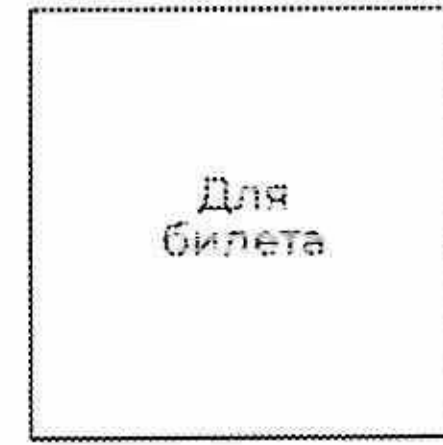
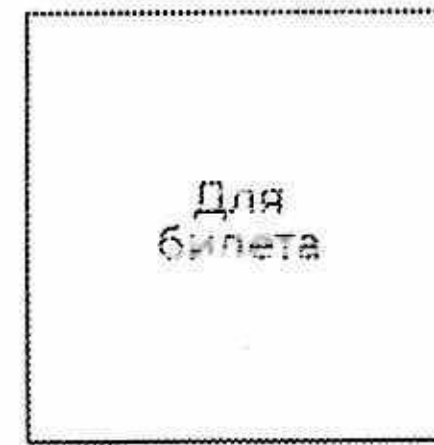
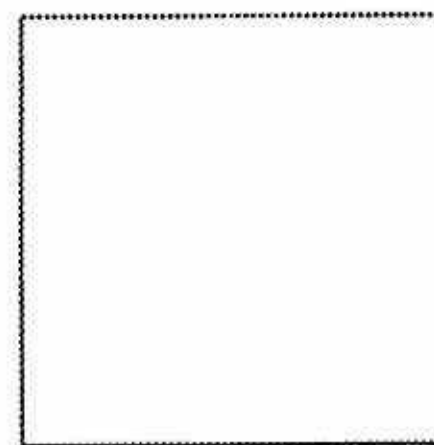
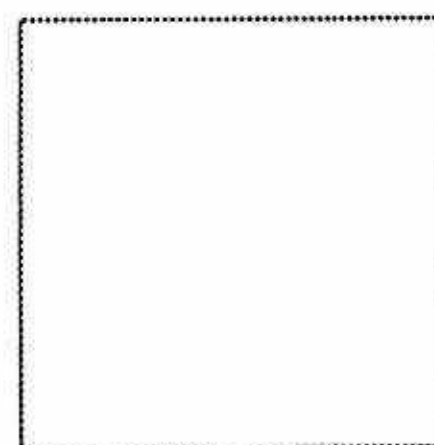
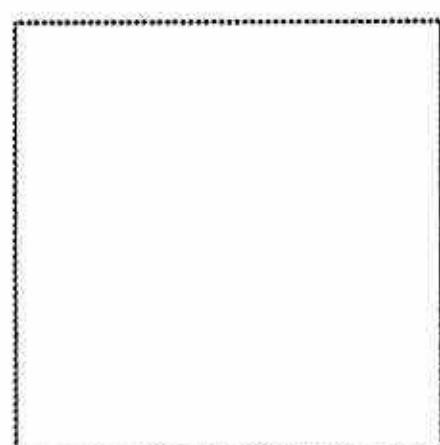
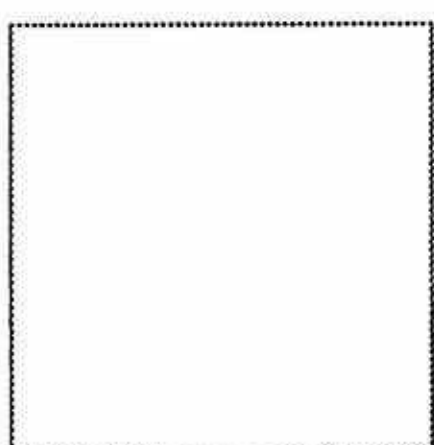
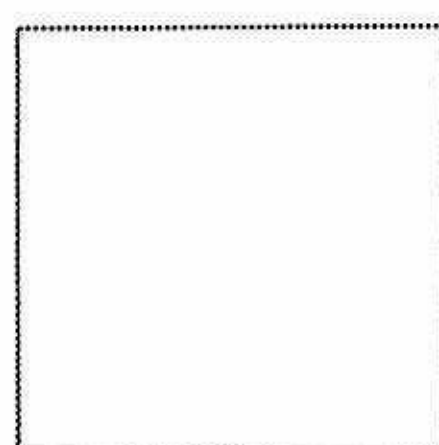
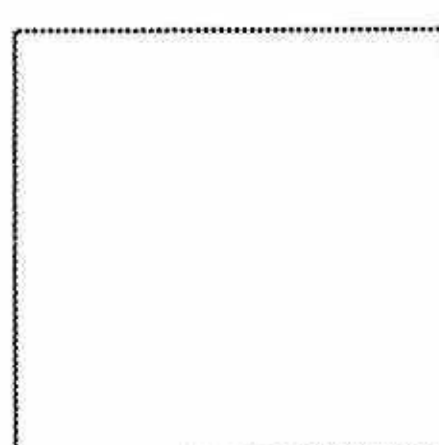
