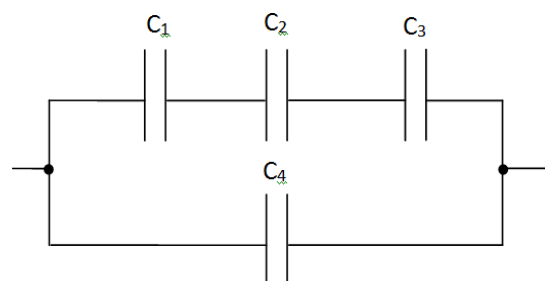
$C_1=4$ нФ; $C_2=12$ нФ, $C_3=8$ нФ, $C_4=2$ нФ



11. Найти общую электроемкость и все неизвестные величины электрической цепи. Напряжение на первом конденсаторе 10 В.

Электроемкости конденсаторов:

$C_1=2$ пФ; $C_2=5$ нФ, $C_3=40$ пФ, $C_4=4$ пФ

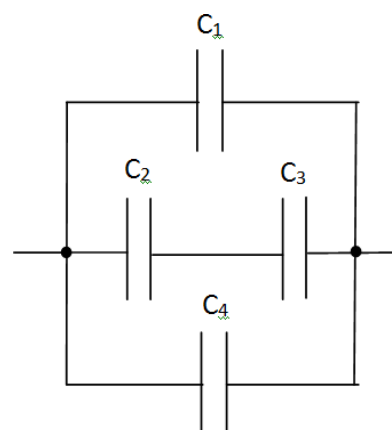


12. Найти общую электроемкость и все неизвестные величины электрической цепи. Заряд всей батареи равен 80 нКл.

Электроемкости конденсаторов:

$C_1=4,2$ нФ; $C_2=8$ нФ, $C_3=12$ нФ, $C_4=11$ нФ.

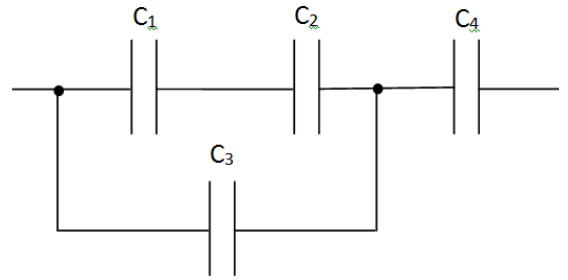
13. Согласно приведенной схеме найдите электроемкость первого конденсатора, если электроемкость всей батареи 50 нФ. Известные электроемкости соответственно равны: $C_2=10$ нФ, $C_3=40$ нФ, $C_4=22$ нФ.



14. Найти общую емкость и все неизвестные величины электрической цепи. Заряд третьего конденсатора 190 нКл.

Емкости конденсаторов:

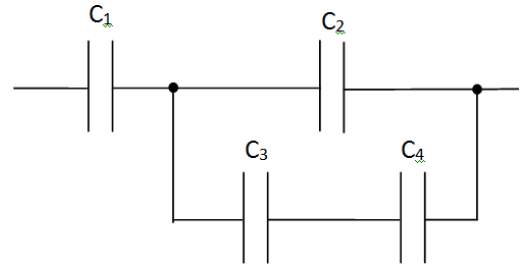
$$C_1=30 \text{ нФ}; C_2=70 \text{ нФ}, C_3=19 \text{ нФ}, C_4=60 \text{ нФ}.$$



15. Найти общую емкость и все неизвестные величины электрической цепи. Напряжение всей батареи 100В.

Емкости конденсаторов:

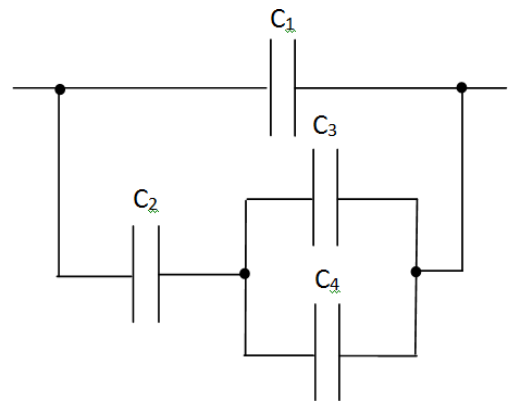
$C_1=80 \text{ нФ}; C_2=11 \text{ нФ}, C_3=10 \text{ нФ}, C_4=90 \text{ нФ}.$



16. Найти общую емкость и все неизвестные величины электрической цепи. Напряжение на втором конденсаторе 10 В.

Емкости конденсаторов:

$$C_1=20 \text{ нФ}; C_2=400 \text{ нФ}, C_3=20 \text{ нФ}, C_4=80 \text{ нФ}$$



Уровень задачи	Номера задач						Максимальный балл
	1	2	3	4	5	6	
1	1	2	3	4	5	6	3
2	12	13		В зависимости от количества найденных физических величин			4
3	14	15	16				5

Ответы к задачам:

1. $U_2=4 \text{ В}; 2. Q_1=84 \text{ пКл}; 3. C=1 \text{ нФ}; 4. C_{\text{общ}} \approx 1,67 \text{ н}; 13. C=20 \text{ нФ};$

5. $C_{\text{общ}} \approx 0,89 \text{ нФ}, Q_{\text{общ}}=24 \text{ нКл}, U_{\text{общ}}=27 \text{ В}, Q_1=24 \text{ нКл}, Q_2=24 \text{ нКл}, Q_3=24 \text{ нКл}, Q_4=24 \text{ нКл}, U_1=4 \text{ В}, U_3=3 \text{ В}, U_4=8 \text{ В}$

6. $C_{\text{общ}}=21 \text{ мкФ}, Q_{\text{общ}}=105 \text{ мкКл}, U_{\text{общ}}=5 \text{ В}, Q_1=25 \text{ мкКл}, Q_2=20 \text{ мкКл}, Q_4=50 \text{ мкКл}, U_1=5 \text{ В}, U_2=5 \text{ В}, U_3=U_4=5 \text{ В}$

7. $C_{\text{общ}} \approx 1,38 \text{ нФ}, Q_{\text{общ}}=60 \text{ нКл}, U_{\text{общ}}=43,5 \text{ В}, Q_1=24 \text{ нКл}, Q_2=36 \text{ нКл}, Q_3=60 \text{ нКл}, Q_4=60 \text{ нКл}, U_1=6 \text{ В}, U_3=30 \text{ В}, U_4=7,5 \text{ В}$

8. $C_{\text{общ}}=40 \text{ нФ}, Q_{\text{общ}}=4 \text{ мкКл}, Q_1=2,4 \text{ мкКл}, Q_2=2,4 \text{ мкКл}, Q_3=1,6 \text{ мкКл}, Q_4=1,6 \text{ мкКл}, U_1=60 \text{ В}, U_3=40 \text{ В}, U_3=80 \text{ В}, U_4=20 \text{ В}$

9. $C_{\text{общ}}=24 \text{ нФ}, U_{\text{общ}}=20 \text{ В}, Q_1=120 \text{ нКл}, Q_2=360 \text{ нКл}, Q_3=160 \text{ нКл}, Q_4=320 \text{ нКл}, U_1=12 \text{ В}, U_2=12 \text{ В}, U_3=8 \text{ В}, U_4=8 \text{ В}$

10. $C_{\text{общ}}=1,25 \text{ нФ}, Q_{\text{общ}}=300 \text{ нКл}, U_{\text{общ}}=240 \text{ В}, Q_1=300, Q_2=180 \text{ нКл}, Q_3=120, Q_4=300 \text{ нКл}, U_1=75 \text{ В}, U_2=15 \text{ В}, U_4=150 \text{ В}$

11. $C_{\text{общ}} \approx 5,38 \text{ пФ}, Q_{\text{общ}}=78 \text{ пКл}, U_{\text{общ}}=14,5 \text{ В}, Q_1=20 \text{ пКл}, Q_2=20 \text{ пКл}, Q_3=20 \text{ пКл}, Q_4=58 \text{ пКл}, U_2=4 \text{ В}, U_3=0,5 \text{ В}, U_4=14,5 \text{ В}$

12. $C_{\text{общ}}=20 \text{ нФ}, U_{\text{общ}}=4 \text{ В}, Q_1=16,8 \text{ нКл}, Q_2=19,2 \text{ нКл}, Q_3=19,2 \text{ нКл}, Q_4=44 \text{ нКл}, U_1=4 \text{ В}, U_2=2,4 \text{ В}, U_3=1,6 \text{ В}, U_4=4 \text{ В}$

14. $C_{\text{общ}}=24 \text{ нФ}, Q_{\text{общ}}=400 \text{ нКл}, U_{\text{общ}} \approx 16,67 \text{ В}, Q_1=210 \text{ нКл}, Q_2=210 \text{ нКл}, Q_4=400 \text{ нКл}, U_1=7 \text{ В}, U_2=3 \text{ В}, U_3=10 \text{ В}, U_4 \approx 6,67 \text{ В}$

15. $C_{\text{общ}}=16 \text{ нФ}, Q_{\text{общ}}=1,6 \text{ мкКл}, Q_1=1,6 \text{ мкКл}, Q_2=880 \text{ нКл}, Q_3=Q_4=720 \text{ нКл}, U_1=20 \text{ В}, U_2=80 \text{ В}, U_3=72 \text{ В}, U_4=8 \text{ В}$

16. $C_{\text{общ}}=100 \text{ нФ}, Q_{\text{общ}}=5 \text{ мкКл}, U_{\text{общ}}=50 \text{ В}, Q_1=1 \text{ мкКл}, Q_2=4 \text{ мкКл}, Q_3=800 \text{ нКл}, Q_4=3,2 \text{ мкКл}, U_1=50 \text{ В}, U_3=U_4=40 \text{ В}$

Практическая работа 10

Тема: Соединение потребителей электроэнергии.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме: «Последовательное и параллельное соединение проводников» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Проводник - вещество, среда, материал, хорошо проводящие электрический ток.

Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц.

Сила тока – физическая величина, равная единичному заряду, проходящему через поперечное сечение проводника в единицу времени.

Напряжение – скалярная физическая величина, численно равная работе электрического поля по перемещению единичного положительного заряда на данном участке (из одной точки в другую).

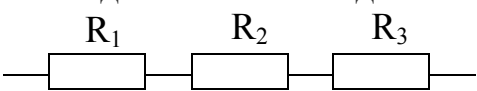
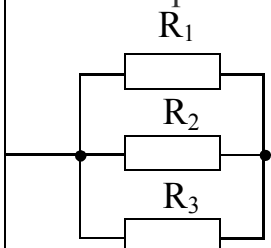
Электрическое сопротивление - физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению по нему электрического тока. Зависит от рода (материала) проводника его формы и размеров, а также температуры.

Резистор – пассивный элемент электрической цепи, обладающий определенным значением электрического сопротивления. В теории, изучая последовательное и параллельное соединение проводников, на схемах чертят резисторы, подразумевая, что на их месте может быть любая нагрузка, оказывающая электрическое сопротивление.

Последовательное соединение - соединение, при котором выход одного элемента соединяется со входом другого. Общее сопротивление при последовательном соединении увеличивается. При выходе из строя хотя бы одного элемента, из строя выходит вся цепь

Параллельное соединение – соединение приборов, при котором все они объединены двумя узлами. Общее сопротивление уменьшается и в итоге всегда получается меньше меньшего.

Закон Ома для участка цепи: Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению: $I = \frac{U}{R}$ или $U = IR$

Последовательное соединение	Параллельное соединение
	
$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3$ $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3$ $I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = I_3$	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ </div> <div style="text-align: center;"> $U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = U_3$ </div> </div> $I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3$ $R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \text{ - для двух проводников}$
R – сопротивление, I – сила тока, U – напряжение	

Примеры решения задач:

В представленной схеме найдите напряжение на каждом проводнике и силу тока в каждом участке, если общее напряжение на концах схемы 20 В.

Дано:	СИ:	Решение:
$U_{06}=20 \text{ В}$ $R_1=2,9 \text{ Ом}$ $R_2=4,6 \text{ Ом}$ $R_3=6 \text{ Ом}$ $R_4=4 \text{ Ом}$ $R_5=1 \text{ Ом}$ $R_6=2 \text{ Ом}$		По закону Ома для участка цепи, все напряжения находим по формуле: $U=IR$, силы токов $I = \frac{U}{R}$
$U_1, U_2, U_3, U_4, U_5,$ $U_6-?$ $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6-?$		

Если известно общее напряжение, для нахождения общего тока необходимо найти общее сопротивление всех резисторов.

