

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
725		Чернышова АС	Жер

Задача N1

Дано:

$$S, v_A = v_B = v$$

$$A: \frac{1}{3}S - a = \text{const}$$

$$\frac{1}{3}S - v = \text{const}$$

$$\frac{1}{3}S - a = \text{const}$$

$$B: \frac{1}{3}S - a = \text{const}$$

$$\frac{2}{3}S - v = \text{const}$$

$$\frac{1}{3}S - a = \text{const}$$

Кто первый?

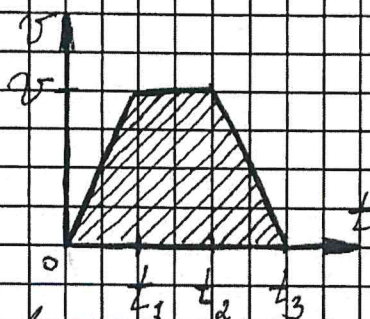
$$t_A \text{ и } t_B$$

$$\Delta t = ?$$

Решение:

1) Для каждого участника задачи построим график зависимости $v(t)$.

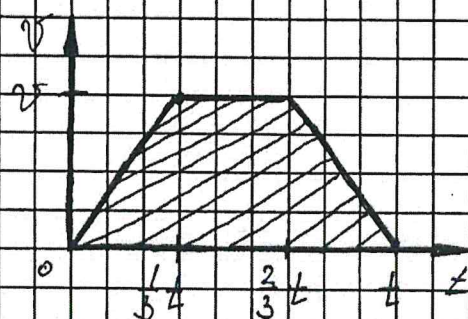
Для Антона (А):



• для А:

$$\text{м.к. } \Delta v_0 = \Delta v_{23} \text{ и } S_{01} = S_{23}, \text{ то } a_{01} = a_{23}$$

Для Бориса (Б):



$$S_A = \frac{1}{2} v \cdot t_{01} + \frac{1}{2} v \cdot t_{12} + v \cdot t_{12} =$$

$$= (v \cdot t_{01} + v \cdot t_{12} + v \cdot t_{12}) \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} v \cdot t_{12} = v \cdot \frac{1}{2} \cdot t_A + \frac{1}{2} v \cdot t_{12}, \text{ где}$$

$$t_A = t_{01} + t_{12} + t_{12} \text{ и } \frac{1}{3}S = v \cdot t_{12} \text{ Тогда } S_A = \frac{1}{2} v \cdot t_A + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}S \quad (S_A = S)$$

$$S = \frac{1}{6}S + \frac{1}{2}v \cdot t_A \quad \frac{5}{6}S = \frac{1}{2}v \cdot t_A \quad \frac{5S}{3} = v \cdot t_A \quad t_A = \frac{5S}{3v}$$

• для Б:

$$S_B = S = \left(\left(\frac{2}{3}t - \frac{1}{3}t \right) + t \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot v = \left(\frac{1}{3}t \cdot t \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot v = \frac{1}{3}t \cdot \frac{1}{2} \cdot v = \frac{2}{3}v \cdot t,$$

$$\text{где } t = t_B \quad S = \frac{2}{3}v \cdot t_B \quad t_B = \frac{3S}{2v}$$

$$\text{Таким, } t_A = \frac{5S}{3v}; \quad t_B = \frac{3S}{2v} \text{ Сравним значения времени.}$$

(прод. на след. стр.)

Задача №1 (продолжение)

$$\frac{5S}{3V} \vee \frac{3S}{2V} \quad || : S$$

$$\frac{5}{3} \vee \frac{3}{2} \quad || : 6$$

Поскольку $t_A > t_B \Rightarrow$ Двигатель затормозит раньше времени, а значит примет первую.

$$10V9 \quad 10 > 9$$

$$\text{Значит } \frac{5S}{3V} > \frac{3S}{2V}$$

$$\Delta t = t_A - t_B = \frac{5S}{3V} - \frac{3S}{2V} = \frac{10S - 9S}{6V} = \frac{1S}{6V}$$

