

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
865		Червонская И. Сер	
Шифр			041754

Дано:

S

v

А: $a_1 = a_3$

$S_{1A} = S_{2A} = S_{3A} = \frac{S}{3}$

Б: $a_2 = a_4$

$t_1 = t_2 = t_3 = t = \frac{t_0}{3}$

кто первый?

$\Delta t = ?$

1) А: $S_{1A} = \frac{a_1 t_1^2}{2}$, $S_{3A} = \frac{a_3 t_3^2}{2}$, т.к. $S_{1A} = S_{3A}$ и $a_1 = a_3$, то

$$\frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{a_1 t_3^2}{2} \Rightarrow t_1 = t_3$$

$$S = S_{1A} + S_{2A} + S_{3A} = 2 S_{1A} + S_{2A} \Rightarrow$$

$$S_A = S = \frac{2 a_1 t_1^2}{2} + v t_1 = a_1 t_1^2 + v t_1, \text{ учитывая, что}$$

$$\frac{2}{3} S = \frac{2 a_1 t_1^2}{2}; \text{ а } \frac{S}{3} = v t_2$$

$$v = a_1 t_1, \text{ тогда } \frac{S}{3} = a_1 t_1 t_2$$

$$\frac{a_1 t_1^2}{2} = a_1 t_1 t_2 \Rightarrow \frac{t_1}{2} = t_2 \quad t_1 = 2 t_2, \text{ тогда}$$

$$S = a_1 \cdot 4 t_2^2 + a_1 t_1 t_2 = 4 a_1 t_2^2 + a_1 t_2^2 = 5 a_1 t_2^2$$

2) Б: $S = \frac{v - v_0}{2} \cdot t$, $S_{1B} = \frac{v - v_0}{2} \cdot t$; $S_{3B} = \frac{v - v_0}{2} \cdot t$, $\Rightarrow S_{1B} = S_{3B}$

$$S = S_{1B} + S_{3B} + S_{2B} = 2 S_{1B} + S_{2B} = \frac{2 a_2 t^2}{2} + v t, \text{ учитывая, что}$$

$$v = a_2 t, \text{ получаем } S = a_2 t^2 + a_2 t^2 = 2 a_2 t^2$$

т.к. скорости на S_{1A} и S_{1B} равны, то

$$a_1 t_1 = a_2 t_2, \text{ составим систему}$$

$$\begin{cases} a_1 t_1 = a_2 t_2 \\ 5 a_1 t_2^2 = 2 a_2 t^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_1 t_1 = a_2 t_2 \\ 3 a_1 t_2^2 = a_2 t^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_1 t_1 = a_2 t_2 \\ 3 a_1 t_2^2 = \frac{2 a_1 t_2}{t} t^2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$t = \frac{3 t_2}{2}$$

3) ~~общие~~ общие время Антона: $t_{1A} + t_{2A} + t_{3A} = 2 t_1 + t_2 = 4 t_2 + t_2 = 5 t_2$

общее время Бориса: $3 t = \frac{9 t_2}{2} = 4,5 t_2$

т.к. $5 t_2 > 4,5 t_2$, то Борис придет первым.

$$4) \Delta t = 5 t_2 - 4,5 t_2 = 0,5 t_2 = 0,5 \cdot \frac{S}{3v} = \frac{S}{6v}$$

Ответ: Борис придет первым, $\Delta t = \frac{S}{6v}$

201

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

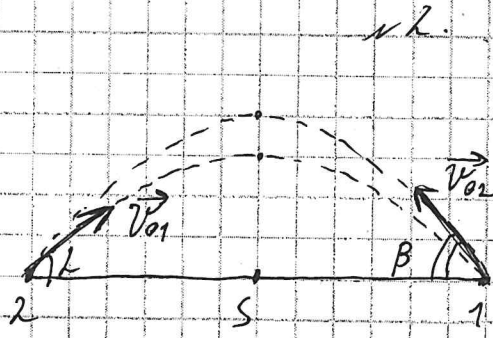
Шифр

Дано:

v_0

S

$h = ?$



Т.к. тела брошены под
углом α и β к горизонту, то

1) $v_0 \cos \alpha \cdot t = S$

$t_{\text{воз}} = t_{\text{пад}} = \frac{t}{2}$; где $t_{\text{воз}}$ - время подъема а $t_{\text{пад}}$ - время падения,

$$v_0 \sin \alpha \cdot t_{\text{воз}} = g t_{\text{пад}}^2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$t_{\text{воз}} = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot \frac{t}{2}}{g} \Rightarrow t = \frac{4 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$S = \frac{v_0 \cos \alpha \cdot 4 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

