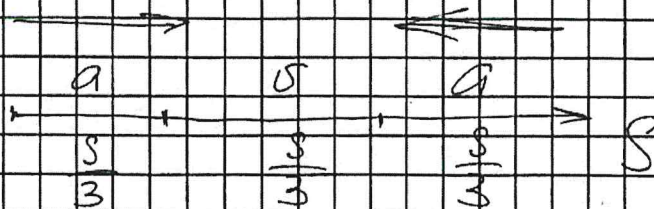
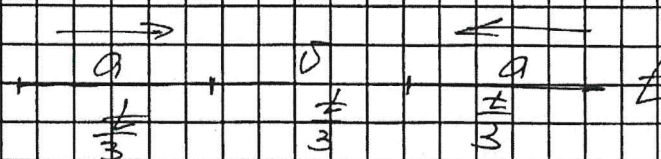


Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
600		Червinskaya АС	АСер

1.

Дано: S, v Антон (прямо S)Борис (прямо t)где t - время Бориса.

Рассмотрим отрезки пути для Бориса:

$$S_1 = v \frac{t}{3}, \quad S_2 = v \frac{t}{3} - \frac{a(\frac{t}{3})^2}{2}, \quad \text{учтем, что } S_1 + S_2 + S_3 = S$$

$$\text{сложим их: } \frac{a(\frac{t}{3})^2}{2} + \frac{vt}{3} + \frac{vt}{3} - \frac{a(\frac{t}{3})^2}{2} = \frac{2vt}{3} = S$$

$$\text{время Бориса: } t = \frac{3S}{2v}$$

$$\text{движение Антона: } \frac{S}{3} = \frac{at_1^2}{2}, \quad \frac{S}{3} = vt_2, \quad \frac{S}{3} = vt_3 - \frac{at_3^2}{2}$$

$$\text{и } v \text{ для первого отрезка: } v = \frac{S}{2at_1}, \text{ где } a = \frac{3v^2}{2S}$$

подставим a в уравнение для t_1 и t_3 :

$$\frac{S}{3} = \frac{3v^2}{2S} \cdot \frac{t_1^2}{2}, \quad t_1^2 = \frac{4S^2}{9v^2}, \quad t_1 = \frac{2S}{3v}$$

$$\frac{S}{3} = vt_3 - \frac{3v^2}{2S} \cdot \frac{t_3^2}{2} \quad | \cdot 12S$$

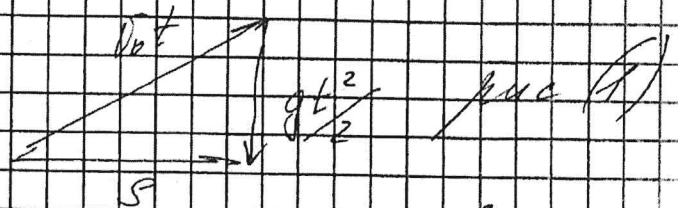
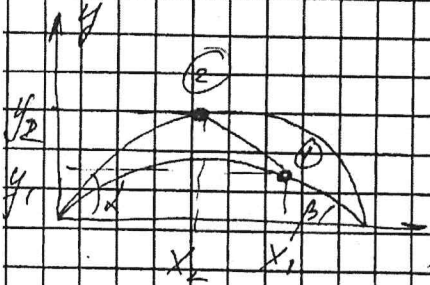
$$4S^2 = 12vSt_3 - 9v^2t_3^2, \quad 9v^2t_3^2 - 12vSt_3 + 4S^2 = 0$$

$$(3vt_3 - 2S)^2 = 0, \quad t_3 = \frac{2S}{3v}$$

$$\text{время Антона: } t_1 + t_2 + t_3 = \frac{2S}{3v} + \frac{2S}{3v} + \frac{S}{3v} = \frac{5S}{3v} = T, \quad \Delta t = \left| \frac{5S}{3v} - \frac{2S}{3v} \right| = \frac{S}{v}$$

Ответ: $\Delta t = \frac{S}{v}$; Борис обгонит ✓

205

2. Дано: S, V_0 

из рис (1) видно, что $\frac{g t^2}{2} = V_0 \sin \alpha$.

то $t = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$ (2). Обозначим в коорд. (x, y) расположение шаров 1 и 2

то $x_2 = V_0 t \cos \alpha$, $y_2 = V_0 t \sin \alpha - \frac{g t^2}{2}$

1) так как шары летят из противоположных точек, то время полета шаров можно отсчитывать от координат $(0,0)$, но время учесть как $T-t$, где T — общее время полета, а t — текущее время.

