



Вариант задания

1

Лист работы 1 из 5

Ситуационная задача *мощность торможения диска*

$$1) P = \frac{dA}{dt} = \frac{dW_{кин}}{dt} = \frac{d\left(\frac{J\dot{\varphi}^2}{2}\right)}{dt} = J\dot{\varphi}\ddot{\varphi}$$

$M_{тр} = F_{тр}r = J\ddot{\varphi} \Rightarrow$

основное уравнение динамики вращ. движения

$$F_{тр} = \mu P S_{нов} = \mu p \cdot \underbrace{2\pi r h}_{=S_{нов}} \Rightarrow P = \frac{P_{полн}}{2} = \frac{2\pi r h p \cdot r \cdot 2\pi \dot{\varphi}}{2} = \frac{4\pi^2 r^2 p h}{2} \dot{\varphi}$$

$$P = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot (0,02 \text{ м})^2 \cdot 25 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,015 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 340}{0,6 \cdot 60} = 527 \text{ Вт} \approx 703 \text{ Вт}$$

$$2) P_{эл} = UI \Rightarrow P_{пол} = P_{мех} = \eta P_{пол} \Rightarrow P_{эл} = \frac{\eta P_{пол}}{\eta} \Rightarrow I = \frac{\eta P_{пол}}{\eta U}$$

$$I = \frac{0,5 \cdot 527 \text{ Вт}}{0,6 \cdot 220 \text{ В}} \approx 4,8 \text{ А}$$

Ответ: $P \approx 703 \text{ Вт}; I \approx 4,8 \text{ А}$

$Q = P_{эл} t = 340 \text{ Вт} \cdot 1800 \text{ с} = 6,12 \text{ МДж}$ - выделено калом

$\text{Пл. и. } V = \text{const} \text{ по } A_r = 0 \Rightarrow \delta Q = dU + \delta A - \text{тепло}$



$$Q = \Delta U = \underbrace{\frac{5}{2} \frac{p_0 V}{R} R \Delta T}_{\text{воздух}} + \underbrace{\frac{3}{2} \frac{p_0 V}{R} R \Delta T}_{\text{пар}} = \frac{R \Delta T}{2} (5 \nu_0 + 3 \nu_0)$$

По 3-му Менделеева Клайперона:

$$pV = \nu RT \Rightarrow \nu_0 = \frac{p_0 V}{RT_0}, \quad \nu_0 = \frac{\varphi_0 p_{\text{нпо}} V}{RT_0}, \quad \text{где } p_0 - \text{нач. давление}$$

давление, $p_{\text{нпо}}$ - дав-е нас. паров при T_0

$$Q = \frac{R \Delta T}{2} \cdot \left(5 \frac{p_0 V}{RT_0} + 3 \frac{\varphi_0 p_{\text{нпо}} V}{RT_0} \right) = \frac{R \Delta T}{2 T_0} \left(5 p_0 V + 3 \varphi_0 p_{\text{нпо}} V \right)$$

$V = abc$ - объем комнаты, a, b, c - лн. размеры комнаты

$$\Delta T = \frac{Q T_0}{\left(\frac{5 p_0 V}{2} + 3 \varphi_0 p_{\text{нпо}} V \right) abc} \Rightarrow T_k = T_0 \left(1 + \frac{Q}{\left(\frac{5 p_0}{2} + 3 \varphi_0 p_{\text{нпо}} \right) abc} \right)$$

Считая, что $p_0 = p_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$:

$$T_k = (20 + 273) \text{ К} \left(1 + \frac{6,72 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{\left(\frac{5}{2} \cdot 10^5 \text{ Па} + 3 \cdot 0,5 \cdot 23388 \cdot 10^3 \text{ Па} \right) \cdot 8 \text{ м} \cdot 3 \text{ м} \cdot 3,5 \text{ м}} \right) =$$

$$\approx 411 \text{ К} = 138^\circ \text{C}$$

№5

Будем считать, что комната закрыта плотно, но не герметично.

