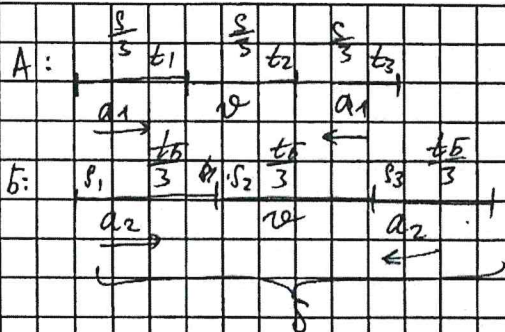


Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
786		Чернышова НС	Мер

1.



Антон:

$$\frac{s}{3} = \frac{a_1 t_1^2}{2}; \quad \frac{s}{3} = v t_2;$$

$$\frac{s}{3} = v t_3 - \frac{a_2 t_3^2}{2}$$

По формуле без времени:

$$\frac{v^2}{2a_1} = \frac{s}{3} \Rightarrow a_1 = \frac{3v^2}{2s}$$

$$t_2 = \frac{s}{3v}$$

$$t_1^2 = \frac{2s}{3a_1} = \frac{2s}{3} \cdot \frac{2s}{3v^2} = \frac{4s^2}{9v^2} \Rightarrow t_1 = \frac{2s}{3v}$$

$$\frac{s}{3} = v t_3 - \frac{3v^2}{4s} t_3^2$$

$$\frac{3v^2}{4s} t_3^2 - v t_3 + \frac{s}{3} = 0 \quad | \cdot 12s$$

$$9v^2 t_3^2 - 12sv t_3 + 4s^2 = 0$$

$$\Delta = 144s^2v^2 - 36v^2 \cdot 4s^2 = 0$$

$$(3v/s - 2s)^2 = 0 \Rightarrow 3v t_3 = 2s$$

$$t_3 = \frac{2s}{3v}$$

$$\Rightarrow t_A = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{2s}{3v} + \frac{s}{3v} + \frac{2s}{3v} = \frac{5s}{3v}$$

(суммарное время, затрат. Антон)

tB - суммарное время, затрат. Бориса

Для Бориса: $s_1 = \frac{a_2 (t_4)^2}{2}$; $s_2 = v \cdot \frac{t_5}{3}$; $s_3 = v t_6 - \frac{a_2 (t_6)^2}{2}$

$$\frac{a_2 (t_4)^2}{2} + v \frac{t_5}{3} + v t_6 - \frac{a_2 (t_6)^2}{2} = s$$

$$\Rightarrow \frac{t_6}{t_4} = \frac{3s}{2v} \cdot \frac{3v}{5s} = \frac{9}{10}$$

$$2v \cdot \frac{t_5}{3} = s \Rightarrow t_5 = \frac{3s}{2v}$$

$$\Rightarrow t_B = \frac{9}{10} t_A \Rightarrow \text{Борис затратит меньше времени}$$

$$\Delta t = t_A - t_B = \frac{t_A}{10} = \frac{5s}{30v} = \frac{s}{6v}$$

Ответ: Борис, $\Delta t = \frac{s}{6v}$

2.

т.к. в общем виде
расст. между мячами
можно выразить как

$$r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \text{ где}$$

Δx - расст. между мячами
по горизонтали, Δy - по вертикали

$\Rightarrow$ т.к. в сложении $\Delta x = 0$ / т.к.
компоненты Δy всегда есть, т.к. угол
всегда различен

$\Rightarrow$ в момент встречи: $x_1 = x_2$

~~$x_1 = x_2$~~ $\Rightarrow$ $x_1 = x_2$ - угол, по которому
спускается мяч и угол
выстрела

Для ①: $v_x: v_x = 0$ $v_y: v_y = -g$
 $v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$
 $x = v_0 \cos \alpha t$ $y = H + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$

Для ②: $v_x: v_x = 0$ $v_y: v_y = -g$
 $v_x = v_0 \cos(90^\circ - \beta) = -v_0 \cos \beta$ $v_y = v_0 \sin(90^\circ - \beta) - gt = v_0 \cos \beta - gt$
 $x = S - v_0 \cos \beta t$ $y = H + v_0 \cos \beta t - \frac{gt^2}{2}$

