

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

505.

Шифр

19-16

Лист 1 из

Задача 1 Класс 11

Дано:

$$m_k = 64 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$T_0 = 27^\circ \text{C}; p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$T_m = 327^\circ \text{C}$$

$$c_a = 950 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}$$

$$m_a = 0,1 \text{ кг}$$

$$M_k = 322 \text{ г/моль}$$

$$32 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек}$$

$$p_1 = ?$$

$$T_1 = ?$$

Решение:

Постоянный процесс происходит с изохорой, то по закону сохранения энергии все отданное теплотой количество теплоты при охлаждении равно изменению внутренней энергии газа (наблюдая газ не совершающую работу, так как $V = \text{const}$) \Rightarrow
 $\Rightarrow Q = \Delta U$, где $Q = m_a \cdot c_a (T_m - T_1)$; $\Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T_0 - T_1)$
 $i = 5$, так как кислород двухатомный газ.
 $\nu = \frac{m_k}{M_k}$

$$\begin{aligned} \Rightarrow m_a c_a (T_m - T_1) &= \frac{i}{2} \nu R (T_0 - T_1) \Rightarrow m_a c_a T_m + \frac{i}{2} \nu R T_0 = \\ &= \frac{i}{2} \nu R T_1 + m_a c_a T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{m_a c_a T_m + \frac{i}{2} \nu R T_0}{\frac{i}{2} \nu R + m_a c_a} = \\ &= \frac{950 \cdot 0,1 \cdot 327 + \frac{5}{2} \cdot \frac{64 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 27}{\frac{5}{2} \cdot \frac{64 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 + 0,1 \cdot 950} = 235,7^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Переведем T_0 и T_1 в T_0' и T_1' измеренные в градусах Кельвина: $T_0' = 300^\circ \text{K}$; $T_1' = 508,7^\circ \text{K}$.
 Закон Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{aligned} p_0 V &= \nu R T_0' \quad (V = \text{const и } \nu = \text{const}) \Rightarrow \frac{p_0}{p_1} = \frac{T_0'}{T_1'} \Rightarrow \\ p_1 V &= \nu R T_1' \\ \Rightarrow p_1 &= \frac{T_1'}{T_0'} \cdot p_0 = \frac{508,7}{300} \cdot 10^5 \approx 1,7 \cdot 10^5 \text{ Па} \end{aligned}$$

Ответ: $p_1 = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $T_1 = 235,7^\circ \text{C}$.

Оценочные баллы: максимальный – 10 баллов; фактический – 10 баллов.

Подписи членов жюри

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Шифр

Задача 2 Класс 11

Лист 2 из

и 2.

Дано: m , v , d , p - ?

Решение:

Поскольку скорость постоянная, то ускорение равно нулю, а значит сумма сил действующих на шарик равна нулю $\Rightarrow \vec{F}_c + m\vec{g} = 0 \Rightarrow F_c = mg$ (квантиль другие силы, кроме силы Архимеда которую мы не учитываем не действуют).

$F_c = \frac{C_x \cdot S \cdot \rho \cdot v^2}{2}$, где C_x - коэффициент сопротивления, S - площадь сечения лобового удара (она равна площади круга с таким же радиусом как у шара, так как это все равно что проекция шара на плоскость).

p - плотность воздуха, v - скорость тела \Rightarrow

$$\Rightarrow \frac{C_x S \rho v^2}{2} = mg \Rightarrow p = \frac{2mg}{C_x S v^2}$$

$S = \pi R^2$, где $R = \frac{d}{2} \Rightarrow S = \frac{\pi d^2}{4}$

$\Rightarrow p = \frac{8mg}{C_x \pi d^2 v^2}$

C_x - это табличное значение, которое известно для шара.

Ответ: $p = \frac{8mg}{C_x \pi d^2 v^2}$

Оценочные баллы: максимальный – 10 баллов; фактический – 10 баллов.