Тогда происходит изоб. нагревание при постоянном давлении при $\nu \neq \text{const}$. т.к. $p = \text{const}$, $V = \text{const}$, но $\nu T = \text{const}$

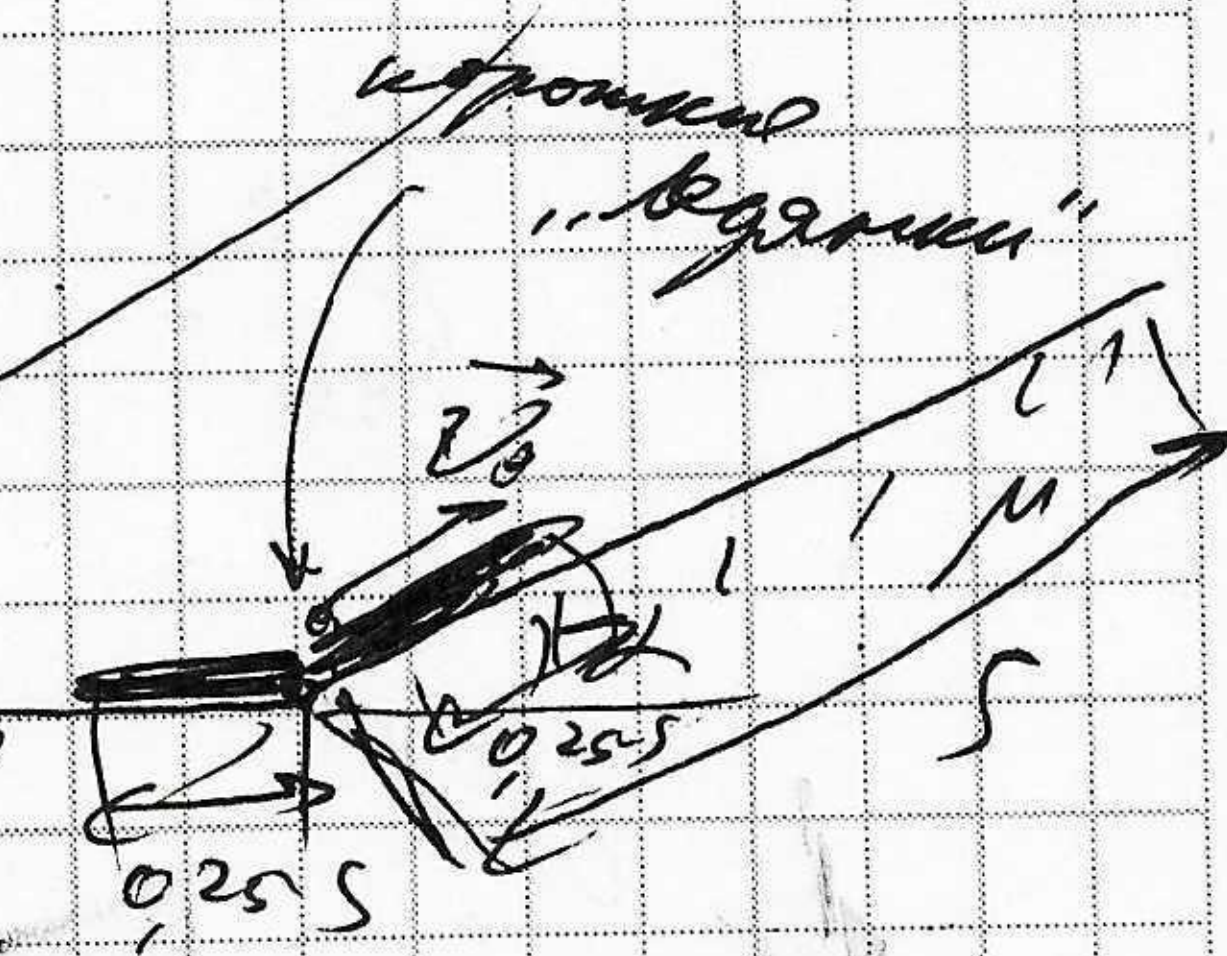
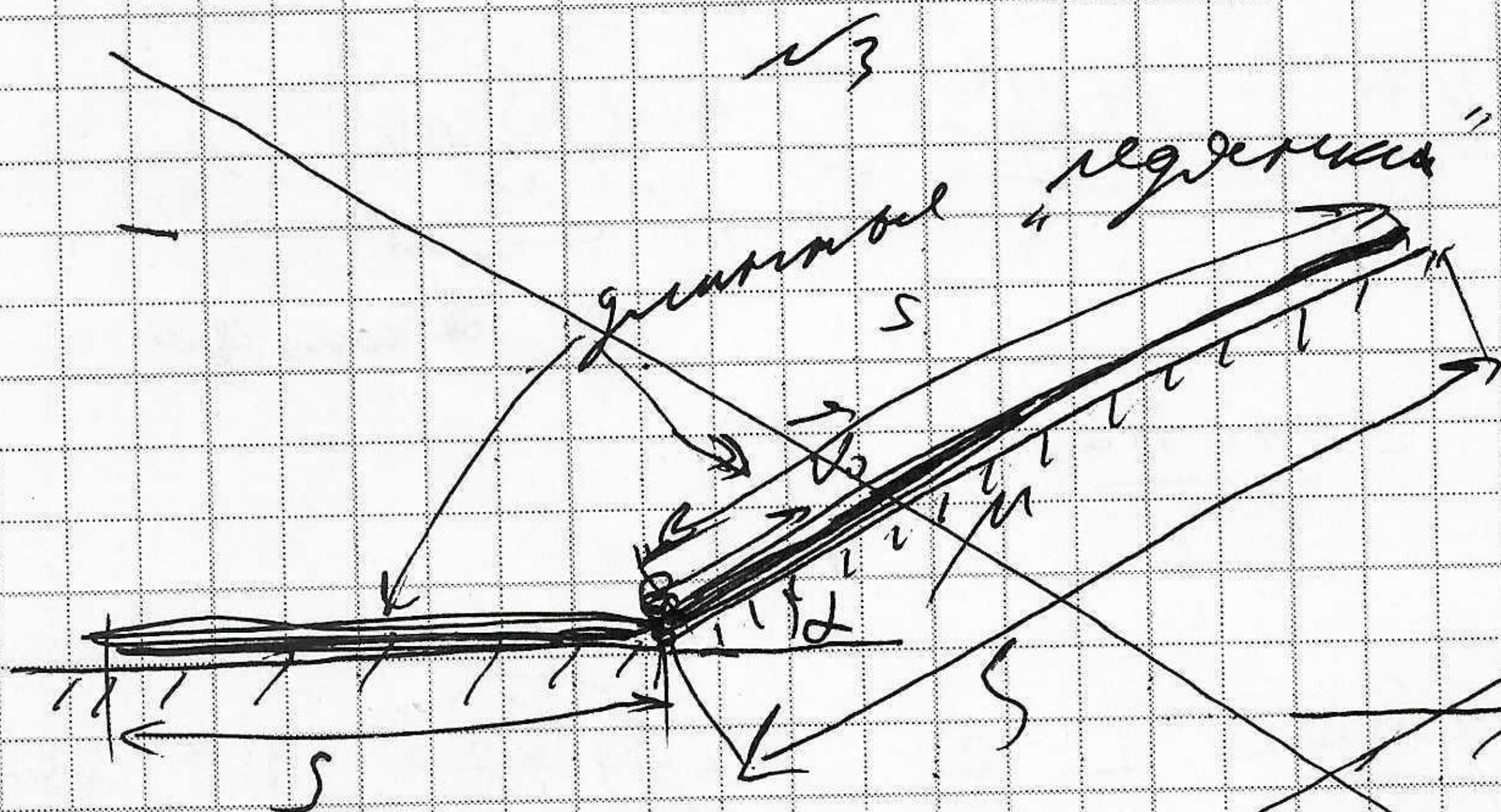


Вариант задания

1

Лист работы 2 из 5

Задача Менделеева-Классиона.