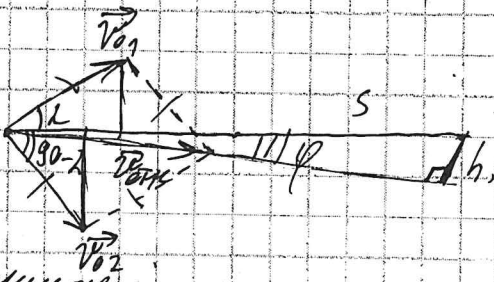
аналогично и с β : $S = \frac{2 v_0^2 \sin 2\beta}{g}$

$$\frac{2 v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{2 v_0^2 \sin 2\beta}{g} \Rightarrow \sin 2\alpha = \sin 2\beta, \text{ но, т.к. } \alpha \neq \beta, \text{ то}$$

$$\sin \beta = \sin (180 - 2\alpha) = \sin 2\alpha$$

$$180 - 2\beta = 2\alpha \Rightarrow 2\beta = 180 - 2\alpha \quad \beta = 90 - \alpha$$

2) перейдем в СО отнес. к телу



из рисунка получаем

$$v_{\text{гор}} = v_0 \cos \alpha$$

$$h = S \cdot \sin \varphi$$

$$v_{\text{гор}} \sin \varphi = v_0 \sin \alpha - v_0 \sin (90 - \alpha)$$

$$v_0 \cos \alpha \sin \varphi = v_0 (\sin \alpha - \cos \alpha)$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

$$\sin \varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} \sin k - \frac{\sqrt{2}}{2} \cos k = 2 \sin\left(\frac{\pi}{4} - k\right)$$

из φ -мс половинного угла: $\sin^2\left(\frac{\pi}{4} - k\right) = \frac{1 - \cos\left(\frac{\pi}{2} - 2k\right)}{2} = \frac{1 - \cos\left(\frac{\pi}{2} - 2k\right)}{2}$
 $= \frac{1 - \sin 2k}{2}$, из пункта 1) $\sin 2k = \frac{Sg}{2V_0^2} \Rightarrow$

$$\sin \varphi = \sin\left(\frac{\pi}{4} - k\right) = \sqrt{\frac{1 - \frac{Sg}{2V_0^2}}{2}}$$

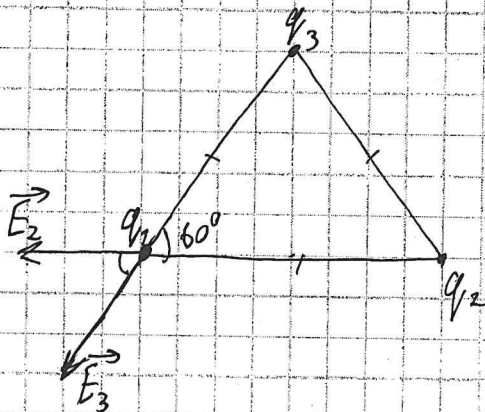
$$h = S \sin \varphi = S \cdot \sqrt{\frac{1 - \frac{Sg}{2V_0^2}}{2}} = S \sqrt{\frac{2V_0^2 - Sg}{4V_0^2}}$$

Ответ: $h = S \sqrt{\frac{2V_0^2 - Sg}{4V_0^2}}$

Дано:

q_1
 q_2
 q_3

$F_1 = ?$



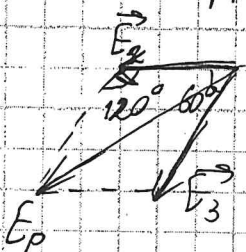
пусть сторона $\Delta = a$ равна a , тогда.

$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{a}, \quad \varphi_2 = \frac{kq_2}{a}, \quad \varphi_3 = \frac{kq_3}{a}.$$

$$\frac{q_1}{a} = \frac{\varphi_1}{k}.$$

Т.к. заряды q_i создают напряженности, то:

$$\vec{F}_1 = q_1 \vec{E}_p, \quad \vec{E}_p = \vec{E}_2 + \vec{E}_3; \quad E_2 = \frac{kq_2}{a^2}, \quad E_3 = \frac{kq_3}{a^2}; \quad E_2 = \frac{\varphi_2}{a}, \quad E_3 = \frac{\varphi_3}{a}.$$



по теореме кос.

$$E_p^2 = E_2^2 + E_3^2 + 2 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot \cos(120^\circ)$$