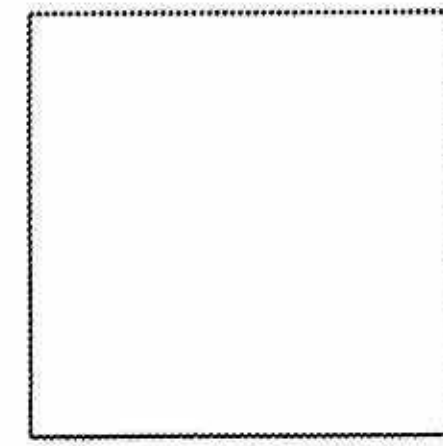
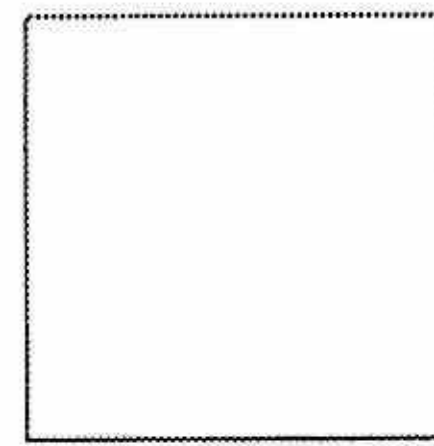
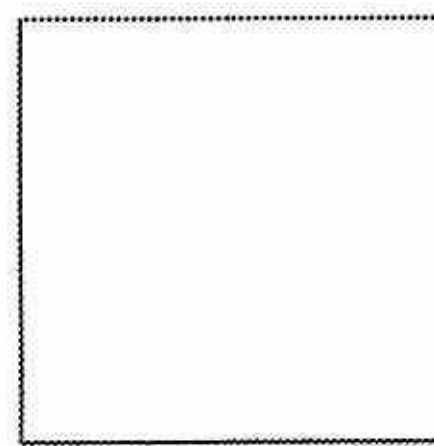
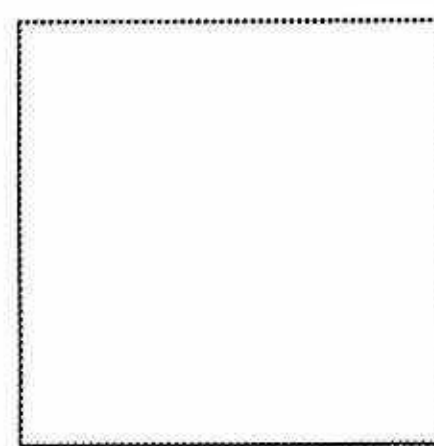
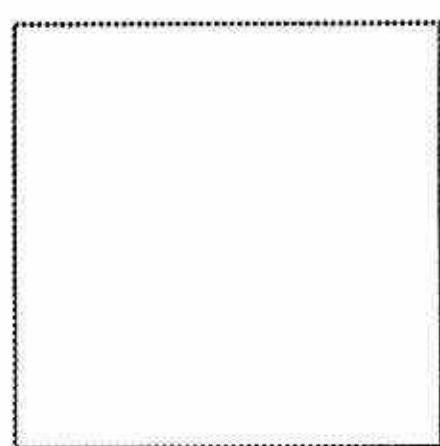
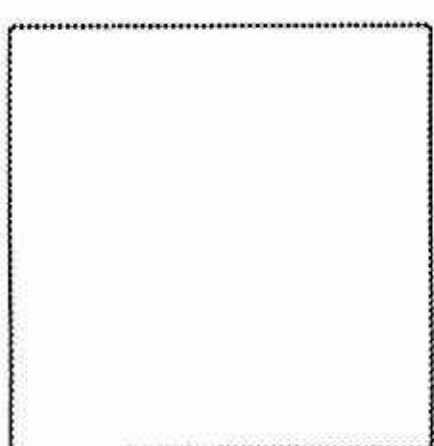
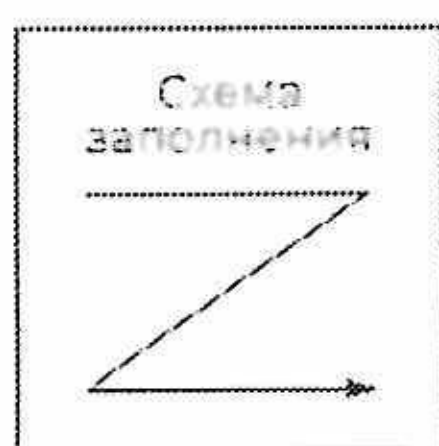


