Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21201657**

ID профиля: **854240**

Вариант 6

Чистовик.

① **Дано:**

$\alpha \left(\cos\alpha = \frac{4}{5}\right)$

$m, 2m,$

$H,$

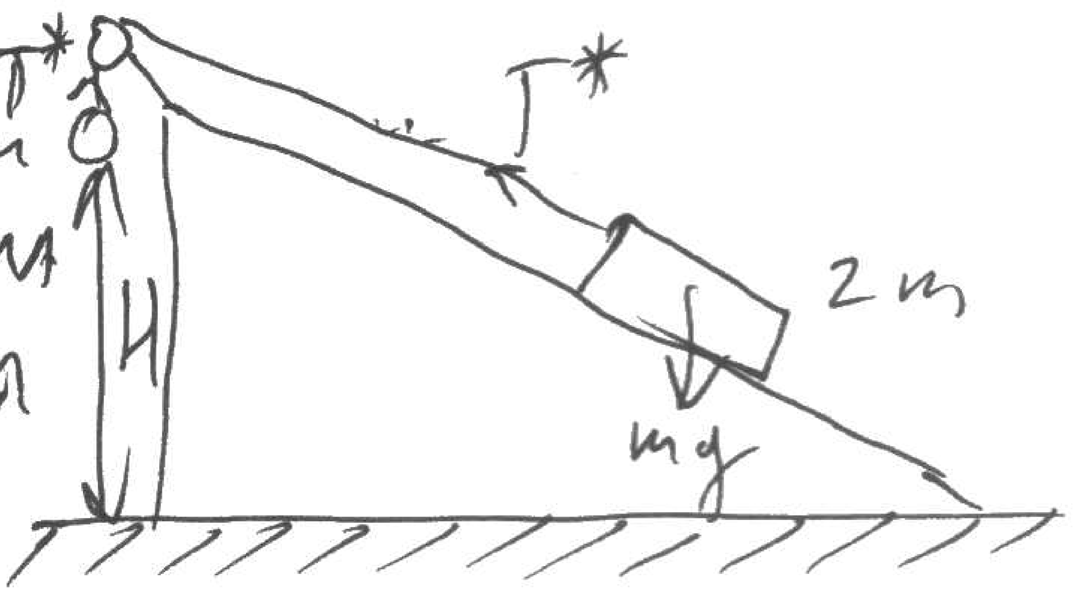
$\beta \left(\cos\beta = \frac{12}{13}\right)$