Сопротивления R_3 и R_4 соединены параллельно: $R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6 \text{ Ом} \cdot 4 \text{ Ом}}{6 \text{ Ом} + 4 \text{ Ом}} =$

$2,4 \text{ Ом}$. К ним последовательно добавлено R_2 : $R_{234} = R_2 + R_{34} = 4,6 \text{ Ом} + 2,4 \text{ Ом} = 7 \text{ Ом}$

R_5 и R_6 соединены последовательно: $R_{56} = R_5 + R_6 = 1 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом} = 3 \text{ Ом}$

Это сопротивление (R_{56}) добавлено параллельно к R_{234} :

$$R_{23456} = \frac{R_{234} \cdot R_{56}}{R_{234} + R_{56}} = \frac{7 \text{ Ом} \cdot 3 \text{ Ом}}{7 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом}} = 2,1 \text{ Ом}$$

R_1 присоединен к R_{23456} последовательно $\Rightarrow R_{06} = R_1 + R_{23456} = 2,9 \text{ Ом} + 2,1 \text{ Ом} = 5 \text{ Ом}$

Итак, $I_{06} = \frac{U_{06}}{R_{06}} = \frac{20 \text{ В}}{5 \text{ Ом}} = 4 \text{ А}$. Этот ток протекает по сопротивлению $R_1 \Rightarrow$

$I_1=4 \text{ А}$ и по закону Ома для участка цепи: $U_1 = I_1 R_1 = 4 \text{ А} \cdot 2,9 \text{ Ом} = 11,6 \text{ В}$

На оставшихся резисторах R_{23456} откладывается напряжение:

$U_{23456} = U_{06} - U_1 = 20 \text{ В} - 11,6 \text{ В} = 8,4 \text{ В}$. Причем, учитывая, что при параллельном соединении напряжение одинаково, то

$$U_{23456} = U_{234} = U_{56} = 8,4 \text{ В} \Rightarrow I_{234} = \frac{U_{234}}{R_{234}} = \frac{8,4 \text{ В}}{7 \text{ Ом}} = 1,2 \text{ А}$$

$$u \quad I_{56} = \frac{U_{56}}{R_{56}} = \frac{8,4 B}{3 \text{ Ом}} = 2,8 \text{ A}, \text{ т.к. в нижней части цепи (сопротивление } R_5 \text{ и } R_6)$$

соединение последовательное, то $I_{56}=I_5=I_6=2,8 \text{ A} \Rightarrow$

$$U_5 = I_5 R_5 = 2,8 \text{ A} \cdot 1 \text{ Ом} = 2,8 \text{ B} \text{ и } U_6 = I_6 R_6 = 2,8 \text{ A} \cdot 2 \text{ Ом} = 5,6 \text{ B}$$

Возвращаемся к сопротивлению R_{234} . Ток $I_{234}=1,2 \text{ A}$ проходит через сопротивление $R_2 \Rightarrow I_2=I_{234}=1,2 \text{ A} \Rightarrow U_2 = I_2 R_2 = 1,2 \text{ A} \cdot 4,6 \text{ Ом} = 5,52 \text{ B}$,

На сопротивлении R_{34} остается напряжение: $U_{34}=U_{234}-U_2=8,4\text{B}-5,52\text{B}=2,88\text{B}$.

Т.к. при параллельном соединении напряжение одно и тоже, то:

$U_{34}=U_3=U_4=2,88 \text{ B}$. По закону Ома для участка цепи:

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{2,88 \text{ B}}{6 \text{ Ом}} = 0,48 \text{ A} \text{ и } I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{2,88 \text{ B}}{4 \text{ Ом}} = 0,72 \text{ A}$$

Ответ: $U_1=11,6 \text{ B}$, $U_2=5,52 \text{ B}$, $U_3=2,88 \text{ B}$, $U_4=2,88 \text{ B}$, $U_5=2,8 \text{ B}$, $U_6=5,6 \text{ B}$,

$I_1=4 \text{ A}$, $I_2=1,2 \text{ A}$, $I_3=0,48 \text{ A}$, $I_4=0,72 \text{ A}$, $I_5=2,8 \text{ A}$, $I_6=2,8 \text{ A}$.

Рекомендуемая литература:

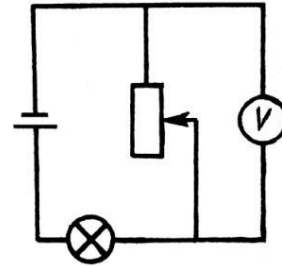
Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblionline.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Рассчитайте напряжение на концах трех последовательно соединенных проводниках по 3 Ом при силе тока в цепи 1,3А.
2. Напряжение на сопротивлении 5 Ом равно 1,6 В. К данному сопротивлению последовательно подключен еще один элемент с сопротивлением 15 Ом. Какое напряжение на нем?
3. Три резистора с сопротивлениями 4 Ом, 5 Ом и 8 Ом соединены параллельно. Каков ток в первом и в третьем резисторе, если по второму течет ток 0,4 А.
4. Двадцать ламп рассчитанных на напряжение 2,5 В подключают к источнику питания 80 В. Какое дополнительное сопротивление нужно включить в электрическую цепь, чтобы лампы не перегорели? Каждая лампа в режиме горение обладает сопротивлением 10 Ом.

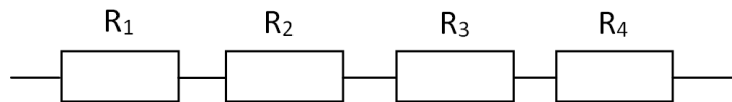
5. В цепи, изображенной на рисунке, ползунок реостата переместили так, что лампочка стала светить ярче.

Как изменились при этом показания вольтметра?



6. При параллельном соединении двух проводников, один из которых обладает сопротивлением 4 Ом, в неразветвленной части цепи идет ток 2 А. Каково второе сопротивление, если напряжение на концах цепи 4,8 В?

7. Три элемента соединены, как показано на схеме.



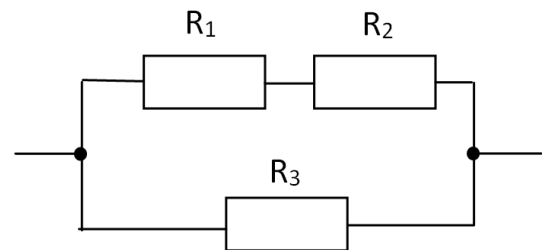
Найти все неизвестные

величины электрической цепи, зная, что напряжение на третьем элементе 10 В.

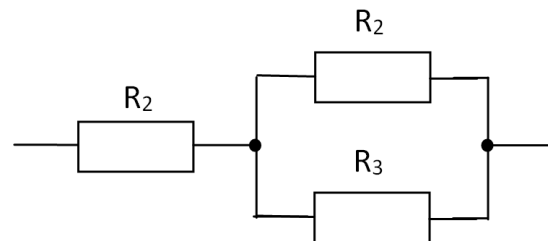
Сопротивления резисторов соответственно равны:

$$R_1 = 12 \text{ Ом}, R_2 = 8 \text{ Ом}, R_3 = 4 \text{ Ом}, R_4 = 16 \text{ Ом}.$$

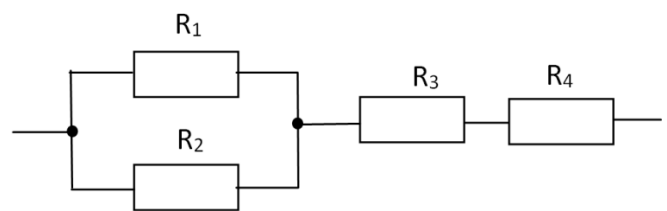
8. Найти напряжения и силу тока на каждом участке, включая общие параметры, если напряжение на первом элементе 20 В. Сопротивления резисторов соответственно равны: $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$.



9. Найти напряжения и силу тока на каждом участке, если общий ток в цепи равен 2 А. Сопротивления элементов цепи соответственно равны: $R_1 = 5,2 \text{ Ом}$, $R_2 = 12 \text{ Ом}$, $R_3 = 8 \text{ Ом}$.



10. Каково общее сопротивление цепи? Сопротивления элементов цепи соответственно равны: $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = 18 \text{ Ом}$, $R_4 = 20 \text{ Ом}$. Найти токи и напряжения на каждом



участке, если напряжение на четвертом элементе 50 В.

11. Найти сопротивление электрических цепей, представленных на рисунке 1 и 2. Найти также токи и напряжения на каждом участке, если токи в неразветвленной части цепи 4 А. Сопротивления элементов цепи равны:

$$R_1 = 20 \text{ Ом}, R_2 = 8 \text{ Ом}, R_3 = 8 \text{ Ом}, R_4 = 7 \text{ Ом}.$$

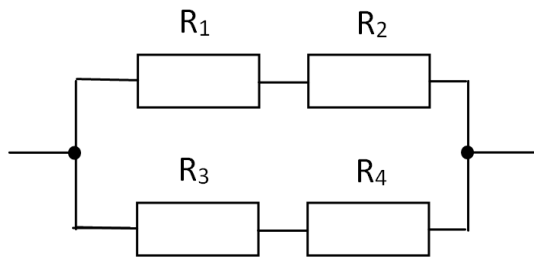


рис. 1

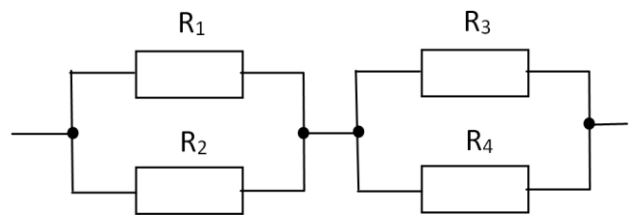
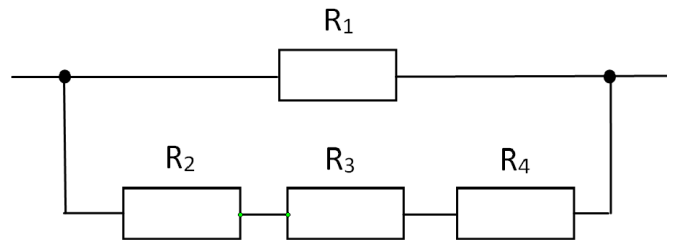
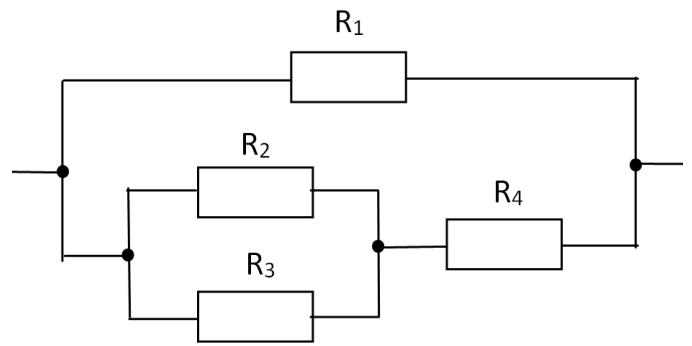


рис. 2.

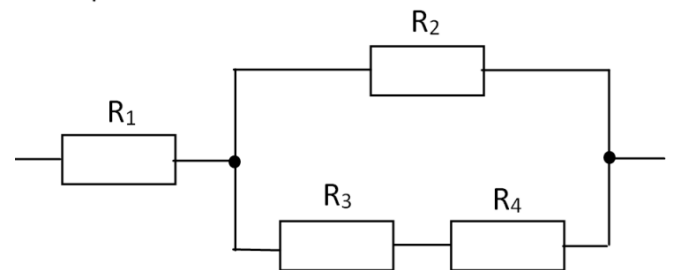
12. Сопротивление всех элементов представленных на схеме одинаково и равно R . Чему равно общее сопротивление цепи?



13. Найти напряжение и силу тока на каждом участке, включая общие параметры, если сила тока в четвертом резисторе равна 2 А. Сопротивления резисторов соответственно равны: $R_1 = 40 \text{ Ом}$, $R_2 = 90 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 1 \text{ Ом}$.

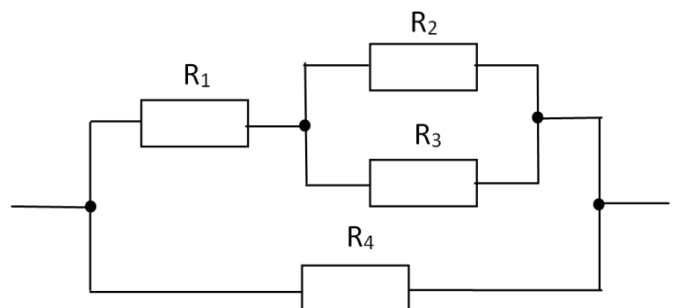


14. Найти напряжение и силу тока на каждом участке, включая общие параметры, если напряжение на втором элементе 50 В. Сопротивления резисторов соответственно равны:



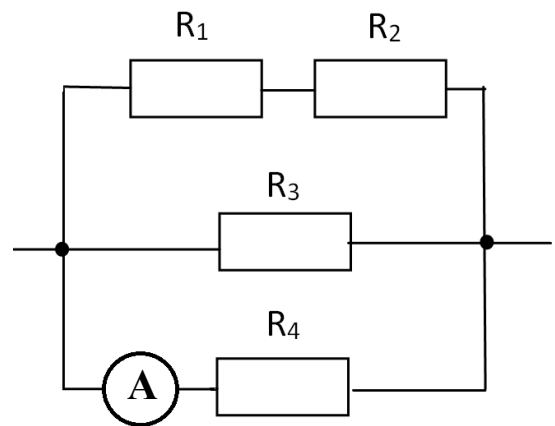
$R_1 = 10,2 \text{ Ом}$, $R_2 = 8 \text{ Ом}$, $R_3 = 5 \text{ Ом}$, $R_4 = 7 \text{ Ом}$.

15. Найти напряжение и силу тока на каждом участке, включая общие параметры, если Напряжение на всей батарее 100В. Сопротивления резисторов соответственно равны: $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$, $R_3 = 40 \text{ Ом}$, $R_4 = 50 \text{ Ом}$.



16. Амперметр, включенный в цепь показывает 0,8 А. Найти токи и напряжения на каждом участке.

Сопротивления элементов цепи соответственно равны: $R_1=14$ Ом, $R_2=6$ Ом, $R_3=8$ Ом, $R_4=10$ Ом. Чему равно общее сопротивление цепи?