Длинный ледяник всё время движется
покрывая горку, т.е.



$$F_{\text{тр}25}(x) = \frac{x}{2S} \mu N, x \leq S$$

$$F_{\text{тр}0,55}(x) = \frac{x}{0,5S} \mu N, x \leq 0,5S$$

$$A_{\text{тр}0,55} = \int_0^{0,5S} F_{\text{тр}0,55}(x) dx + \mu N (S - 0,5S)$$

$$\Rightarrow A_{\text{тр}0,55} = \int_0^{0,5S} F_{\text{тр}0,55}(x) dx + \mu N (S - 0,5S) = \frac{\mu N}{0,5S} \cdot \frac{(0,5S)^2}{2} + 0,5S \mu N =$$

$$= 0,75 \mu NS$$
$$A_{\text{тр}25} = \int_0^S F_{\text{тр}25}(x) dx = \frac{\mu N}{2S} \frac{S^2}{2} = 0,25 \mu NS \Rightarrow A_{\text{тр}0,55} > A_{\text{тр}25}$$

3(3):

"25": $0 + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_{25}^2}{2} + mg \frac{S \sin \alpha}{4} + A_{25}$

общая формула: $\frac{mS \sin \alpha}{2} + 0 = \frac{S \sin \alpha}{4} \cdot \frac{m + \frac{m}{2}}{\frac{m}{2} + \frac{m}{2}}$

$$V_{25}^2 = \left(\frac{mV_0^2}{2} - \frac{mgS \sin \alpha}{4} - A_{25} \right) \frac{2}{m}$$

"055": $0 + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_{055}^2}{2} + mg \frac{3S \sin \alpha}{4} + A_{055}$

по формуле 26.11.

$$V_{055}^2 = \frac{2}{m} \left(\frac{mV_0^2}{2} - \frac{3mgS \sin \alpha}{4} - A_{055} \right)$$

$$V_{25}^2 = V_0^2 - \frac{gS \sin \alpha}{2} - \frac{1}{\frac{m}{2}} \cdot \frac{mgS \sin \alpha}{2} = V_0^2 - \frac{gS \sin \alpha}{2} (1 + \mu)$$

$$V_{055}^2 = V_0^2 - \frac{3gS \sin \alpha}{2} - \frac{1}{\frac{m}{2}} \cdot \frac{3mgS \sin \alpha}{2} = V_0^2 - \frac{3gS \sin \alpha}{2} (1 + \mu)$$

$$V_{25}^2 - V_{055}^2 = V_0^2 - \frac{gS \sin \alpha}{2} (1 + \mu) - V_0^2 + \frac{3gS \sin \alpha}{2} (1 + \mu) = gS \sin \alpha (1 + \mu)$$

$$\Rightarrow V_{25}^2 > V_{055}^2 \Rightarrow V_{25} > V_{055} \Rightarrow \text{пушки выстроятся раньше}$$

"ледяники".

$$V_{25}^2 - V_{055}^2 = (V_{25} - V_{055})(V_{25} + V_{055}) = gS \sin \alpha (1 + \mu) = 0,75gS$$

$$\Delta V = V_{25} - V_{055} = \sqrt{V_0^2 - \frac{gS \sin \alpha}{2} (1 + \mu)} - \sqrt{V_0^2 - \frac{3gS \sin \alpha}{2} (1 + \mu)}$$

$$= \sqrt{V_0^2 - 0,375gS} - \sqrt{V_0^2 - 1,125gS} \quad (V_0^2 > 1,125gS, \text{ иначе команда не доберётся до флага})$$

Ответ! Пушки выстроятся раньше "ледяники".

$$\Delta V = \sqrt{V_0^2 - 0,375gS} - \sqrt{V_0^2 - 1,125gS}$$



Вариант задания

1

Лист работы 3 из 5

$Q = P_{\Delta} t = 340 \text{ Вт} \cdot 7800 \text{ с} = 672 \text{ кДж}$ — это количество теплоты
выделенная лампой