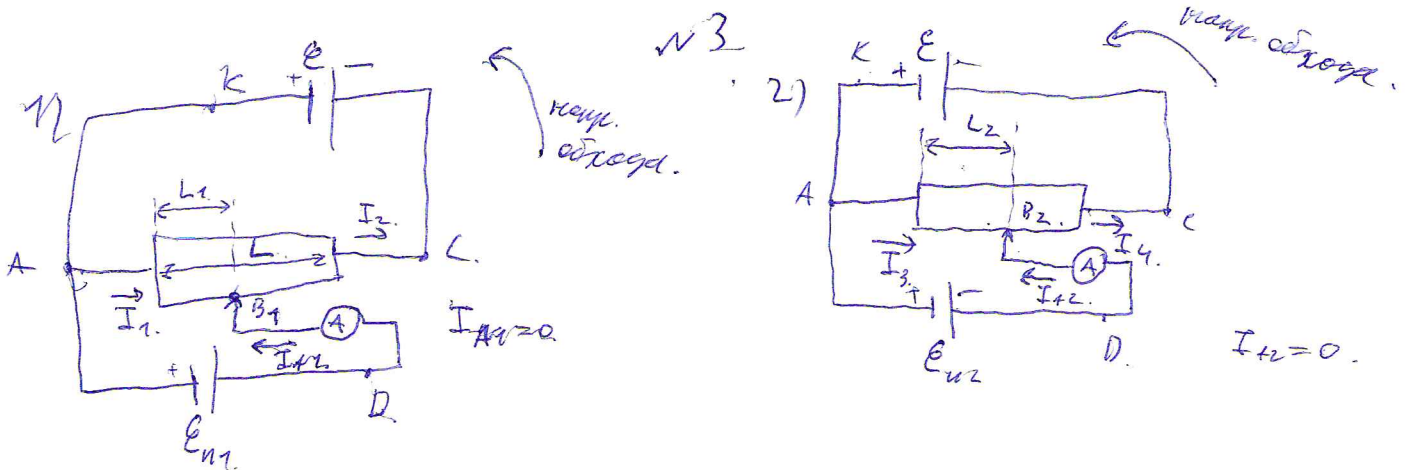
Подписи членов жюри

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Шифр

Задача 3 Класс 11

Лист 3 из



1) По первому закону Кирхгофа в узле B_1 : $I_2 = I_1 + I_{n1}$, но по условию $I_{n1} = 0 \Rightarrow I_2 = I_1$.

По второму закону Кирхгофа для контура $KADB_1C$ (и KAC получаем):

$$\begin{cases} E - E_{n1} = I_2(L - L_1)R_0 \\ E = I_1L_1R_0 + I_2(L - L_1)R_0 \end{cases} \Rightarrow$$
(где R_0 — сопротивление части резистора с омметром)
(в т.ч., L и L_1 — вычислены в м)

$$\Rightarrow E_{n1} = I_1L_1R_0 - I_1(L - L_1)R_0 = I_1L_1R_0 \quad (\text{т.к. } I_2 = I_1) \Rightarrow E_{n1} = I_1L_1R_0.$$

2) По первому закону Кирхгофа в узле B_2 : $I_4 = I_3 + I_{n2}$, но по условию $I_{n2} = 0 \Rightarrow I_4 = I_3$.