Уровень задачи	Номера задач						Максимальный балл
	1	2	3	5	6	7	
1	1	2	3	5	6	7	3
2	4	8	9	В зависимости от количества найденных физических величин			4
3	13	14	15				5

Ответы к задачам:

1. $U=11,7$ В; 2. $U=4,8$ В; 3. $I_1=0,5$ А, $I_3=0,25$ А; 4. $R=120$ Ом; 6. $R_2=6$ Ом
7. $R_{06}=40$ Ом, $U_{06}=100$ В, $I_{06}=2,5$ А, $U_1=30$ В, $U_2=20$ В, $U_4=40$ В, $I_1=2,5$ А, $I_2=2,5$ А, $I_3=2,5$ А, $I_4=2,5$ А
8. $R_{06}=1,6$ Ом, $U_{06}=32$ В, $I_{06}=20$ А, $U_2=12$ В, $U_3=32$ В, $I_1=4$ А, $I_2=4$ А, $I_3=16$ А
9. $R_{06}=10$ Ом, $U_{06}=20$ В, $U_1=10,4$ В, $U_2=9,6$ В, $U_3=9,6$ В, $I_1=2$ А, $I_2=0,8$ А, $I_3=1,2$ А
10. $R_{06}=50$ Ом, $U_{06}=125$ В, $I_{06}=2,5$ А, $U_1=30$ В, $U_2=30$ В, $U_3=45$ В, $I_1=1,5$ А, $I_2=1$ А, $I_3=2,5$ А, $I_4=2,5$ А
11. рис1. $R_{06}=6$ Ом, $U_{06}=24$ В, $U_1=4,8$ В, $U_2=19,2$ В, $U_3=12,8$ В, $U_4=11,2$ В, $I_1=2,4$ А, $I_2=2,4$ А, $I_3=1,6$ А, $I_4=1,6$ А
11. рис2. $R_{06}\approx 5,33$ Ом, $U_{06}\approx 21,32$ В, $U_1=U_2=4,8$ В, $U_3=U_4\approx 14,92$ В, $I_1=3,2$ А, $I_2=0,8$ А, $I_3\approx 1,87$ А, $I_4\approx 2,13$ А
12. $R_{06} = 0,75R$
13. $R_{06}=8$ Ом, $U_{06}=20$ В, $I_{06}=2,5$ А, $U_1=20$ В, $U_2=18$ В, $U_3=18$ В, $U_4=2$ В, $I_1=0,5$ А, $I_2=0,2$ А, $I_3=1,8$ А
14. $R_{06}=15$ Ом, $U_{06}\approx 156,3$ В, $I_{06}\approx 10,42$ А, $U_1\approx 106,3$ В, $U_3\approx 20,81$ В, $U_4\approx 29,19$ В, $I_1\approx 10,42$ А, $I_2=6,25$ А, $I_3\approx 4,17$ А, $I_4\approx 4,17$ А
15. $R_{06}=25$ Ом, $I_{06}=4$ А, $U_1=60$ В, $U_2=40$ В, $U_3=40$ В, $U_4=100$ В, $I_1=2$ А, $I_2=1$ А, $I_3=1$ А, $I_4=2$ А
16. $R_{06}\approx 3,63$ Ом, $I_{06}=2,2$ А, $U_{06}=8$ В, $U_1=5,6$ В, $U_2=2,4$ В, $U_3=8$ В, $U_4=8$ В, $I_1=0,4$ А, $I_2=0,4$ А, $I_3=1$ А

Практическая работа 11 (в форме практической подготовки)

Тема: Законы Ома. Сопротивление контактного провода.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме: «Закон Ома для полной цепи, для участка цепи, ЭДС» на практике при решении задач, ознакомиться с устройством контактного провода и реальными значениями его характеристик.

Сила тока – скалярная физическая величина, равная единичному заряду, проходящему через поперечное сечение проводника в единицу времени.

Напряжение – скалярная физическая величина, численно равная работе электрического поля по перемещению единичного положительного заряда на данном участке (из одной точки в другую).

Электродвижущая сила (ЭДС) – скалярная физическая величина, характеризующая работу сторонних сил (то есть любых сил, кроме электростатических) действующих в цепях постоянного или переменного тока. Равна работе сторонних сил по перемещению единичного заряда вдоль контура.

Плотность тока – векторная физическая величина, характеризующая распределение движущегося по проводнику заряда по его сечению.

Закон Ома для участка цепи: Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.

Закон Ома для полной цепи: Сила тока в неразветвленном участке замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи.

или: ЭДС источника равна сумма падений напряжения на внутреннем сопротивлении источника тока и на внешней цепи.

Внешний участок цепи (внешняя цепь), состоит из одного или нескольких приемников электрической энергии, соединительных проводов и различных вспомогательных устройств, включенных в эту цепь.

Внутренний участок цепи – сам источник электрической энергии.

Однородный участок цепи – участок не содержащий ЭДС, движение заряда происходит только под действием электрического поля (внешний участок цепи).

Неоднородный участок цепи – участок на котором действуют сторонние силы. (внутренний участок цепи).

$I = \frac{Q}{t}$ – сила тока $Q = Ne$ $j = \frac{I}{S}$ – плотность тока $\vec{j} = nQ_0\vec{v}$	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – элементарный заряд S – площадь поперечного сечения Q_0 – заряд частицы переносчика тока (у металлов элементарный заряд) n – концентрация зарядов \vec{v} – скорость зарядов
---	---

$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$ $R = R_0(1 + \alpha T) \text{ – зависимость сопротивления от температуры}$ $I = \frac{U}{R} \text{ – Закон Ома для участка цепи}$ $E = U + U' \text{ - закон Ома для полной цепи}$ $U = IR \text{ Закон Ома для участка цепи}$ $U' = Ir \text{ участка цепи}$ $I = \frac{E}{R+r} \text{ - закон Ома для полной цепи}$ $I_{кз} = \frac{E}{r}$ $\eta = \frac{U}{E} \cdot 100\%$	<p>R –сопротивление проводника ρ – удельное сопротивление (по таблице) l –длина проводника R₀ –сопротивление проводника при T=0⁰C α – температурный коэффициент сопротивления (по таблице) T – температура, выраженная в ⁰C E – ЭДС U – напряжение на внешнем участке цепи U' – напряжение на внутреннем участке цепи R – сопротивление внешнего участка r – внутреннее сопротивление источника тока I_{кз} – ток короткого замыкания η - КПД источника тока</p>
--	---

Примеры решения задач:

При напряжении 200 В и токе 0,4 А нить электрической лампы накаливания раскаляется до 2000⁰C. Определить площадь поперечного сечения нити, если удельное сопротивление вольфрама при температуре 25⁰C равно 5,5·10⁻⁸ Ом·м. Длина нити 8 см.

<p>Дано:</p> <p>U=200 В</p> <p>I=0,4 А</p> <p>T₁=2000⁰C</p> <p>T₂=25⁰C</p> <p>L=8 см</p> <p>ρ=5,5·10⁻⁸ Ом·м</p> <p>α_{вольфр}=4,1·10⁻³ 1/К</p> <p>S=?</p>	<p>СИ:</p> <p>8·10⁻² м</p>	<p>Решение:</p> <p>Для выражения S из формулы $R = \rho \frac{L}{S}$ необходимо найти сопротивление вольфрама при температуре 25⁰C.</p> <p>$R = R_0(1 + \alpha T) \Rightarrow R_0 = \frac{R}{1 + \alpha T}$ – сопротивление при 0⁰C, где $R = \frac{U}{I} = \frac{200}{0,4} = 500 \text{ (Ом)}$</p> <p>$R_0 = \frac{R}{1 + \alpha T} = \frac{500}{1 + 4,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3} \approx 54,3 \text{ (Ом)}$</p> <p>$R_{25C} = R_0(1 + \alpha T) = 54,3 \cdot (1 + 4,1 \cdot 10^{-3} \cdot 25) \approx 60 \text{ (Ом)}$</p> <p>$R = \rho \frac{L}{S} \Rightarrow S = \frac{\rho L}{R} = \frac{5,5 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{60} \approx 0,73 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2 = 73 \text{ мкм}^2$</p> <p>Ответ: S=73 мкм²</p>
---	---------------------------------------	---

К источнику электрического тока с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом подключено сопротивление. Определить это сопротивление и падение напряжения на нем, если сила тока в цепи равна 0,6 А.

<p>Дано:</p> <p>$E=1,5 \text{ В}$</p> <p>$r = 0,5 \text{ Ом}$</p> <p>$I=0,6 \text{ А}$</p> <hr/> <p>R-? U-?</p>	<p>Решение:</p> <p>По закону Ома для полной цепи: $E=U+U'$, где</p> <p>$U'=Ir$ - напряжение на внутреннем участке.</p> <p>$U'=0,6 \cdot 0,5=0,3 \text{ (В)} \Rightarrow$ на внешнем участке осталось 1,2 В:</p> <p>$U=E-U'=1,5-0,3=1,2 \text{ В}$</p> <p>По закону Ома для участка цепи:</p> $I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{1,2}{0,6} = 2 \text{ (Ом)}$
--	---

Ответ: R=2 Ом, U=1,2 В

Для определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока к его выходу подключили реостат. При некотором положении ползунка реостата сила тока в цепи была 1,5 А, а напряжение 4,5 В. При другом положении – ток 2 А, напряжение 3 В. Каков ток короткого замыкания такого источника?

<p>Дано:</p> <p>$I_1 = 1,5 \text{ А}$</p> <p>$U_1 = 4,5 \text{ В}$</p> <p>$I_2 = 2 \text{ А}$</p> <p>$U_2 = 3 \text{ В}$</p> <hr/> <p>$I_{кз} - ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>При движении ползунка реостата ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока не изменяется.</p> <p>По закону Ома Для полной цепи: $E=U+U'$, где $U'=Ir \Rightarrow$</p> <p>$E=U_1+I_1r$ и при перемещении ползунка: $E=U_2+I_2r$</p> <p>Приравниваем и выражаем r:</p> $E = U_1 + I_1r = U_2 + I_2r \Rightarrow r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$
---	---

$$r = \frac{4,5 - 3}{2 - 1,5} = 3 \text{ (Ом)} \Rightarrow E = U_1 + I_1r = 4,5 + 1,5 \cdot 3 = 9 \text{ (В)}$$

$$I_{кз} = \frac{E}{r} = \frac{9}{3} = 3 \text{ (А)}$$

Ответ: $I_{кз} = 3 \text{ А}$

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 10 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 361 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Контактный провод.

К контактному проводу (КП) предъявляются жесткие требования: он должен обладать низким электрическим сопротивлением, иметь высокую механическую прочность, быть износостойчивым, не поддаваться коррозии.

Форма сечения контактных проводов, применяемых на железных дорогах, близка к окружности, однако, все же ею не является. Так, контактный провод марки МФ (М – медный, Ф – фасонный), наиболее распространенный из применяемых на дорогах страны, имеет два продольных паза, необходимых для крепления различных зажимов.

Площадь поперечного сечения проводов различных типов составляет 65, 85, 100 и 150мм². Удельное сопротивление технической меди, используемой для изготовления проводов контактной сети, может быть заметно выше, чем 0,0017мкОм·м. По паспортным данным сопротивление 1км провода МФс поперечным сечением 85мм² может достигать 0,2Ом.

Провод, по которому подводится электрический ток к локомотиву, - не единственный элемент контактной сети.

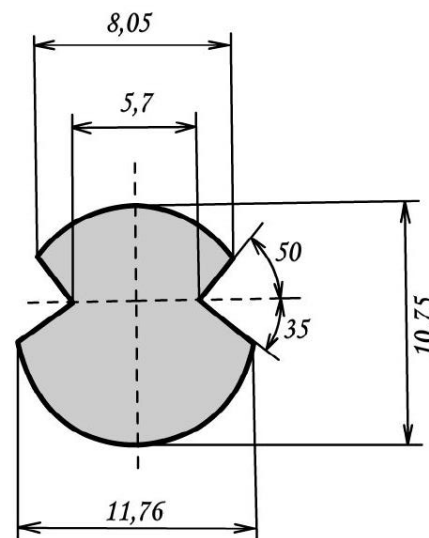
Для его подвески применяется несущий провод, который (в случае дорог постоянного тока) зачастую также находится под напряжением, - прежде всего на тех участках дороги, где поперечное сечение проводов контактной сети недостаточно велико.

Наряду с медными несущими проводами используются биметаллические (изготовленные из двух разных металлов) несущие тросы, свитые из отдельных проволок, стальная сердцевина которых покрыта тонким слоем меди, а так же тросы, изготовленные из стальной и алюминиевой проволоки. Сочетание более прочной на разрыв стали с менее прочными, но зато обладающими малым сопротивлением медью и алюминием, позволяет использовать такие провода даже в местах активного химического воздействия атмосферы.

Алюминий имеет более высокое удельное сопротивление, чем медь, но его плотность меньше, чем у меди. Для изготовления одинаковых по длине и имеющих равные сопротивления проводов более дешевого алюминия требуется в 2 раза меньше, чем меди. Однако, алюминий гораздо более чувствителен к механическим воздействиям, чем медь, и поэтому провода из него используются для питания нетяговых, вспомогательных потребителей тока; в проводах контактной сети алюминий не применяется.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Вычислить искомую величину, используя формулу для расчета сопротивления.



№	Металл	Длина проводника l, км	Площадь поперечного сечения, S, мм ²	Сопротивление, R, Ом
1	алюминий	5,5	65	?
2	медь	1	?	0,2
3	сталь	?	100	6,8
4	алюминий	1,5	150	?
5	медь	4	?	1
6	сталь	?	85	3,5
7	Алюминий	3,5	100	?
8	медь	2,5	?	0,28
9	сталь	?	65	6,9
10	алюминий	5,5	85	?

