

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
585		Червинская АС	Алех
Шифр			520092

Задача 1

Дано: $S = S$

$U = U$

Найти: $\Delta t = ?$

Решение:

1) Найдем время, за которое расстояние преобразит Аким;

Известно, что по тактике он пробежал три пути.

U_0 и $U_{кон}$ и $U_{кон}$ равны нулю, поэтому пусть $U_{нач} = U_{кон} = U_0 = 0$,

тогда $\frac{U^2 - U_0^2}{2a} = \frac{1}{3}S$; $U t_2 = \frac{1}{3}S$, $\frac{U_0^2 - U^2}{-2a} = \frac{1}{3}S$;

$$S = \frac{U^2}{2a} + \frac{U^2}{2a} + U t_2; \quad U = U_0 + at \Rightarrow U = at \Rightarrow a = \frac{U}{t} \Rightarrow$$

$$S = \frac{U^2}{2 \cdot \frac{U}{t}} + U t_2 = \frac{U^2}{2} + U t_2 = U t + U t_2$$

$$U t_2 = \frac{1}{3}S \Rightarrow U t + U t_2 = U t + \frac{1}{3}S = S \Rightarrow U t = \frac{2}{3}S \Rightarrow t = \frac{2S}{3U}$$

2) Найдем время, за которое расстояние преобразит Борис. Известно, что по своей тактике он бежал три времени: $U_{нач} = U_{кон} = U_0 = 0$;

$$S_1 = \frac{U^2 - U_0^2}{2a}, \quad S_2 = at + U \bar{t}; \quad S_3 = \frac{U_0^2 - U^2}{-2a}; \quad S_1 + S_2 + S_3 = S = \frac{U^2}{2a} + \frac{U^2}{2a} + U \bar{t};$$

$$U = at + U_0 \Rightarrow at = U; \quad a = \frac{U}{t} \Rightarrow S = \frac{U^2}{a} + U \bar{t} = \frac{U^2}{\frac{U}{t}} + U \bar{t} = 2U \bar{t} \Rightarrow \bar{t} = \frac{S}{2U}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{3} T^* \Rightarrow T^* = \frac{3S}{2U}$$

$$\frac{5S}{3U} > \frac{3S}{2U} \Rightarrow \text{Борис первым придет к финишу} \quad \Delta t = \frac{5S}{3U} - \frac{3S}{2U} = \frac{10-9}{6} S/U$$

$$= \frac{1}{6} US$$

Ответ: $\frac{1}{6} US$ Борис придет к финишу первым; $\Delta t = \frac{1}{6} US$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			620062

Задача 2

Дано: $U_0 = U_0$

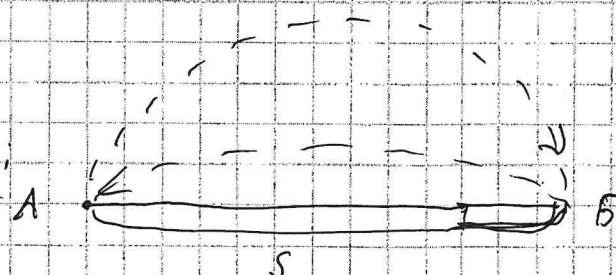
$S = S$; $\Delta \neq \beta$

Найти: $d_{\min} = ?$

d - расстояние

Решение:

Маяк первого маяка = A
маяк второго маяка = B



Найдем время, за которое маяк пролетит расстояние S

$$y_A = y_B = 0; \quad y = 0 + U_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}; \quad y_A = 0 + U_0 \sin \alpha t_A - \frac{g t_A^2}{2};$$

$$U_0 \sin \alpha t_A = \frac{g t_A^2}{2}; \quad \frac{g t_A^2}{2} - U_0 \sin \alpha t_A = 0 \quad t_A = 0 \text{ или } \frac{g t_A}{2} - U_0 \sin \alpha = 0$$

$$S = U_0 \cos \alpha \cdot t_A = \frac{2 U_0 \sin \alpha}{g} \cdot U_0 \cos \alpha = \frac{U_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (1)$$

$$y_B = 0 + U_0 \sin \beta t_B - \frac{g t_B^2}{2}; \quad \frac{g t_B^2}{2} = U_0 \sin \beta t_B; \quad \frac{g t_B}{2} - U_0 \sin \beta = 0$$

$$t_B = 0 \text{ или } \frac{g t_B}{2} - U_0 \sin \beta = 0; \quad t_B = \frac{2 U_0 \sin \beta}{g}$$

$$S = U_0 \cos \beta \cdot t_B = \frac{U_0 \cos \beta \cdot 2 U_0 \sin \beta}{g} = \frac{2 U_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{U_0^2 \sin 2\beta}{g}$$

$$\frac{U_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{U_0^2 \sin 2\beta}{g} \Rightarrow \sin 2\alpha = \sin 2\beta; \Rightarrow \beta = 90^\circ - \alpha;$$

