

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
725		Сервисенко НС	Ядер
Шифр			042389

1.

Дано:

$$v = v_1 = v_2$$

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

и т.д.

Решение:

Для кинематика:

Начальная скорость кинематика: $v_{0A_1} = 0$

$$s_1 = v_{0A_1} t_1 + \frac{a t_1^2}{2}; \quad s_1 = \frac{s}{3}; \quad \frac{s}{3} = 0 \cdot t_1 + \frac{a t_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2s}{3a}}$$

Скорость в конце первого участка: $v_{A_1} = v_{0A_1} + a t_1 = 0 + a \sqrt{\frac{2s}{3a}} = \sqrt{\frac{2as}{3}}$

$$\text{Таким образом: } v = \sqrt{\frac{2as}{3}}; \quad t_2 = \frac{s_2}{v} = \frac{s}{3 \sqrt{\frac{2as}{3}}} = \frac{s}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2as}} = \frac{\sqrt{s^2 \cdot 3}}{\sqrt{9 \cdot 2as}} = \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{6a}}$$

Начальная скорость на третьем участке: $v_{0A_3} = v = \sqrt{\frac{2as}{3}}$; Конечная скорость: $v_{A_3} = 0$

$$v_{A_3} = v_{0A_3} - a t_3 \Rightarrow 0 = \sqrt{\frac{2as}{3}} - a t_3 \Rightarrow t_3 = \frac{\sqrt{\frac{2as}{3}}}{a} = \frac{\sqrt{2as}}{\sqrt{3a^2}} = \frac{\sqrt{2s}}{\sqrt{3a}}$$

$$\text{Общее время кинематика: } T_A = t_1 + t_2 + t_3 = 2 \sqrt{\frac{2s}{3a}} + \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{6a}}$$

Для сокращения можно выразить через $v = \sqrt{\frac{2as}{3}} \Rightarrow a = \frac{3v^2}{2s}$

$$T_A = 2 \sqrt{\frac{2s}{3 \cdot \frac{3v^2}{2s}}} + \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{6 \cdot \frac{3v^2}{2s}}} = 2 \sqrt{\frac{4s^2}{9v^2}} + \frac{\sqrt{2s^2}}{\sqrt{18v^2}} = 2 \cdot \frac{2s}{3v} + \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{s^2}}{\sqrt{9} \cdot v} = \frac{4s}{3v} + \frac{\sqrt{2} \cdot s}{3v} = \frac{5s}{3v}$$

$$\text{Для бегуна: } v_{0B_1} = 0; \quad t_1 = \frac{T_B}{3}; \quad s_1 = v_{0B_1} \cdot t_1 + \frac{a t_1^2}{2} = 0 + \frac{a T_B^2}{2 \cdot 3^2} = \frac{a T_B^2}{18}$$

Скорость в конце первого участка: $v_{B_1} = v_{0B_1} + a t_1 = 0 + a \frac{T_B}{3} = \frac{a T_B}{3}$

$$t_2 = \frac{T_B}{3}; \quad v = \sqrt{\frac{2as}{3}} \quad s_2 = v t_2 = \frac{\sqrt{2as}}{3} \cdot \frac{T_B}{3} = \frac{\sqrt{2as}}{3} \cdot \frac{T_B}{3}$$

Начальная скорость на третьем участке: $v_{0B_3} = v = \sqrt{\frac{2as}{3}}; \quad t_3 = \frac{T_B}{3}$

$$s_3 = v_{0B_3} \cdot t_3 - \frac{a t_3^2}{2} = \frac{\sqrt{2as}}{3} \cdot \frac{T_B}{3} - \frac{a T_B^2}{2 \cdot 3^2} = \frac{\sqrt{2as}}{3} \cdot \frac{T_B}{3} - \frac{a T_B^2}{18}$$

$$s = s_1 + s_2 + s_3 = \frac{a T_B^2}{18} + \frac{\sqrt{2as}}{3} \cdot \frac{T_B}{3} + \frac{\sqrt{2as}}{3} \cdot \frac{T_B}{3} - \frac{a T_B^2}{18} = 2 \cdot \frac{\sqrt{2as}}{3} \cdot \frac{T_B}{3}$$