2. Определить плотность тока, если за 0,4 с через проводник, площадь поперечного сечения которого равна 1,2 мм², прошло $6 \cdot 10^{18}$ электронов.
($j=2 \text{ A/мм}^2$)
3. Сколько электронов проходит через поперечное сечение проводника за 1нс при силе тока 48 мкА? ($N=3 \cdot 10^5$)
4. Найти скорость упорядоченного движения электронов в проводе сечением 5 мм² при силе тока 16 А, если концентрация электронов проводимости $2,5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. ($v=0,8 \text{ мм/с}$)
5. Найти плотность тока в проводе, зная, что при средней концентрации электронов проводимости $2 \cdot 10^{29}$ скорость упорядоченного движения электронов составляет 0,9 мм/с. ($j \approx 28,8 \text{ A/мм}^2$)
6. Опасным для жизни человека является поражение электрическим током более 20 мА. Какое напряжение может представлять опасность для жизни человека, если сопротивление тела человека при поврежденной коже около 1000 Ом? ($U=20 \text{ В}$)
7. Определить падение напряжения в линии электропередачи длиной 600 м при силе тока в ней 15 А. Проводка выполнена алюминиевым проводом, площадь поперечного сечения которого равна 13,5 мм². ($U=18 \text{ В}$)
8. При включении катушки из нихромовой проволоки в сеть 126 В возникает ток силой 1,2 А. Определить длину провода при площади поперечного сечения 0,5 мм². ($L=50 \text{ м}$)
9. Какое дополнительное сопротивление нужно подключить к лампе рассчитанной на напряжение 50 В и силу тока 0,5 А, чтобы она не перегорела, если на напряжение на зажимах блока питания 60 В (внутренним сопротивлением источника пренебречь). ($R=20 \text{ Ом}$)
10. Какой длины алюминиевый провод сечением 1,5 мм² нужно подключить

последовательно к потребителю рассчитанному на напряжение 10 В и ток 0,25 А, чтобы он не вышел из строя, при напряжении на клеммах источника 14 В? ($L \approx 890 \text{ м}$)

11. Кислотный аккумулятор с ЭДС 2 В при замыкании на внешнее сопротивление 4,8 Ом дает силу тока 0,4 А. Определить внутреннее сопротивление аккумулятора и напряжение на его зажимах.

$$(U=1,92 \text{ В}, r=0,2 \text{ Ом})$$

12. Найти внешнее сопротивление цепи на котором откладывается напряжение 1,8 В, если ЭДС источника тока равна 2 В и сила тока в цепи 0,5 А. Определить внутреннее сопротивление источника тока.

$$(R=3,6 \text{ Ом}, r=0,4 \text{ Ом})$$

13. ЭДС батареи аккумулятора 12 В, а ее внутреннее сопротивление 0,04 Ом. Чему равна сила тока короткого замыкания у этого аккумулятора?

$$(I_{кз}=300 \text{ А})$$

14. Батарейка для карманного фонаря с ЭДС 4,5 В при замыкании на сопротивление 7,5 Ом создает силу тока в цепи 0,5 А. Определить силу тока при коротком замыкании цепи. Определить КПД источника тока.

$$(I_{кз}=3 \text{ А}, \eta \approx 83,3\%)$$

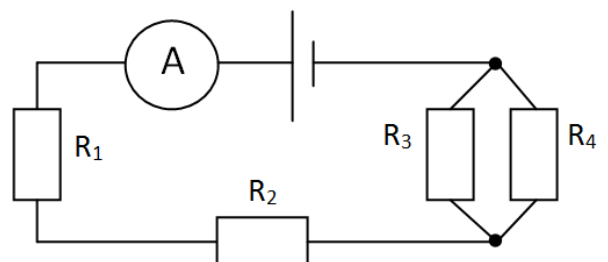
15. Щелочной аккумулятор дает силу тока 1,6 А, если его замкнуть на сопротивление 1,5 Ом. При замыкании аккумулятора на сопротивление 3,25 Ом возникает сила тока 0,8 А. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора. ($E=2,8 \text{ В}, r=0,25 \text{ Ом}$)

16. Найти силу тока в цепи и напряжение на потребителе сопротивлением 9 Ом при подключении его к источнику с ЭДС 20 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. ($U=18 \text{ В}, I=2 \text{ А}$)

17. Каким должно быть сечение железного проводника, чтобы замкнув им элемент с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом, получить силу тока 0,6 А? Длина проводника равна 6,9 м. ($S=0,3 \text{ мм}^2$)

18. К источнику электрического тока с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 0,6 Ом подключается нагрузка из трех одинаковых сопротивлений, соединенных последовательно. Сила тока в цепи 2 А. Определить каждое сопротивление. ($R=2,7 \text{ Ом}$)

24. Элемент с ЭДС 12,8 В включен в цепь так, как показано на схеме. Амперметр показывает 2 А при $R_1=2 \text{ Ом}$, $R_2=1,6 \text{ Ом}$, $R_3=6 \text{ Ом}$, $R_4=4 \text{ Ом}$. Определить внутреннее сопротивление цепи и падение напряжения на каждом элементе.



$$(r=0,4 \text{ Ом}, U_1=4 \text{ В}, U_2=3,2 \text{ В}, U_3=4,8 \text{ В}, U_4=4,8 \text{ В})$$

Практическая работа 12

Тема: Индукция магнитных полей проводников различной формы.

Цель: Научиться применять теоретические знания по теме: «Виды магнитных полей» на практике при решении задач по расчету их силовых характеристик.

Основные определения и термины:

Магнитное поле - особая форма материи (одна из двух компонент электромагнитного поля), посредством которой взаимодействуют двигающиеся электрические заряды. Источником магнитных полей являются двигающиеся электрические заряды (в частном случае электрические токи), а также переменные электрические поля.

Вектор магнитной индукции (индукция магнитного поля) – векторная физическая величина, характеризующая магнитное поле в конкретной точке и равная максимальной силе со стороны магнитного поля, действующей на прямолинейный проводник единичной длины с единичным током, помещенный в эту точку.

Магнитная проницаемость среды – физическая величина, показывающая во сколько раз вектор магнитной индукции в данной однородной среде, отличается от вектора магнитной индукции в вакууме.

Напряженность магнитного поля - векторная физическая величина, характеризующая магнитное поле в конкретной точке и связанная с индукцией магнитного поля через магнитную проницаемость среды.

Магнитный поток – скалярная физическая величина, равная произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь S и косинус угла α между векторами магнитной индукции и нормалью к поверхности.

Соленоид – разновидность катушки из провода, которая может быть выполнена в виде однослойной или многослойной намотки.

$\vec{B} = \frac{\vec{F}_{max}}{IL}$ $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0}$ – напряженность магнитного поля; $\Phi = BS\cos\alpha$ – магнитный поток. В задачах расчета магнитного потока соленоида $\alpha = 0$ и $\cos 0^0 = 1 \Rightarrow \Phi = BS$	\vec{B} – Вектор магнитной индукции \vec{F}_{max} - сила, со стороны магнитного поля μ – магнитная проницаемость среды $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м магнитная постоянная, иногда удобна запись: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м S – площадь, которую пронизывает магнитное поле (если поверхность охвата круг: $S = \pi R^2$, где R – его радиус)
---	---

$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r}$ – магнитная индукция поля бесконечно длинного тонкого проводника	μ – магнитная проницаемость среды (для вакуума равна 1) r – расстояние от провода до точки с \vec{B}
$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$ – магнитная индукция поля витка с током в его центре	R – радиус витка N – число витков
$B = \mu\mu_0 In$ – магнитная индукция внутри соленоида	L – длина соленоида $n = \frac{N}{L}$ – концентрация витков в соленоиде

Примеры решения задач:

На кратчайшем расстоянии от прямолинейного длинного провода равным 4 см создается магнитная индукция 12 мкТл. Найти напряженность и вектор магнитной индукции на расстоянии 6 см от него.

Дано:	СИ	Решение:
$r_1 = 4$ см	$4 \cdot 10^{-2}$ м	Из формулы магнитной индукции поля бесконечно длинного проводника выведем и найдем силу тока:
$r_2 = 6$ см	$6 \cdot 10^{-2}$ м	
$B_1 = 12$ мкТл	$12 \cdot 10^{-6}$ Тл	
$H_2 - ?$ $B_2 - ?$		

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r} \Rightarrow I = \frac{2\pi B_1 r_1}{\mu\mu_0}$$

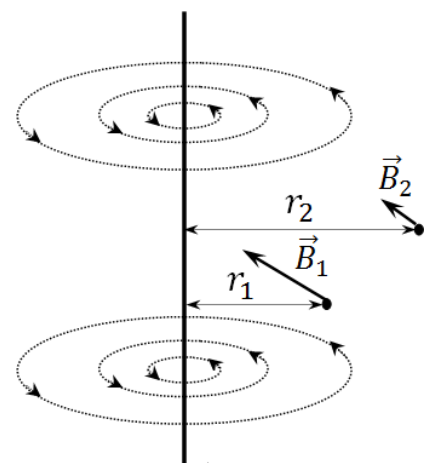
При отсутствии данных про окружающую среду $\mu = 1$.

$$I = \frac{2\pi \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 2,4 \text{ (А)} \text{ т.к. провод один и тот же:}$$

$$B_2 = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r_2} = \frac{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2,4}{2\pi \cdot 6 \cdot 10^{-2}} = 0,8 \cdot 10^{-5} \text{ (Тл)}$$

$$\text{Напряженность: } H = \frac{B}{\mu\mu_0} = \frac{0,8 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6}} \approx 6,35 \text{ (А/м)}$$

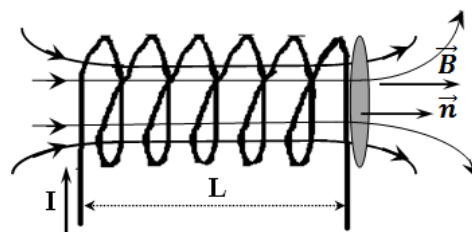
Ответ: $B_2 = 8$ мкТл, $H_2 = 6,35$ А/м



На ферромагнитный каркас длиной 15 см намотан провод образующий 120 витков.. Определить площадь этого каркаса, если при силе тока 2 А через соленоид проходит магнитный поток 2 мкВб. Магнитная проницаемость ферромагнетика равна 4.

Дано:	СИ
$L=15 \text{ см}$	$0,15 \text{ м}$
$N=120$	
$I=2 \text{ А}$	
$\Phi=2 \text{ мкВб}$	$2 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}$
$\mu=4$	
$S=?$	

Решение
 Найдем магнитную индукцию поля внутри соленоида, а затем воспользуемся определением магнитного потока:



$$B = \mu_0 n I = \mu_0 \frac{N}{L} I = 4 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot \frac{120}{0,15} \approx 8,06 \cdot 10^{-3} \text{ (Тл)}$$

Магнитный поток в силу определения: $\Phi = BS \cos \alpha$

Из рисунка видно, что векторы \vec{n} (перпендикуляр к поверхности) и \vec{B} сонаправлены, т.е. угол между ними $\alpha = 0^\circ \Rightarrow$

$$\Phi = BS \Rightarrow S = \frac{\Phi}{B} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{8,06 \cdot 10^{-3}} \approx 0,25 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)}$$

Ответ: $S = 2,5 \text{ см}^2$

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 11 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 394 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Найти напряженность и магнитную индукцию поля в точке, находящейся в воздухе на расстоянии 9,2 см от прямолинейного проводника, по которому течет ток силой 2,76 А (провод считать бесконечно длинным).
 $(B=6 \text{ мкТл}, H \approx 4,76 \text{ А/м})$
2. Индукция магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 4,5 см от прямолинейного длинного проводника с током, равна $3,15 \cdot 10^{-4}$ Тл. Определить напряженность поля в этой точке и силу тока в проводнике.
 $(H=250 \text{ А/м}, I \approx 70,9 \text{ А/м})$
3. Найти силу тока в бесконечном прямолинейном проводнике, если на расстоянии 2 см от него создается напряженность 200 А/м? $(I \approx 25,1 \text{ А})$

4. Два параллельных проводника расположены на расстоянии 4 см друг от друга. Сила тока в первом проводнике 25 А, а во втором 5 А. Найти длину участка проводников, на которую действует сила 0,12 мН. ($L \approx 0,19 \text{ м}$)
5. В каждом из двух параллельных проводников сила тока равна 100 А. Каково расстояние между проводниками, если при воздействии на отрезок проводников длиной 75 см действует сила 50 мН? ($r = 3 \text{ см}$)
6. В центре кругового витка с током индукция магнитного поля равна 252 мкТл. Определить напряженность магнитного поля в центре и силу тока в проводнике, если радиус витка равен 5,8 см. ($H = 200 \text{ А/м}$, $I = 23,2 \text{ А}$)
7. Соленоид без сердечника, длиной 1,12 м содержит 750 витков. Сила тока в проводе соленоида равна 5,6 А. Определить напряженность и вектор магнитной индукции внутри катушки. ($B = 4,725 \text{ мВб}$, $H = 3750 \text{ А/м}$)
8. Определить силу тока в соленоиде без сердечника длиной 64 см, если он содержит 820 витков и индукция магнитного поля внутри него 2,5 мТл.
($I \approx 10,6 \text{ А}$)
9. Во сколько раз изменится напряженность магнитного поля внутри соленоида, если в него добавить ферромагнитный сердечник с магнитной проницаемостью 6, а силу тока уменьшить в два раза?
(уменьшится в два раза)
10. Какова напряженность магнитного поля в центре кольца радиусом 8 см по которому течет ток 5 А? ($H = 31,25 \text{ А/м}$)
11. Два проводника представляют собой концентрические кольца с радиусами 20 и 12 см. В наружном проводнике сила тока равна 10 А, а во внутреннем она составляет 6 А. Найти напряженность и индукцию магнитного поля в центре окружностей при одинаковых и противоположных направлениях тока. ($B_{p1} = 63 \text{ мкТл}$, $H_{p1} = 50 \text{ А/м}$, $B_{p2} = 0$, $H_{p2} = 0$)
12. Решить предыдущую задачу для случая, когда два кольца перпендикулярны друг другу. ($B_p \approx 44,5 \text{ мкТл}$, $H_p \approx 35,4 \text{ А/м}$)
13. Сколько витков на сантиметре длины должен содержать соленоид, чтобы индукция магнитного поля внутри него была не менее $49,2 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ при силе тока 4,3 А. Магнитная проницаемость сердечника равна 6. ($N \approx 15$)
14. Определить магнитный поток в соленоиде, если радиус его витков 4,8 см, а напряженность магнитного поля, созданного им 20 А/м. ($\Phi \approx 0,18 \text{ мкВб}$)
15. Магнитный поток катушки главного полюса тягового двигателя электровоза 0,16 Вб. Площадь полюса 8 дм². Определить магнитную индукцию и напряженность магнитного поля катушки.
($B = 2 \text{ Тл}$, $H \approx 1,59 \text{ МА/м}$)
16. Определить силу тока в соленоиде изготовленного из провода, намотанного на ферромагнитный железный каркас длиной 30 см с площадью основания 10 см². Витки радиусом 0,4 мм плотно намотаны друг к другу. При магнитной проницаемости сердечника равной 8 внутри соленоида создается магнитный поток 2 мкВб. ($I \approx 0,16 \text{ А}$)

Уровень задачи	Номера задач						Максимальный балл
	1	9	10	11	15	14	
1	1	9	10	11	15		3
2	2	3	6	7	8	14	4
3	4	5	12	13	16		5

Практическая работа 13

Тема: Сила Ампера, сила Лоренца.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме: «Сила Ампера, сила Лоренца» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Сила Лоренца – сила, с которой магнитное поле действует на движущийся заряд (заряженную частицу). Сила Лоренца не изменяет величину скорости частицы, однако меняет ее направление, заставляя двигаться по окружности (спирали). Радиус окружности (спирали) зависит от силовых характеристик магнитного поля, скорости, массы и заряда частицы.

