

## ПРИМЕРНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Областной олимпиады обучающихся учреждений профессионального образования Кемеровской области по дисциплине

#### Физика

#### Электричество

**Задача 1.** Между клеммами А и В включены конденсаторы емкостями 2 и 1 мкФ (см рис. 1). Вычислить емкость системы.

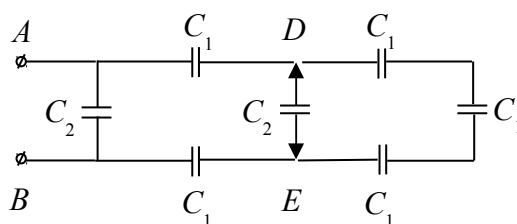


Рис.1

Решение: Рассмотрим отдельно участок цепи между точками  $D$  и  $E$  (правая часть рис. 1).

Он состоит из двух параллельных ветвей, в одну из которых включен конденсатор емкостью  $C_2$ , а в другую — последовательно три конденсатора емкостями  $C_1$ .

Тогда емкость этого участка  $C_{DE} = C_2 + C'$ , где  $C'$  находим из условия  $1/C' = 1/C_1 + 1/C_1 + 1/C_1 = 3/C_1$ ,

откуда  $C' = C_1/3$ .

Тогда  $C_{DE} = C_2 + C_1/3 = (3C_2 + C_1)/3$  (1). Заменяем участок цепи между точками  $D$  и  $E$  эквивалентной ему емкостью  $C_{DE}$ . Теперь искомая емкость  $C$  равна сумме емкостей двух параллельных ветвей, в одну из которых включен конденсатор емкостью  $C_2$ , а в другую — последовательно три конденсатора емкостями  $C_1$ ,  $C_{DE}$  и  $C_1$ . Тогда  $C = C_2 + C''$ , где  $C''$  находим из условия

$$\frac{1}{C''} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{DE}} + \frac{1}{C_1} = \frac{2}{C_1} + \frac{1}{C_{DE}} \quad (2).$$

Преобразуем выражение (2) с помощью уравнения (1):

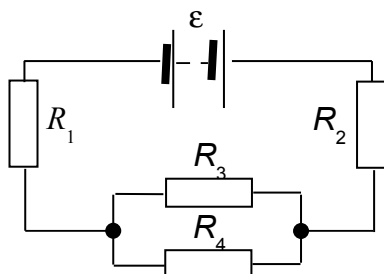
$$\frac{1}{C''} = \frac{2}{C_1} + \frac{3}{3C_2 + C_1} = \frac{6C_2 + 5C_1}{C_1(3C_2 + C_1)}, \text{ откуда } C'' = \frac{C_1(3C_2 + C_1)}{6C_2 + 5C_1}.$$

Следовательно, полная емкость всей системы  $C = C_2 + \frac{C_1(3C_2 + C_1)}{6C_2 + 5C_1} = 1,62 \text{ мкФ}$ .

Ответ:  $C = C_2 + \frac{C_1(3C_2 + C_1)}{6C_2 + 5C_1} = 1,62 \text{ мкФ}$ .

**Задача 2.** ЭДС батареи 3 В, ее внутреннее сопротивление 1 Ом, сопротивления резисторов:  $R_1 = R_2 = 1,75$  Ом,  $R_3 = 2$  Ом,  $R_4 = 6$  Ом. Какова сила тока в резисторе  $R_4$ ?

Дано:  $\varepsilon = 3$  В;  $r = 1$  Ом;  $R_1 = R_2 = 1,75$  Ом;  $R_3 = 2$  Ом;  $R_4 = 6$  Ом.



Решение. Согласно закону Ома для замкнутой цепи:  $I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}} + r}$ . Поскольку  $R_1$  и  $R_2$

соединены последовательно с разветвлением, имеем  $R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_{\text{экв}}$ ,

где  $R_{\text{экв}} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$ . Подставив числовые значения, получаем  $R_{\text{экв}} = 1,5$  Ом,  $R_{\text{общ}} = 5$

Ом,  $I = 0,5$  А. Сумма токов, текущих через сопротивления  $R_3, R_4$  равна току  $I$ .

Согласно закону Ома для однородного участка цепи  $U_{34} = IR_{34} = 0,75$  В. Поскольку сопротивления  $R_3$  и  $R_4$  соединены параллельно, то  $U_{34} = U_3 = U_4$ . Получим  $I_4 = U_4/R_4 = 0,125$  А.

Ответ:  $I_4 = 0,125$  А.

