



Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
48	16.03.20	Ворожцов А.А.	А. Ворожц

№5.

$\eta = \frac{A'}{Q_{in}} \cdot 100\%$   $A'$  пойдет у площади под ~~уравнением~~ замкнутого цикла

$Q_{in}$  - тепло, которое получает газ от нагревателя; на графике

1-2:  $Q > 0$ ; 2-3:  $Q > 0$ ; 3-4:  $Q > 0$ ; 4-5:  $Q < 0$ ; 5-1:  $Q < 0 \Rightarrow$

Итого: найти  $Q_{in}$  рассмотрим изохорический процесс 1-2; 2-3; 3-4.

$Q_{in} = Q_{1,2} + Q_{2,3} + Q_{3,4}$ . У первого закона термодинамики:  $Q = \Delta U + A'$

$Q_{1,2} = \Delta U_{1,2} + A'_{1,2}$  1-2: изохорный процесс  $\Rightarrow V = const \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A'_{1,2} = 0$ .

$Q_{1,2} = \Delta U_{1,2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{1,2} = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1)$ . У уравнения Менделеева-Клапейрона

$pV = \nu RT$ ;  $\nu R T_2 = p_2 V_2$ ,  $\nu R T_1 = p_1 V_1$ . У графика:  $p_2 = 2p_0$ ;  $V_2 = V_0$ .

$p_1 = p_0$ ;  $V_1 = V_0 \Rightarrow \nu R T_2 = p_2 V_2 = 2p_0 V_0$ ;  $\nu R T_1 = p_1 V_1 = p_0 V_0$ .

$$Q_{1,2} = \frac{3}{2} (2p_0 V_0 - p_0 V_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0$$

1	2	3	4	5
20	4	4	-	20

$Q_{2,3} = \Delta U_{2,3} + A'_{2,3} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{2,3} + A'_{2,3} = \frac{3}{2} (\nu R T_3 - \nu R T_2) + A'_{2,3}$ ;  $\nu R T_3 = p_3 V_3 = 3p_0 2V_0 = 6p_0 V_0$ .

$\nu R T_2 = p_2 V_2 = 2p_0 V_0 \Rightarrow \Delta U_{2,3} = \frac{3}{2} (6p_0 V_0 - 2p_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 4p_0 V_0 = 6p_0 V_0$ .

$A'_{2,3}$  пойдет у площади под кривой 2-3: построим окружность под графиком 2-3 до вертикального со стороны  $3p_0$  и  $V_0$ , тогда, чтобы найти

площадь начальной окружности введем у площади вертикального ( $S_n = 3p_0 V_0$ )

меньшей площади круга радиусом  $R = p_0 V_0 = V_0$ , тогда:  $A'_{2,3} = S_n - S_k \cdot \frac{1}{4} =$

$$= 3p_0 V_0 - \frac{\pi V_0^2}{4} = 3p_0 V_0 - \frac{\pi}{4} p_0 V_0 = (3 - \frac{\pi}{4}) p_0 V_0$$
, значит:

$$Q_{2,3} = \Delta U_{2,3} + A'_{2,3} = 6p_0 V_0 + (3 - \frac{\pi}{4}) p_0 V_0 = (9 + \frac{\pi}{4}) p_0 V_0$$

$$Q_{3,4} = \Delta U_{3,4} + A'_{3,4}; \Delta U_{3,4} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{3,4} = \frac{3}{2} (\nu R T_4 - \nu R T_3) = \frac{3}{2} (p_4 V_4 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} (12p_0 V_0 - 6p_0 V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 6p_0 V_0 = 9p_0 V_0$$

А' ищем у мощности пог. кругов 3-4;  
 Работа мощности пог. кругов на прямоугольнике с вершинами 3 и O<sub>2</sub>, μ на  
 четвертом круга с центром O<sub>2</sub> и радиусом R = ρ<sub>0</sub> = V<sub>0</sub>, тогда A'\_{3,4} = S<sub>н</sub> + S<sub>к</sub> · 1/4 =  
 = 3ρ<sub>0</sub>V<sub>0</sub> +  $\frac{\sqrt{\pi} \cdot R^2}{4} = 3\rho_0 V_0 + \frac{\sqrt{\pi}}{4} \rho_0 V_0 = (3 + \frac{\sqrt{\pi}}{4}) \rho_0 V_0$ .