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

$y_1 - y_2 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} - v_0 \cos \beta t + \frac{gt^2}{2} = v_0 t (\sin \alpha - \cos \beta) =$
 $= \frac{S}{\cos \alpha + \cos \beta} \cdot (\sin \alpha - \cos \beta) = S \cdot \frac{\sin \alpha - \cos \beta}{\cos \alpha + \cos \beta} \quad (1)$

В момент первого удара приземления: $y = 0, x = S \Rightarrow$

$S = v_0 \cos \alpha t_n \Rightarrow t_n = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$ $\Rightarrow \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = \frac{2H}{v_0 \sin \alpha}$
 $v_0 \sin \alpha t_n - \frac{gt_n^2}{2} = 0 \Rightarrow t_n = \frac{2H \sin \alpha}{g}$ $\Rightarrow \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = \frac{2H \sin \alpha}{g}$
 $(t_n - \text{время полета})$ $\Rightarrow \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = \frac{2H \sin \alpha}{g}$
 $\sin 2\alpha = \frac{gS}{v_0^2}$
 $\cos 2\alpha = \frac{\sqrt{v_0^4 - g^2 S^2}}{v_0^2}$

2 (информация)

Корни второй степени ищем так:

$$x=0, y=0 \Rightarrow \begin{cases} s - v_0 \cos \beta t_h = 0 \Rightarrow t_h = \frac{s}{v_0 \cos \beta} \\ v_0 \sin \beta t_h - \frac{g t_h^2}{2} = 0 \Rightarrow t_h = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{s}{v_0 \cos \beta} = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g} \Rightarrow s g = v_0^2 \sin 2\beta$$

синус
равен
если $2\beta = 90^\circ$
 $2\beta + \beta = \pi$



$$\sin 2\beta = \frac{sg}{v_0^2} \Rightarrow \sin 2\beta = \sin 2\beta$$

$\Rightarrow$ т.к. $2\beta \neq \beta$ по условию:

$$\cos 2\beta = -\cos 2\beta$$

$$2\beta + \beta = 90^\circ \quad \beta = 90^\circ - \alpha$$

$$y_1 - y_2 = s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g} = s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g} = \frac{s}{g} \pm \frac{1}{g}$$

$$= s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g} = s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g} = \frac{s}{g} \pm \frac{1}{g}$$

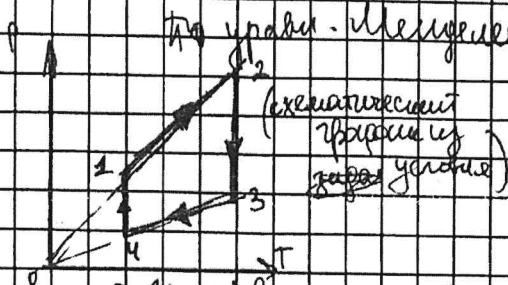
$$= s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g} = s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g} = \frac{s}{g} \pm \frac{1}{g}$$

$$= s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g} = s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g} = \frac{s}{g} \pm \frac{1}{g}$$

Ответ: $s \cdot \frac{1}{g} \pm \frac{1}{g}$

3. Во втором процессе 1-2:

$P \uparrow, T \uparrow, P \sim T^k$, пусть $P = kT^k$ (по уравнению состояния зависимость — прямая пропорциональная)



по уравн. Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \nu RT$$

$$kT \cdot V = \nu RT$$

$$kV = \nu R$$

$$\frac{k}{\text{const}} = \frac{\nu R}{V} \Rightarrow V = \text{const}$$

$\Rightarrow$ процесс изохорный,

$\Rightarrow$ по первому нач. термодинамическому:

$$Q_{12} = A_{12} + \nu U_{12}$$

$$A_{12} = 0 \Rightarrow$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \cdot (6T_0 - 2T_0) = 6\nu R T_0$$

ср. эффект

(уточн. процесс)

34: $P \propto T$; $P \downarrow, T \downarrow \Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow A_{34} = 0$

$$Q_{34} = \nu U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (2T_0 - 6T_0) = -6\nu R T_0 < 0 \quad (\text{отдача})$$

(уточн. процесс)