Комната герметична $\Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \delta Q = dU + \delta A$ — 1-е начало ТД

$$Q = \Delta U = \underbrace{\frac{5}{2} p_0 R \Delta T}_{\text{воздух}} + \underbrace{\frac{6}{2} p_m R \Delta T}_{\text{пар}} = \frac{R \Delta T}{2} (5 p_0 + 6 p_m)$$

по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$pV = \nu R T \Rightarrow \nu_0 = \frac{p_0 V}{R T_0}; \nu_m = \frac{p_m p_{\text{нп}} V}{R T_0}, \text{ где } p_0 - \text{нач. давление воз.}$$

$$p_{\text{нп}} \equiv p_{\text{нп}}(T_0)$$

$V = abc$, где a, b, c — мм. размеры комнаты

$$\Delta T \Rightarrow Q = \frac{R \Delta T}{2} (5 p_0 + 6 p_m) = \frac{R V \Delta T}{T_0} \left(\frac{5 p_0}{2} + 3 p_m p_{\text{нп}} \right)$$

$$\Delta T = \frac{Q T_0}{(5 p_0 + 6 p_m p_{\text{нп}}) abc} \Rightarrow T_k = \frac{Q T_0}{(5 p_0 + 6 p_m p_{\text{нп}}) abc} + T_0$$

$$T_k = \frac{672 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot (273 + 20) \text{ К}}{\left(\frac{5}{2} \cdot 10^5 \text{ Па} + 3 \cdot 0,5 \cdot 2,3388 \cdot 10^3 \text{ Па} \right) \cdot 3 \cdot 8 \cdot 25} + (273 + 20) \text{ К} = 305 \text{ К} =$$

$$= 32^\circ \text{C} \Rightarrow p_{\text{нп}}(T_k) = 4,7578 \text{ кПа} \Rightarrow \varphi_k = \frac{p_{\text{нп}}}{p_{\text{нп}}(T_k)} = \frac{\frac{p_m R T_0}{V}}{p_{\text{нп}}(T_k)} = \frac{p_m R T_0}{V p_{\text{нп}}(T_k)}$$
$$= \frac{0,5 \cdot 2,3388 \text{ кПа} \cdot 10^3 \text{ Па}}{4,7578 \text{ кПа}} = 0,5 \cdot 2,3388 \text{ кПа} \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ Па} = 24\% . \text{ Ответ: } \varphi_k = 24\%$$



$$\varepsilon_{\text{ком}} = \dot{R}_{\text{ком}} \Rightarrow \varepsilon_{\text{ком}} = \frac{d}{dt} \left(\frac{V \sin \alpha}{2\pi R \cos^2 \alpha} \right) = \frac{\sin \alpha}{2\pi R \cos^2 \alpha} \cdot \dot{V}$$

П.ч. $V = \text{const}$, но $\alpha = \dot{V} = 0 \Rightarrow \varepsilon_{\text{ком}} = 0$

Аналитически это описать можно: см. выше.

Ответ: $R_{\text{ком}} = \frac{V \sin \alpha}{2\pi R \cos^2 \alpha}$; $\varepsilon_{\text{ком}} = \dot{R}_{\text{ком}} = 0$; да, можно.

Пусть 4 деления на рисунке — это Q_0 ; $m_6 = m_1 = m$

Получа $Q_{\text{матрица}} = Q_0$; $Q_{11} = Q_0$; $Q_{12} = 2Q_0$; $Q_{12} = Q_0$;

$$Q_6 = -4Q_0$$

$2Q_{11} = Q_{12} \Rightarrow 2C_1 \cos \theta_1 = \lambda m$, где θ_1 — уг. момента матрицы

$$\Rightarrow |\theta_1| = \frac{\lambda}{2C_1} = \frac{0,32 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{2 \cdot 2700 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}} \approx 76,2^\circ \Rightarrow \theta_1 = -76,2^\circ \text{ мк. } \theta_1 < 0$$