то $x_1 = V_0 (T-t) \cos \alpha$, $y_1 = V_0 (T-t) \sin \alpha - \frac{g (T-t)^2}{2}$

а расст. м/у шариками можно найти из теоремы Пифагора:

$$S = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$S = \sqrt{(V_0 t \cos \alpha - V_0 (T-t) \cos \alpha)^2 + (V_0 t \sin \alpha - \frac{g t^2}{2} - V_0 (T-t) \sin \alpha + \frac{g (T-t)^2}{2})^2}$$

$$S = V_0 \sqrt{(t \cos \alpha - (T-t) \cos \alpha)^2 + (t \sin \alpha - \frac{g t^2}{2} - (T-t) \sin \alpha + \frac{g (T-t)^2}{2})^2}$$

чтобы S было минимально, надо чтобы подкоренное выражение было минимально, для этого надо от него проинтегрировать и приравнять к нулю.

$$((T-t) \cos \alpha - t \cos \alpha)^2 = (T \cos \alpha - t \cos \alpha - t \cos \alpha)^2 = 2(T \cos \alpha - t \cos \alpha) (t \sin \alpha + t \sin \alpha)$$

то мы найдем значение t при котором расстояние минимально, и подставим его в S найдем это расстояние. Также важно отметить, что так как $S = \frac{2 V_0 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$, что следует из рисунка (1) $V_0 \cos \alpha = S$ и подставив то из (2)

то $\sin(2\alpha) = \frac{g S}{V_0^2}$, значить угол α известен. Аналогично $\sin 2\alpha = \sin \beta$.

В также известен. $T = \frac{2 V_0 \sin \beta}{g}$

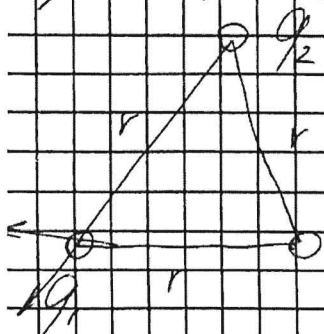
Ответ: 5 м.

4.

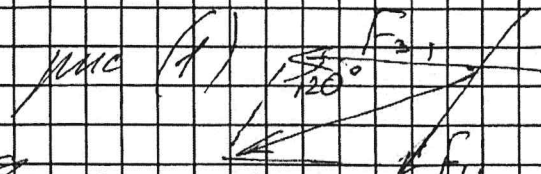
Дано:

q_1, q_2, q_3

Иск-ть: F



решение.



это - параллелограмм, угол при его стороне 60° и 120°

q на расст. r создает потенциал ϕ

$$\phi_1 = \frac{kq_1}{r}$$

аналогично с ϕ_2 и ϕ_3

$$\phi_3 = \frac{kq_3}{r}, \quad \phi_2 = \frac{kq_2}{r}$$

сила, с которой заряд q_1 дейст. на q_2 и q_3

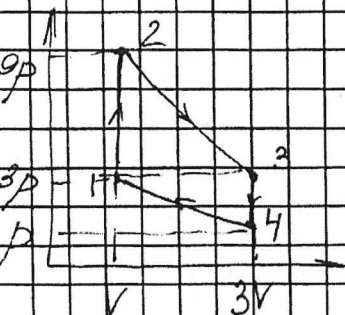
$$F_{12} = \frac{kq_1 q_2}{r^2}, \quad F_{13} = \frac{kq_1 q_3}{r^2}, \quad \frac{q_1}{r} = \frac{\phi_1}{k}, \quad \frac{q_2}{r} = \frac{\phi_2}{k}, \quad \frac{q_3}{r} = \frac{\phi_3}{k}$$

$$F_{12} = k \frac{q_1}{r} \cdot \frac{q_2}{r} = \frac{\phi_1}{k} \cdot \frac{\phi_2}{k} \cdot k = \frac{\phi_1 \phi_2}{k}, \quad F_{13} = k \frac{q_1}{r} \cdot \frac{q_3}{r} = \frac{\phi_1 \phi_3}{k} \cdot k = \frac{\phi_1 \phi_3}{k}$$

ответ: $F_{12} = \frac{\phi_1 \phi_2}{k}, \quad F_{13} = \frac{\phi_1 \phi_3}{k}$ обрат. к рис (4) по т-ме косинус

$$F_{123} = F_{12}^2 + F_{13}^2 - 2F_{12} F_{13} \cos 120^\circ = \frac{\phi_1^2}{k^2} (\phi_2^2 + \phi_3^2 + \phi_2 \phi_3)$$

3. начертать график на графике $P(V)$



тк прямая, проходящая через точки 1 и 2, также проходит через начало координат, то:

$$P_1 = \alpha T_1, \quad P_2 = \alpha T_2, \quad \text{и} \quad P_1 V_1 = \nu R T_1, \quad P_2 V_2 = \nu R T_2$$

тк $V_1 = V_2$, то процесс $1 \rightarrow 2$ - изохорный. Аналогично $V_3 = V_4$, $V_1 = V_2$

чтобы рассчитать КПД: $\eta = \frac{A}{Q_{\text{вх}}}$, где A - работа газа, $Q_{\text{вх}}$ - подведенная