Сила Ампера – сила, с которой магнитное поле действует на отрезок проводника с электрическим током. Является следствием силы Лоренца.

Правило левой руки: Если расположить ладонь левой руки так, чтобы линии индукции магнитного поля входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре пальца направлены по току (по направлению движения частицы), то отогнутый большой палец ладони покажет направление действия силы Ампера (силы Лоренца, действующей на положительную частицу).

$\vec{H} = \frac{B}{\mu\mu_0}$ – напряженность магнитного поля $F_a = BIl\sin\alpha$ – сила Ампера $F_l = BQvs\sin\alpha$ – сила Лоренца $R = \frac{BQ}{mv}$ – радиус траектории движения заряженной частицы в магнитном поле В условиях задач, где указаны названия частиц, заряд Q и массу m считают известными $T = \frac{2\pi R}{v}$ – период (время, за которое частица совершает один полный оборот)	B – индукция магнитного поля $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнитная постоянная l – отрезок (длина) проводника в магнитном поле v – скорость частицы в магнитном поле α – угол между направлением движения положительной частицы и вектором \vec{B} $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг – масса протона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг – масса электрона $Q_p = Q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – величина заряда протона, электрона
---	--

Примеры решения задач:

Найти длину активной части проводника с током 0,5 А, расположенного в магнитном поле с напряженностью 5000 Н/А под углом 30° к силовым линиям при действии механической силы со стороны поля 0,4 мН.

Дано:	СИ:	Решение:
$I=0,5 \text{ А}$	$0,4 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$	Зная напряженность магнитного поля найдем вектор магнитной индукции: $B = H\mu\mu_0 = 5000 \cdot 1 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} = 6300 \cdot 10^{-6} \text{ (Тл)}$ $\mu=1$ – магнитная проницаемость среды (для любых сред, кроме ферромагнетиков)
$H=5000 \text{ А/м}$		
$F=0,4 \text{ мН}$		
$\alpha=30^\circ$		
$L=?$		

$$F_a = BLI \sin \alpha \Rightarrow L = \frac{F_a}{BI \sin 30^\circ} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{6300 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 0,5} \approx 0,00025 \cdot 10^3 = 0,25 \text{ (м)}$$

Ответ : $L = 25 \text{ см.}$

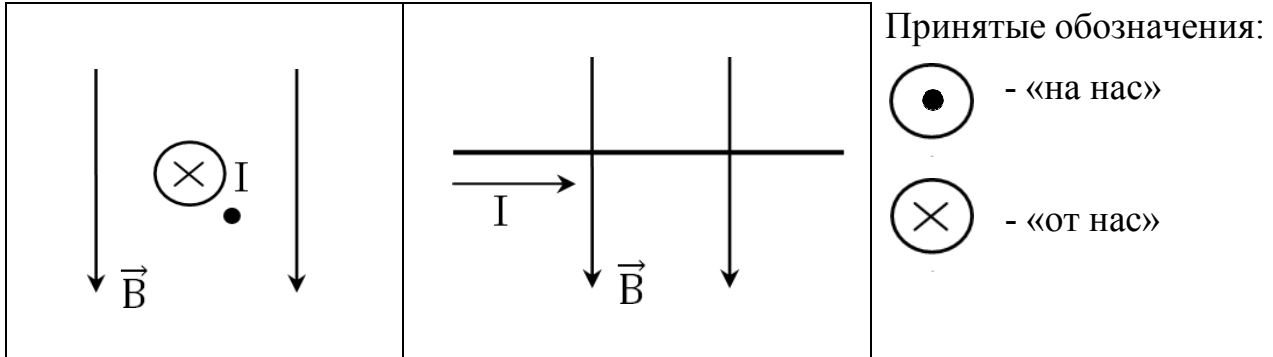
Электрон влетает в магнитное поле, вектор магнитной индукции которого 0,2 мТл, со скоростью $4 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ перпендикулярно силовым линиям. Определить силу, действующую на электрон, напряженность магнитного поля, а также радиус окружности, по которой будет двигаться частица под действием магнитного поля.

Дано:	СИ:	Решение:
$B=0,2 \text{ мТл}$	$0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$	$F_{л} = BQvsin\alpha$ $F_{л} = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 1 =$ $= 1,28 \cdot 10^{-17} \text{ (Н)}$ $B = H\mu\mu_0 \Rightarrow H = \frac{B}{\mu\mu_0} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6}} =$ $= 0,158 \cdot 10^3 = 158 \text{ (А/м)}$ Если заряженная частица влетает в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям, то она движется по траектории, линия которой представляет собой окружность радиусом:
$v=4 \cdot 10^5 \text{ м/с}$		
$Q=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$		
$m=9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$		
$\alpha=90^\circ$		
$F=? \text{ Н-?}$		
$R=?$		

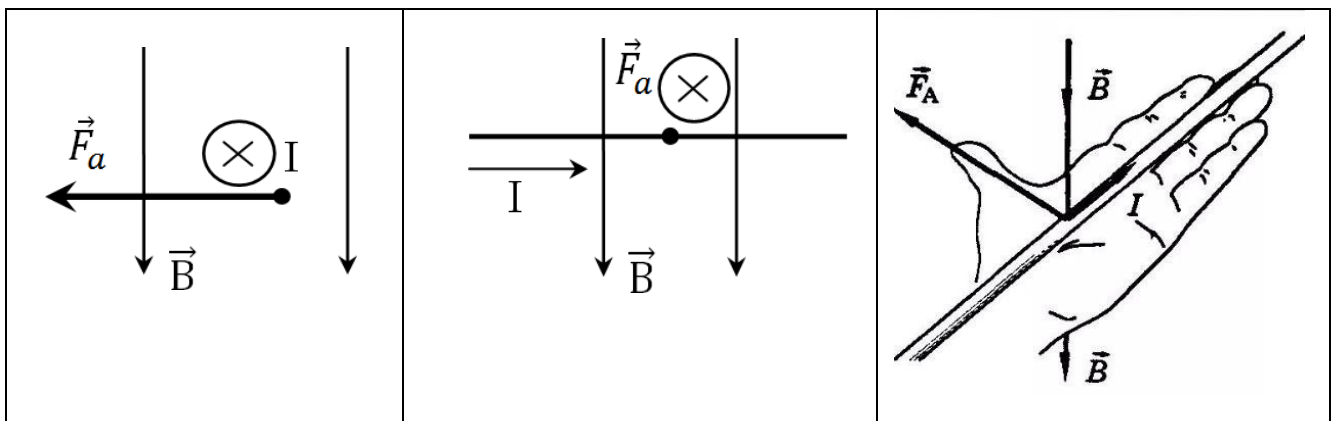
$$R = \frac{mv}{BQ} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 4 \cdot 10^5}{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 114 \cdot 10^{-4}(\text{м}) = 11,4 \text{ мм}$$

Ответ: $F=1,28 \cdot 10^{-17}$ Н, $H=158$ А/м, $R=11,4$ мм

Определите направление действия силы Ампера для следующих рисунков:



Для графических задач применяем правило левой руки в соответствии с рисунком справа и достраиваем начальные варианты указывая на них направление силы (большого пальца):



Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 11 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 394 с.; <https://biblionline.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

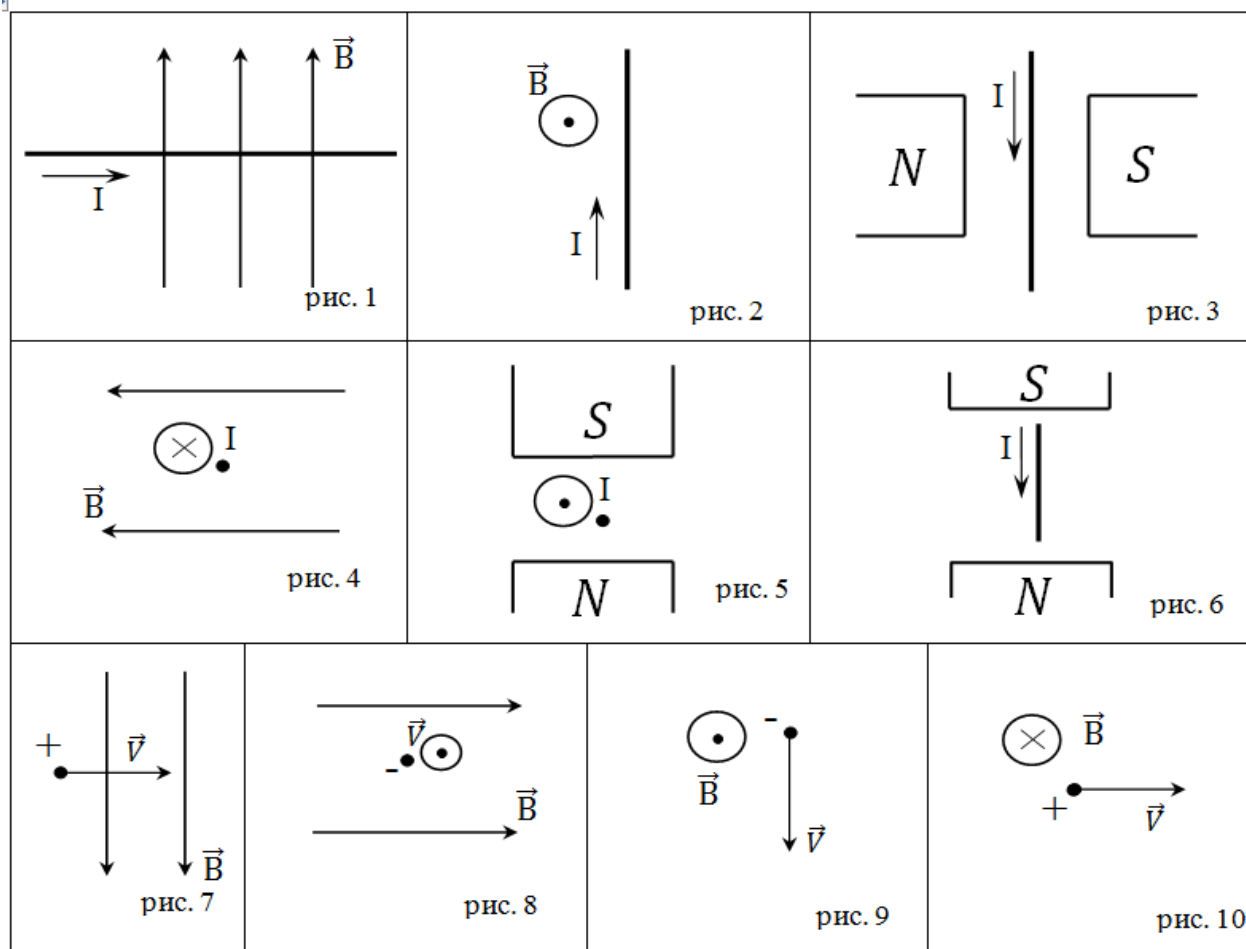
Задачи для самостоятельного решения:

1. Какова сила, действующая на проводник с током 5 А, находящийся в магнитном поле с индукцией 5 мТл перпендикулярно силовым линиям? Длина активной части проводника 20 см.

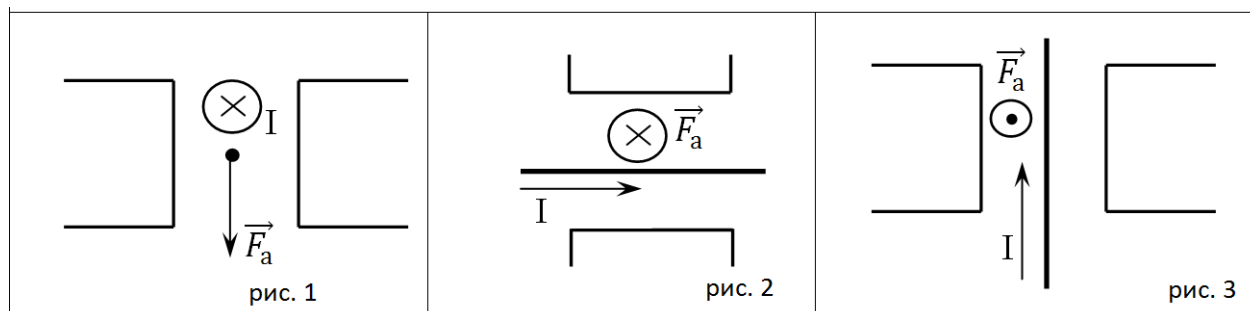
($F=5$ мН)

