

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
868		Червенецкая И.С.	Иер
Шифр			020705

1. Антон:

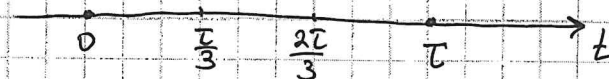


$$\frac{s}{3} = \frac{v^2}{2a_A} = \frac{a_A \cdot t_{1,A}^2}{2} \Rightarrow a_A = \frac{v}{t_{1,A}}$$

$$\frac{s}{3} = v \cdot t_{2,A}$$

$$\frac{s}{3} = \frac{-v^2}{-2a} = \frac{v^2}{2a} = \frac{a_A \cdot t_{3,A}^2}{2}$$

Борис:



$$s_1 + s_2 + s_3 = s$$

$$s_1 = \frac{a_B \left(\frac{l}{3}\right)^2}{2} = \frac{v^2}{2a_B} \Rightarrow a_B = \frac{3v}{l}$$

$$s_2 = v \cdot \frac{l}{3}$$

$$s_3 = \frac{a_B \left(\frac{l}{3}\right)^2}{2} = \frac{v^2}{2a_B}$$

$$t_{1,A} = \sqrt{\frac{2s}{3a_A}} = \sqrt{\frac{2s \cdot t_{1,A}}{3v}} \Rightarrow t_{1,A} = \frac{2s}{3v} = t_{3,A}$$

$$t_{2,A} = \frac{s}{3v}$$

$$t_A = t_{1,A} + t_{2,A} + t_{3,A} = 2 \cdot \frac{2s}{3v} + \frac{s}{3v} = \frac{5s}{3v} - \text{время Антона}$$

$$s_1 = \frac{v^2}{2a_B} = \frac{v^2}{2 \cdot \frac{3v}{l}} \cdot l = \frac{v \cdot l}{6} = s_3$$

$$s_2 = \frac{v \cdot l}{3}$$

$$s = s_1 + s_2 + s_3 = 2 \cdot \frac{v \cdot l}{6} + \frac{v \cdot l}{3} = \frac{2v \cdot l}{3} \Rightarrow l = \frac{3s}{2v} - \text{время Бориса}$$

$$\Delta t = t_A - l = \left(\frac{5}{3} - \frac{3}{2}\right) \cdot \frac{s}{v} = \frac{1}{6} \cdot \frac{s}{v} = \frac{s}{6v}$$

Ответ: Антон; $\Delta t = \frac{s}{6v}$

186

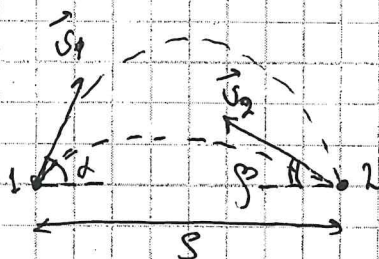
Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

020705

2.

$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v_0$$



$$S = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\varphi}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\beta}{g}$$

$$\begin{cases} \sin 2\alpha = \sin 2\beta \\ \alpha \neq \beta \end{cases}$$

$$\sin 2\alpha = \frac{gS}{v_0^2} \Rightarrow 2\alpha = 180^\circ - 2\beta$$

$$\alpha = 90^\circ - \beta \Rightarrow \alpha + \beta = 90^\circ \quad (0^\circ < \alpha, \beta < 90^\circ)$$

т.к. мячики сближаются до момента, когда пролетят над внешней точкой

$$y_1 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_2 = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$x_1 = v_0 \cos \alpha t$$

$$x_2 = S - v_0 \cos \beta t$$

$$\Delta y = y_1 - y_2 = v_0 t (\sin \alpha - \sin \beta)$$

$$\Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = S - v_0 t (\cos \alpha + \cos \beta)$$

S - расстояние между шариками:

$$r^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 = (v_0 t)^2 (\sin \alpha - \sin \beta)^2 + S^2 - 2Sv_0 t (\cos \alpha + \cos \beta) + (v_0 t)^2 (\cos \alpha + \cos \beta)^2$$

$$= S^2 - 2Sv_0 t (\cos \alpha + \cos \beta) + 2(v_0 t)^2 (1 + \cos(\alpha + \beta)) = S^2 - 2Sv_0 t (\cos \alpha + \cos \beta) + 2(v_0 t)^2$$

$$(r^2)' = -2Sv_0 + 4v_0^2 t \Rightarrow t_0 = \frac{S v_0 (\cos \alpha + \cos \beta)}{2 v_0^2} = \frac{S (\cos \alpha + \cos \beta)}{2 v_0}$$