O\_{3,4} = ΔU\_{3,4} + A'\_{3,4} = 9ρ<sub>0</sub>V<sub>0</sub> + (3 +  $\frac{\sqrt{\pi}}{4}$ )ρ<sub>0</sub>V<sub>0</sub> = (12 +  $\frac{\sqrt{\pi}}{4}$ )ρ<sub>0</sub>V<sub>0</sub>, тогда:  
 Q<sub>н</sub> = Q\_{1,2} + Q\_{3,4} + Q\_{3,4} =  $\frac{3}{2} \rho_0 V_0 + (9 + \frac{\sqrt{\pi}}{4}) \rho_0 V_0 + (12 + \frac{\sqrt{\pi}}{4}) \rho_0 V_0 =$   
 = 22,5ρ<sub>0</sub>V<sub>0</sub>.

А' ищем у мощности замкнутого участка. т.е. цепи 2-3 и 3-4 равны, т.  
 и.к. цепи 2-3 и 3-4 равны т.к. R\_{2-3} = R\_{3-4} = ρ<sub>0</sub> = V<sub>0</sub>. ⇒ мощность четвертого круга  
 с центром O<sub>2</sub> равна мощности четвертого круга с центром O<sub>1</sub>. Значит мощность  
 четвертого круга с центром O<sub>2</sub> в точке O<sub>1</sub>. Тем же образом получим кругом  
 с вершинами 1; 5; O<sub>2</sub>; O<sub>1</sub>. A' = S\_{об} = 2ρ<sub>0</sub> · 2V<sub>0</sub> = 4ρ<sub>0</sub>V<sub>0</sub>.

η =  $\frac{4\rho_0 V_0 \cdot 100\%}{22,5\rho_0 V_0} \cdot \frac{8 \cdot 100\%}{45} \approx 17,17\%$

20

Ответ: 17,17%.

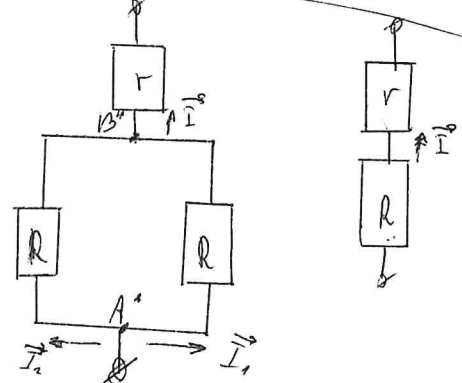
№3

R<sub>1</sub> = R + r = 25 Ом + 15 Ом = 40 Ом ;  $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{r} = \frac{1}{25\text{ Ом}} + \frac{1}{25\text{ Ом}} + \frac{1}{15\text{ Ом}}$

~~R<sub>2</sub> =  $\frac{11}{75}$  Ом~~  
 $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{25\text{ Ом}}$  2

Вторую мощность между точками А и В' определим по формуле

R<sub>2</sub> = R<sub>2</sub>' + r = 15 Ом + 12,5 Ом = 27,5 Ом.  
 U<sub>1</sub> = U<sub>2</sub> = U ;  $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$  ; I = I<sub>1</sub> + I<sub>2</sub> =  
 =  $\frac{U}{2R} + \frac{U}{2R} = \frac{U}{R}$  ; I<sub>1</sub> = I<sub>2</sub> =  $\frac{I}{2}$ .



Q = P · t = R · I · t = I<sup>2</sup> R t.  
 Q<sub>1</sub> = Q<sub>2</sub> ; I<sup>2</sup> · R · t = c m Δt<sub>1</sub>.  
 Q<sub>1</sub>' = Q<sub>1</sub>' ; I<sub>1</sub><sup>2</sup> · R · t = c m a b<sub>2</sub>

$\frac{I_1^2}{I^2} = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$  ; 4 Δt<sub>2</sub> = Δt<sub>1</sub> ; Δt<sub>2</sub> =  $\frac{\Delta t_1}{4} = \frac{50^\circ - 18^\circ}{4} = 8^\circ\text{C}$ .