Ответ: Двигатель примет первую; $\Delta t = \frac{1S}{6V}$. ✓ 20/5

Задача №3

Решение: 1) Найти для каждого процесса в осях $P(V)$.Дано:
 $i=3$ Печерисовым график в осях $P(V)$: $\eta = ?$

$$\text{сост. 1: } 3p_0 \quad V_1 = VR_2 T_0$$

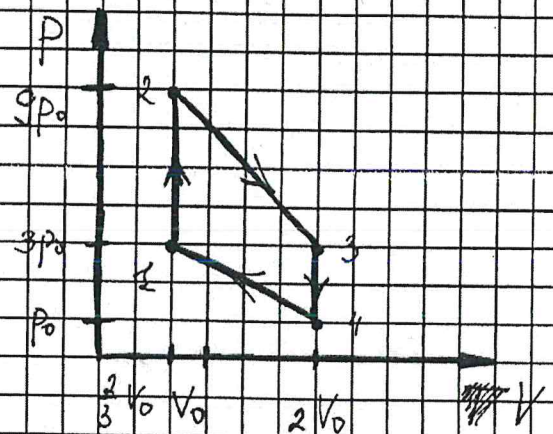
$$V_1 = \frac{VR_2 T_0}{3p_0} = \frac{2}{3} V_0$$

$$\text{сост. 2: } 9p_0 \quad V_2 = VR_2 T_0 \cdot 6$$

$$V_2 = \frac{5VR_2 T_0}{9p_0} = \frac{2}{3} V_0$$

$$\text{сост. 3: } 3p_0 \quad V_3 = VR_2 T_0 \quad V_3 = \frac{6VR_2 T_0}{3p_0} = 2V_0$$

$$\text{сост. 4: } p_0 \quad V_4 = VR_2 T_0 \quad V_4 = \frac{2VR_2 T_0}{p_0} = 2V_0$$



$$2) \quad \eta = \frac{A'}{Q_{in}} \cdot 100\%, \quad \text{где } A' = S_{up}, \quad \text{где } S_{up} - \text{площадь под графиком в осях } P(V).$$

$$\begin{aligned} 3) \quad A' &= A'_{23} - A'_{41} = (3p_0 + 9p_0) \cdot \frac{1}{2} \cdot (2V_0 - \frac{2}{3}V_0) - \frac{1}{2} (p_0 + 3p_0) \cdot (2V_0 - \frac{2}{3}V_0) = \\ &= 6p_0 \cdot (\frac{4V_0 - 2V_0}{3}) - 2p_0 \cdot (\frac{4V_0 - 2V_0}{3}) = 6p_0 \cdot \frac{4}{3}V_0 - 2p_0 \cdot \frac{4}{3}V_0 = 8p_0 V_0 - \frac{8}{3}p_0 V_0 = \\ &= \frac{24 - 8}{3} p_0 V_0 = \frac{16}{3} p_0 V_0 \end{aligned}$$

$$4) \quad Q_{in} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad \text{где } Q_1 > 0, Q_2 > 0, Q_n > 0$$

(прод. на след. стр.)

Задача №3 (продолжение)

$$Q_{12} = A'_{12} + \Delta H_{12} \quad A'_{12} = 0, \text{ м.к. } \Delta V_{12} = 0 \quad \Delta H_{12} > 0, \text{ м.к. } \Delta T_{12} > 0.$$

$$\bullet Q_{12} = \Delta H_{12}, \quad Q_{12} > 0$$

$$Q_{23} = A'_{23} + \Delta H_{23} \quad A'_{23} > 0, \text{ м.к. } \Delta V_{23} > 0, \quad \Delta H_{23} = 0, \text{ м.к. } \Delta T_{23} = 0.$$

$$\bullet Q_{23} = A'_{23}, \quad Q_{23} > 0$$

$$Q_{34} = A'_{34} + \Delta H_{34} \quad A'_{34} = 0, \text{ м.к. } \Delta V_{34} = 0, \quad \Delta H_{34} < 0, \text{ м.к. } \Delta T_{34} < 0.$$

$$\bullet Q_{34} = \Delta H_{34}, \quad Q_{34} < 0$$

$$Q_{41} = A'_{41} + \Delta H_{41} \quad A'_{41} < 0, \text{ м.к. } \Delta V_{41} < 0, \quad \Delta H_{41} = 0, \text{ м.к. } \Delta T_{41} = 0$$

$$\bullet Q_{41} = A'_{41}, \quad Q_{41} < 0$$

$$\text{Итого } Q_H = Q_{12} + Q_{23} \quad Q_{12} = \Delta H_{12} = \frac{3}{2} pR \Delta T_{12} \quad \begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R} \\ T_2 = \frac{p_2 V_2}{\nu R} \end{cases} \Rightarrow \Delta T = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\nu R} \Rightarrow Q_{12} = \Delta H_{12} = \frac{3}{2} \left(\frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{1} \right) =$$

$$= \frac{3}{2} \left(9p_0 \cdot \frac{2}{3} V_0 - 3p_0 \cdot \frac{2}{3} V_0 \right) = \frac{2}{3} V_0 \cdot \frac{3}{2} \cdot 6p_0 = 6p_0 V_0$$