2. Определить силу Ампера, если проводник находится в магнитном поле с индукцией 2 мТл под углом 30° к линиям магнитной индукции. Длина проводника 40 см, а сила тока в нем 20А. ($F=8 \text{ мН}$)
3. В однородном магнитном поле с индукцией 0,25 Тл находится прямолинейный проводник длиной 1,4 м, на который действует сила 2,1Н. Определить угол между направлением тока в проводнике и направлением магнитного поля, если сила тока в проводнике равна 12 А. ($\alpha=30^\circ$)
4. На проводник с током 2 А длиной 1,2 м, помещенный в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям, действует сила 200 мкН. Определить величину вектора магнитной индукции и его напряженность.
($B \approx 83,3 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$, $H \approx 66,1 \text{ А/м}$)
5. Протон движется со скоростью 1 Мм/с в магнитном поле с индукцией 25 мТл перпендикулярно его силовым линиям. Какова сила, действующая на частицу со стороны магнитного поля? ($F=4 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$)
6. Вычислить напряженность однородного магнитного поля, действующего на проводник длиной 25 см с током 0,5 А максимальной силой 4 мН.
($H=25,4 \text{ кА/м}$)
7. В однородное магнитное поле с индукцией 8 мТл влетает электрон со скоростью $4,5 \cdot 10^7 \text{ м/с}$, направленной перпендикулярно к линиям магнитной индукции. Определить силу, действующую на электрон в магнитном поле и радиус окружности, по которой он будет двигаться.
($F=57,6 \text{ фН}$, $R \approx 31,2 \text{ м}$)
8. Электрон и протон влетают в однородное магнитное поле. Скорость протона превышает скорость электрона в 6 раз. Векторы скоростей частиц перпендикулярны силовым линиям поля. Чему равно отношение сил, действующих со стороны магнитного поля на частицы. ($F_p/F_e=6$)
9. Электрон движется в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции по окружности радиусом 2,2 м. определить скорость движения электрона, если напряженность поля равна 200 А/м. За какое время частица совершает один полный оборот?
($v \approx 20,1 \text{ Мм/с}$, $T \approx 0,69 \text{ мкс}$)
10. Протон разгоняется до скорости $3 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ и влетает в магнитное поле с индукцией 200 мкТл перпендикулярно силовым линиям. Найти напряженность магнитного поля, механическую силу со стороны такого поля, действующую на частицу, а также радиус траектории ее движения.
($H \approx 159 \text{ А/м}$, $F=9,6 \cdot 10^{-16} \text{ Н}$, $R \approx 1,56 \cdot 10^3 \text{ м}$)
11. Электрон под действием магнитного поля движется по окружности радиусом 2 см со скоростью $0,5 \cdot 10^7 \text{ м/с}$. Найти вектор магнитной индукции и напряженность такого поля. За какое время электрон совершает один полный оборот? ($B \approx 142,3 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$, $H \approx 1129 \text{ А/м}$, $T \approx 25,1 \text{ нс}$)

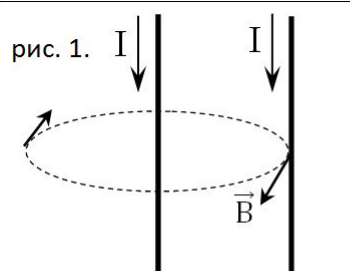
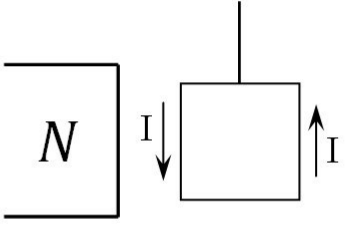
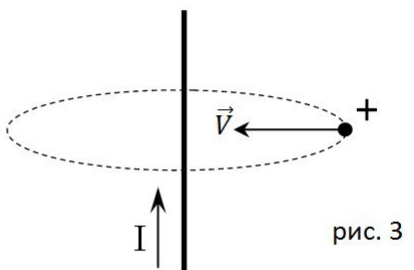
12. Протон разгоняется в электрическом поле с разностью потенциалов 1,2кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к линиям магнитной индукции. В магнитном поле он движется по окружности. радиусом 50 см. Определить напряженность и индукцию магнитного поля, если движение происходит в вакууме. ($H \approx 7,9 \text{ кА/м}$, $B \approx 10 \text{ мТл}$)
13. Найти кинетическую энергию электрона, движущегося по дуге окружности радиусом 40 см в однородном магнитном поле с индукцией 2,4 мкТл. ($E_k = 0,13 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$)
14. Проводник с током перемещается в однородном магнитном поле с индукцией 0,12 Тл перпендикулярно к линиям индукции на расстояние 50 см. Какая при этом совершается работа? Длина проводника равна 0,4 м, сила тока в нем 15 А. ($A = 0,36 \text{ Дж}$)
15. Указать направление сил, действующих на отрезки проводников и двигающиеся частицы в соответствии с рисунками:



16. Укажите полюса магнитов:



17. Выполните задания или ответьте на вопросы:

<p>рис. 1. </p> <p>Докажите, что провода с сонаправленными токами притягиваются.</p>	<p></p> <p>Как поведет себя рамка?</p> <p style="text-align: right;">рис. 2</p>	<p></p> <p>Куда в данный момент направлена сила Лоренца?</p> <p style="text-align: right;">рис. 3</p>
---	--	--

Уровень задачи	Номера задач						Максимальный балл
1	1	2	3	4	5	6	3
2	7	8	14	15	16		4
3	9	10	11	12	13	17	5

Практическая работа 14

Тема: Активное сопротивление в цепях переменного электрического тока.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме: «Характеристики переменного электрического тока» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Переменный электрический ток - электрический ток, который с течением времени изменяется по величине и направлению или, в частном случае, изменяется по величине, сохраняя свое направление в электрической цепи неизменным.

Гармонический ток - переменный ток, который с течением времени изменяется по закону синуса или косинуса. В этом случае его рассматривают как колебания и называют *электромагнитными колебаниями*.

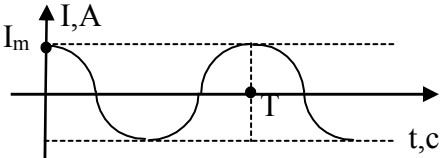
Основные характеристики гармонического тока: мгновенные значения (записываются в виде функций зависимости от времени), амплитудные (максимальные) значения, частота колебаний, действующие значения, фаза колебаний.

Действующие (эффективные) значения переменного тока - это значение постоянного тока, при котором за период переменного тока в проводнике выделяется столько же теплоты (совершается та же работа), сколько и при переменном токе. Измерительные приборы в цепях переменного тока показывают действующие значения.

Активное сопротивление - физическая величина, характеризующая сопротивление электрической цепи (или её участка) электрическому току,

обусловленное необратимыми превращениями электрической энергии в другие формы (преимущественно в тепловую). Основная причина – взаимодействие движущихся заряженных частиц с другими частицами, составляющими элементами вещества, например ионами.

Электрическая мощность – физическая величина, характеризующая быстроту преобразования электрической энергии.

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ <p>$i = I_m \cos(\omega t + \varphi_0)$ - мгновенное значение тока</p> <p>$u = U_m \cos(\omega t + \varphi_0)$ - мгновенное значение напряжения</p> <p>При $\varphi_0=0$:</p>  <p>$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ и $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$</p> <p>$P = UI = \frac{U_m I_m}{2}$</p> <p>Закон Ома для участка цепи:</p> <p>$I = \frac{U}{R}$ или $I_m = \frac{U_m}{R}$</p>	<p>T – период колебаний</p> <p>ν – частота колебаний, $\nu=50$ Гц – значение стандартной частоты в РФ</p> <p>ω – циклическая частота колебаний</p> <p>φ_0 – начальная фаза колебаний, в задачах приведенных ниже $\varphi_0=0$</p> <p>I_m и U_m – максимальные значения тока и напряжения</p> <p>I и U – действующие значения тока и напряжения</p> <p>P – электрическая мощность</p> <p>R – активное сопротивление</p> <p>Мгновенные значения записываются в виде функций зависимости от t:</p> <p>$i=5\sin 7\pi t$ (A)</p> <p>т.е $I_m=5$ А и $\omega=7\pi$ рад/с</p>
--	--

Задачи для самостоятельного решения:

В сеть с переменным действующим напряжением 220 В и частотой 50 Гц включили чайник с внутренним сопротивлением 20 Ом. Найти все характеристики переменного тока, а также потребляемую чайником мощность.

<p>Дано:</p> <p>U=220 В</p> <p>$\nu=50$ Гц</p> <p>R=20 Ом</p> <hr/> <p>T-?, ω-?, I-?, U_m-?</p> <p>I_m- ? P-?</p>	<p>Решение:</p> <p>I, U, I_m, U_m - действующие и максимальные значения напряжения и силы тока, связаны между собой через $\sqrt{2}$.</p> <p>Силу тока и напряжение между собой можно связать через закон Ома: $I = \frac{U}{R}$,</p> <p>или через мощность : P=UI)</p> <p>Колебательные характеристики T, ν, ω связаны только между собой. Итак:</p>
--	--

Период через частоту: $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{50} = 0,02$ (с);

циклическая частота: $\omega = 2\pi\nu = 2\pi \cdot 50 = 100\pi$ (рад/с) – число π при нахождении циклической частоты принято оставлять.

Максимальное значение напряжения: $U_m = U \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} \approx 311$ В;

Силу тока по закону Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{20} = 11$ А;

Максимальное значение тока: $I_m = I \cdot \sqrt{2} = 11 \cdot \sqrt{2} \approx 15,56$ А

Или по закону Ома: $I_m = \frac{U_m}{R} = \frac{311}{20} = 15,55$ А;

Потребляемая мощность: $P = UI$ (перемножаем действующие значения)

$$P = 220 \cdot 11 = 2420 \text{ (Вт)}$$

Ответ: $T = 0,02$ с, $\omega = 100\pi$ рад/с, $U_m = 311$ В, $I = 11$ А, $I_m = 15,55$ А,

$$P = 2,42 \text{ кВт}$$

В сеть с максимальным значением тока 1,5 А подключили нагрузку, потребляющую 200 Вт, зная, что период колебаний тока равен 0,04 с, найти все характеристики переменного тока, а также сопротивление нагрузки.

Дано:

$$I_m = 1,5 \text{ А}$$

$$T = 0,04 \text{ с}$$

$$P = 200 \text{ Вт}$$

ν -? ω -?

I -?, U -?, U_m -? R -?

Решение:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,04} = 25 \text{ (Гц)}$$

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi \cdot 25 = 50\pi \text{ (рад/с)}$$

$$\text{действующее значение тока: } I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{1,5}{1,414} \approx 1,06 \text{ (А)}$$

Найдем действующее значение напряжения через мощность:

$$P = UI \Rightarrow U = \frac{P}{I} = \frac{200}{1,06} \approx 188,7 \text{ (В)};$$

$$U_m = U \cdot \sqrt{2} = 188,7 \cdot 1,414 \approx 266,8 \text{ (В)};$$

Сопротивление найдем через закон Ома для участка цепи:

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{188,7}{1,06} = 178 \text{ (Ом)}$$

Ответ: $\nu = 25$ Гц, $\omega = 50\pi$ рад/с, $I = 1,06$ А, $U = 188,7$ В, $U_m = 266,8$ В, $R = 178$ Ом

В сеть, где сила тока меняется по закону $i = 0,5 \sin 50\pi t$ (А) включено активное сопротивление 50 Ом. Найти все характеристики переменного тока, а также закон, согласно которому меняется напряжение. Чему равна потребляемая мощность? Построить график зависимости $u(t)$.

Дано:

$$i = 0,5 \sin 50\pi t \text{ (А)}$$

$$R = 50 \text{ Ом}$$

Решение:

Общее уравнение колебаний имеет вид $i = I_m \sin \omega t$ (А) или $i = I_m \cos \omega t$ (А). Функция \sin используется в том случае, если в начальный момент времени значение тока равно 0. Если в

U_m -?, I -? I_m -?, U -? P -? график; ν -? ω -? T -? $u(t)$ -?	начальный момент времени значение тока максимально, используется функция \cos .
--	---

Если в начальный момент времени значение тока не равно ни нулю, ни максимальному значению, тогда уравнение записывается с учетом начальной фазы: $i=I_m\sin(\omega t+\varphi_0)$.

В нашем случае ток меняется по закону синуса.

Сравним два уравнения: общее и конкретное для данной задачи и выясним, какие величины нам известны:

$$i=I_m\sin\omega t \text{ (A)} \text{ и } i=0,5\sin 50\pi t \text{ (A)} \Rightarrow I_m=0,5 \text{ A}, \omega=50\pi \text{ рад/с.}$$

$$\omega = 2\pi\nu \Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{50\pi}{2\pi} = 25 \text{ (Гц)}; \quad T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{25} = 0,04 \text{ (с)}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{0,5}{1,414} \approx 0,35 \text{ (A)};$$

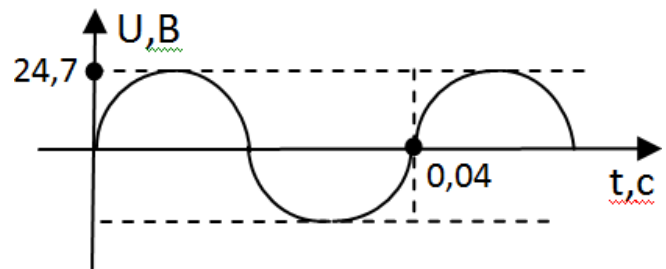
$$U=I \cdot R=0,35 \cdot 50=17,5 \text{ (В)}; \quad U_m=U \cdot \sqrt{2} = 17,5 \cdot 1,41=24,7 \text{ (В)}$$

$$P=UI=17,5 \cdot 0,35=6,13 \text{ (Вт)}.$$

При наличии в цепи только **активного сопротивления колебания силы тока и напряжения совпадают по фазе**, это значит, что если колебания силы тока совершаются по закону синуса, то и колебания напряжения будут совершаться по тому же закону - закону синуса.

Т.е. общее уравнение колебаний напряжения в задаче имеет вид: $u=U_m\sin\omega t$ (В), в нашем случае: $u=24,7\sin 50\pi t$ (В).

При построении графика необходимо учесть, что график – синусоида, и указать на нем две известные точки: максимальное значение и период колебаний.



Ответ: $U_m=24,7$ В, $T=0,04$ с, $\nu=25$ Гц, $U=17,5$ В, $P=6,13$ Вт, $I=0,35$ А, $I_m=0,5$ А, $u=24,7\sin 50\pi t$ (В).

