

| Общий балл | Дата     | Ф.И.О. членов жюри | Подписи членов жюри |
|------------|----------|--------------------|---------------------|
| 70         | 21.03.25 | Егоров О.М.        |                     |

Задача №3

Дано:

$m_B = 1 \text{ кг}$

$t_{B0} = 80^\circ\text{C}$

$m_A = 0,9 \text{ кг}$

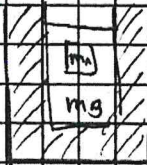
$t_{A0} = -10^\circ\text{C}$

$c_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$

$c_A = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$

$\lambda = 333 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

$N \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$

 $T_N = ?$ 1) Случай 1 при  $N=1$ ,  $t_0 = 0^\circ\text{C}$   $T_N = ?$ 

$$\text{Энергия для нагрева льда до } 0^\circ\text{C}: Q_{A1} = m_A c_A (t_0 - t_{A0}) =$$

$$= 0,9 \cdot 2100 \cdot (0 - (-10)) = 18900 \text{ Дж}$$

$$\text{Энергия для таяния льда: } Q_{A2} = m_A \lambda =$$

$$0,9 \cdot 333 \cdot 10^3 = 299700 \text{ Дж}$$

Энергия для охлаждения воды до  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_B = m_B c_B (t_0 - t_{B0}) = -378000 \text{ Дж}$$

$$-Q_B - Q_{A1} - Q_{A2} = 378000 - 18900 - 299700 = 59400 \text{ Дж}$$

После нагрева кубика льда и его таяния осталось  
энергии  $\Rightarrow$  оставшейся энергии хватит на нагрев.

$$\text{УТБ: } m_B c_B (T_N - t_{B0}) + m_A c_A (t_0 - t_{A0}) + \lambda m_A + m_B c_B (T_N - t_0) = 0$$

$$m_B c_B T_N - m_B c_B t_{B0} + m_A c_A t_0 - m_A c_A t_{A0} = m_A c_A t_{A0} - \lambda m_A$$

$$T_N (m_B c_B + m_A c_B) = m_B c_B t_{B0} + m_A c_A t_0 - \lambda m_A$$

$$T_N = \frac{m_B c_B t_{B0} + m_A c_A t_0 - \lambda m_A}{m_B c_B + m_A c_B} = -7,44^\circ\text{C}$$

2) Второй случай при  $N=2$ ,  $t_0=0^\circ\text{C}$ ,  $T_{N2}=?$

Энергия для нагрева льда до  $0^\circ\text{C}$   $Q_{\lambda 1} = 2 \text{ мл сл} (t_0 - t_{\text{л0}}) =$   
 $2 \cdot 0,9 \cdot 2100 \cdot 10 = 37800 \text{ Дж}$

Энергия для таяния льда.  $Q_{\lambda 2} = 2 \text{ мл л} =$   
 $2 \cdot 0,9 \cdot 333 \cdot 10^3 = 599400 \text{ Дж}$

Энергия из воды при охлаждении до  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_B = m_B c_B (t_0 - t_{B0}) = 1 \cdot 4200 \cdot (-90) = -378000 \text{ Дж}$$

Заметим, что  $Q_B = (Q_{\lambda 1} + Q_{\lambda 2})$  Энергия не хватает на таяние льда.

~~$$\text{УТБ: } c_B m_B (T_{N2} - t_{B0}) + 2 c_{\lambda 1} m_{\lambda 1} (T_{N2} - t_0) = 0$$~~

~~$$c_B m_B T_{N2} - c_B m_B t_{B0} + 2 c_{\lambda 1} m_{\lambda 1} T_{N2} - 2 c_{\lambda 1} m_{\lambda 1} t_0 = 0$$~~

~~$$T_{N2} (c_B m_B + c_{\lambda 1} m_{\lambda 1}) = c_B m_B t_{B0} + c_{\lambda 1} m_{\lambda 1} t_0 \quad || \Rightarrow$$~~