$$Q_{23} = A'_{23} = \frac{1}{2} (3p_0 + 9p_0) \cdot \left(2V_0 - \frac{2}{3} V_0 \right) = \frac{1}{2} \cdot 12p_0 \cdot \frac{4}{3} V_0 = 8p_0 \cdot \frac{4}{3} V_0 = 8p_0 V_0$$

$$\text{Итого } Q_H = Q_{12} + Q_{23} = 6p_0 V_0 + 8p_0 V_0 = 14p_0 V_0$$

$$5) \quad \eta = \frac{16p_0 V_0}{3 \cdot 14p_0 V_0} \cdot 100\% = \frac{8p_0 V_0}{3 \cdot 7p_0 V_0} \cdot 100\% \approx 38\%$$

Ответ: 38

155

Задача №2 (см. след. стр.)

Задача №2 (РРос.)

i) Рассчитать проекции на x и на y .

$$x: \text{пр. } \vec{g} = 0 \Rightarrow S = v_0 \cos \alpha \cdot t_1$$

$$S = v_0 \cos \beta \cdot t_2$$

$$y: H_1 = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$H_2 = v_0 \sin \beta \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

2) Длина L - расстояние между мячами в процессе полета.

Очевидно, что L мин будет достигаться, когда оба мяча находятся в своих максимальных точках (т.е. расстояние между ними по x будет равно нулю).

$$3) H_1 = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$t_{1B} = \frac{-v_0 \sin \alpha}{-g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L_{2B} = \frac{v_0 \sin \beta}{g}$$

Подставляя в H_1 и H_2 , получаем: $H_1 = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g \cdot v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g^2} =$

$$= \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\text{Аналогично } H_2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$\text{Когда } L = \Delta H_2 = \frac{v_0^2}{2g} (\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha) =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} (1 - \cos^2 \beta - 1 + \cos^2 \alpha) = \frac{v_0^2}{2g} (\cos^2 \alpha - \cos^2 \beta) = \quad (\text{имеем, что } \beta > \alpha)$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} (\cos \alpha - \cos \beta) (\cos \alpha + \cos \beta)$$

$$4) \text{ Из п. 1. известно, что } \begin{cases} S = v_0 \cos \alpha \cdot t_1 \\ S = v_0 \cos \beta \cdot t_2 \end{cases}$$

(РРос. см. сл. стр.)

задача №2 (ПРОГ.) $\cos \alpha = \frac{S}{v_0 t_1}$ $\cos \beta = \frac{S}{v_0 t_2}$

$$\cos \alpha - \cos \beta = \frac{S}{v_0 t_1} - \frac{S}{v_0 t_2} = \frac{S}{v_0} \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right)$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = \frac{S}{v_0} \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right)$$

$$L = \frac{v_0^2}{2g} \cdot \left(\frac{S}{v_0} \right)^2 \cdot \left(\left(\frac{1}{t_1} \right)^2 - \left(\frac{1}{t_2} \right)^2 \right) = \frac{S^2 v_0^2}{4g v_0^2} \cdot \left(\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_2^2} \right) =$$

$$= \frac{S^2}{2g} \cdot \left(\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_2^2} \right)$$

5) Учитывая, что $v_k = v_H + at$, получаем, что

$$v_0 \sin \alpha = g \frac{t_1}{2} \quad g t_1 = 2 v_0 \sin \alpha \quad t_1 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

Аналогично $g t_2 = 2 v_0 \sin \beta \quad t_2 = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g}$

Также $H_1 = \frac{g \left(\frac{t_1}{2} \right)^2}{2} = \frac{g t_1^2}{8}$ $H_2 = \frac{g \left(\frac{t_2}{2} \right)^2}{2} = \frac{g t_2^2}{8}$

$$6) L = \frac{S^2}{2g} \left(\frac{1}{\frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}} - \frac{1}{\frac{2 v_0 \sin \beta}{g}} \right) = \frac{S^2}{2} \left(\frac{1}{2 v_0 \sin \alpha} - \frac{1}{2 v_0 \sin \beta} \right) =$$

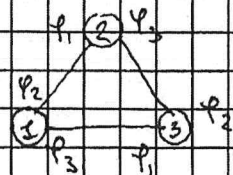
$$= \frac{S^2}{4 v_0} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - \frac{1}{\sin \beta} \right)$$

Ответ: $\frac{S^2}{4 v_0} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - \frac{1}{\sin \beta} \right)$

Задача №1

F₁ - ?