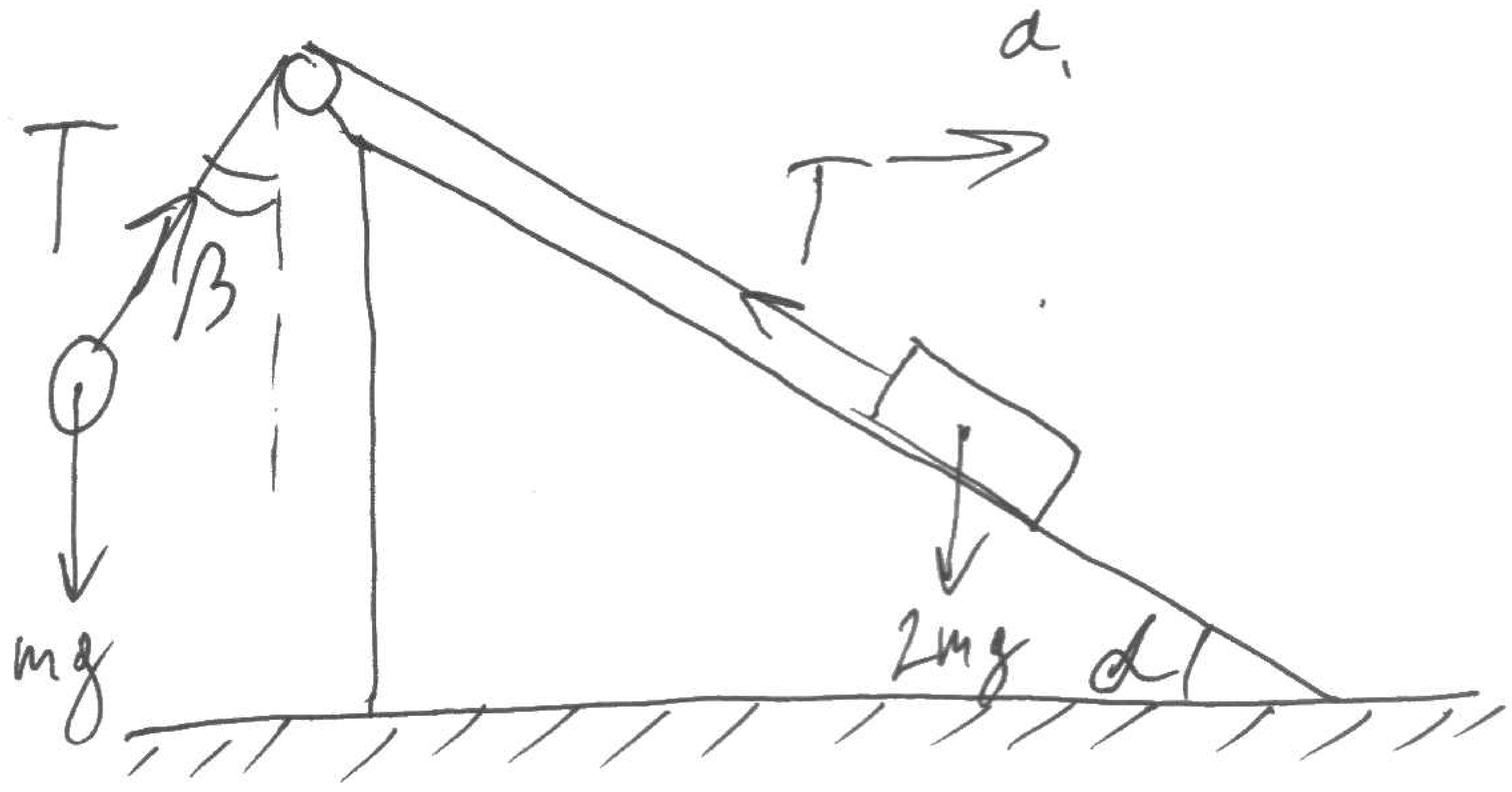
1) $a_{кл}$ - ?

2) a' - ?

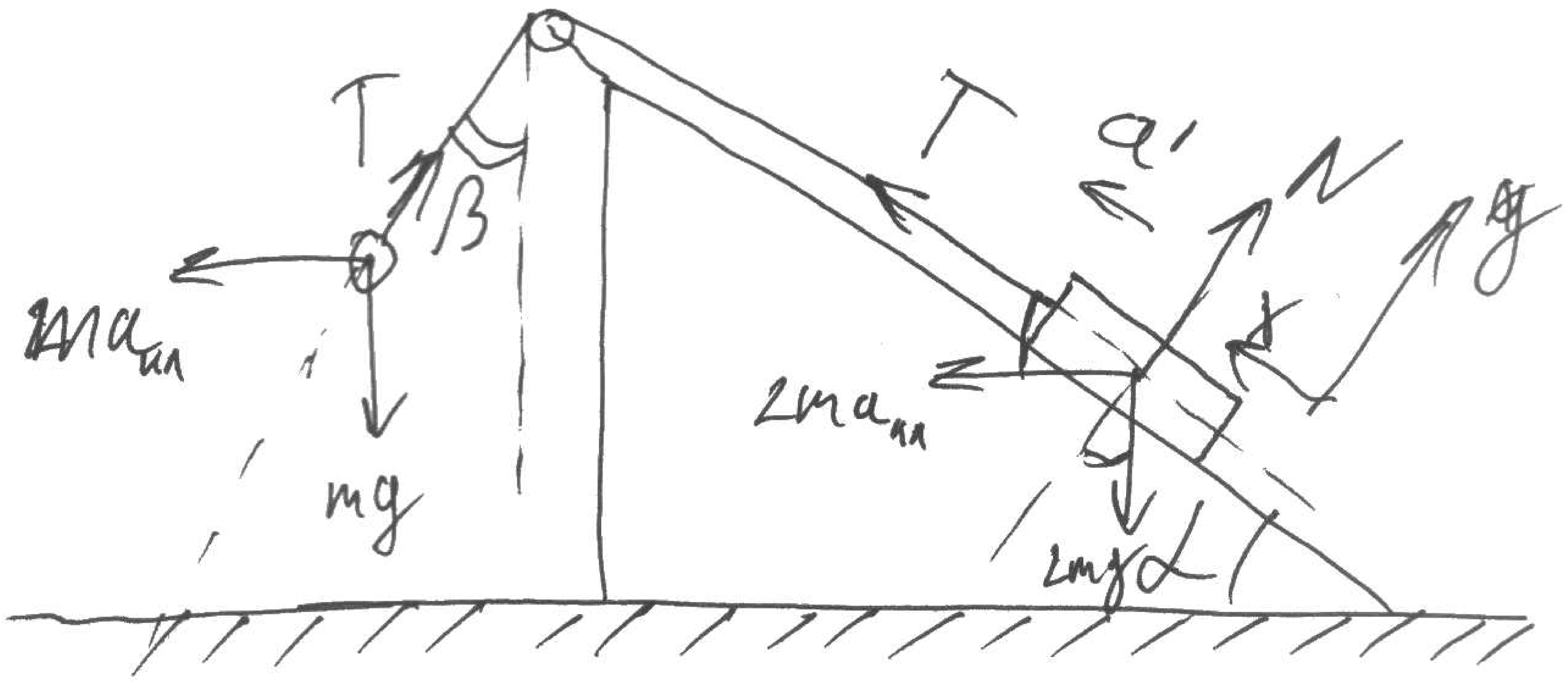
3) t - ?