~~$$T_{N2} = \frac{c_B m_B t_{B0} + c_{\lambda 1} m_{\lambda 1} t_0}{c_B m_B + c_{\lambda 1} m_{\lambda 1}} = \frac{4200 \cdot 1 \cdot 90 + 2100 \cdot 0,9 \cdot (-10)}{4200 \cdot 1 + 2100 \cdot 0,9}$$~~

~~$$T_{N2} = 0^\circ\text{C}$$~~

3) Третий случай при  $N=3$ ,  $t_0=0^\circ\text{C}$ ,  $T_{N3}=?$

Энергия для нагрева льда до  $0^\circ\text{C}$ ,  $Q_{\lambda 1} = 3 \text{ мл сл} (t_0 - t_{\text{л0}}) =$   
 $3 \cdot 0,9 \cdot 2100 \cdot 10 = 56700$

Заметим, что энергии воды хватает для нагрева кубиков льда до  $0^\circ\text{C}$ , но при этом не хватает на их полное таяние.  $\Rightarrow$  в колориметре будет смесь воды и льда, причем  $m_B > 1 \text{ кг}$ ,  $T_{N2} = 0^\circ\text{C}$

3) Третий случай при  $N=3$ ,  $t_0=0^\circ\text{C}$ ,  $T_{N3}=?$

Энергия для <sup>нагрева</sup> ~~охлаждения~~ льда до  $0^\circ\text{C}$ :  $Q_{11} = 3 \text{ мл} \cdot (t_0 - t_{10}) =$   
 $= 3 \cdot 0,9 \cdot 2100 \cdot 10 = 56700 \text{ Дж}$

Энергия для таяния льда:  $Q_{12} = 3 \text{ мл} \cdot \lambda = 3 \cdot 0,9 \cdot 333 \cdot 10^3 =$   
 $= 899100 \text{ Дж}$

Энергия от охлажденной воды до  $0^\circ\text{C}$ :  $Q_{13} = c_{\text{вода}}(t_0 - t_{10})$   
 $= 4200 \cdot 1 \cdot (-90) = -378000 \text{ Дж}$

Заметим, что энергии при охлаждении воды хватает не на нагрев кубиков льда до  $0^\circ\text{C}$ , но при этом не хватает не его полное таяние  $\Rightarrow$  в калориметре после установления теплового баланса останется смесь из воды и льда, причем  $m_B > 1 \text{ кг}$ .  $T_{N3} = 0^\circ\text{C}$