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 11 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 394 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Зависимость напряжения от времени в цепи переменного тока выражается формулой $u=120\sin 200\pi t$ (В). Определить амплитудное значение напряжения, частоту и период изменения напряжения. Укажите значение напряжения в начальный момент времени. ($\nu=100$ Гц, $T=10$ мс)
2. На какое напряжение надо рассчитывать изоляторы линии передачи, если действующее напряжение 430 кВ. ($U\approx 608$ кВ)
3. Зависимость силы тока от времени определяется выражением $i=10\cos 75\pi t$ (мА). Определить действующее значение тока, период и частоту его изменения. Укажите значение силы тока в начальный момент времени. ($I\approx 7,1$ А, $\nu=37,5$ Гц, $T\approx 26,7$ мс)
4. В цепь переменного электрического тока включена нагрузка, потребляющая 40 Вт при токе 0,5 А. Каково амплитудное значение напряжения? ($U\approx 113$ В)
5. Зависимость напряжения от времени в цепи переменного тока выражается формулой $u=200\sin 120\pi t$ (мВ). Определить действующее значение напряжения, частоту и период его изменения.

$$(U\approx 141,4 \text{ В}, \nu=60 \text{ Гц}, T\approx 16,7 \text{ мс})$$

6. Написать уравнение зависимости напряжения и силы тока от времени для электроплитки сопротивлением 50 Ом включенную в стандартную сеть.

$$u=311\sin 100\pi t(\text{В}), i=6,22\sin 100\pi t(\text{А})$$

7. На участке цепи с активным сопротивлением 4 Ом сила тока изменяется по закону $i=14,1\sin 314t$ (А). Определить действующее значение силы тока, активную мощность, потребляемую данным участком. На какое напряжение должна быть рассчитана изоляция проводов? Написать уравнение зависимости напряжения от времени.

$$(I=10 \text{ А}, P\approx 400 \text{ Вт}, U_m=56,4 \text{ В}, u=56,4\sin 314t(\text{В}))$$

8. На рисунке приведен график зависимости напряжения от времени в сети переменного тока.

В эту сеть включили электрический утюг мощностью 1 кВт.

Написать уравнение зависимости

силы тока и напряжения от времени. Построить график зависимости силы тока от времени.

$$(u=308\cos 100\pi t(\text{В}), i=6,5\cos 100\pi t(\text{А}))$$

9. В цепь переменного тока с действующим значением напряжения 220 В и стандартной частоты включили потребитель с сопротивлением 55 Ом. Определить действующее и амплитудное значение силы тока. Написать зависимость силы тока и напряжения от времени.

$$(I_m\approx 5,64 \text{ А}, I=4 \text{ А}, i=5,64\sin 100\pi t(\text{А}), u=311\sin 100\pi t(\text{В}))$$

10. Действующее значение силы тока в цепи 2 А. Период колебаний 0,04 с. В этом случае нагрузка, включенная в цепь потребляет мощность 100 Вт. Определить активное сопротивление нагрузки, максимальное значение напряжения, а также циклическую частоту колебаний.

$$(R=25 \text{ Ом}, U_m \approx 70,5 \text{ В}, \omega=50\pi \text{ рад/с})$$

11. Зависимость силы тока от времени представлена в виде формулы $i=40\cos 250\pi t$ (мА). Построить график зависимости напряжения от времени, если в цепь включена нагрузка 50 Ом. Какова потребляемая нагрузкой мощность? ($P=0,04 \text{ Вт}$)

12. В сеть с максимальным значением напряжения 70 В и частотой 75 Гц подключили нагрузку, потребляющую 200 Вт. Найдите неизвестные характеристики переменного тока, а также сопротивление нагрузки.

$$(T=0,0013 \text{ с}, \omega=150\pi \text{ рад/с}, U=49,6 \text{ В}, I=4 \text{ А}, I_m=5,64 \text{ А}, R=12,4 \text{ Ом})$$

13. В сети с действующим значением напряжения 120 В и циклической частотой 40π рад/с включена электроплитка сопротивлением 30 Ом. Найдите все неизвестные характеристики тока, а также потребляемую плиткой мощность.

$$(T=0,05 \text{ с}, \nu=20 \text{ 1/с}, U_m=169,2 \text{ В}, I=4 \text{ А}, I_m=5,64 \text{ А}, P=480 \text{ Вт})$$

14. В сеть с максимальным значением тока 1,5 А, где колебания тока происходят с периодом 0,001 с включена нагрузка, потребляющая мощность 50 Вт. Найти неизвестные характеристики тока, а также сопротивление нагрузки.

$$(\nu=1000 \text{ Гц}, \omega=2000\pi \text{ рад/с}, U=47,2 \text{ В}, I=1,06 \text{ А}, U_m=66,6 \text{ В}, R=44,4 \text{ Ом})$$

15. Ток меняется по закону $i=3\sin 20\pi t$ (А). В цепь включено активное сопротивление 50 Ом. Найти потребляемую мощность, частоту тока и записать уравнение, согласно которому меняется напряжение.

$$(P=225 \text{ Вт}, u=150\sin 20\pi t \text{ (В)}, \nu=10 \text{ Гц})$$

16. Напряжение меняется по закону $u=75\cos 100\pi t$ (В). Нагрузка, включенная в данную сеть потребляет мощность 400 Вт. Записать как меняется сила тока со временем, а также найти сопротивление нагрузки и период колебаний. Построить график зависимости силы тока от времени.

$$(R=7 \text{ Ом}, i=10,67\cos 100\pi t \text{ (А)}, T=0,02 \text{ с})$$

Уровень задачи	Номера задач						Максимальный балл
1	1	2	3	4	5		3
2	6	7	9	12	13	15	4
3	8	10	11	14	16		5

Практическая работа 15

Тема: Реактивное сопротивление в цепях переменного электрического тока.

Цель: научиться применять теоретические знания по теме: «Конденсатор и катушка индуктивности в цепях переменного электрического тока» на практике при решении задач.

Основные определения и термины:

Реактивное сопротивление - это сопротивление участка цепи, вызванное изменением тока или напряжения на участке ввиду наличия там ёмкости или индуктивности. В зависимости от этого встречаются емкостные и индуктивные сопротивления. Основные отличия от активного сопротивления – это наличие их только в переменных токах и отсутствие потерь на тепловую энергию.

Индуктивное сопротивление – один из видов реактивного сопротивления, вызванный наличием катушки индуктивности в цепях переменного тока. Причина возникновения – наличие вихревого электрического поля катушки, способного влиять на движение заряженных частиц по проводу. С увеличением частоты сопротивление возрастает.

Емкостное сопротивление – один из видов реактивного сопротивления, вызванный наличием конденсатора в цепях переменного тока. Основная причина – способность конденсатора заряжаться и разряжаться, тем самым давая возможность движению электрического заряда, т.е. наличие емкости в цепи переменного тока ведет к уменьшению сопротивления. С увеличением частоты тока сопротивление становится меньше.

Колебательный контур - электрическая цепь, содержащая катушку индуктивности, конденсатор и источник электрической энергии. Если источник энергии отсутствует, колебательный контур называют *свободным*.

Резонанс напряжений возникает при последовательном соединении катушки индуктивности и конденсатора в том случае, если их реактивные сопротивления станут равны. Частоту в этом случае называют резонансной, а общее сопротивление цепи будет равно активному сопротивлению.

$X_c = \frac{1}{\omega C}$ – емкостное сопротивление $X_L = \omega L$ - индуктивное сопротивление $Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + R^2}$ - для последовательного соединения катушки и конденсатора	L – индуктивность катушки C – электроемкость конденсатора T – период колебаний ω – циклическая частота R – активное сопротивление цепи Z – общее сопротивление цепи ω_p - резонансная частота
--	---

<p>Если одно из сопротивлений равно 0, то</p> $Z = \sqrt{X_L^2 + R^2} \text{ или } Z = \sqrt{X_C^2 + R^2}$ <p>Условие резонанса: $X_L = X_C$ или</p> $\frac{1}{\omega C} = \omega L \Rightarrow \omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $Z = R$ <p>$T = 2\pi\sqrt{LC}$ - формула Томсона для свободного колебательного контура</p> $W_{\text{э.п.}} = \frac{Cu^2}{2}; W_{\text{м.п.}} = \frac{Li^2}{2}$	<p>Закон Ома записывается в виде:</p> $I = \frac{U}{X_L}; I = \frac{U}{X_C} \text{ или } I = \frac{U}{Z}$ <p>в зависимости от наличия тех или иных сопротивлений.</p> <p>При записи мгновенных значений необходимо учитывать, что между колебаниями тока и напряжения существует сдвиг по фазе:</p> $u = U_m \sin \omega t$ $i = I_m \sin(\omega t + \Delta\varphi)$ <p>при наличии емкости в цепи: $\Delta\varphi = +\frac{\pi}{2}$;</p> <p>при наличии индуктивности: $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$</p> <p>$W_{\text{э.п.}}$ - энергия электрич. поля конденсатора</p> <p>$W_{\text{м.п.}}$ - энергия магнитного поля катушки</p>
---	---

Примеры решения задач:

При увеличении амплитудного значения напряжения на конденсаторе колебательного контура на 40 В амплитуда силы тока увеличилась в 3 раза. Найти начальное значения напряжения.

<p>Дано:</p> $\Delta U = 40 \text{ В}$ $I_2 = 3I_1$	<p>Решение:</p> <p>При изменении силы тока и напряжения в цепи индуктивность катушки и емкость конденсатора считаем неизменными. Полную энергию системы можно считать по формулам: $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$</p>
<p>$U_1 = ?$</p>	

Выведем индуктивность: $L = \frac{CU^2}{I^2}$. С учетом того, что она не меняется:

$$L = \frac{CU_1^2}{I_1^2} = \frac{CU_2^2}{I_2^2} \Rightarrow \frac{U_1^2}{I_1^2} = \frac{(U_1 + \Delta U_1)^2}{(3I_1)^2} \Rightarrow U_1 = \frac{U_1 + \Delta U_1}{3} \Rightarrow 3U_1 = U_1 + \Delta U_1$$

$$U_1 = \frac{\Delta U_1}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ (В)}$$

Ответ: $U_1 = 20 \text{ В}$

В цепь переменного тока с действующим значением напряжения 220 В и частотой 100 Гц включили катушку с индуктивностью 50 мГн. Пренебрегая активным сопротивлением, найти максимальные значения тока и напряжения в цепи, действующее значение силы тока и период колебаний. Написать зависимость силы тока и напряжения от времени.

Дано:	СИ:	Решение:
$U=220 \text{ В}$ $\nu=100 \text{ Гц}$ $L=50 \text{ мГн}$	$50 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$	Максимальное значение напряжения: $U_m = U\sqrt{2} = 220 \text{ В} \cdot \sqrt{2} \approx 311,1 \text{ В}$ Сила тока из закона Ома: $I_m = \frac{U_m}{X_L}$, где X_L индуктивное сопротивление
I_m, U_m -? $i(t), u(t)$ -?		

$$X_L = L\omega, \text{ где } \omega = 2\pi\nu - \text{циклическая частота: } \omega = 2\pi 100 \frac{1}{\text{с}} = 200\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}} = 628 \frac{1}{\text{с}}$$

$$I_m = \frac{U_m}{X_L} = \frac{U_m}{L\omega} = \frac{311,1 \text{ В}}{628 \frac{1}{\text{с}} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}} \approx 10 \text{ А}$$

$$\text{Действующее значение силы тока: } I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{10 \text{ А}}{\sqrt{2}} = 7,1 \text{ А}$$

$$\text{Период колебаний: } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{200\pi \frac{1}{\text{с}}} = 0,01 \text{ с}$$

Зависимость напряжения от времени (общая формула): $u = U_m \sin \omega t$,
или в нашем случае: $u = 311,1 \sin 200\pi t$ (В)

Так как в цепи присутствует только индуктивное сопротивление (включена катушка и пренебрегаем активным сопротивлением), колебания напряжения опережают колебания тока на $\frac{\pi}{2}$

$$i = I_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) = 10 \sin \left(200\pi t - \frac{\pi}{2} \right) \text{ (А)}$$

Ответ: $U_m = 311,1 \text{ В}$, $I_m = 10 \text{ А}$, $I = 7,1 \text{ А}$, $T = 0,01 \text{ с}$,

$$i = 10 \sin \left(200\pi t - \frac{\pi}{2} \right) \text{ (А)}, u = 311,1 \sin 200\pi t \text{ (В)}$$

В цепь переменного тока с периодом колебаний 0,04 с включены последовательно катушка с индуктивностью 80 мГн и конденсатор емкостью 0,2 мФ. Активное сопротивление катушки 15 Ом. Найти действующее и максимальное значение тока в цепи при эффективном значении напряжения 48,8 В. Колебания силы тока или колебания напряжения будут опережать в цепи?

Дано:	СИ	Решение:
$T=0,04 \text{ с}$ $L=80 \text{ мГн}$ $C=0,2 \text{ мФ}$ $R=5 \text{ Ом}$ $U=48,8 \text{ В}$	$80 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ $0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$	Т.к. в цепи присутствует два элемента, для ее решения необходимо найти общее сопротивление: $Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + R^2}$. Т.е. первоначально необходимо найти индуктивное и емкостное сопротивление. Для их расчетов найдем ω :
I -? I_m -?		

циклическая частота: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{0,04} = 157 \text{ (рад/с)}$

Индуктивное сопротивление: $X_L = L\omega = 80 \cdot 10^{-3} \cdot 157 = 12,56 \text{ (Ом)}$

Емкостное сопротивление: $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{157 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}} \approx 31,8 \text{ (Ом)}$

Т.к. $X_C > X_L$ колебания тока опережают колебания напряжения.