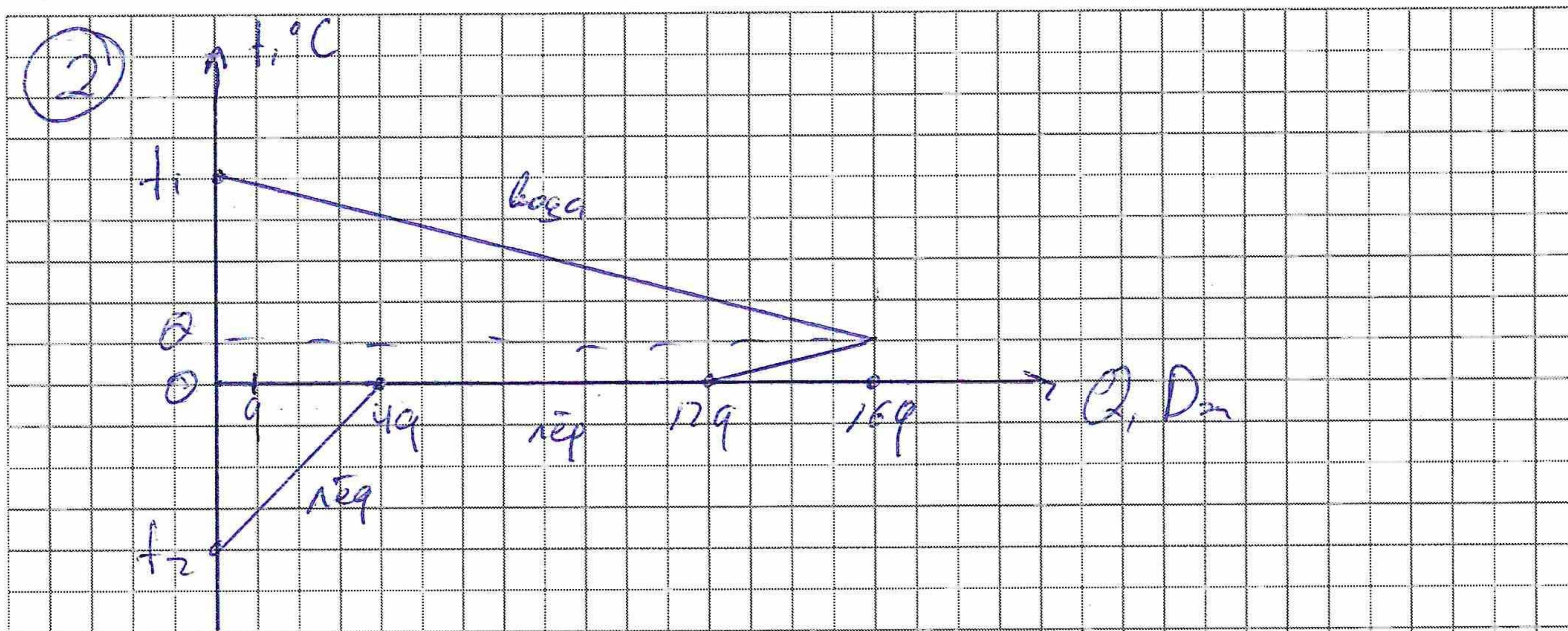


ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»



Вариант задания 1

Лист работы 1 из 5



Немного понять, что график 1 показывает состояние воды, а график 2 — льда.