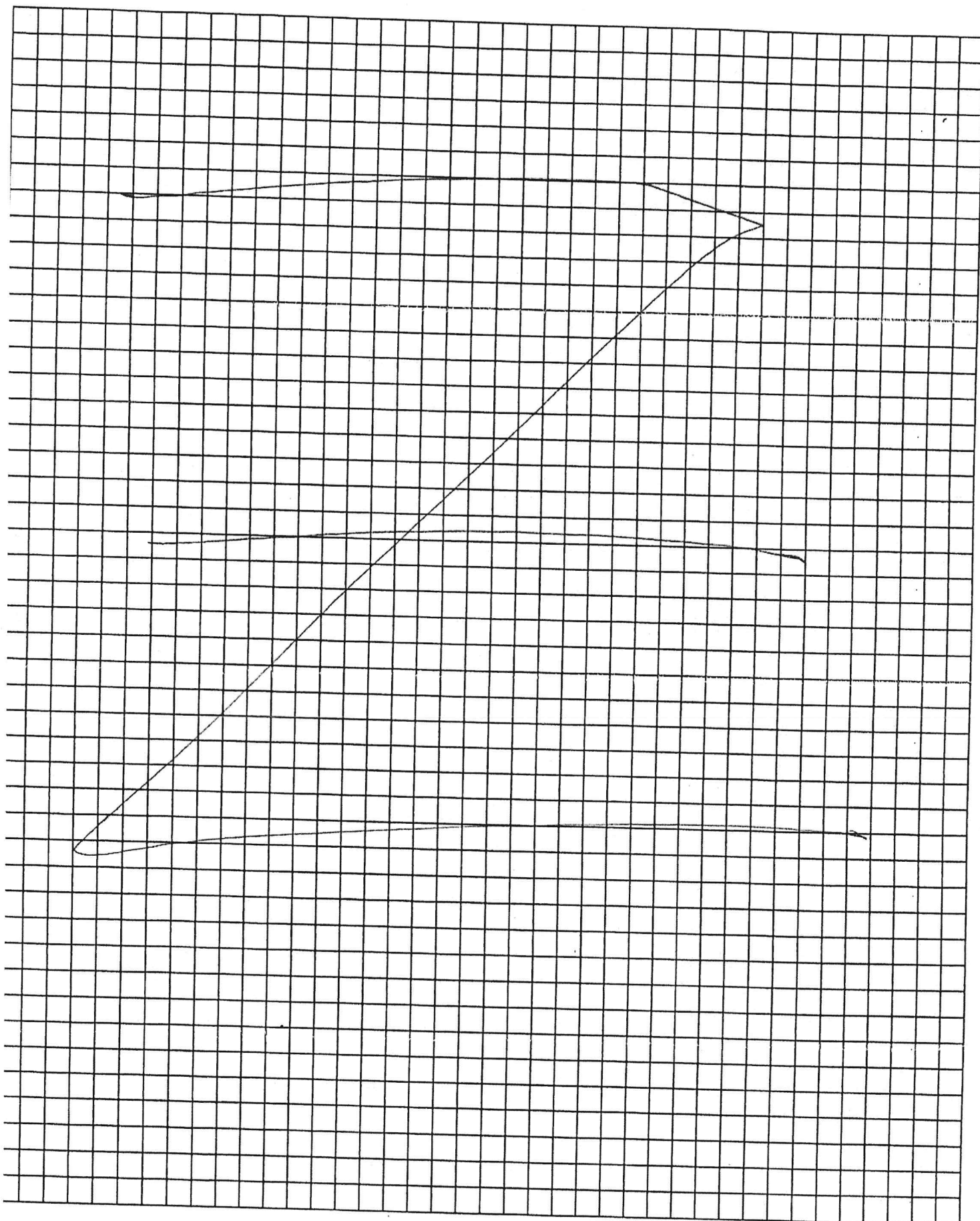
4) Четвертый случай при  $N=4$ ,  $t_0=0^\circ\text{C}$ ,  $T_{N4}=?$

Энергия для ~~охлаждения~~ льда до  $0^\circ\text{C}$ :  $Q_{11} = 4 \text{ мл} \cdot (t_0 - t_{10}) =$   
 $= 4 \cdot 0,9 \cdot 2100 \cdot 10 = 75600 \text{ Дж}$

Энергия для таяния льда:  $Q_{12} = 4 \text{ мл} \cdot \lambda = 4 \cdot 0,9 \cdot 333 \cdot 10^3 =$   
 $= 1198800 \text{ Дж}$

Заметим что энергии от охлаждения воды хватает не на нагрев льда, но при этом не хватает не полное таяние. После установления теплового баланса в калориметре будет смесь из воды и льда, причем  $m_B > 1 \text{ кг}$ .  $T_{N4} = 0^\circ\text{C}$

Шифр



5) Акула 5 при  $N=5$ ,  $t_0=0^\circ\text{C}$ ,  $T_{N5}?$

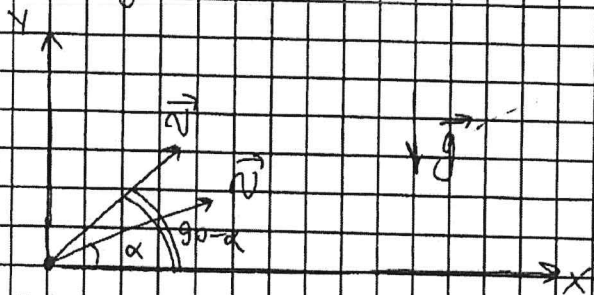
Энергия для нагрева льда:  $Q_{11} = 5 \cdot m_{\text{л}} \cdot c_{\text{л}} \cdot (t_0 - t_{\text{л}0}) = 5 \cdot 0,9 \cdot 4200 \cdot 10 = 94500 \text{ Дж}$