т.к. $r^2(t)$ - парабола ветви вниз, то её максимум находится в её вершине, то есть $(r^2)' = 0$

$$r^2(t_0) = S^2 - 2Sv_0 \cdot \frac{S (\cos \alpha + \cos \beta)}{2 v_0} + 2v_0^2 \cdot \frac{S^2 (\cos \alpha + \cos \beta)^2}{4 v_0^2}$$

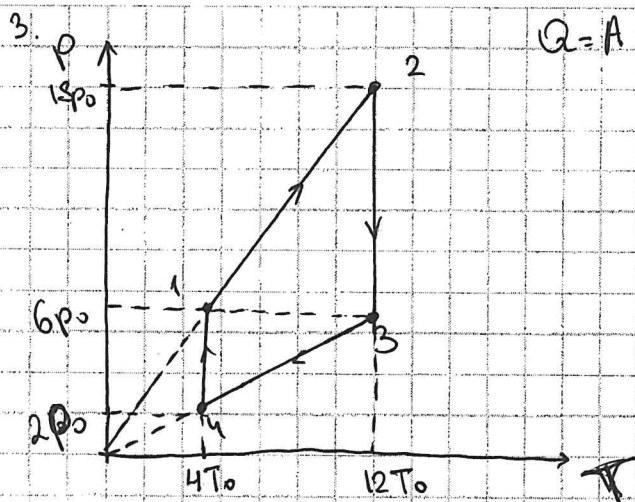
$$r^2(t_0) = S^2 - 2Sv_0 \cdot \frac{S (\cos \alpha + \cos \beta)}{2 v_0} + 2v_0^2 \cdot \frac{S^2 (\cos \alpha + \cos \beta)^2}{4 v_0^2}$$

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

$$= \frac{S^2}{2} \left(1 - \frac{1 + \sin 2\alpha}{2} \right) \Rightarrow S = S \sqrt{\frac{v_0^2 - gS}{2v_0^2}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{S}{v_0} \sqrt{\frac{v_0^2 - gS}{2}}$$

205



$$Q = A + \Delta U$$

~~$$Q = A + \Delta U$$~~

~~$$1-2: p \sim T \Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow A = 0,$$~~

$T_2 > T_1 \Rightarrow$ газ получает тепло

$$2-3: T = \text{const}, P_3 < P_2 \Rightarrow V_3 > V_2 \Rightarrow A > 0,$$

~~$$T_3 > T_2 \Rightarrow \Delta U > 0,$$~~

газ получает тепло

~~$$A_{23} = \int P dV = \int P_2 dV = P_2 (V_3 - V_2) = 6P_0 (V_3 - V_2)$$~~

$$= 12 \nu R T_0 \ln 3$$

~~$$A_{23} = \int P dV = \int P_2 dV = P_2 (V_3 - V_2) = 6P_0 (V_3 - V_2)$$~~

3-4: $p \sim T \Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow A = 0$, $T_4 < T_3 \Rightarrow \Delta U < 0$, газ отдаёт тепло.

$$4-1: T = \text{const} \Rightarrow \Delta U = 0, P_1 > P_4 \Rightarrow V_1 < V_4 \Rightarrow A < 0,$$

газ отдаёт тепло.

$$A = 4 \nu R T_0 \ln \frac{1}{3} = -4 \nu R T_0 \ln 3$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{in}}} =$$

~~$$\frac{A_{23} + A_{41}}{A_{23} + A_{41}} = \frac{12 \nu R T_0 \ln 3 - 4 \nu R T_0 \ln 3}{12 \nu R T_0 \ln 3 - 4 \nu R T_0 \ln 3} = 1$$~~