1) Из условия тепл. равновесия:

$$\begin{cases} C_1 m_1 (t_1 - 0) = 16 Q_{\text{пл}} \\ C_2 m_2 t_2 = 4 Q \\ \lambda m_2 = 8 Q \\ C_1 m_2 0 = 4 Q \end{cases}, \text{ где } m_1, m_2 - \text{массы} \\ \text{воды и льда} \\ C_1, C_2 - \text{уд. теплоемкости} \\ \lambda - \text{уд. теплота плавления}$$

Всего получено уравнений 4, можно решить.



$$t_2 = -\frac{A}{2C_2} \approx -76,2^\circ\text{C}$$

$$\Theta = -\frac{C_2 t_2}{C_1} = 38,1^\circ\text{C}$$

$$\frac{t_1 - \Theta}{\Theta} = 4 \Rightarrow t_1 = 5\Theta = 190,5^\circ\text{C}$$

Понятно, что вода не могла находиться при температуре  $190^\circ\text{C}$ , однако уравнения записаны правильно, а значит некорректны данные задачи.

Ответ: инноводитель останется недоволен; у аспиранта нет будущего.





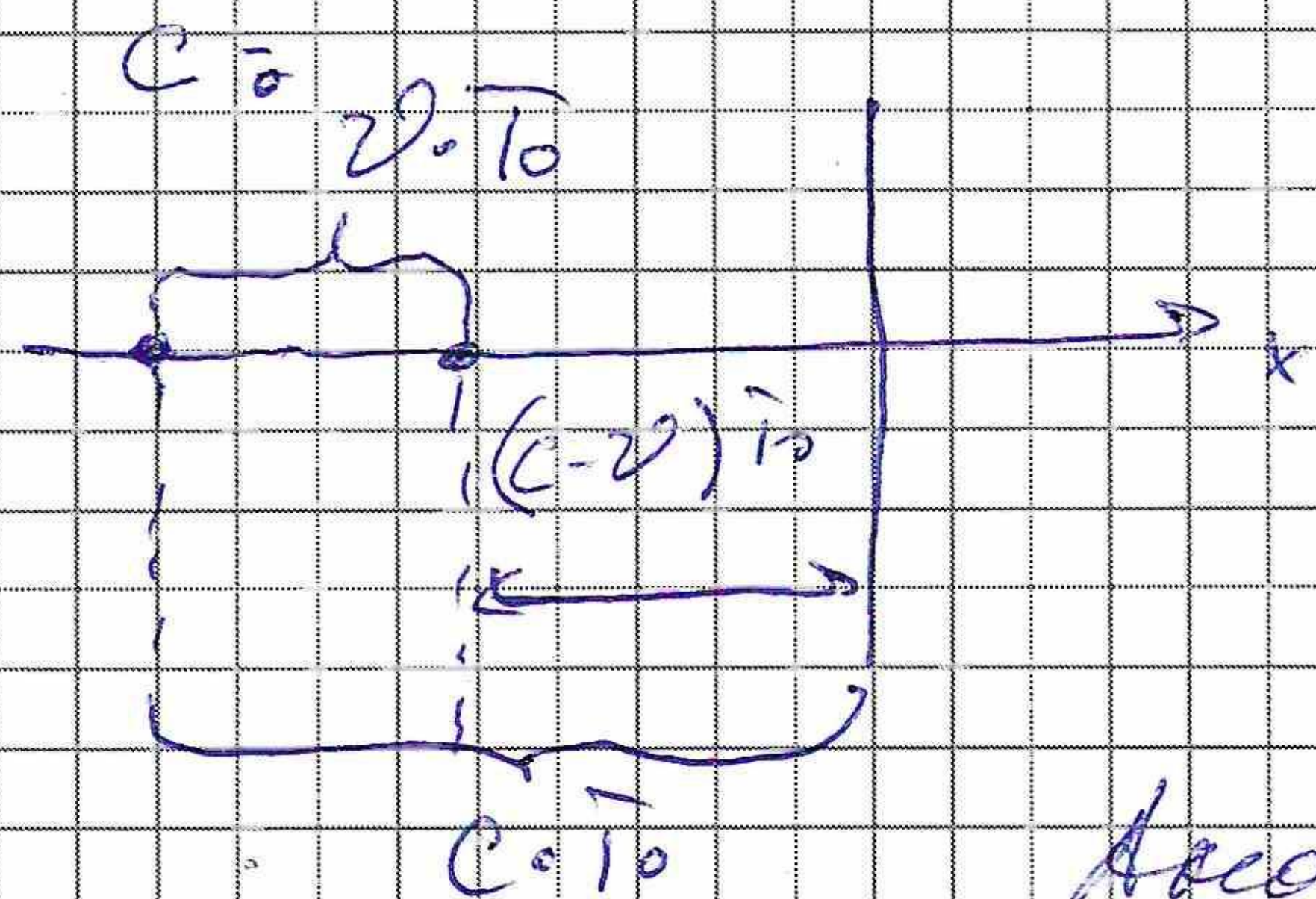


Вариант задания

Лист работы 2 из 5

1) В данной задаче наблюдается эффект Доплера: источник испускает импульсы с частотой  $\nu_0$  (периодом  $T_0 = \frac{1}{\nu_0}$ ), но приемник из-за того, что он движется влево со скоростью  $v$ , частота принимаемых сигналов меняется:  $\nu_1 > \nu_0$  — слева, и  $\nu_2 < \nu_0$  — справа.