23: $P \downarrow, T = \text{const}$

$$PV = \nu RT$$

$$\Rightarrow V \uparrow \Rightarrow A > 0 \Rightarrow Q > 0$$

$$Q_{23} = A_{23} = \int_{P_2}^{P_3} V dP$$

$$\nu U = 0, T. \text{ и } \Delta T = 0$$

$$= \int_{P_2}^{P_3} \left(\frac{\nu R T}{P} \right) dP = \nu R T \ln \frac{P_3}{P_2}$$

$$P_3 V_3 = P_2 V_2$$

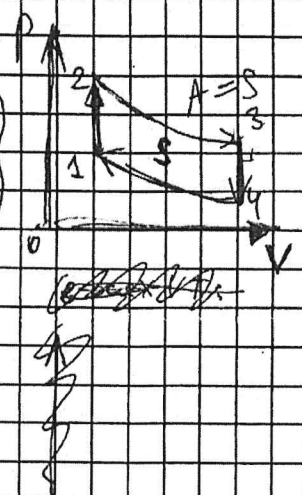
$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{P_2}{P_3} = \frac{9P_0}{3P_0} = 3$$

$$3P_0 \cdot V_3 = \nu R \cdot 6T_0 \Rightarrow V_3 = \frac{2\nu R T_0}{P_0}$$

$$3P_0 \cdot V_2 = \nu R \cdot 6T_0 \Rightarrow V_2 = \frac{2\nu R T_0}{3P_0}$$

$$= \left(3P_0 \cdot \frac{2\nu R T_0}{P_0} - 9P_0 \cdot \frac{2\nu R T_0}{3P_0} \right)$$

в всех PV



3 (приращение) $p_2 V_3 = p_2 V_2$; $\frac{V_3}{V_2} = \frac{p_2}{p_3} = \frac{9 p_0}{3 p_0} = 3$.

⊖ $\nu R \cdot G T_0 \cdot \ln \frac{V_3}{V_2} = \nu R \cdot G T_0 \cdot \ln 3$

4.1: $p \uparrow, T = \text{const}$ (изотермический процесс) $\Rightarrow Q_{41} < 0$ (Ом. дж.)
 $\frac{p_1 V_1}{T} = \frac{p_2 V_2}{T} \Rightarrow V_2 = V_1 \Rightarrow A < 0$; $Q_{41} = 0$ (или $T=0$)
 $\Rightarrow Q_{41} = A_{41} = \nu R \cdot 2 T_0 \ln \frac{V_1}{V_4} =$

$p_4 V_4 = p_1 V_1$

$\frac{V_1}{V_4} = \frac{p_4}{p_1} = \frac{p_0}{3 p_0} = \frac{1}{3}$

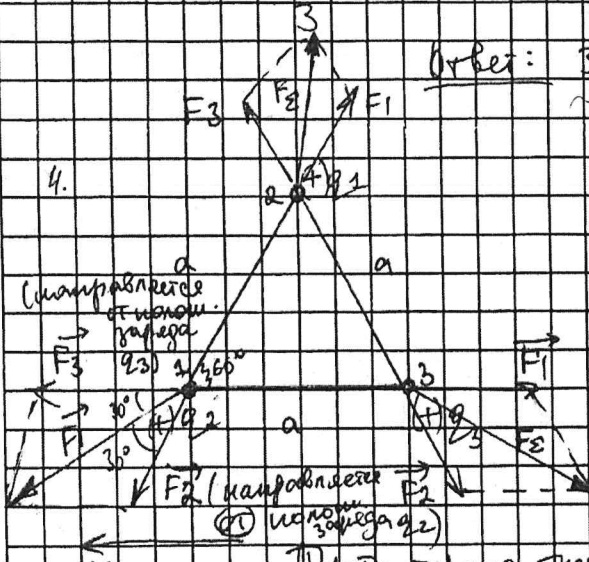
$= \nu R \cdot 2 T_0 \cdot \ln \frac{1}{3} = -2 \nu R T_0 \ln 3$

$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{34}} = \frac{\nu R T_0 \ln 3 + \nu R T_0 \ln 3 + 0 - 2 \nu R T_0 \ln 3}{\nu R T_0 + \nu R T_0 \ln 3} =$

$= \frac{2 \nu R T_0 \ln 3}{\nu R T_0 (1 + \ln 3)} = \frac{2 \ln 3}{3(1 + \ln 3)} \approx 0,35 \Rightarrow 35\%$

Ответ: 35%.

4.



$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

Ох: $F_1 \cos 30^\circ = F_2 \cos 60^\circ + F_3$

$F_2 = \frac{k q_1 q_2}{a^2} = \frac{k q_1 q_2}{a^2}$ ($q_1, q_2 > 0$ по усу.)