$$J = \frac{2T_5}{3} \cdot \frac{\sqrt{2aJ}}{\sqrt{3}}; J^2 = \left(\frac{2T_5}{3}\right)^2 \cdot \frac{2aJ}{3} = \frac{4T_5^2}{9} \cdot \frac{2aJ}{3} = \frac{8aJ T_5^2}{27} \Rightarrow T_5^2 = \frac{27J}{8a}$$

$$\Rightarrow T_5 = \sqrt{\frac{27J}{8a}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 3J}{8a}} = 3\sqrt{\frac{3J}{8a}} = \frac{3\sqrt{3}}{\sqrt{8a}} \cdot \sqrt{J} = \frac{3\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{J}{a}} = \frac{3\sqrt{6}}{4} \cdot \sqrt{\frac{J}{a}}$$

Выразим через $v = \sqrt{\frac{2aJ}{3}} \Rightarrow a = \frac{3v^2}{2J} \Rightarrow \sqrt{\frac{J}{a}} = \sqrt{\frac{J}{\frac{3v^2}{2J}}} = \sqrt{\frac{2J^2}{3v^2}} = \frac{J}{v} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$

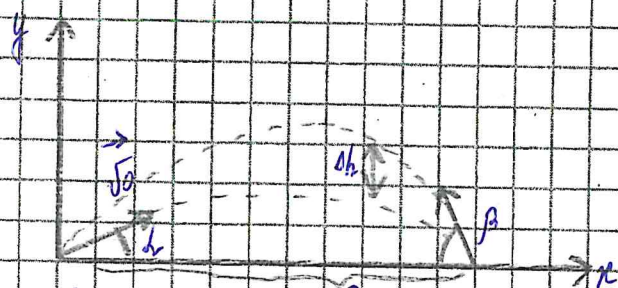
$$T_5 = \frac{3\sqrt{6}}{4} \cdot \frac{J}{v} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = \frac{3\sqrt{6}}{4} \cdot \frac{J}{v} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = \frac{3\sqrt{12}}{4\sqrt{3}} \cdot \frac{J}{v} = \frac{3 \cdot 2\sqrt{3}}{4\sqrt{3}} \cdot \frac{J}{v} = \frac{6}{4} \cdot \frac{J}{v} = \frac{3J}{2v}$$

Сравниваем $T_4 = \frac{5J}{3v}$ и $T_5 = \frac{3J}{2v}$, $\frac{5}{3} = \frac{10}{6}$, $\frac{3}{2} = \frac{9}{6}$

Итого: $\frac{3}{2} < \frac{10}{6}$, т.е. $T_5 < T_4 \Rightarrow$ второй прыгнет и финиширует первым.

$$\Delta t = T_4 - T_5 = \frac{5J}{3v} - \frac{3J}{2v} = J \left(\frac{5}{3v} - \frac{3}{2v} \right) = J \left(\frac{10-9}{6v} \right) = \frac{J}{6v}$$

Ответ: Второй будет первым, $\Delta t = \frac{J}{6v}$



$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases}$$

$\Delta h = ?$

Для первого тела: $x_0 = 0$; $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$; $y_{0x} = v_0 \sin \alpha$; $a_x = 0$; $a_y = -g$

$$x_1 = v_0 \cos \alpha \cdot t; y_1 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

Для второго тела: $x_0 = J$; $x = -(J - x_1)$; $v_{0x} = -v \cos \beta$; $v_{0y} = v \sin \beta$

$$(J - x_1) = v \cos \beta \cdot t; y_2 = v \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\Delta h = y_2 - y_1 = v \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = v \sin \beta \cdot t - v_0 \sin \alpha \cdot t = v_0 (\sin \beta - \sin \alpha)$$

Ответ: $\Delta h = v_0 (\sin \beta - \sin \alpha)$

45

3.