Рассчитаем  $\nu_1$  и  $\nu_2$ , если скорость звука



$$(c-v)T_0 = cT_1$$

$$T_1 = (1 - v/c)T_0$$

$$\nu_1 = \frac{\nu_0}{1 - v/c}$$

Аналогично:

$$T_2 = (1 + v/c)T_0$$

$$\nu_2 = \frac{\nu_0}{1 + v/c}$$

Длина волны  $\lambda = cT$

$$\lambda_1 = cT_1 = (c-v)T_0 = \lambda \quad | \Rightarrow$$

$$\lambda_2 = cT_2 = (c+v)T_0 = 2\lambda$$

$$\Rightarrow \frac{c-v}{c+v} = \frac{1}{2} \Rightarrow v = \frac{c}{3}$$

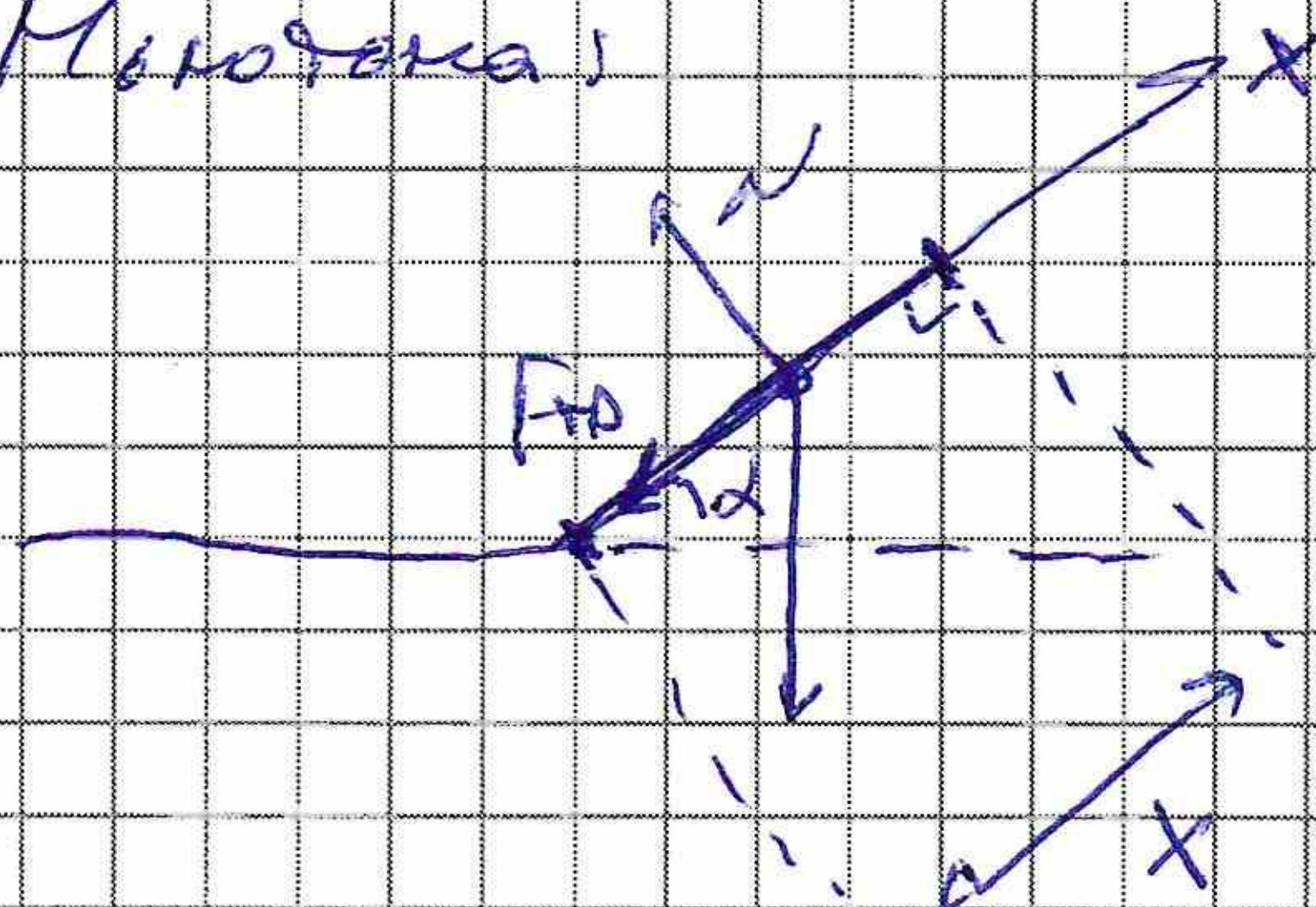


Если речь о звуковых волнах  
 ( $c \approx 340 \text{ м/с}$ ), то  $\nu = \frac{c}{\lambda} \approx 13,3 \text{ кГц}$



Если речь о электро-магн. волнах,  
 ( $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ), то  $\nu = \frac{c}{\lambda} = 10^8 \text{ Гц}$

③ 1) Часть ледяной глыбы  $X$  уже  
 заехала на горку, а оставшаяся часть  
 нет. Внешние силы, действующие  
 на часть, перекрывающую горку,  
 уравновешены, а на часть  $X$  — нет.  
 Найдём ускорение ледяной из 3.  
 Механика:



$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$X \ddot{x} = -Mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$M$  — масса всей ледяной

$$M = gL, \quad g \text{ — ускор. тяжести}$$

$$m \text{ — масса части } X; \quad m = gX$$

$$aL = -Xg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Т.е.  $a = \ddot{X}$  имеет уравнение + переданный

$$\ddot{X} + \frac{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{L} X = 0$$

$$X = X_0 \sin \omega t, \quad \text{где } \omega = \sqrt{\frac{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{L}}$$

$$v = X_0 \omega \cos \omega t$$

$$v \text{ начальный } \text{зск.} \quad v(0) = v_0$$





$$v_0 = x_0 \omega \Rightarrow v = v_0 \cos \omega t$$
$$x = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