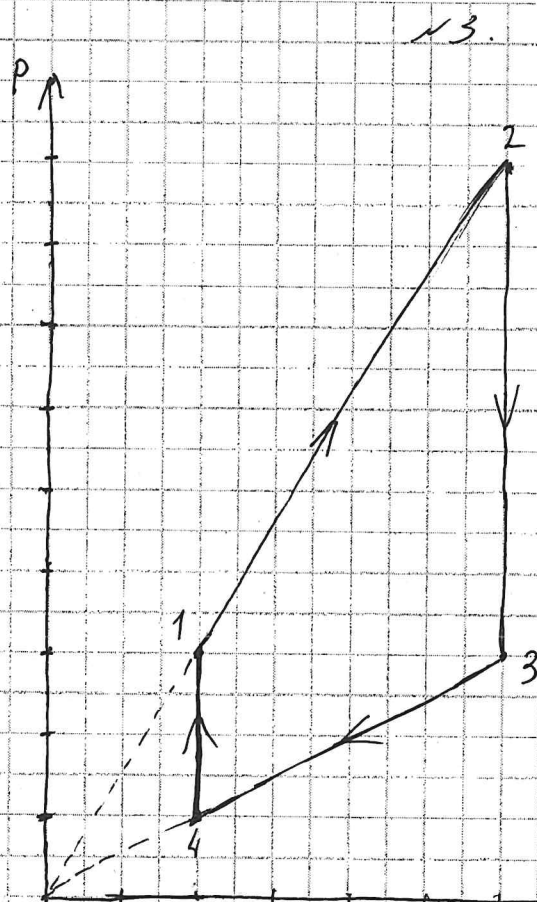
$$E_p = \sqrt{E_2^2 + E_3^2 + E_2 \cdot E_3} = \sqrt{\frac{\varphi_2^2}{a^2} + \frac{\varphi_3^2}{a^2} + \frac{\varphi_2 \cdot \varphi_3}{a^2}} = \frac{\sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \cdot \varphi_3}}{a}.$$

$$F_1 = \frac{q_1}{a} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \cdot \varphi_3} = \frac{q_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \cdot \varphi_3}$$

Ответ: $F_1 = \frac{q_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \cdot \varphi_3} = ?$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр



из условия:
1) процессы 1-2 и 3-4 -
изохоры т.к. $P \sim T$
процессы 2-3 и 4-1 - изотер-
мы.

$$2) P_2 = P_3; T_1 = T_4; T_2 = T_3.$$

найдем соотношения для
превода в P-V диаграмме:
пусть $P_1 = P_0$, тогда $P_3 = P_0$
пусть $T_1 = T_0$, тогда $T_4 = T_0$
пусть $V_1 = V_0$
из масштаба графика
видно, что:

$$P_2 = 3P_1 = 3P_0, \text{ а } P_4 = \frac{P_1}{3} = \frac{P_0}{3},$$

т.к. процесс 1-2 изохорный, то по 3-му закону
 $\frac{P_1}{T_1} = \text{const} = \frac{P_2}{T_2}$ по 3-му закону
 $\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_4}{T_4}$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \text{const} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4}; \frac{P_1 V_0}{T_0} = \frac{P_0 V_3}{3T_0} \Rightarrow V_3 = 3V_0$$

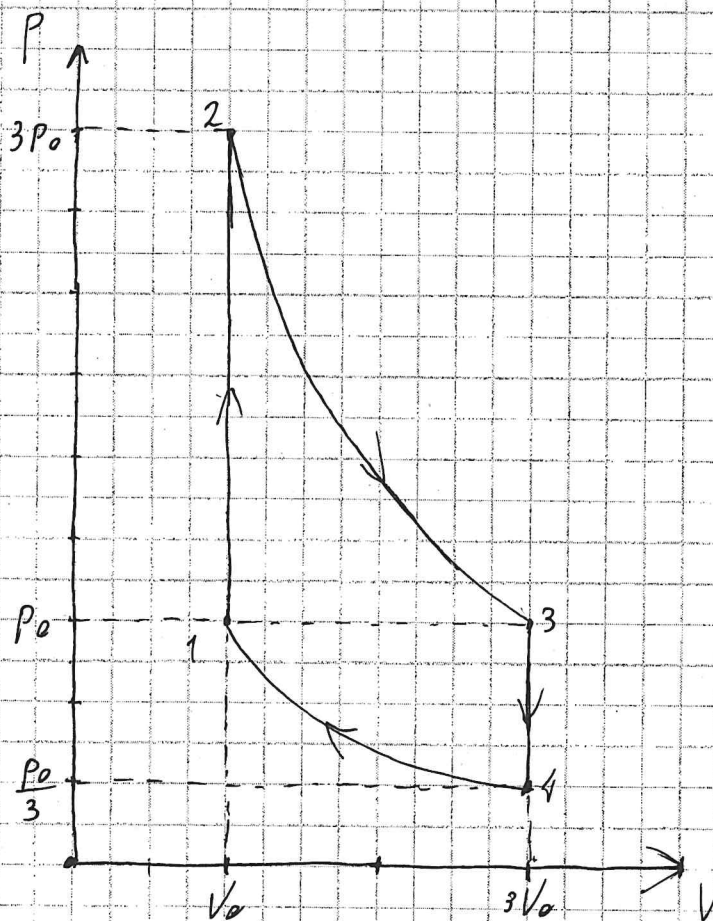
~~$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ т.к. процесс 1-2 изохорный, то по 3-му закону~~