Энергия для таяния льда:  $Q_{12} = 5 m_{\text{л}} \lambda = 5 \cdot 0,9 \cdot 333 \cdot 10^3 = 1498500 \text{ Дж}$   
 $Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_0 - t_{\text{в}0}) = -378000 \text{ Дж}$

Заметим, что энергии от охлаждения воды хватает на нагрев льда до  $0^\circ\text{C}$ , но при этом не хватает для его полного таяния. После установления теплового баланса в координате останется смесь из воды и льда, при этом  $m_{\text{в}} > 1 \text{ кг}$ .  $T_{N5} = 0$

Ответ задачи №3: для  $N=1, 2, 3, 4, 5$  соответственно конечные температуры  $7, 4, 2, 0^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}$

Задача №1



Дано:

$$\alpha < 45^\circ$$

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

$$g$$

$$K = \frac{l_1}{l_2} = ?$$

$$N = \frac{n_1}{n_2} = ?$$

$$S = ?$$

1) Дальность полёта камня 1:

$$l_1 = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{2v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

Дальность полёта камня 2:

$$l_2 = \frac{v^2 \sin(2 \cdot (90 - \alpha))}{g} =$$

$$l_2 = \frac{v^2 \sin(180 - 2\alpha)}{g} = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$(1) : (2) : \frac{l_1}{l_2} = K = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} \cdot \frac{g}{v^2 \sin 2\alpha} = 1$$

1) Максимальная высота полёта камня 1:

$$h_1 = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (3)$$

Максимальная высота полёта камня 2:

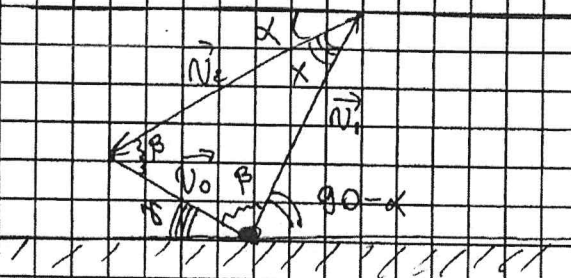
$$h_2 = \frac{v^2 \cdot \sin^2(90^\circ - \alpha)}{2g} = \frac{v^2 \cdot \sin(90^\circ - \alpha) \sin(90^\circ - \alpha)}{2g} =$$

$$\frac{v^2 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \alpha}{2g} = \frac{v^2 \cdot \cos^2 \alpha}{2g} \quad (4)$$

$$(3) : (4) \quad \frac{h_1}{h_2} = N = \frac{v^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} \cdot \frac{2g}{v^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} =$$

$$= \tan^2 \alpha$$

3) Перейдем в С.О. относительно камня 1:



Рассмотрим угол  $\chi$ :

т.к. прямые параллельны:

$$\alpha + \chi = 90^\circ - \alpha$$

$$\chi = 90^\circ - 2\alpha$$

по (4) Косинусов:

$$v_0 = \sqrt{2v^2 - 2\cos(90^\circ - 2\alpha)v^2} = v\sqrt{2 - 2\cos(90^\circ - 2\alpha)}$$

Рассмотрим треугольник скоростей:  $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = |\vec{v}| \Rightarrow$

Этот треугольник равнобедренный.

$\Rightarrow$  углы при основании равны.

$$180^\circ = 2\beta + \chi = 2\beta + 90^\circ - 2\alpha \quad (\text{из треугольника}) \Rightarrow$$

$$180^\circ = 2\beta + 90 - 2\alpha$$

$$g_0 = 2\beta - 2\alpha$$

$$45 = \beta - \alpha$$

$$B = 45 + \alpha$$

$$\angle(90 - \alpha) + \angle B + \angle A = 180^\circ$$

$$90 - \alpha + \beta - \gamma = 180$$

$$90 - \alpha + 45 + \alpha + 18 = 180$$

$$x + 45 = 90$$

$\eta = 45^\circ$  — угол, под которым смотрит камера

$$S = S_{\max} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad \text{C.O. maximal 1.} \quad \frac{v_0^2}{g} = \frac{v^2 \cdot (2 - 2 \cos(90 - 2\alpha))}{g}$$