По второму закону Кирхгофа для контура $KADB_2C$ и KAC получаем:

$$\begin{cases} E - E_{n2} = I_4(L - L_2)R_0 \\ E = I_3L_2R_0 + I_4(L - L_2)R_0 \end{cases} \Rightarrow$$
(L_2 — также вычислено в м)

$$\Rightarrow E_{n2} = I_3L_2R_0 - I_3(L - L_2)R_0 = I_3L_2R_0 \quad (\text{т.к. } I_3 = I_4).$$

3) В крайних точках были заданы равенства:

$$\begin{cases} I_1 = I_2 \\ I_3 = I_4 \\ E = I_1L_1R_0 + I_2(L - L_1)R_0 \\ E = I_3L_2R_0 + I_4(L - L_2)R_0 \end{cases} \Rightarrow$$

Найдем $\frac{E_{n1}}{E_{n2}}$ ($E_{n1} = I_1L_1R_0$ из пункта 1, а $E_{n2} = I_3L_2R_0$ из пункта 2, а $I_1 = I_3$) \Rightarrow

$$\Rightarrow \frac{E_{n1}}{E_{n2}} = \frac{I_1L_1R_0}{I_3L_2R_0} = \frac{L_1}{L_2} \Rightarrow L_2 = L_1 \cdot \frac{E_{n2}}{E_{n1}} = 15 \cdot \frac{5}{10} = 7,5 \text{ м} \Rightarrow$$

Оценочные баллы: максимальный — 10 баллов; фактический — 10 баллов.

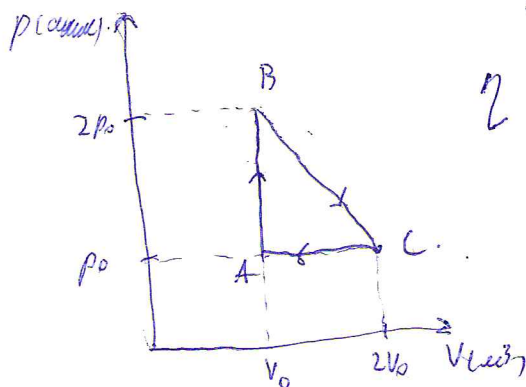
Подписи членов жюри

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Шифр

Задача 4 Класс 11

Лист 4 из



Пусть $\eta = \frac{A_n}{Q_n}$

$\eta = \frac{A_n}{Q_n}$, где A_n численно равна S_{ABC} (т.к. площадь фигуры под прямой BC (изотермой) и $A_{изг}$ газом равна площади фигуры под AC (изотермой) \Rightarrow

$$\Rightarrow A_n = \frac{1}{2} \cdot AC \cdot AB = \frac{1}{2} \cdot (2V_0 - V_0) \cdot (2p_0 - p_0) = \frac{p_0 V_0}{2}.$$

На участке AB газом совершена работа и внутренняя энергия газа увеличивается, значит Q_n на этом участке не компенсирует. (наоборот, от газа отводится тепло),

На участке BC: $Q_1 = A + U_C - U_B$ (по 3-ему закону сохранения энергии) $= \frac{2p_0 + p_0}{2} V_0 + \frac{3}{2} (2p_0 V_0) - \frac{3}{2} (p_0 \cdot 2V_0)$
 $= \frac{3}{2} p_0 V_0 + \frac{3}{2} p_0 V_0 - 3 p_0 V_0 = \frac{3}{2} p_0 V_0$. (т.к. газ идеальной и совершенный, то $U_k = \frac{3}{2} R T_k = \frac{3}{2} p_k V_k$.)

На участке CA: $Q_2 = U_B - U_A$ (т.к. $V = \text{const}$) $\Rightarrow Q_2 = \frac{3}{2} (2p_0 V_0) - \frac{3}{2} (p_0 \cdot V_0) =$
 $= \frac{3}{2} p_0 V_0$.

Так как на участках BC и CA Q_1 и $Q_2 > 0$, то $\Rightarrow Q_n = Q_1 + Q_2 = \frac{3}{2} p_0 V_0 + \frac{3}{2} p_0 V_0 = 3 p_0 V_0$

$\eta = \frac{A_n}{Q_n} = \frac{\frac{1}{2} p_0 V_0}{3 p_0 V_0} = \frac{1}{6} \approx 16,67\%$

Ответ: $\eta = 16,67\%$.

Оценочные баллы: максимальный – 10 баллов; фактический – 10 баллов.