$$Q_6 = -4Q_0$$

$$Q_{12} = 2Q_0$$

$$\Rightarrow \theta_1 = \frac{\lambda}{C_6} = \frac{0,32 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{2 \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}} \Rightarrow \theta_1 - \theta = \frac{2\lambda}{C_6} = \frac{0,32 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{2 \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}} \approx 38,1^\circ$$

$$\Rightarrow Q_6 = -4Q_0 = C_6 \theta$$

$$Q_{12} = Q_0 \Rightarrow C_6 \theta (\theta - 0) = Q_0 \Rightarrow \theta = \frac{Q_0}{C_6} \Rightarrow \frac{Q_0}{m} = C_6 \theta$$



$$Q_6 = -4Q_0 = -(t_1 - \theta) c_b m \Rightarrow \frac{Q_0}{m} = \frac{(t_1 - \theta) c_b}{4}$$

$$\text{Значит, } \frac{1}{c_b} \theta = \frac{c_b (t_1 - \theta)}{4} \Rightarrow \theta = \frac{t_1 - \theta}{4} = \frac{38,1^\circ}{4} \approx 9,5^\circ$$

$$\Rightarrow t_1 = (t_1 - \theta) + \theta = 38,1^\circ + 9,5^\circ \approx 47,6^\circ$$

Пусть Q_0 — это тепловой поток адаманта, тогда:

$$Q_{n1} = Q_0; Q_{n2} = 2Q_0; Q_{n3} = Q_0; Q_6 = -4Q_0; \text{ Пусть } m_n = m_b = 1 \text{ м}$$

$$2Q_0 = \lambda_m \Rightarrow \frac{Q_0}{m} = \frac{1}{2} = 160000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q_0 = c_m m (\theta - t_2) \Rightarrow t_2 = - \frac{Q_0}{m \cdot c_m} \cdot \frac{1}{c_n} = -160000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{1}{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} = -76,2^\circ$$

$$Q_0 = c_b m (\theta - 0) \Rightarrow \theta = \frac{Q_0}{m} \cdot \frac{1}{c_b} = 160000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{1}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} \approx 38,1^\circ$$

$$-4Q_0 = c_b m (\theta - t_1) \Rightarrow t_1 - \theta = \frac{4Q_0}{m} \cdot \frac{1}{c_b} \approx 152^\circ \Rightarrow t_1 \approx 190^\circ$$

Скорее всего руководителем сталелитейного цеха, т.к.

температура воды по градусу достигает $190^\circ > 100^\circ$

$190^\circ > t_{\text{кип.в.}}$

$$\text{Ответ: } t_2 \approx -76^\circ; t_1 \approx 190^\circ; \theta \approx 38^\circ$$

✓

Какое-то изобретение Эдмунда Деминга.