$F_3 = \frac{k q_1 q_3}{a^2} = \frac{k q_1 q_3}{a^2}$

Пусть сторона треугольника $= a$,
 заряды равны q_1, q_2, q_3 .

F_2 — сила действия второго заряда на 1-ый
 F_3 — сила действия 3-го заряда на 1-ый

$q_1 = \frac{k q_1}{a}; q_2 = \frac{k q_2}{a}; q_3 = \frac{k q_3}{a} \Rightarrow q_1 = \frac{q_1 a}{k}; q_2 = \frac{q_2 a}{k}; q_3 = \frac{q_3 a}{k}$

$\Rightarrow F_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{k}{a^2} \cdot \frac{q_1 a}{k} \left(\frac{q_2 a}{2k} + \frac{q_3 a}{k} \right) = \frac{q_1}{a} \left(\frac{q_2 a}{2k} + \frac{q_3 a}{k} \right) =$

гидродинамический №4.

$$\textcircled{E} \frac{\varphi_1 \cdot \varphi_2 + \frac{\varphi_1 \varphi_3}{2}}{2K} = \frac{\varphi_1 (\varphi_2 + 2\varphi_3)}{2K}$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{\varphi_1 (\varphi_2 + 2\varphi_3)}{2K} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3} \varphi_1 (\varphi_2 + 2\varphi_3)}{3K}$$

Ответ: $\frac{\sqrt{3} \varphi_1 (\varphi_2 + 2\varphi_3)}{3K}$

5.

$$V = 5000 \text{ м}^3$$

$$\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$$

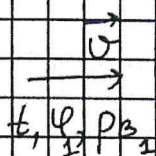
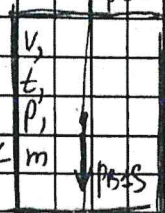
$$t = 43^\circ\text{C} = 316 \text{ K}$$

$$\varphi_1 = 10\%$$

$$\rho_0 = 100 \text{ кг/м}^3$$

$$\varphi_2 = 90\%$$

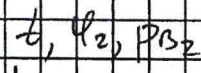
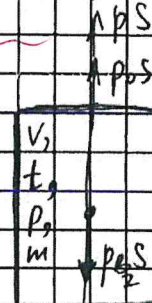
$$\rho_{\text{н.н.}} = 9000 \text{ кг/м}^3$$



$$pV = V \Delta t \Rightarrow \rho = \frac{pV}{R \Delta t}$$

$$\varphi_1 = \frac{p_{B1}}{\rho_{\text{н.н.}}} \cdot 100\%$$

$$\Rightarrow p_{B1} = 900 \text{ Па}$$



$$\varphi_2 = \frac{p_{B2}}{\rho_{\text{н.н.}}} \cdot 100\%$$

$$\Rightarrow p_{B2} = 0,9 \cdot 9000 = 8100 \text{ Па}$$

по II.З.К. для шара:

$$Ox: mR = m_f + p_{B2}S - (p + p_0)S$$

$$mR = m_f + \frac{m_f}{p + p_0} (p_{B2} - p - p_0)$$

$$(m - m_f)g + p_{B2}S = (p_0 + p)S$$

$$m_f - m_f g + p_{B2}S = m_f$$

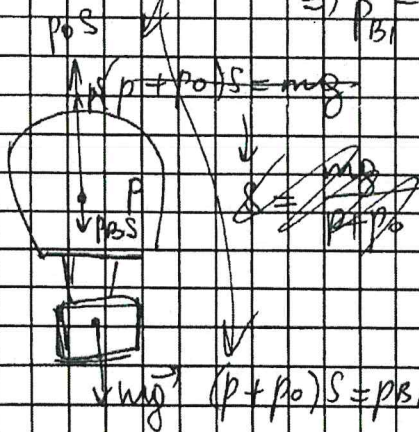
$$m_f = \frac{p_{B2}S}{g}$$

$$m_f - m_f g + p_{B2}S = p_{B1}S + m_f$$

$$m_f g = (p_{B2} - p_{B1})S$$

$$m_f = \frac{(p_{B2} - p_{B1})S}{g}$$

$m = ?$



$$(p + p_0)S = p_{B1}S + m_f g$$

$$m_f g = p_{B2}S - p_{B1}S$$