Омберн и загаре  $N \cong 1$ :  $K = 1$ ,  $N = \lg^2 \alpha$ ,

$$S = \eta^2 \frac{2 - 2 \cos(90 - 2\alpha)}{g}$$

3. Agar  $N=5$

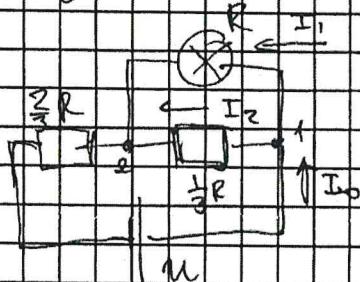
Dano:

R, P, C, U

1) 3-й Джаме Ленга

2)  $N_A(e) = ?$

3) КПД(д)-?



Напряжение между точками  
1 и 2:

$$I_1 R = I_2 \cdot \frac{1}{3} R \quad | \cdot \frac{3}{R}$$

$$3I_1 = I_2$$

$$I_0 = I_1 + I_2 = 3I_1 + I_1 = 4I_1$$

$$R_0 = \frac{2}{3}R + R_0 = \frac{2}{3}R + \frac{\frac{1}{2} + \frac{1}{\frac{2}{3}R + R_0}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{\frac{2}{3}R + R_0}} = \frac{2}{3}R + \frac{R}{4} = \frac{11}{12}R$$

Прогоним ток задан  $5 \text{ В}$

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{12}{\frac{11R}{12}} = \frac{12 \cdot 12}{11R}$$

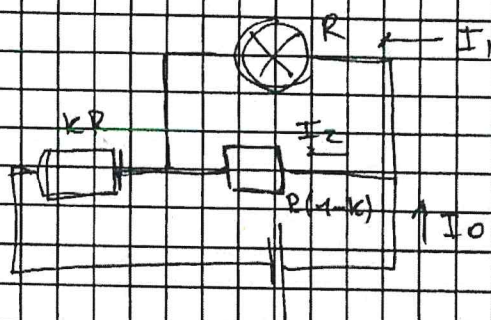
$$I_0 = 4I_1 \Rightarrow$$

$$I_1 = \frac{I_0}{4} = \frac{12 \cdot 12}{4 \cdot 11R} = \frac{3 \cdot 12}{11R}$$

$$N_1 = I_1^2 \cdot R = \left(\frac{I_0}{4}\right)^2 \cdot R = \left(\frac{3 \cdot 12}{11R}\right)^2 \cdot R = \frac{9 \cdot 12^2}{121R} \quad \text{или} \quad \frac{9 \cdot 12^2}{121R}$$

3)  $K \Pi A = \frac{N_1}{N_{\text{сум}}}$ , где  $N_{\text{сум}}$  — мощность выделяемая на системе

$$K = 0.5$$



$$I_1 R = I_2 \cdot R(1-K)$$

$$I_1 = I_2(1-K)$$

$$I_0 = I_1 + I_2 = I_2(2-K)$$

$$N_1 = I_1^2 \cdot R = I_2^2 (1-K)^2 R$$

$$N_{\text{сум}} = I_0^2 \cdot R_0$$

$$R_0 = KR + R_01 = KR + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R(1-K)}} = KR + \frac{R(1-K)}{2-K}$$

$$\frac{KR(2-K) + R(1-K)}{2-K} = \frac{2KR - RK^2 + R - RK}{2-K} = \frac{KR - RK^2 + R}{2-K}$$

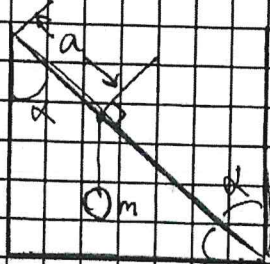
$$= R \frac{K+1-K^2}{2-K}$$

$$N_{\text{сум}} = I_2^2 (2-K)^2 \cdot \frac{K+1-K^2}{2-K} \cdot R = I_2^2 (2-K)(K+1-K^2)R$$

$$K \Pi A = \frac{N_1}{N_{\text{сум}}} = \frac{I_2^2 (1-K)^2 R}{I_2^2 (2-K)(K+1-K^2)R} = \frac{(1-K)^2}{(2-K)(K+1-K^2)}$$