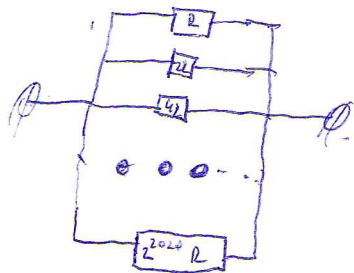
Подписи членов жюри

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Шифр

Задача 5 Класс 11

Лист 5 из



$$1/R_{\Sigma} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{2R} + \dots + \frac{1}{2^{2020}R} \right)^{-1}$$
 (резисторы соединены паралл.)
 (резисторы соединены паралл.) \Rightarrow

$$\Rightarrow R_{\Sigma} = \frac{R \cdot 2R \cdot \dots \cdot 2^{2020}R}{R \cdot \dots \cdot 2^{2020}R + R \cdot \dots \cdot 2^{2018}R \cdot 2^{2020}R + \dots + 2R \cdot 4R \cdot \dots \cdot 2^{2020}R}$$

Всего 2021 множителей в каждом из которых не хватает одного множителя $2^{2020}R$ от $2^{2020}R$

$$\Rightarrow R_{\Sigma} = \frac{R \cdot 2^{2021}R}{R \cdot 2^{2020}R \cdot (1 + \dots + 2^{2020})}$$
 где k - сумма чисел от 1 до 2020

$$R_{\Sigma} = \frac{R \cdot 2^{2020}}{1 + 2 + 4 + \dots + 2^{2020}} = \frac{R \cdot 2^{2020}}{2^{2021} - 1} = \frac{R \cdot 2^{2020}}{2^{2021} - 1} \approx \frac{1}{2} R$$

1 - т.к. $1+1=2$, $2+2=4$ и так до $2^{2020} + 2^{2020} = 2^{2021}$.

2 - т.к. 2^{2020} и $2^{2021} \gg 1$, то ей можно пренебречь.

2) Определив сопротивление резисторов из цепи мы только увеличили сопротивление (т.к. соединены паралл.) $\Rightarrow R_{\Sigma} < R$.
 Быть $<$ чем. $R_{\Sigma} < 0.5R \Rightarrow R_{\Sigma} < \frac{1}{2}R \Rightarrow R < \frac{1}{2}R$.

Чтобы получить наименьшее кол-во резисторов можно, кол-во резисторов которых можно оставить наименьше от наибольшего количества (2021 штук) до наименьшего. Чтобы найти наименьшее число резисторов необходимо брать резисторы с наим. сопротивлением. Пусть их x штук, тогда:

$$R_1 < \frac{1}{20}R \Rightarrow \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{2R} + \dots + \frac{1}{2^x R} \right)^{-1} < \frac{1}{20}R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{R^{x+1} \cdot 2^x}{R^x \cdot 2^{x-x} (1 + \dots + 2^x)} < \frac{1}{20}R \Rightarrow R \cdot \frac{2^x}{2^{x+1} - 1} < \frac{1}{20}R \Rightarrow 2^x < \frac{1}{20} (2^{x+1} - 1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{20} 2^x > \frac{1}{20} \Rightarrow 2^x > \frac{1}{2} \Rightarrow x > \log_2 \left(\frac{1}{2} \right)$$
, т.к. $x \in \mathbb{N}$, а $2 < \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) < 3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow x_{\text{наименьший}} = 2$$
, а всего резисторов $= x+1 = 4$.
 наименьший.

Ответ: 1) $R_{\Sigma} \approx \frac{1}{2}R$; 2) можно оставить не меньше чем 4 резистора.

Оценочные баллы: максимальный - 10 баллов; фактический - 10 баллов.

Подписи членов жюри

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Шифр	
------	--

Задача ____ Класс ____

Лист ____ из ____

Оценочные баллы: максимальный – **10 баллов**; фактический – ____ баллов.

Подписи членов жюри _____