тк для точки 1: $3P V_1 = \nu R 2T$, а для точки 3: $3P V_3 = \nu R 6T$ то разделив, получим $V_1 = V_2 = V$, $V_3 = V_4 = 3V$

3. рассчитаем Q_v

$$Q_{12} = U_{12} + A_{12} = U_{12} > 0 \quad \text{тк } V = \text{const}, P \uparrow, T \uparrow$$

$$Q_{23} = U_{23} + A_{23} = A_{23} > 0 \quad \text{тк } V \uparrow$$

$$Q_{34} = U_{34} + A_{34} = U_{34} < 0 \quad V = \text{const}, P \downarrow, T \downarrow$$

$$Q_{41} = U_{41} + A_{41} = A_{41} < 0 \quad V \downarrow$$

$$\mu = \frac{A_{23} - |A_{41}|}{U_{12} + A_{23}} \quad - \text{как обычно}$$

тк A_{23} и A_{41} — кривые, то чтобы рассчитать площадь под кривой нужно использовать интеграл. предположим, что

$$A_{23} = p_3 V_3 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right), \quad A_{41} = p_4 V_4 \ln\left(\frac{V_4}{V_1}\right)$$

$$A_{23} = 3p \cdot 3V \ln\left(\frac{1}{3}\right), \quad A_{41} = 3pV \ln 3$$

$$U_{12} = \nu R \Delta T = \nu R (T_2 - T_1) = 4\nu R T \quad \text{а тк } p_3 V = \nu R T_2, \text{ то } \nu R T_1 = \frac{3pV}{2}$$

$$U_{12} = 4 \cdot \frac{3pV}{2} = 6pV$$

$$\mu = \frac{9pV \ln\left(\frac{1}{3}\right) - 3pV \ln 3}{6pV + 9pV \ln\left(\frac{1}{3}\right)} = \frac{9 \ln\left(\frac{1}{3}\right) - 3 \ln 3}{6 + 9 \ln\left(\frac{1}{3}\right)} = \boxed{\frac{3 \ln\left(\frac{1}{3}\right) - \ln 3}{2 + 3 \ln\left(\frac{1}{3}\right)}}$$

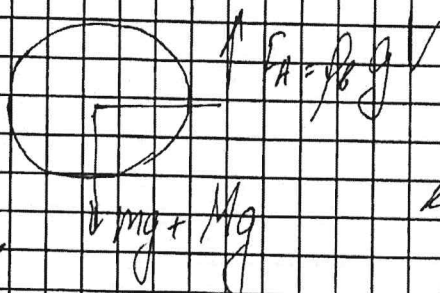
$$\text{Ответ: } \mu = \frac{3 \ln\left(\frac{1}{3}\right) - \ln 3}{2 + 3 \ln\left(\frac{1}{3}\right)}$$

Дано: $V = 5000 \text{ м}^3$
 $p = 110 \text{ кПа}$, $T = 43^\circ \text{C}$
 $\varphi_1 = 10\%$, $\varphi_2 = 90\%$
 $p_{\text{нп}}(43^\circ \text{C}) = 9000 \text{ Па}$
 $p_0 = 100 \text{ кПа}$

воздушный шар держится в воздухе из-за силы Архимеда, которая толкает его вверх.

также нужен массу M и самого шара и баласта,

нач. состояние



M_g - масса H_2 водорода, которая нейтральна.

ур-е баланса 1.

(1) $mg + M_g = \rho_0 g V$, где ρ_0 - плотность воздуха (зависит от температуры)

ур-е (2):

(2) $m_2 g + M_g = \rho_2 g V$ где ρ_2 - плотность воздуха (шар в жидкой среде)

m_2 - масса шара после сброса баласта, тогда его масса $M = m - m_2$

$mg - m_2 g = (\rho_1 - \rho_2) g V$, где $M = m - m_2 = V(\rho_1 - \rho_2)$

масса баласта определяется разностью плотностей окр. воздуха

из ур-я сост. идеального газа (моль к.п.)

$p_m V_m = \nu R T_m$, $\nu = \frac{p_m V_m}{R T_m}$, где ν - кол-во молей водорода.

плотность можно также найти из $\rho V = \frac{m}{V} R T$ $\rho = \frac{m}{V} \frac{R T}{V}$

$[p_m = p R T]$ m - молярная масса

отн. плотность окр. газу $\frac{\rho}{\rho_{\text{нп}}} = \frac{p}{p_{\text{нп}}} = \varphi$ φ - процент влаги

в данном случае: $\frac{p_1}{p_{\text{нп}}} = 0,1$, $\frac{p_2}{p_{\text{нп}}} = 0,9$ $p_1 = 0,1 p_{\text{нп}}$ $p_2 = 0,9 p_{\text{нп}}$

7 80