## Механика

**Задача 3.** Во сколько раз нужно увеличить скорость брошенного вверх тела, чтобы высота подъема увеличилась в 4 раза?

Дано:  $h_{\text{max2}}/h_{\text{max1}} = 4$ .

Решение: Направим ось  $Y$  вертикально вверх, начало оси  $O$  выберем на поверхности земли (рис. 3.). Тогда уравнение движения тела и формула скорости

$y = v_0 t - gt^2/2$ , (1)

$v = v_0 - gt$ . (2).

Рис.3.

В наивысшей точке  $A$  подъема тела  $t = t_{\text{под}}$ ,  $y = h_{\text{max}}$ ,  $v = 0$ . Запишем уравнение (2)

для точки А:  $0 = v_0 - gt_{\text{под}}$ , откуда  $t_{\text{под}} = v_0/g$  (3).

Подставим (3) в (1), получим  $h_{\text{max}} = v_0^2/2g$ . (4)

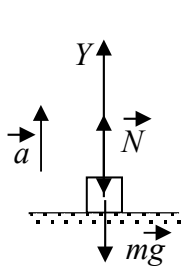
Следовательно,  $\frac{h_{\text{max}2}}{h_{\text{max}1}} = \frac{v_{02}^2}{v_{01}^2}$ . Откуда  $\frac{v_{02}^2}{v_{01}^2} = 4$ , значит  $\frac{v_{02}}{v_{01}} = 2$ .

Ответ: в 2 раза.

**Задача 4.** Лифт движется вертикально вверх с ускорением  $0,5 \text{ м/сек}^2$ . С какой силой давит человек массой  $70 \text{ кг}$  на дно лифта? С какой силой он будет давить на дно лифта, если лифт будет двигаться вертикально вниз с тем же ускорением?

Дано:  $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ ,  $m = 70 \text{ кг}$ .

Решение. Если лифт движется вертикально вверх, то на человека, находящегося в



кабине лифта, действуют: сила тяжести  $m\vec{g}$  и  $\vec{N}$  - сила реакции пола кабины (рис. 3). Ускорение движения направлено вертикально вверх.

Запишем для человека второй закон Ньютона:

$$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a} \quad (1)$$

Рис. 4.

Проведем ось  $Y$  в направлении движения лифта и, находя

проекции ускорения и сил на ось  $Y$ , получим

$$N - mg = ma, \quad (2)$$

откуда

$$N = mg + ma = m(g + a); \quad N = 70(9,8 + 0,5) = 721 \text{ Н.}$$

На основании третьего закона Ньютона сила давления  $F$  человека на пол кабины равна по модулю силе реакции  $N$  пола кабины:  $F = N = 721 \text{ Н}$ .

Пусть лифт движется вертикально вниз. Проведем ось  $Y$  в направлении движения лифта и, рассуждая аналогичным образом получим  $mg - N = ma$ ;  $N = mg - ma = m(g - a)$ ;  $N = 70(9,8 - 0,5) = 651 \text{ Н}$ .  $F = N = 651 \text{ Н}$ .

Ответ:  $721 \text{ Н}$ ,  $651 \text{ Н}$ .

**Задача 5.** Самолет летит горизонтально со скоростью  $360 \text{ км/ч}$  на высоте  $490 \text{ м}$ .

Когда он пролетает над точкой А, с него сбрасывают пакет. На каком расстоянии от точки А пакет упадет на землю?

Дано:  $v_0 = 360 \text{ км/ч} = 100 \text{ м/с}$ ;  $h = 490 \text{ м}$ .

Решение. Направим ось  $X$  горизонтально, ось  $Y$  вертикально, начало координат выберем в точке  $A$  (рис. 5).

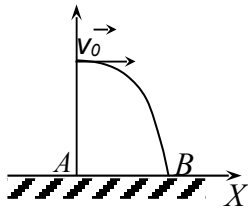


Рис. 5.

Запишем уравнения движения пакета по осям  $X$  и  $Y$

$$x = v_0 t, \quad y = y_0 - gt^2/2, \quad (1)$$

где  $y_0 = h$ . Для точки падения  $B$  ( $t = t_1$ ,  $x = x_B$ ,  $y = y_B = 0$ ) уравнения (1) примут вид

$$x_B = v_0 t_1, \quad (2) \quad 0 = h - gt_1^2/2. \quad (3)$$

Время движения пакета до точки  $B$  найдем из уравнения (3):  $t_1 = \sqrt{2h/g}$ . (4)

Искомое расстояние  $s = x_B$  найдем из уравнения (2) с учетом (4):

$$s = v_0 t_1 = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad s = 100 \sqrt{\frac{2 \cdot 490}{9,8}} = 10^3 \text{ м}.$$

Ответ:  $10^3 \text{ м}$ .