Решение:





Переход в НСО - клин. ($a_{кл}$ - const)



①

1. Т.к. угол β между вертикалью и нитью с шариком постоянен, очевидно что шарик будет двигаться вдоль пунктирной прямой (на продолжении нити)

В получившемся треугольнике тангенс ∠β:

$$tg\beta = \frac{m a_{кл}}{mg} = \frac{a_{кл}}{g} \Rightarrow a_{кл} = g \cdot tg\beta.$$

$$tg^2\beta + 1 = \frac{1}{\cos^2\beta}; \; tg\beta = \sqrt{\frac{1-\cos^2\beta}{\cos^2\beta}} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\beta}}{\cos\beta} = \frac{\sqrt{1-\frac{144}{169}}}{\frac{12}{13}} = \frac{5}{13} : \frac{12}{13} = \frac{5}{12}.$$

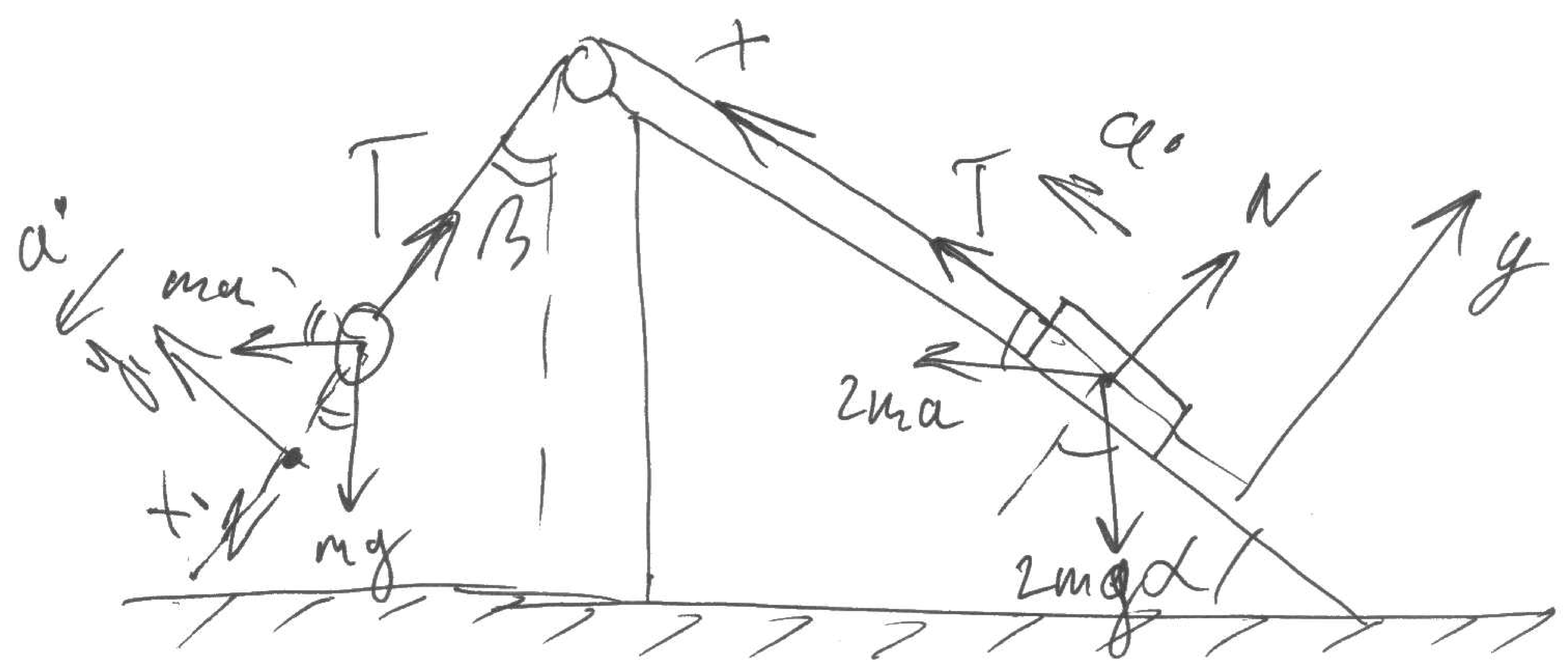
Тогда: $\underline{a_{кл} = g \cdot \frac{5}{12}.}$