⇒ t<sub>2</sub> = t<sub>0</sub> + Δt<sub>2</sub> = 18°C + 8°C = 26°C.

Ответ: 26°C.

4

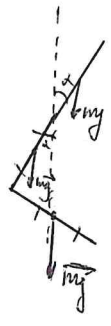
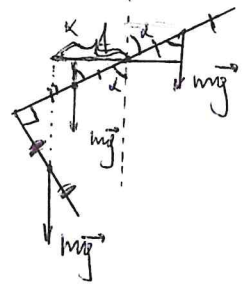
то для  
обы

Мом N3

N1

Шифр

019391



разделим стержень на 3 одинаковых куска  
 $m_1 = m_2 = m_3 = m = \frac{M}{3}$ ;  $l_1 = l_2 = l_3 = \frac{l}{3} = l$ .

Заменим уравнение моментов относительно точки A:

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 = 0$$

$$M_1 = M_2 + M_3$$

$$mg \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin \alpha = mg \cdot \frac{l}{2} \sin \alpha + mg \cdot x \cdot \sin \alpha$$

$mg \cdot x \cdot \sin \alpha = 0$ ;  $x = 0 \rightarrow$  середина горизонтальной стержня  
 лежит на вертикали, в.е. на вертикали.

$$\tan \alpha = \frac{l}{\frac{l}{2}} = \frac{1}{2} \quad \text{Ответ: } \alpha = \arctg \frac{1}{2}$$

20/

N2

$$S_1 = S_2 = S_3; \quad S = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2a}; \quad S = V_0 \cdot t + \frac{at^2}{2}$$

$$V_1^2 - V_0^2 = V_2^2 - V_1^2 = V_3^2 - V_2^2$$

$$V_2^2 + V_0^2 = 2V_1^2; \quad 2V_2^2 = V_3^2 + V_1^2$$

$$a = \frac{\Delta V}{t}; \quad a_1 = a_2 = a_3 = a = \text{const.}$$

$$\frac{V_1 - V_0}{t_1} = \frac{V_2 - V_1}{t_2} = \frac{V_3 - V_2}{t_3}$$

$$V_1 = V_0 + at_1; \quad V_2 = V_1 + at_2; \quad V_3 = V_2 + at_3; \quad V_2 = V_0 + at_1 + at_2; \quad V_3 = V_0 + at_1 + at_2 + at_3$$

$$V_3 = V_0 + a(t_1 + t_2 + t_3); \quad V_2 = V_0 + a(t_1 + t_2); \quad V_1 = V_0 + at_1; \quad V_0 = V_0$$

$$\frac{V_0 + at_1 - V_0}{t_1} = \frac{V_0 + a(t_1 + t_2) - V_0 + at_1}{t_2} = \frac{V_0 + a(t_1 + t_2 + t_3) - V_0 + a(t_1 + t_2)}{t_3}$$

$$\frac{at_1}{t_1} = \frac{at_2}{t_2} = \frac{at_3}{t_3} = a; \quad t = \frac{\Delta V}{a}$$

$$t_1 = \frac{V_1 - V_0}{a}; \quad t_2 = \frac{V_2 - V_1}{a}; \quad t_3 = \frac{V_3 - V_2}{a}; \quad a = \frac{V_3 - V_2}{t_3}$$

$$t_1 = \frac{(V_1 - V_0) t_3}{V_3 - V_2}; \quad t_2 = \frac{(V_2 - V_1) t_3}{V_3 - V_2}; \quad t_1 + t_2 = \frac{t_3 (V_2 - V_0)}{V_3 - V_2} = \frac{t_3 (a(t_1 + t_2))}{a(t_1 + t_2 + t_3)}$$

$$t_1 + t_2 = \frac{t_3 (t_1 + t_2)}{t_1 + t_2 + t_3}; \quad t_3 = \frac{(t_1 + t_2) \cdot t_1}{(t_1 + t_2)}; \quad t_3 = t_1 = t_2$$

Ответ: 3c.

4/