**Задача 6.** Снаряд с массой  $50 \text{ кг}$ , летящий параллельно рельсам со скоростью  $400 \text{ м/с}$ , попадает в движущуюся платформу с песком и застревает в песке. Масса платформы с песком  $20 \text{ т}$ . С какой скоростью будет двигаться платформа со снарядом: а) если она катилась навстречу снаряду со скоростью  $2 \text{ м/с}$ ? б) если она катилась в сторону движения снаряда со скоростью  $2 \text{ м/с}$ ?

Дано:  $m_1 = 50 \text{ кг}$ ,  $v_1 = 400 \text{ м/с}$ ,  $m_2 = 20 \text{ т} = 2 \cdot 10^4 \text{ кг}$ ,  $v_2 = 2 \text{ м/с}$ .

Решение: а) Запишем для снаряда и платформы с песком закон сохранения импульса при неупругом ударе:  $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$  (1)

Выбирая направление оси  $X$  совпадающим с направлением движения платформы и проецируя на нее обе части уравнения (1), получаем  $-m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u$ ,

откуда  $u = \frac{-m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ ;  $u = \frac{-50 \cdot 400 + 2 \cdot 10^4 \cdot 2}{50 + 2 \cdot 10^4} \approx 1 \text{ м/с}$ .

Следовательно, направление движения платформы не изменилось.

б) Рассуждая аналогично, получим  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)u$ , откуда

$$u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}; \quad u = \frac{50 \cdot 400 + 2 \cdot 10^4 \cdot 2}{50 + 2 \cdot 10^4} \approx 3 \text{ м/с}.$$

Ответ: 1 м/с; 3 м/с.

### Молекулярно-кинетическая теория. Термодинамика

**Задача 7.** Воздушный шар, объем которого  $600 \text{ м}^3$ , наполнен водородом при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении  $10^5 \text{ Па}$ . Водород перед заполнением воздушного шара находился в газовых бомбах при давлении  $4 \cdot 10^6 \text{ Па}$  и температуре  $7^\circ\text{C}$ . Каков объем каждой газовой бомбы, если их потребовалось 200 штук?

Дано:  $V_2 = 600 \text{ м}^3$ ,  $T_2 = 300 \text{ К}$ ,  $p_2 = 10^5 \text{ Па}$ ,  $p_1 = 4 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ,  $T_1 = 280 \text{ К}$ ,  $n = 200$ ;

$V_1 = ?$

Решение: Для решения задачи воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT.$$

Запишем это уравнение для каждого состояния:  $p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1$  (1) и

$$p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} RT_2$$
 (2).

Из уравнений (1) и (2) выразим массу газа:

$$m = \frac{\mu p_1 V_1}{RT_1} \text{ и } m = \frac{\mu p_2 V_2}{RT_2}, \text{ т.к. масса газа в обоих состояниях одинакова, то}$$

$$\frac{\mu p_1 V_1}{RT_1} = \frac{\mu p_2 V_2}{RT_2}.$$

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

Объем одной газовой бомбы равен

$$V_6 = \frac{V_1}{n} = \frac{p_2 V_2 T_1}{n \cdot p_1 T_2} = \frac{10^5 \cdot 600 \cdot 280}{200 \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 300} = 0,07 \text{ м}^3.$$

Ответ:  $V_6 = 0,07 \text{ м}^3$ .

**Задача 8.** Какая масса водорода находится в цилиндре под поршнем, если при нагревании от температуры  $T_1 = 250 \text{ К}$  до температуры  $T_2 = 680 \text{ К}$  газ произвел работу  $A = 400 \text{ Дж}$ ?

Дано: газ  $\text{H}_2$ ,  $p = \text{const}$ ,  $T_1 = 250 \text{ К}$ ,  $T_2 = 680 \text{ К}$ ,  $A = 400 \text{ Дж}$ ,  $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;  $m - ?$

Решение: Работа газа при постоянном давлении  $A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$ , так как объемы газа не даны, получим другое выражение работы с помощью уравнения Менделеева-Клапейрона.