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{3P_0 \cdot V_2}{3T_0} \Rightarrow V_2 = V_0$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_4 V_4}{T_4} \Rightarrow \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_0 \cdot V_4}{3 \cdot T_0} \Rightarrow V_4 = 3V_0$$

переведем график в P-V координаты.

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			



$$\eta = \frac{A}{Q_H} \cdot 100\% = \frac{Q_H - Q_K}{Q_H} \cdot 100\% =$$

$$= \left(1 - \frac{Q_K}{Q_H}\right) \cdot 100\%$$

В процессах 1-2 и 2-3, газ нагревается, а в процессах 3-4 и 4-1 - охлаждается.

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_K = |Q_{34}| + |Q_{41}|$$

по 1 закону термодинамики:

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} \quad (A=0, \text{ т.к. } \Delta V=0) \Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (3T_0 - T_0) =$$

$$= 3 \nu R T_0$$

$$Q_{23} = A_{23}$$

для вычисления работы при изменении температуры используем формулу:

$$A_{23} = \nu R T_0 \ln \frac{V_3}{V_2} = \nu R T_0 \ln 3$$

$$Q_{34} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{34} \quad (A=0, \text{ т.к. } \Delta V=0) \Rightarrow Q_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) = -3 \nu R T_0$$

$$Q_{41} = \nu R T_0 \ln \frac{V_1}{V_4} = \nu R T_0 \ln \frac{1}{3} = -\nu R T_0 \ln 3$$

$$Q_H = 3 \nu R T_0 + 3 \nu R T_0 \ln 3$$

$$Q_K = |-3 \nu R T_0| + |-\nu R T_0 \ln 3| \Rightarrow \eta = \left(1 - \frac{3 \nu R T_0 (1 + \ln 3)}{3 \nu R T_0 (1 + \ln 3)}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{3 + 3 \ln 3}{3 + 3 \ln 3}\right) \cdot 100\%$$

$$\approx 35\%$$

Ответ: $\eta = 35\%$

106

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

Дано:

$$V = 5000 \text{ м}^3$$

$$P_{\text{м}} = 1100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\varphi_1 = 10\%$$

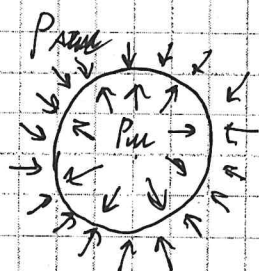
$$\varphi_2 = 90\%$$

$$P_{\text{д}} = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

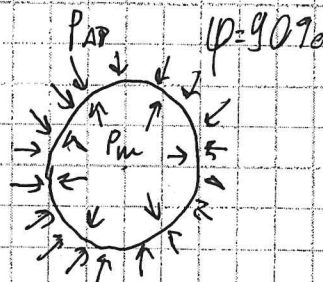
$$t = 43^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{н}} = 9000 \text{ Па}$$

$\Delta m = ?$



$$\varphi = 10\%$$



$$\varphi = 90\%$$

$$P_{n1} = 110000 - 100000 - 0,1 \cdot 9000 = 9100 \text{ Па}$$

$$P_{n2} = 110000 - 100000 - 0,9 \cdot 9000 = 1900 \text{ Па}$$

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

$$P_{n1} = \frac{m_1 g}{S}$$

$$P_{n2} = \frac{m_2 g}{S}$$

$$\Delta P = P_{n1} - P_{n2} = \frac{(m_1 - m_2)g}{S} = \frac{\Delta m g}{S} \Rightarrow \Delta m = \frac{\Delta P \cdot S}{g}$$

$$V = V_{\text{ш}} = \frac{4}{3} \pi R^3 \Rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{3V_{\text{ш}}}{4\pi}} \Rightarrow S = \pi R^2 = \pi \cdot \sqrt[3]{\frac{(3V)^2}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{(3V)^2}{\pi}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{9100 - 1900 \cdot \sqrt[3]{\frac{(3 \cdot 5000)^2}{\pi}}}{10} \approx 299 \text{ тонн}$$

Ответ: $\Delta m \approx 299 \text{ тонн}$

100