Чистовик.

2. Из-за условия нерастяжимости и невесомости нити, ускорения бруска и шарика равны по модулю.

$a_{бр} = a_{ш} = a'$

②



2 з.к.Н. (ось Oxy): OX: $T + 2ma\cdot\cos\alpha - 2mg\sin\alpha = 2ma'$

для бруска:

2 з.к.Н. (ось Ox_1y_1) Ox_1: $ma\sin\beta + mg\cos\beta - T = ma'$

для шарика:

При сложении получим:

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

$\cos\beta = \frac{12}{13}$

$\sin\beta = \frac{5}{13}$

$2ma\cos\alpha + ma\sin\beta - 2mg\sin\alpha + mg\cos\beta = 3ma' \mid : m$

$3a' = 2a\cos\alpha + a\sin\beta - 2g\sin\alpha + g\cos\beta =$

$= a(2\cos\alpha + \sin\beta) + g(\cos\beta - 2\sin\alpha) \Leftarrow$

$3a' = \frac{5}{12}\cdot g\left(2\cdot\frac{4}{5} + \frac{5}{13}\right) + g\left(\frac{12}{13} - 2\cdot\frac{3}{5}\right) = \frac{5}{12}g\left(\frac{8\cdot 13 + 25}{65}\right) +$

$+ g\left(\frac{12\cdot 5 - 2\cdot 3\cdot 13}{65}\right) = \frac{5}{12}\cdot g\cdot\frac{129}{65} - \frac{g\cdot 78}{65} \quad \mid : 3,$