(ПРОГ. как след. шаг)



задача N 4 (прод.)

Плоскость в ортисово.

Масса достаточно мала,

$$\varphi = k \frac{q}{r}$$

$$\varphi_1 = k \frac{q_1}{r_1}$$

$$\varphi_2 = k \frac{q_2}{r_2}$$

$$\varphi_3 = k \frac{q_3}{r_3}$$

значит

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

где

$$q_1 = \frac{\varphi_1 r_1}{k}$$

$$q_2 = \frac{\varphi_2 r_2}{k}$$

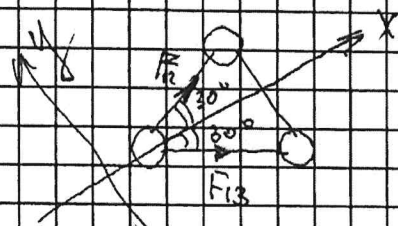
$$q_3 = \frac{\varphi_3 r_3}{k}$$

формула

$$F_{12} = k \cdot \frac{\varphi_1 \cdot r_1}{k} \cdot \frac{\varphi_2 \cdot r_2}{k} = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{k}$$

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} = k \cdot \frac{\varphi_1 r_1}{k} \cdot \frac{\varphi_2 r_2}{k} = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{k}$$

Две силы, угол между которыми равен 60° .



$$F_R = F_{12} \cos 30^\circ + F_{13} \cos 30^\circ = \frac{\varphi_1 \varphi_2 \sqrt{3}}{k} + \frac{\varphi_1 \varphi_3 \sqrt{3}}{k} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\varphi_1}{k} (\varphi_2 + \varphi_3)$$

проекции на ОУ (если друг друга, то не учитываются)

Ответ: $\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\varphi_1}{k} (\varphi_2 + \varphi_3)$

Задача N 5

Дано:

$$V = 5000 \text{ м}^3$$

$$p = 100 \text{ кПа}$$

$$t = 43^\circ \text{C}$$

$$\varphi_{\text{отн}} = 10\%$$

$$p_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа}$$

$$t_{\text{н}} = t$$

$$\varphi_{\text{отн}2} = 90\%$$

$$p_{\text{атм}} = 9000 \text{ Па}$$

$$m = ?$$

Решение:

$$pV = \nu RT \quad pV = \frac{m}{M} RT$$

$$100000 \cdot 5000 = \frac{m}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,314 \cdot (43 + 273)$$

$$m \approx 418, \text{ кг}$$

$$m = \rho \cdot V \quad \rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho_{\text{в}} = 0,08374 \text{ кг/м}^3$$

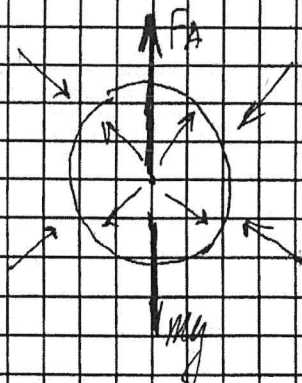
$$\varphi_{\text{отн}} = \frac{p_{\text{в}}}{p_{\text{атм}}} \cdot 100\%$$

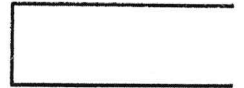
$$\text{при } 10\%: p_{\text{в}} = 0,1 \cdot 9000 \text{ Па} = 900 \text{ Па}$$

$$\text{при } 90\%: p_{\text{в}} = 0,9 \cdot 9000 \text{ Па} = 8100 \text{ Па}$$

$$\rho = \frac{F}{S}$$

$$\Rightarrow \text{если } \frac{p_{\text{в}2}}{p_{\text{в}1}} = \frac{8100}{900} = \frac{9}{1} = 9, \text{ то и } \frac{F_2}{F_1} = 9 \text{ и } F_2 = 9F_1$$





т.к. $F_2 > F_1 \Rightarrow$ идет движение влево. Тогда

$\Delta F = F_2 - F_1 = 8F_1$. Нулевой воздушный шар имеет нулевую массу, значит $F_1 = mg$ (силы уравновешены).

Тогда $\Delta F = 8F_1 = 8mg$. Отсюда $m_5 = 8m$

~~$m_5 = 8m = 8 \cdot 6,5444 \text{ кг} = 52,3552 \text{ кг}$~~

Для того, чтобы уравновесить шары ему необходимо снизить массу на $\frac{1}{8} m$

$$m_5 = \frac{1}{8} m = 52,3375 \text{ кг.}$$

Ответ: 52,3375 кг

125