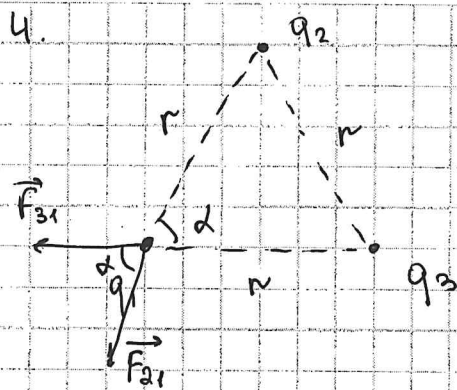
$$= \frac{A_{23} + A_{41}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{12 \nu R T_0 \ln 3 - 4 \nu R T_0 \ln 3}{\frac{3}{2} \nu R \cdot 8 T_0 + 12 \nu R T_0 \ln 3} =$$

$$= \frac{8 \ln 3}{12 + 12 \ln 3} = \frac{2 \ln 3}{3(1 + \ln 3)} \approx 0,349 \approx 35\%$$

Ответ: 35%

206

4.



$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{r}$$

$$\varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$$

$$\varphi_3 = \frac{kq_3}{r}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

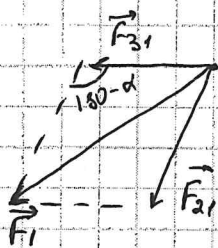
$$q_1 = \frac{r\varphi_1}{k}$$

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

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

по т. косинусов:

$$F_1^2 = F_{31}^2 + F_{21}^2 - 2F_{31} \cdot F_{21} \cdot \cos(180^\circ - \alpha)$$



$$F_1^2 = \left(\frac{kq_1q_3}{r^2} \right)^2 + \left(\frac{kq_1q_2}{r^2} \right)^2 + 2 \frac{kq_1q_3}{r^2} \cdot \frac{kq_1q_2}{r^2} \cos \alpha =$$

$$= \left(\frac{kq_1}{r^2} \right)^2 (q_3^2 + q_2^2 + 2q_2q_3 \cos \alpha) =$$

$$= \left(\frac{k}{r^2} \cdot \frac{r\varphi_1}{k} \right)^2 \left(\left(\frac{r\varphi_2}{k} \right)^2 + \left(\frac{r\varphi_3}{k} \right)^2 + 2 \cdot \frac{r\varphi_2}{k} \cdot \frac{r\varphi_3}{k} \cdot \cos \alpha \right) =$$

$$= \left(\frac{\varphi_1}{r} \right)^2 \cdot \left(\frac{r}{k} \right)^2 \left(\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + 2\varphi_2\varphi_3 \cdot \frac{1}{2} \right) = \left(\frac{\varphi_1}{k} \right)^2 (\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2\varphi_3)$$

$$F_1 = \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2\varphi_3}$$

$$\text{Ответ: } F_1 = \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2\varphi_3} = ? \quad 185$$

5.

До попадания в воду شناет:

$$(M+m)g = \rho_B g V \Rightarrow M+m = \rho_B V$$

$$(p_{с.в} + p_n) \Delta V = \Delta \nu R T$$

↑
для некоторой порции
воздуха из атмосферы

, где $p_{с.в}$ - давление сухого воздуха
 p_n - давление водяных паров

$$p_{с.в} = \text{const}$$

$$p_n = p_{н.п} \cdot \varphi$$

$$(p_{с.в} + p_n) \cdot \frac{\Delta m}{\rho_B} = \frac{\Delta m}{\mu} R T \Rightarrow \rho_B = \frac{\mu (p_{с.в} + p_n)}{R T} = \frac{\mu (p_{с.в} + p_{н.п} \varphi)}{R T}$$

$$M+m = \frac{\mu (p_{с.в} + p_{н.п} \varphi)}{R T} \cdot V \quad (1)$$

После попадания в воду شناет:

$$(M+m-\Delta m)g = \rho_B' g V$$

$$M+m-\Delta m = \rho_B' V$$

$$\rho_B' = \frac{\mu (p_{с.в} + p_{н.п} \varphi')}{R T}$$

$$M+m-\Delta m = \frac{\mu (p_{с.в} + p_{н.п} \varphi')}{R T} \cdot V \quad (2)$$

Ур-е (1) - (2):

$$\Delta m = \frac{\mu p_{н.п} V}{R T} (\varphi - \varphi')$$

т.к. $\varphi < \varphi' \rightarrow$ то шар не сжимается, а
поднимается

Значит ~~масса~~ нужно увеличить:

$$\Delta m = \frac{\mu p_{н.п} V}{R T} (\varphi' - \varphi) =$$

$\Delta m = ?$

10б.