Рассмотрим процесс:

На участке 1-2 происходит изотермическое расширение

$$3p_1 = p_2$$

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = 3\nu RT_1$$

$$pV = \nu RT$$

$$V_1 = V_2$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (3T_1 - T_1) = 3\nu RT_1$$

$$3T_1 = T_2$$

На участке 2-3 происходит изотермическое расширение

$$\frac{p_2}{3} = p_3$$

$$Q_{2-3} = A_{2-3} = 4\nu RT_1$$

$$3V_2 = V_3 = 3V_1$$

$$A_{2-3} = p \Delta V = (p_2 - p_3) \cdot (V_3 - V_2) = (3p_1 - p_2) \cdot (3V_1 - V_1) = 4p_1 V_1 = 4\nu RT_1$$

$$T_2 = T_3 = 3T_1$$

На участке 3-4 происходит изотермическое сжатие

$$\frac{p_3}{3} = p_4 = \frac{p_1}{3}$$

$$Q_{3-4} = \Delta U_{3-4} = -3\nu RT_1$$

$$V_3 = V_4 = 3V_1$$

$$\Delta U_{3-4} = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - 3T_1) = -3\nu RT_1$$

$$\frac{T_3}{3} = T_4 = T_1$$

На участке 4-1 происходит изотермическое сжатие

$$p_4 = \frac{p_1}{3}; V_4 = 3V_1; T_4 = T_1 \quad Q_{4-1} = A_{4-1} = -\frac{4}{3} \nu RT_1$$

$$A_{4-1} = (p_1 - p_4)(V_1 - V_4) = \left(p_1 - \frac{p_1}{3}\right) \cdot (V_1 - 3V_1) = \frac{2}{3} p_1 \cdot (-2V_1) = -\frac{4}{3} p_1 V_1 = -\frac{4}{3} \nu RT_1$$

$$\text{Работа цикла (полезная)} - A = A_{2-3} + A_{4-1} = 4\nu RT_1 - \frac{4}{3} \nu RT_1 = \frac{8\nu RT_1}{3}$$

$$\text{Рабочее тело} - Q_n = Q_{1-2} + Q_{2-3} = 3\nu RT_1 + 4\nu RT_1 = 7\nu RT_1$$

$$\text{КПД} - \eta = \frac{A}{Q_n} \cdot 100\% = \frac{8\nu RT_1}{7\nu RT_1} \cdot 100\% = \frac{8}{7} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{8\nu RT_1}{7\nu RT_1} \cdot 100\% \approx 38\%$$

$$\text{Ответ: } \eta = 38\%$$

155

Дано:

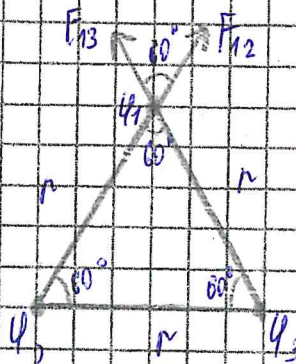
$$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$$

$$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3 - \text{плотн.}$$

Δ - равностор.

$$F_1 = ?$$

Решение:



П.к. заряды имеют заряд, между ними будет возникать сил Кулона.
У всех шариков заряды равны. $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ они будут отталкиваться друг от друга.

$$F_k = K \cdot \frac{|\varphi_1 \cdot \varphi_2|}{r^2}; \quad \varphi = K \cdot q \Rightarrow q = \frac{\varphi \cdot r}{K} \Rightarrow F_k = K \cdot \frac{|\frac{\varphi_1 \cdot r}{K} \cdot \frac{\varphi_2 \cdot r}{K}|}{r^2} =$$

$$= K \cdot \frac{\varphi_1 \cdot r^2 \cdot \varphi_2}{K^2 \cdot r^2} = \frac{\varphi_1 \cdot \varphi_2}{K} \quad (\text{плотн. можно опустить т.к. данные заряды одинаковы.})$$

$$F_{12} = \frac{\varphi_1 \cdot \varphi_2}{K}; \quad F_{13} = \frac{\varphi_1 \cdot \varphi_3}{K}; \quad \vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13}$$