2) Ледянка  $L = 2S$  всегда частично остаётся на земле; т.е. её движение всегда удовлетворяет полученному уравнению. Тогда, если  $t_2$  - время, за ко-е ледянка

$$S = \frac{v_0}{\omega_2} \sin \omega_2 t_2; \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2S}} =$$
$$= 10,48 \text{ 1/с}$$

$$\sin \omega_2 t_2 = \frac{S \omega_2}{v_0} = \frac{10,48 S}{v_0} \Rightarrow$$

$$v_2 = \sqrt{v_0^2 - 0,49 S} - \text{конечная скорость}$$

3) Ледянка  $L = 0,5S$  полностью скользит по горизонтальной поверхности, а потом с постоянным ускорением  $a' = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ , что несложно понять из 2-го Ньютона.

Тогда:

$$0,5S = \frac{v_0}{\omega_1} \sin \omega_1 t_1'; \quad t_1' - \text{время, за ко-е}$$

ледянка заедет на горку полностью.

$$\omega_1 = 11,0 \text{ 1/с} \Rightarrow v_1' = \sqrt{v_0^2 - 0,49 S} -$$



скорость в момент  $t_1'$ .



Отметим, что  $t_1' = t_2$ , а  $v_1' = v_2$

Отсюда сразу становится понятно, что  
первый предмет летит на 2S, а  
разность скоростей будет равна ~~2S~~

$$\rightarrow v = v_2 - v_1 = v_1' - v_1$$

Тогда, из формулы равноускор. движения:

$$0,5S = v_1' \Delta t - \frac{a' \Delta t^2}{2} \quad | \rightarrow$$

$$\rightarrow v = a' \Delta t$$

$$\rightarrow 0,5S = \frac{v_1' \Delta v}{a'} - \frac{\Delta v^2}{2a'}$$

$$a' = 0,8g$$

$$\Delta v^2 - 2v_1' \Delta v + Sa' = 0$$

$$\Delta v = \frac{v_1' \pm \sqrt{v_1'^2 - Sa'}}{-}$$

$$= \sqrt{v_0^2 - 0,4gS} - \sqrt{v_0^2 - 0,4gS - 0,8gS}$$

$$= \sqrt{v_0^2 - 0,4gS} - \sqrt{v_0^2 - 1,2gS}$$

$$\text{Ответ а) } \Delta v = \sqrt{v_0^2 - 0,4gS} - \sqrt{v_0^2 - 1,2gS}$$

$$\text{д) } L = 2S$$





Вариант задания

1

Лист работы

из 5

5) 1) Из 3 Менделеева-Клапейрона:

$$p, V = \nu R \bar{T}_1; \quad \bar{T}_1 = (20 + 273) \text{ K} = 293 \text{ K}$$

$$\eta_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нп}}(20^\circ\text{C})} = 50\% \Rightarrow p_1 = \frac{1}{2} p_{\text{нп}}(20^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{н}} = \frac{p_1 V}{R \bar{T}_1} = \frac{p_{\text{нп}}(20^\circ\text{C}) V}{2 R \bar{T}_1} \approx 28,82 \text{ моль} - \text{мол-во моля газа}$$

2) Газ в комнате участвует в изохорном процессе ( $V = \text{const}$ ,  $p = \text{const}$ ), и нагревается от радиатора.

~~Решение:~~

~~Воздух состоит из 2-атомного газа.~~

~~$p_1 V = \nu R \bar{T}_1$~~

~~$\bar{T}_2 = \bar{T}_1 + \frac{p_1 V}{5/2 \cdot p_{\text{нп}}(20^\circ\text{C}) V} = 1 + \frac{4 p_1}{5 p_{\text{нп}}(20^\circ\text{C})} \bar{T}_1$~~

Найдём мол-во воздуха в комнате.

$$p_0 V = \nu_0 R \bar{T}_1 \Rightarrow \nu_0 = \frac{p_0 V}{R \bar{T}_1} \approx 2.464,2 \text{ моль}$$

$p_0$  — атмосферное з.д.

Если считать воздух 2-атомным, а пар многоатомным газом, то:

$$p_1 V = \frac{5}{2} \nu_0 R \bar{T}_1 + \sum_{\nu_n \ll \nu_0} \nu_n R \bar{T}_1 \approx \frac{5}{2} \nu_0 R \bar{T}_1, \text{ т.к.}$$



$$\cancel{p_1 \approx 39,4 \text{ kPa}} \rightarrow \cancel{p_1 \approx 38,3 \text{ kPa}}$$



$$T_1 \approx 11,95 \text{ K} \Rightarrow T_2 \approx 305 \text{ K}$$

$$(t_2 \approx 32^\circ \text{C})$$

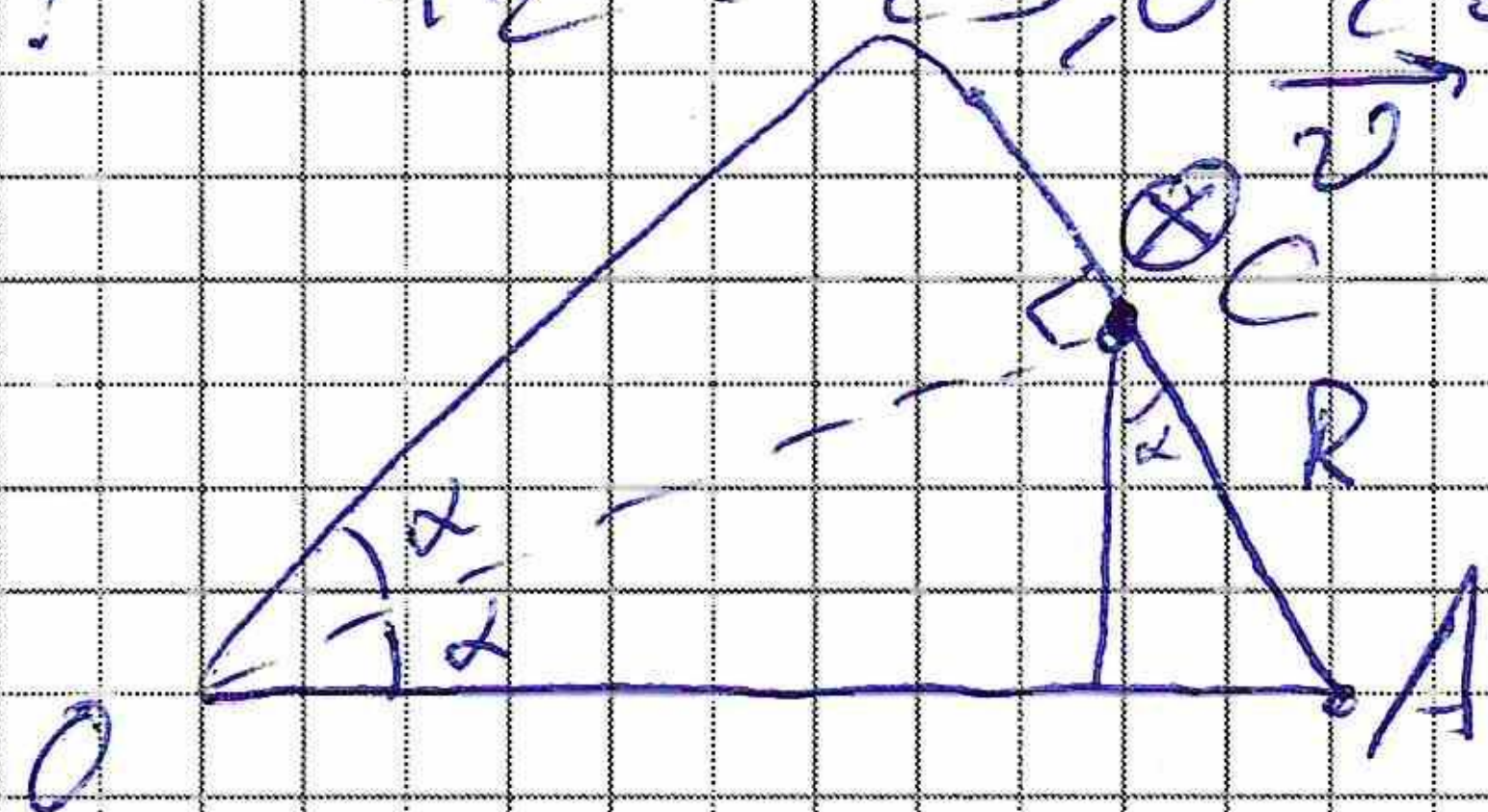
3) Максимальное давление пара  $p_2$ :