Запишем его для двух состояний газа:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \text{ и } pV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2.$$

Находим объемы газа в этих состояниях:

$$V_1 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{p} \text{ и } V_2 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_2}{p}.$$

Подставляя полученные выражения в исходную формулу, находим массу газа:

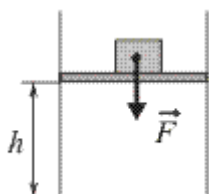
$$A = p \cdot (V_2 - V_1) = p \cdot \left( \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_2}{p} - \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{p} \right) = \frac{p \cdot m \cdot R}{\mu \cdot p} (T_2 - T_1).$$

$$A = \frac{m}{\mu} \cdot R(T_2 - T_1), m = \frac{A \cdot \mu}{R(T_2 - T_1)} = \frac{400 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot (680 - 250)} \approx 0,0002 \text{ кг} \approx 0,2 \text{ г}.$$

Ответ:  $m = 0,2 \text{ г}$ .

**Задача 9.** В вертикальном цилиндре с площадью основания  $S = 10 \text{ см}^2$  находится газ при температуре  $27^\circ\text{C}$ . На высоте  $h = 25 \text{ см}$  от основания цилиндра расположен легкий поршень, на который поставлена гиря весом  $20 \text{ Н}$ . Какую работу совершит газ при расширении, если его нагреть на  $\Delta t = 100^\circ\text{C}$ ? Атмосферное давление  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ . Трения в системе нет.

Дано:  $p = \text{const}$ ,  $s = 10^{-3} \text{ м}^2$ ,  $T_1 = 300 \text{ К}$ ,  $h = 0,25 \text{ м}$ ,  $F = 20 \text{ Н}$ ,  $\Delta T = 100 \text{ К}$ ,  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ;  
 $A - ?$



Решение: Давление газа под поршнем складывается из

атмосферного давления и давления гири на площадь поршня:  $p = p_0 + \frac{F}{s}$ .

Газ, расширяясь, совершает работу и находится при постоянном давлении. Работа газа при постоянном давлении

$$A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1), \quad (1)$$

$$V_1 = s \cdot h; V_1 = 10^{-3} \cdot 0,25 = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

С другой стороны работу газа можно выразить через изменение его температуры:

$$A = \frac{m}{\mu} \cdot R(T_2 - T_1) = \nu \cdot R \cdot \Delta T,$$

где  $\nu$  – число молей газа,  $R$  – универсальная газовая постоянная.

Отсюда  $\nu = \frac{A}{R \cdot \Delta T}$ . (2)

Из уравнения Менделеева-Клапейрона можно определить объем газа во втором

состоянии:  $pV_2 = \frac{m}{\mu}RT_2 = \nu \cdot R \cdot T_2; V_2 = \frac{\nu \cdot R \cdot T_2}{p}$ . (3)

Подставим найденные значения (2) и (3) в уравнение (1):

$$A = p \cdot \left[ \frac{\nu \cdot R \cdot T_2}{p} - V_1 \right] = p \cdot \left\{ \frac{\frac{A}{R \cdot \Delta T} \cdot R \cdot T_2}{p} - V_1 \right\}; \quad A = \frac{A \cdot T_2}{\Delta T} - V_1 \cdot p.$$

Из полученного уравнения определяем работу газа:  $A = \frac{V_1 \cdot p}{\frac{T_2}{\Delta T} - 1}$ .

$$A = \frac{0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 10^5}{\frac{400}{100} - 1} = 10 \text{ Дж}.$$

Ответ:  $A = 10 \text{ Дж}$ .

**Задача 10.** При изобарическом нагревании от температуры  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 50^\circ\text{C}$  газ совершает работу  $A = 2,5 \text{ кДж}$ . Определите число молекул газа, участвующих в этом процессе.

Дано:  $p = \text{const}$ ,  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 50^\circ\text{C}$ ,  $A = 2,5 \text{ кДж}$ ,  $\Delta T = 30 \text{ К}$ ,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ ,  $R = 8,31$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}; N - ?$$

Решение: Работа газа при постоянном давлении  $A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$ , определив значение объемов с помощью уравнения Менделеева-Клапейрона, получим другую формулу для вычисления работы газа, выраженную через его

температуры:  $A = \frac{m}{\mu} \cdot R(T_2 - T_1) = \nu \cdot R \cdot \Delta T$ ,

где  $\nu$  – число молей газа,  $R$  – универсальная газовая постоянная.

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}, \text{ где } N - \text{число молекул газа, } N_A - \text{число Авагадро.}$$

$$A = \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot \Delta T, \text{ откуда } N = \frac{A \cdot N_A}{R \cdot \Delta T}.$$

Разность температур, измеренных по шкалам Цельсия и Кельвина, одинакова.

$$N = \frac{2,5 \cdot 10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{8,31 \cdot 30} \approx 0,06 \cdot 10^{26} \approx 6 \cdot 10^{24}.$$

Ответ:  $N \approx 6 \cdot 10^{24}$ .