Чтобы найти результирующую силу F_1 нам необходимо произвести векторное сложение сил. Воспользуемся теоремой косинусов:

$$F_1 = \sqrt{(F_{12}^2 + F_{13}^2 + 2F_{12} \cdot F_{13} \cdot \cos 60^\circ)}; \quad \cos 60^\circ = 0,5$$

$$F_1 = \sqrt{\left(\frac{\varphi_1^2 \cdot \varphi_2^2}{K^2} + \frac{\varphi_1^2 \cdot \varphi_3^2}{K^2} + 2 \cdot \frac{\varphi_1 \cdot \varphi_2}{K} \cdot \frac{\varphi_1 \cdot \varphi_3}{K} \cdot 0,5\right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{\varphi_1^2 (\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + 2\varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot 0,5)}{K^2}} = \frac{\varphi_1 \cdot \sqrt{(\varphi_2^2 + \varphi_2 \cdot \varphi_3 + \varphi_3^2)}}{K}$$

Ответ: $F_1 = \frac{\varphi_1 \cdot \sqrt{(\varphi_2^2 + \varphi_2 \cdot \varphi_3 + \varphi_3^2)}}{K}$

✓ 185

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

5.

Дано:

$$V_{\text{ш}} = 5000 \text{ м}^3$$

$$T_{\text{воз.}} = 316 \text{ К}$$

$$\varphi_1 = 0,1$$

$$\varphi_2 = 0,9$$

$$p_{\text{атм.}} = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p_n = 9000 \text{ Па}$$

м.бал.

Решение:

$$\varphi = \frac{p_{n.p.}}{p_n} \Rightarrow p_{n.p.} = \varphi \cdot p_n$$

$$p_{n.p.1} = \varphi_1 \cdot p_n = 0,1 \cdot 9000 \text{ Па} = 0,9 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p_{n.p.2} = \varphi_2 \cdot p_n = 0,9 \cdot 9000 \text{ Па} = 8,1 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p_{n.v.} = p_{\text{атм.}} - p_{n.p.} \Rightarrow p_{n.v.1} = p_{\text{атм.}} - p_{n.p.1} =$$

$$= 100 \cdot 10^3 \text{ Па} - 0,9 \cdot 10^3 \text{ Па} = 99,1 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p_{n.v.2} = p_{\text{атм.}} - p_{n.p.2} = 100 \cdot 10^3 \text{ Па} - 8,1 \cdot 10^3 \text{ Па} = 91,9 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p_{\text{воз.}} = \frac{(p_{n.v.} \cdot M_{\text{воз.}} + p_{n.p.} \cdot M_{\text{воз.}})}{R \cdot T}; \quad M_{\text{воз.}} - \text{молярная масса сухого воздуха} \approx$$

$$\approx 0,029 \text{ кг/моль}; \quad M_{\text{воз.}} - \text{молярная масса воды} \approx 0,018 \text{ кг/моль}$$

$$p_{\text{воз.1}} = \frac{(99,1 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,029 \text{ кг/моль} + 0,9 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ кг/моль})}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 316 \text{ К}} \approx 1,1 \text{ кг/м}^3$$

$$p_{\text{воз.2}} = \frac{(91,9 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,029 \text{ кг/моль} + 8,1 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ кг/моль})}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 316 \text{ К}} \approx 1,08 \text{ кг/м}^3$$

$$F_{\text{под.}} \text{ равна весу вытесненного воздуха: } F_{\text{под.}} = p_{\text{воз.}} \cdot V \cdot g$$

$$\Delta p_{\text{воз.}} = p_{\text{воз.1}} - p_{\text{воз.2}} = 1,1 \text{ кг/м}^3 - 1,08 \text{ кг/м}^3 = 0,03 \text{ кг/м}^3; \quad \Delta F_{\text{под.}} = \Delta p_{\text{воз.}} \cdot V \cdot g =$$

$$= 0,03 \text{ кг/м}^3 \cdot 5000 \text{ м}^3 \cdot g = 150 \text{ Дж}; \quad m_{\text{бал.}} = \frac{\Delta F_{\text{под.}}}{g} = \frac{150 \text{ Дж}}{g} = 150 \text{ кг}$$

$$\text{Ответ: } m_{\text{бал.}} = 150 \text{ кг}$$

128