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{48,8}{24,4} = 2 \text{ (А)}; \quad Z = \sqrt{(12,56 - 31,8)^2 + 15^2} \approx 24,4 \text{ (Ом)}$$

$$I_m = I\sqrt{2} = 2 \cdot 1,41 = 2,82 \text{ (А)}$$

Ответ: $I = 2 \text{ А}$, $I_m = 2,82 \text{ А}$, ток опережает напряжение

Рекомендуемая литература:

Айзензон, А. Е. Физика: учебник и практикум для СПО / А. Е. Айзензон. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 335 с. — (Профессиональное образование); Физика. 11 класс: учебник, для общеобразовательных организаций: базовый уровень/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Издательство Просвещение, 2010. — 394 с.; <https://biblio-online.ru/book/1233FA4A-58A7-4C7D-AA76-3E80139FB4FA>

Задачи для самостоятельного решения:

1. Каково сопротивление конденсатора емкостью 8 мкФ в цепях переменного тока с частотой 400 Гц? ($X_C \approx 49,8 \text{ Ом}$)
2. Каково сопротивление катушки с индуктивностью 4,5 мГн при включении ее в цепь тока стандартной частоты. ($X_L \approx 1,41 \text{ Ом}$)
3. Какова емкость конденсатора, если при включении в цепь с частотой 100 Гц он оказывает сопротивление 20 Ом. ($C \approx 80 \text{ мкФ}$)
4. Какова индуктивность катушки, если при включении ее в сеть с частотой 80 Гц и напряжении 60 В по ней течет ток 1,5 А. Активным сопротивлением катушки пренебречь. ($L \approx 80 \text{ мГн}$)
5. Конденсатор включен в цепь переменного тока стандартной частоты. Напряжение в сети 220 В. Сила тока при этом равна 4 А. Какова емкость конденсатора? ($C \approx 58 \text{ мкФ}$)
6. В цепь переменного тока с частотой 800 Гц включена катушка с индуктивностью 0,04 Гн. Конденсатор какой емкости нужно включить в цепь, чтобы осуществился резонанс. ($C \approx 1 \text{ мкФ}$)
7. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 0,01 Гн и конденсатора с емкостью 400 мкФ. Найти индуктивное сопротивление катушки и емкостное сопротивление конденсатора при резонансной частоте контура. ($X_C \approx 5 \text{ Ом}$, $X_L \approx 5 \text{ Ом}$)

8. Катушка индуктивностью 0,08 Гн присоединена к источнику переменного напряжения с частотой 1000 Гц. Действующее значение напряжения 100 В. Определите амплитуду силы тока в цепи. ($I_m \approx 0,28 \text{ A}$)
9. Каково емкостное сопротивление конденсатора, если колебания тока происходят с периодом 0,01 с, а емкость конденсатора 100 мкФ. Найти действующие значения тока и напряжения в цепи, если максимальное значение тока 7,05 А. ($X_c \approx 15,9 \text{ Ом}$, $I \approx 5 \text{ A}$, $U \approx 79,5 \text{ B}$)
10. Конденсатор включен в цепь переменного тока с частотой 100 Гц. Максимальное значение напряжения 211,5 В. Действующее значение силы тока в цепи этого конденсатора 1,5 А. Какова емкость конденсатора?
($C \approx 16 \text{ мкФ}$)
11. Индуктивное сопротивление катушки равно 10 Ом. Какова частота колебаний тока в цепи, если индуктивность катушки 0,08 Гн. Действующее значение тока в цепи 4 А. Каковы максимальные значения тока и напряжения? Активным сопротивлением катушки пренебречь.
($\nu \approx 20 \text{ Гц}$, $U_m \approx 56,4 \text{ B}$, $I_m \approx 5,64 \text{ A}$)
12. Катушка с активным сопротивлением 12 Ом и индуктивностью 20 мГн подключается к переменному напряжению с действующим значением 223 В и частотой 150 Гц. Найти действующее значение силы тока, максимальные значения тока и напряжения. ($I = 10 \text{ A}$, $I_m \approx 14,1 \text{ A}$, $U_m \approx 314,4 \text{ B}$)
13. Найти реактивное сопротивление цепи при включении в цепь с частотой 75 Гц последовательно катушки с индуктивностью 16 мГн и конденсатора емкостью 500 мкФ. Колебания тока или колебания напряжения будут опережать в этом случае? Каково будет общее сопротивление цепи, если катушка обладает активным сопротивлением 6 Ом?
($X \approx 3,29 \text{ Ом}$, $Z \approx 6,84 \text{ Ом}$, напряжение)
14. В цепь переменного тока с частотой 400 Гц включены последовательно катушка индуктивностью 0,02 Гн и конденсатор емкостью 25 мкФ. Активное сопротивление катушки 20 Ом. Найти действующее и максимальное значение напряжения в цепи при эффективном значении тока 0,8 А. ($U \approx 31,76 \text{ B}$, $U_m \approx 44,8 \text{ B}$)
15. Чему равна резонансная частота в колебательном контуре с конденсатором 200 нФ и катушкой индуктивности 0,8 Гн?
($\omega_p \approx 2500 \text{ рад/с}$, $\nu \approx 398 \text{ Гц}$)
16. В цепь переменного тока с частотой 800 Гц включен конденсатор с емкостью 0,25 мФ. Катушку какой индуктивности нужно включить в цепь, чтобы осуществился резонанс? ($L \approx 158 \text{ мкГн}$)
17. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 2 мГн и плоского конденсатора емкостью 0,2 мкФ. Определить период свободных колебаний в контуре. ($T = 125,6 \text{ мкс}$)

18. В колебательный контур включена катушка индуктивностью $0,3\text{ мГн}$ и конденсатор емкостью 3 мкФ . Определить полную энергию колебательного контура, если амплитудный ток в цепи 2 А . ($W=0,6\text{ мДж}$)
19. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 200 пФ и катушки индуктивности $0,2\text{ мГн}$. Найти амплитуду колебаний силы тока, если амплитуда колебаний напряжения 400 В . ($I=0,4\text{ А}$)
20. Амплитуда силы тока в контуре 2 мА , а амплитуда напряжения 300 В . Найти силу тока и напряжения в тот момент времени, когда энергия магнитного поля катушки равна энергии электрического поля конденсатора. ($I \approx 1,41\text{ мА}$, $U \approx 213\text{ В}$)
21. При увеличении емкости конденсатора колебательного контура на $0,06\text{ мкФ}$, частота колебаний уменьшилась в два раза. Найти первоначальную емкость конденсатора если индуктивность не меняется.

$$(C_1=20\text{ нФ})$$

Уровень задачи	Номера задач							Максимальный балл
	1	2	3	4	7	17	18	
1	1	2	3	4	7	17	18	3
2	5	8	9	10	11	15	16	4
3	6	12	13	14	19	20	21	5

Справочные данные и табличные величины

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ.

Вещество	ϵ	Вещество	ϵ
Анилин	84	Масло трансформ.	2,2-2,5
Бензин	2,3	Мрамор	8-9
Вакуум	1	Парафин	2,2
Вода	81	Парафинир. бумага	2
Вода при 0°C	88	Резина	2-3
Водород	1,0003	Рутил	130
Воздух при 1 атм.	1,0006	Сера	3,6-4,3
Воздух при 100 атм.	1,055	Слюда	7
Воск	5,8	Стекла	5-10
Глицерин	39	Фарфор	4-7
Керосин	2	Эбонит	2,7
Лед (при -18°C)	3,2	Янтарь	2,8


Удельное сопротивление некоторых веществ при t=20°C

Вещество	$\rho, \cdot 10^{-7}$ Ом·м	Вещество	$\rho, \cdot 10^{-7}$ Ом·м
Алюминий	0,27	Олово	1,13
Вольфрам	0,53	Осмий	0,95
Железо	0,99	Платина	1,05
Золото	0,22	Реотан	4,5
Константан	4,7	Ртуть	9,54
Латунь	0,63	Свинец	2,07
Манганин	3,9	Серебро	0,158
Медь	0,168	Уголь	400-500
Никелин	4,2	Фехраль	11
Никель	0,73	Цинк	0,595
Нихром	10,5		

Плотность некоторых веществ

Вещество	$\rho, \text{кг/м}^3$	Вещество	$\rho, \text{кг/м}^3$
Алмаз	3500	Платна	21500
Алюминий	2700	Свинец	11400
Вольфрам	19300	Серебро	10500
Графит	2100	Стекло	2500
Железо, сталь	7800	Цинк	7100
Золото	19300	Чугун	7400
Латунь	8500	Эбонит	1200
Лед (0°C)	900	Жидкости при 20°C	
Медь	8900	Вода при 4°C	1000
Никелин	8800	Керосин	800
Никель	8900	Нефть	800
Нихром	8300	Ртуть при 0°C	13600
Олово	7300	Скипидар	870
Парафин	900	Спирт этиловый	790

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
I	1 H водород 1,0079								2 He гелий 4,0026	
II	3 Li литий 6,941	4 Be бериллий 9,01218	5 B бор 10,811	6 C углерод 12,011	7 N азот 14,0067	8 O кислород 15,9994	9 F фтор 18,9984	10 Ne неон 20,179		
III	11 Na натрий 22,98977	12 Mg магний 24,305	13 Al алюминий 26,98154	14 Si кремний 28,0855	15 P фосфор 30,97376	16 S сера 32,066	17 Cl хлор 35,453	18 Ar аргон 39,948		
IV	19 K калий 39,0983	20 Ca кальций 40,078	21 Sc скандий 44,95591	22 Ti титан 47,88	23 V ванадий 50,9415	24 Cr хром 51,9961	25 Mn марганец 54,9380	26 Fe железо 55,847	27 Co кобальт 58,9332	28 Ni никель 58,69
	29 Cu медь 63,546	30 Zn цинк 65,39	31 Ga галлий 69,723	32 Ge германий 72,59	33 As мышьяк 74,9216	34 Se селен 78,96	35 Br бром 79,904	36 Kr криптон 83,80		
V	37 Rb рубидий 85,4678	38 Sr стронций 87,62	39 Y иттрий 88,9059	40 Zr цирконий 91,224	41 Nb ниобий 92,9064	42 Mo молибден 95,94	43 Tc технеций 98,9062	44 Ru рутений 101,07	45 Rh родий 102,9055	46 Pd палладий 106,42
	47 Ag серебро 107,8682	48 Cd кадмий 112,41	49 In индий 114,82	50 Sn олово 118,710	51 Sb сурьма 121,75	52 Te теллур 127,60	53 I йод 126,9045	54 Xe ксенон 131,29		
VI	55 Cs цезий 132,9054	56 Ba барий 137,33	57* La лантан 138,9055	72 Hf гафний 178,49	73 Ta тантал 180,9479	74 W вольфрам 183,85	75 Re рений 186,207	76 Os осмий 190,2	77 Ir иридий 192,22	78 Pt платина 195,08
	79 Au золото 196,9665	80 Hg ртуть 200,59	81 Tl таллий 204,383	82 Pb свинец 207,2	83 Bi висмут 208,9804	84 Po полоний 208,9824	85 At астат 210,9871	86 Rn радон 222,0176		
VII	87 Fr франций 223,0197	88 Ra радий 226,0254	89** Ac актиний 227,0278	104 Rf резерфордий [261]	105 Db дубний [262]	106 Sg сиборгий [263]	107 Bh борий [264]	108 Hs хассий [265]	109 Mt мейтнерий [268]	110 Ds дармштадтий [271]

*	58 Ce церий 140,12	59 Pr празеодим 140,9077	60 Nd неодим 144,24	61 Pm прометий 144,9128	62 Sm самарий 150,36	63 Eu европий 151,96	64 Gd гадолиний 157,25	65 Tb тербий 158,9254	66 Dy диспрозий 162,50	67 Ho гольмий 164,9304	68 Er эрбий 167,26	69 Tm тулий 168,9342	70 Yb иттербий 173,04	71 Lu лютеций 174,967
**	90 Th торий 232,0381	91 Pa протактиний 231,0359	92 U уран 238,0289	93 Np нептуний 237,0482	94 Pu плутоний 244,0642	95 Am америчий 243,0614	96 Cm кюрий 247,0703	97 Bk берклий 247,0703	98 Cf калифорний 251,0796	99 Es эйнштейний 252,0828	100 Fm фермий 257,0951	101 Md менделевий 258,0986	102 No нобелий 259,1009	103 Lr лоуренсий 260,1054

Температурный коэффициент сопротивления некоторых веществ

Вещество	α, K^{-1}	Вещество	α, K^{-1}
Вольфрам	0,0041	Никелин	0,0001
Железо, сталь	0,0062	Свинец	0,0042
Константан	0,000005	Нихром	0,0002
Манганин	0,000008	Реотан	0,0004
Медь	0,0043	Фехраль	0,0002

Физические постоянные:

Элементарный заряд $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Масса покоя электрона $m_e=9,11 \cdot 10^{-31}$ кг

Масса покоя протона $m_p=1,67 \cdot 10^{-27}$ кг

Масса покоя нейтрона $m_n=1,67 \cdot 10^{-27}$ кг

Скорость света в вакууме $c=3 \cdot 10^8$ м/с

Постоянная Авагадро $N_a=6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹

Постоянная Больцмана $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К

Универсальная газовая постоянная: $R=N_a \cdot k=8,31$ Дж/(моль·К)

Гравитационная постоянная $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг²

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k=9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл²

Электрическая постоянная $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м

Магнитная постоянная $\mu_0=1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м= $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м

Ускорение свободного падения на Земле $g=9,8$ м/с²

Нормальные условия газа:

Нормальное атмосферное давление: $1 \cdot 10^5$ Па

Абсолютный нуль температур $0^{\circ}C=273K$

Приставки и множители системы СИ:

кратные			дольные		
приставка	обозн-е	множитель	приставка	обозн-е	множитель
экса	Э	$\cdot 10^{18}$	атто	а	$\cdot 10^{-18}$
пета	П	$\cdot 10^{15}$	фемто	ф	$\cdot 10^{-15}$
тера	Т	$\cdot 10^{12}$	пико	п	$\cdot 10^{-12}$
гига	Г	$\cdot 10^9$	нано	н	$\cdot 10^{-9}$
мега	М	$\cdot 10^6$	микро	мк	$\cdot 10^{-6}$
кило	к	$\cdot 10^3$	милли	м	$\cdot 10^{-3}$
гекто	г	$\cdot 10^2$	санتي	с	$\cdot 10^{-2}$
дека	да	$\cdot 10^1$	деци	д	$\cdot 10^{-1}$

Перевод некоторых единиц

1 мм.рт.ст=133 Па	1 мм ² =10 ⁻⁶ м ²	1 л=10 ⁻³ м ³ =1 дм ³
1 атм=10 ⁵ Па	1 см ² =10 ⁻⁴ м ²	1 см ³ =10 ⁻⁶ м ³