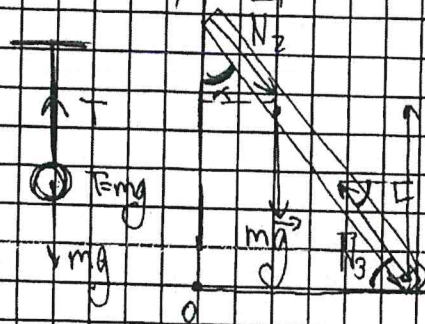
Ответ. на вопрос 2:  $\frac{9 \cdot 12^2}{121R}$ ; на вопрос 3:  $\frac{(1-0.5)^2}{(2-0.5)(0.5+1-0.25)} = K \Pi A$

Задача №2



$$\angle \alpha = 45^\circ$$

Рассмотрим силы относительно:



$N_1$  - сила реакции  
 опоры со стороны пола  
 $N_2$  - сила реакции  
 опоры со стороны левой стены  
 $N_3$  - сила реакции опоры  
 со стороны правой стены  
 $mg$  - сила тяжести  
 груза

Для того чтобы система была в равновесии  
 должен выполняться II закон Ньютона:

$$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{N}_3 + m\vec{g} = \vec{0}$$

В проекциях на оси (оси на рисунке)

$$O_x: N_3 \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \cos \alpha = 0$$

$$N_3 = N_2 \quad (1)$$

$$O_y: N_1 - mg - N_2 \cdot \sin \alpha + N_3 \cdot \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

$$(1) \rightarrow (2): N_1 = mg$$

Обрат к задаче №2:  $N_3 = N_2, N = mg$

Задача №4

Дано:  
 $p_1 = p_2 = p$

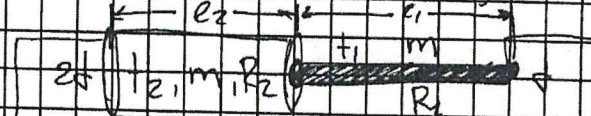
$$m_1 = m_2 = m$$


 $u_1$ 

$$t_2 - t_1$$

$u_1 = u_{тепл}$ , где  $u_1$  - скорость тела

$$u_{тепл} = S \cdot (t_2 - t_1)$$



используем известное  
~~уравнение~~

$$M_T = \frac{M^2}{R_0}$$

$$R_0 = R_1 + R_2$$

$$R_1 = \frac{\rho l_1}{S_1} \quad R_2 = \frac{\rho l_2}{S_2}$$

$$S_1 = \pi R_1^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2, \quad S_2 = \pi R_2^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi d^2$$

$$\begin{cases} m = \rho_m V = \rho_m \cdot 2d \cdot l_2 \\ m = \rho_m \cdot V = \rho_m \cdot d \cdot l_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{2l_2}{l_1} = 4 \quad \text{где } \rho_m - \text{плотность металла.}$$

$$2l_2 = 4l_1$$

$$R_1 = \frac{2\rho l_2}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}, \quad R_2 = \frac{\rho l_2}{\pi d^2}$$

$$R_0 = R_1 + R_2 = \frac{2\rho l_2 \cdot 4}{\pi d^2} + \frac{\rho l_2}{\pi d^2} = \frac{9\rho l_2}{\pi d^2}$$

$$M_T = \frac{M^2 \pi d^2}{9\rho l_2}$$

$$M_{\text{мемб}} = (t_2 - t_1) \cdot S = (t_2 - t_1) \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{M^2 \pi d^2}{9\rho l_2} = \frac{\pi d^2}{4} (t_2 - t_1) \quad | : \pi d^2$$

$$\frac{4M^2}{9\rho l_2} = t_2 - t_1$$

$$\text{Ответ: } \frac{4M^2}{9\rho l_2}$$