$$p_2 V = \nu n R T_2 \Rightarrow p_2 \approx 1214,4 \text{ Па}$$

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{sat}}(32^\circ \text{C})} \approx 25,6\%$$

Ответ:  $\varphi_2 = 25,6\%$

⑥ 1)



$$OC = R \cos \alpha \quad \omega = \frac{v}{OC} = \frac{v}{R \cos \alpha}$$

2) OA — мгновенная ось вращения, т.к. перемещаемая нет. Угловая скорость всего вращения  $\omega_{OA}$ .

$$\omega_{OA} = \frac{v}{R \cos \alpha}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{dv/dt}{OC} = \frac{v \cdot \cos \omega_{OA} dt}{OC \cdot dt} \approx$$

$$\approx \frac{v \cdot \frac{\omega_{OA}^2 dt}{2}}{OC \cdot dt} = \frac{v \omega_{OA}^2 dt}{2 OC} \approx 0$$





Ответ:  $0 \leq \omega \leq \frac{2g}{R\sqrt{3}}$   $\dot{\omega} = 0$

~~Вращение диска происходит в горизонтальной плоскости, поэтому вращательный момент относительно оси вращения равен нулю. Вращение диска происходит в горизонтальной плоскости, поэтому вращательный момент относительно оси вращения равен нулю.~~

7) 1) Сила трения между диском и валом:

$$F_{тр} = \mu N = \mu R h = 2\pi z$$

Из условия отсутствия проскальзывания приходим к выводу, что  $F_{тр} = \tau = \mu$ , т.е. момент, создаваемый двигателем уравновешивает момент силы трения.

$$\mu = 2\pi z^2 \mu R h$$

Тогда мощность двигателя (полезная) равна

$$W = \mu \omega = 2\pi \mu h = 4\pi z^2 \mu R h \omega$$

Полная мощность:

$$W_0 = \frac{W}{\eta} = \frac{4\pi z^2 \mu R h \omega}{\eta} \approx 702 \text{ Вт}$$

$$2) W = UI \Rightarrow I = \frac{W}{U}$$

$$I = \frac{W_0}{U} = 4,78 \text{ А}$$



④  $E = \frac{uq}{r^2}$ , где  $r$  - расстояние  
от точки  
зарядоведения



$$r = \sqrt{D^2 + H^2}$$

$$E = \frac{uq}{D^2 + H^2}$$

$$H = \sqrt{\frac{uq}{E} - D^2}$$

$$= \sqrt{135 \cdot 10^6 - D^2}$$

Для точечного заряда  
невозможно знать точное  
значение  $D$ , однако можно  
оценить, что  $H \sim \sqrt{135 \cdot 10^6} \sim 10^4 \mu$