2) Найдем координаты маяка в любой момент времени (зависим от t)

$$y_A = U_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}; \quad x_A = U_0 \cos \alpha t \quad x_B = U_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2}; \quad x_B = S - U_0 \cos \beta t$$

$$d = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}; \quad d = f(t) = \sqrt{(S - U_0 \cos \beta t - U_0 \cos \alpha t)^2 + (U_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2} - U_0 \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2})^2}$$

$$= \sqrt{(S - U_0 + (U_0 \cos \alpha + U_0 \cos \beta))^2 + (U_0 + (U_0 \sin \beta - U_0 \sin \alpha))^2}; \quad \cos \beta = \cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$$

$$\sin \beta = \sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$$

$$f(t) = \sqrt{(S - U_0 + (U_0 \sin \alpha + U_0 \cos \alpha))^2 + (U_0 + (U_0 \cos \alpha - U_0 \sin \alpha))^2}; \quad f(t) = \sqrt{(S - \sqrt{2} U_0 + (U_0 \sin(\alpha + \frac{\pi}{4})))^2 + (U_0 + \sqrt{2} \cdot U_0 \cos(\alpha + \frac{\pi}{4}))^2}$$

$$f(t) = \sqrt{S^2 - 2\sqrt{2} U_0 S + S \cdot \sin(\alpha + \frac{\pi}{4}) + 2 U_0^2 + 2 \cdot \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4}) + 2 U_0^2 + 2 \cdot \cos^2(\alpha + \frac{\pi}{4})} =$$

$$S^2 - 2\sqrt{2} U_0 S + S \cdot \sin(\alpha + \frac{\pi}{4}) + 2 U_0^2 + 2 \cdot \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4}) + 2 U_0^2 + 2 \cdot \cos^2(\alpha + \frac{\pi}{4}) =$$

$$= \frac{S - \sin(\alpha + \frac{\pi}{4})}{U_0 \sqrt{2}} \quad g(t)_{\min} = \frac{S^2 - 2\sqrt{2} S \cdot U_0 \cdot \sin(\alpha + \frac{\pi}{4}) + 2 U_0^2 + 2 \cdot \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4})}{U_0 \sqrt{2}} =$$

$$S^2 - 2 S^2 \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4}) + S^2 \cdot \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4}) = S^2 - S^2 \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4})$$

пропорционально на сред
мине.

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

Задача 2 продолжение.

$\rho(t) = S^2 - S^2 \cdot \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4})$ По формуле (1) $S = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin 2\alpha}{\sin 2\alpha} = S$

$$\sin 2\alpha = \frac{Sg}{v_0^2} \quad \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4}) = (\sin \alpha \frac{\sqrt{2}}{2} + \cos \alpha \frac{\sqrt{2}}{2})^2 = (\frac{\sqrt{2}}{2})^2 (\sin \alpha + \cos \alpha)^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha + 2 \sin \alpha \cos \alpha) = \frac{1 + \sin 2\alpha}{2} = \frac{1 + \frac{Sg}{v_0^2}}{2} = \frac{v_0^2 + Sg}{2v_0^2}$$

$$\rho(t) = S^2 (1 - \sin^2(\alpha + \frac{\pi}{4})) = S^2 (1 - \frac{v_0^2 + Sg}{2v_0^2}) = S^2 (\frac{2v_0^2 - v_0^2 - Sg}{2v_0^2})$$

$$= S^2 (\frac{v_0^2 - Sg}{2v_0^2}) = \frac{S^2}{v_0^2} (\frac{v_0^2 - Sg}{2}) ; \quad \rho(t) = f^2(t) = d_{\text{мин}}^2 \Rightarrow$$

$$d_{\text{мин}} = \sqrt{\rho(t)} = \frac{S}{v_0} \sqrt{\frac{v_0^2 - Sg}{2}}$$

Ответ: минимальное расстояние $d_{\text{мин}} = \frac{S}{v_0} \sqrt{\frac{v_0^2 - Sg}{2}}$;

Задача 3.

P_n, T_n, V_n - давление, температура и объем в процессе n ;

Дано: $P_1 = 6P_0, T_1 = 4T_0, P_2 = 12P_0, T_2 = 12T_0, P_3 = 6P_0, T_3 = 12T_0, P_4 = 2P_0, T_4 = 4T_0$; $\Rightarrow$ м.к. $PV = \nu RT \Rightarrow V = \frac{\nu RT}{P} \Rightarrow$

$$V_1 = \frac{2\nu RT_0}{3P_0}, V_2 = \frac{12\nu RT_0}{12P_0}, V_3 = \frac{2\nu RT_0}{P_0}, V_4 = \frac{2\nu RT_0}{P_0}$$

Решение:

$$A_{n-k} = (\frac{P_k + P_n}{2}) \cdot (V_k - V_n) ; \quad A_{1-2} = (\frac{12P_0 + 6P_0}{2}) \cdot (\frac{2\nu RT_0}{3P_0} - \frac{12\nu RT_0}{12P_0}) = -\frac{25}{59} \nu RT_0$$

$$A_{2-3} = (\frac{2\nu RT_0}{P_0} - \frac{12\nu RT_0}{12P_0}) \cdot \frac{6P_0 + 12P_0}{2} = \frac{325}{13} \nu RT_0$$

$$A_{3-4} = 0 ; \quad A_{4-1} = (\frac{2\nu RT_0}{3P_0} - \frac{2\nu RT_0}{P_0}) \cdot \frac{2P_0 + 6P_0}{2} = -\frac{16}{3} \nu RT_0$$

$$\Delta U_{n-k} = \nu R (T_k - T_n) \frac{3}{2}$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (12T_0 - 4T_0) = 12 \nu RT_0$$

$$\Delta U_{2-3} = 0$$

$$\Delta U_{3-4} = \frac{3}{2} \nu R (4T_0 - 12T_0) = -12 \nu RT_0 ; \quad \Delta U_{4-1} = 0$$

Продолжение на след. листе.