П.н. "стальные волны" на расстоянии 2 км от берега,

а "растянутые" — на расстоянии 2 км, то $\sqrt{2}$ км



Вариант задания

1

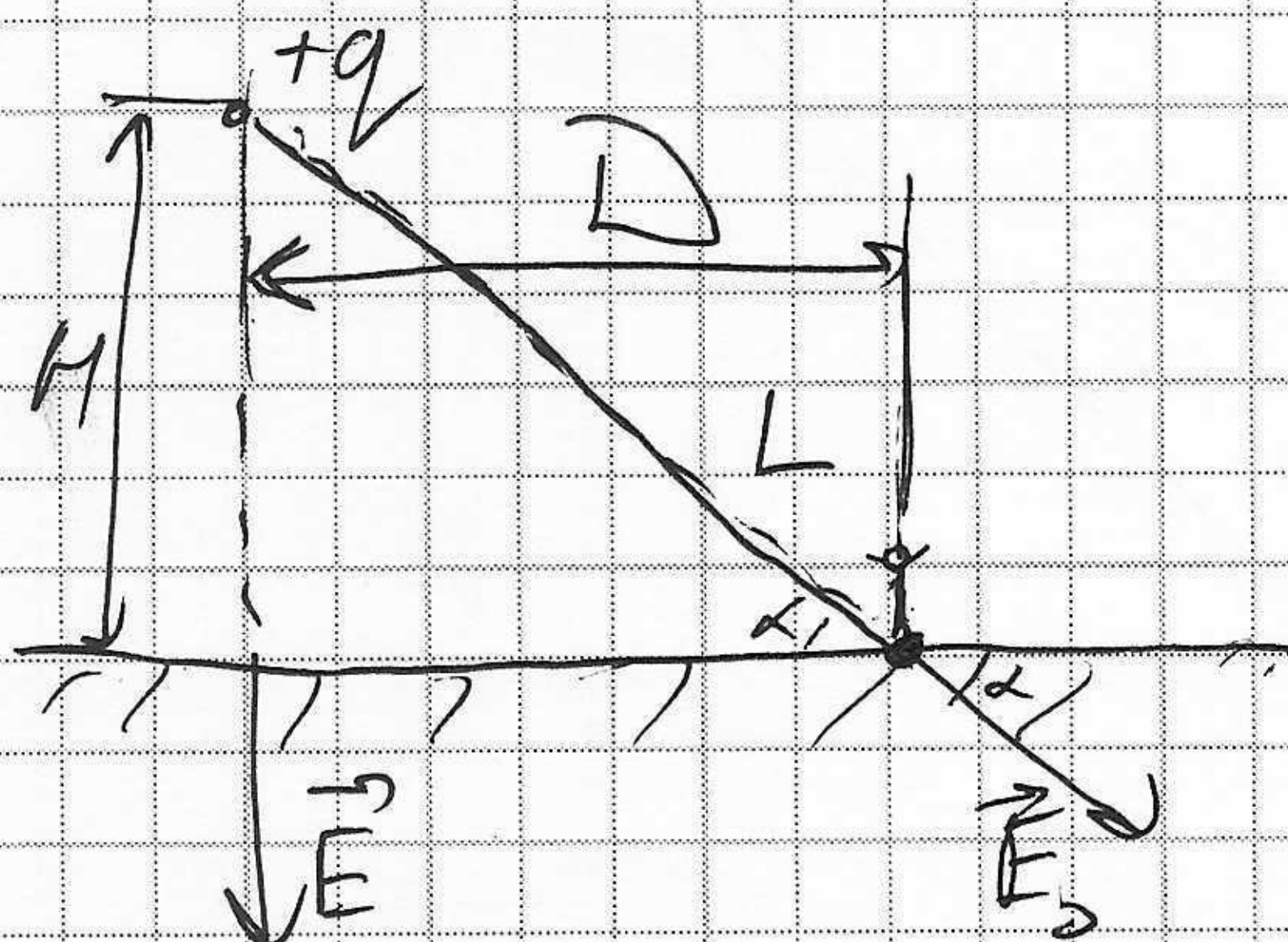
Лист работы 5 из 5

$$2(V_{\text{ж}} - V_{\text{ист}}) = V_{\text{ж}} + V_{\text{ист}} \Rightarrow V_{\text{ист}} = \frac{V_{\text{ж}}}{3} = \frac{340 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3} \approx 113 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \text{ где } V_{\text{ж}} - \text{скорость звука.}$$

т.к. $2V_{\text{ист}} = V_{\text{расширитель}} \Leftrightarrow 2(V_{\text{ж}} - V_{\text{ист}}) = V_{\text{ж}} + V_{\text{ист}}$

Ответ: $V_{\text{ист}} \approx 113 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

✓4



$$E = \frac{kq}{L^2} \Rightarrow L^2 = \frac{kq}{E} \approx 135 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow L \approx 11,6 \text{ км}$$
$$H^2 + D^2 = L^2 - \text{т. Пифагора}$$
$$\sin \alpha = \frac{H}{L}$$

Максимальное значение напря-ти на минималь-
ном расстоянии от заряда q . То есть

$$E = \frac{kq}{H^2} \Rightarrow H = \sqrt{\frac{kq}{E}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 30 \text{ Кл}}{2000 \frac{\text{В}}{\text{м}}}} \approx 11,6 \text{ км}$$

Ответ: $H \approx 11,6 \text{ км}$