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

Задача 3. продолжение

$$Q_{n-k} = A_{n-k} + \Delta U_{n-k}; \quad Q_{1-2} = -\frac{25}{59} V R T_0 + 12 V R T_0 = \frac{613}{59} V R T_0$$

$$Q_{2-3} = \frac{325}{19} V R T_0; \quad Q_{3-4} = -12 V R T_0$$

$$Q_{4-1} = -\frac{16}{3} V R T_0$$

$$Q_H - Q_X$$

$$Q_H = \frac{613}{59} V R T_0 + \frac{325}{19} V R T_0 - 12 V R T_0 - \frac{16}{3} V R T_0 = \frac{31931 + 52525 - 40356 - 12936}{3363} = \frac{31164}{3363} V R T_0$$

$$Q_X = \frac{613}{59} V R T_0 - \frac{325}{19} V R T_0 = \frac{96456}{3363} V R T_0$$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = \frac{\frac{31164}{3363} V R T_0}{\frac{96456}{3363} V R T_0} = \frac{31164}{96456} = 0,326; \quad \eta = 32,6\% \approx 40\%$$

Ответ: 40%

15.

$$\text{Дано: } M_{H_2} = 2 \frac{2}{\text{моль}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$V = 5000 \text{ м}^3; \quad P_{H_2} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$t = 43^\circ \text{C}; \quad \varphi_1 = 10\%$$

$$\varphi_2 = 90\%; \quad P_{\text{в}} = 10^5 \text{ Па};$$

$$\varphi_{\text{нас}} = P_{\text{насыщ}} = 2000 \text{ Па} = 2 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\text{Найти: } \Delta m = ?$$

$$t = 43^\circ \text{C} = 316 \text{ К}$$

Решение.

$$\text{Условие } h = \text{const} \quad \text{так } m_{\text{наш}} g = F_A = \rho g V \quad \varphi = \frac{P}{P_{\text{нас}}} = ? \quad P = \frac{\varphi \cdot P_{\text{нас}}}{100\%}$$

$$\Delta m g = P_1 g V_1 - P_2 g V_2 \Rightarrow \Delta m = P_1 V_1 - P_2 V_2$$

$$P V = \nu R T; \quad \nu = \frac{m}{M} \Rightarrow P V = \frac{m}{M} R T; \quad m = \frac{P V M}{R T}$$

$$P_1 V_{\text{боз}} = m_{\text{боз}1} \Rightarrow m_{H_2} = m_{\text{боз}1} = \frac{P_{H_2} V \cdot M_{H_2}}{R T} = \frac{P_{\text{в}} (P_{\text{в}} + \frac{\varphi_1 P_{\text{нас}}}{100\%}) V \cdot M_{\text{боз}}}{R T}$$

$$\Rightarrow M_{\text{боз}} = \frac{M_{H_2} P_{H_2}}{P_{\text{в}} + \frac{\varphi_1 P_{\text{нас}}}{100\%}}; \quad m_{\text{боз}2} = \frac{(P_{\text{в}} + \frac{\varphi_2 P_{\text{нас}}}{100\%}) V \cdot M_{\text{боз}}}{R T} \Rightarrow$$

$$\Delta m = m_{\text{боз}2} - m_{\text{боз}1} = \frac{(P_{\text{в}} + \frac{\varphi_2 P_{\text{нас}}}{100\%}) V \cdot M_{\text{боз}}}{R T} - \frac{(P_{\text{в}} + \frac{\varphi_1 P_{\text{нас}}}{100\%}) V \cdot M_{\text{боз}}}{R T}$$

$$= \frac{V \cdot M_{\text{боз}}}{R T} \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) \cdot \frac{P_{\text{нас}}}{100\%} = 5000 \cdot \frac{M_{H_2} \cdot P_{H_2} \cdot V}{P_{\text{в}} + \frac{\varphi_1 P_{\text{нас}}}{100\%}} \cdot \frac{(\varphi_2 - \varphi_1) \cdot P_{\text{нас}}}{100\%}$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 10^5 \cdot 5000}{(10^5 + 2000) \cdot 8,31 \cdot 316} \cdot \frac{4}{5} \cdot 2000$$

$$\Delta m = \frac{11000 \cdot 10^2 \cdot 2000}{100000 \cdot 831316} \approx 30 \text{ кг}$$

Ответ: на 30 кг