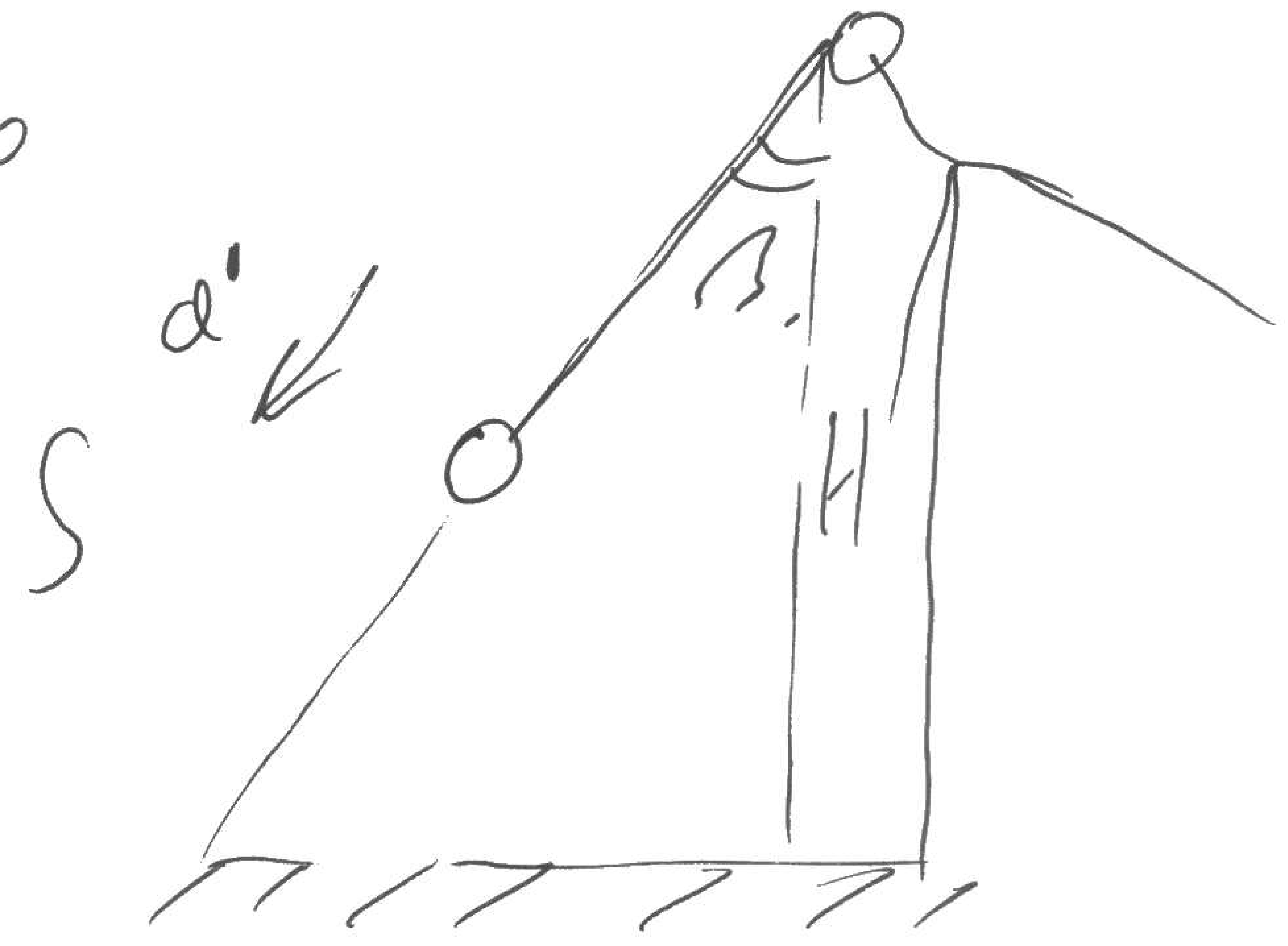
$a' = \frac{5\cdot 129\cdot g}{4\cdot 65} - \frac{g\cdot 26}{65} = \frac{g(5\cdot 129 - 104)}{4\cdot 65} = \frac{g\cdot 541}{260}$

(при $g = 9{,}8$ м/с²) $\underline{a'} = 9{,}8\cdot\frac{541}{260} = 20{,}39 \approx \underline{20{,}4}$ м/с².

Чистовик.

3. Заметим что шарик движется равноускоренно с ускорением a', вдоль нити.

Длина его пути относительно клина S.



$$\frac{H}{S} = \cos\beta \Rightarrow S = \frac{H}{\cos\beta}.$$

$v_0 = 0$. (шарик удерживали.

$$S = \cancel{v_0 t}^{\,0} + \frac{a' t^2}{2} \Rightarrow S = \frac{a' t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot S}{a'}} = \sqrt{\frac{2H}{a' \cdot \cos\beta}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g \frac{541}{260} \cdot \frac{12}{13}}} = \sqrt{\frac{2}{1{,}92} \cdot \frac{H}{g}} = 1{,}02\sqrt{\frac{H}{g}}\ \text{с}.$$

Ответ: $\frac{5}{12} g$ (4,1 м/с^2);

$\frac{541}{260} g$ (20,4 м/с^2);

$1{,}02\sqrt{\frac{H}{g}}$ с.

3

② Чистовик. ④.

Дано:

$i = 5$

$C_V = \frac{5}{2} R.$

$\alpha = 22{,}5^\circ$

$\beta = 15^\circ$

1) $\frac{T_1}{T_2} - ?$

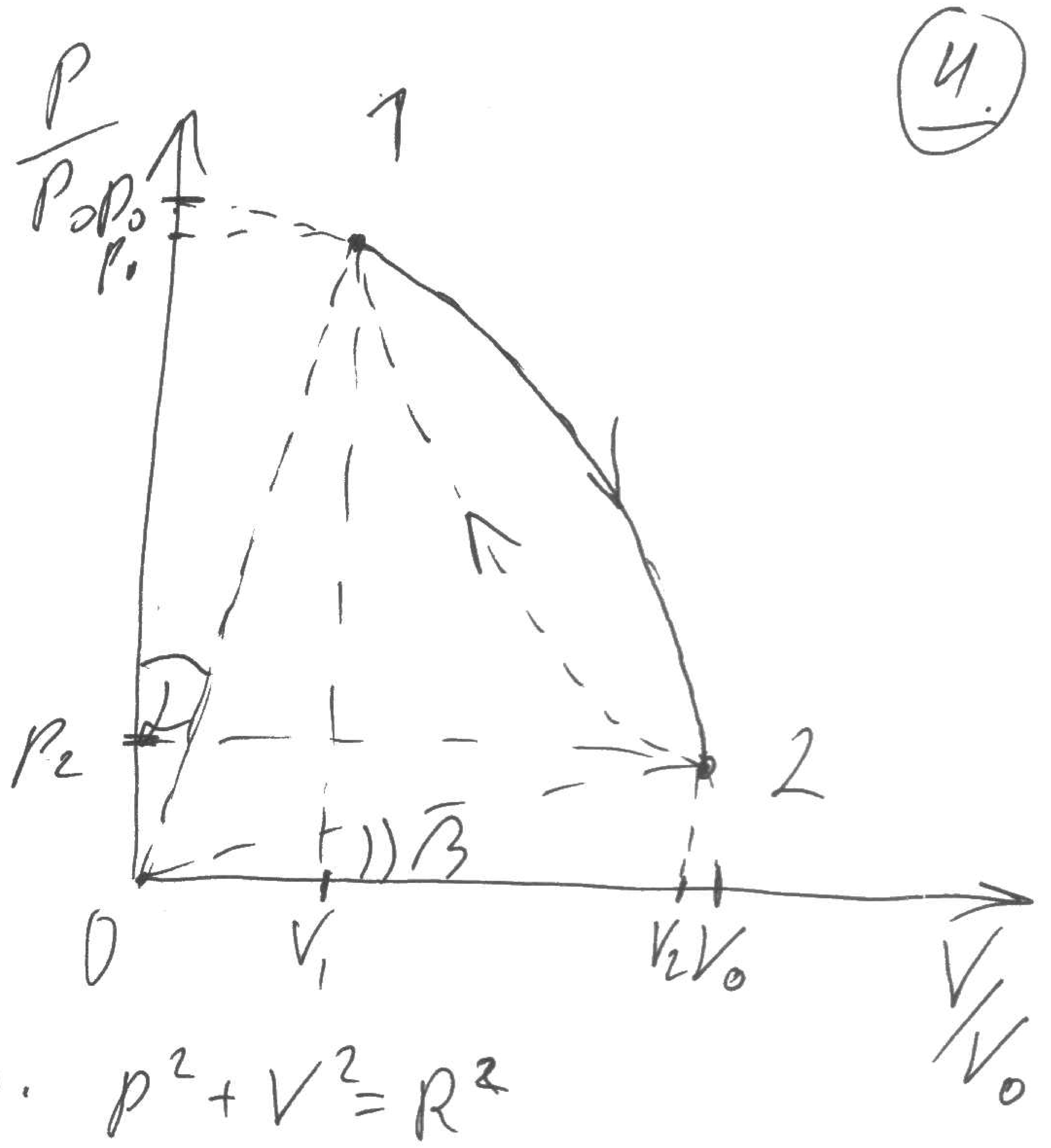
2) $\gamma - ?$

3) $\frac{A_{цикл}}{A_{расш}} - ?$

Решение:

1. $PV = \nu RT$

Для точки „1": $p_1 V_1 = \nu R T_1$



Т.к. процесс 1-2 лежит на графике окружности вида. $p^2 + V^2 = R^2$

при $V = 0$ $p^2 = R^2 \Rightarrow p_{макс} = p_0$ и можно считать эту окружность, окружностью единичного радиуса.

$p_1 = p_0 \cdot \cos\alpha;\ V_1 = V_0 \sin\alpha \Rightarrow p_0 V_0 \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha = \nu R T_1$

Точка „2": $p_2 V_2 = \nu R T_2.$

$p_2 = p_0 \cdot \sin\beta;\ V_2 = V_0 \cdot \cos\beta \Rightarrow p_0 V_0 \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta = \nu R T_2.$

$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha \cdot \cos\alpha.$

Тогда: $\frac{p_0 V_0 \sin 2\alpha}{2} = \nu R T_1$ и $\frac{p_0 V_0}{2} \sin 2\beta = \nu R T_2.$

Поделив одно на другое получим:

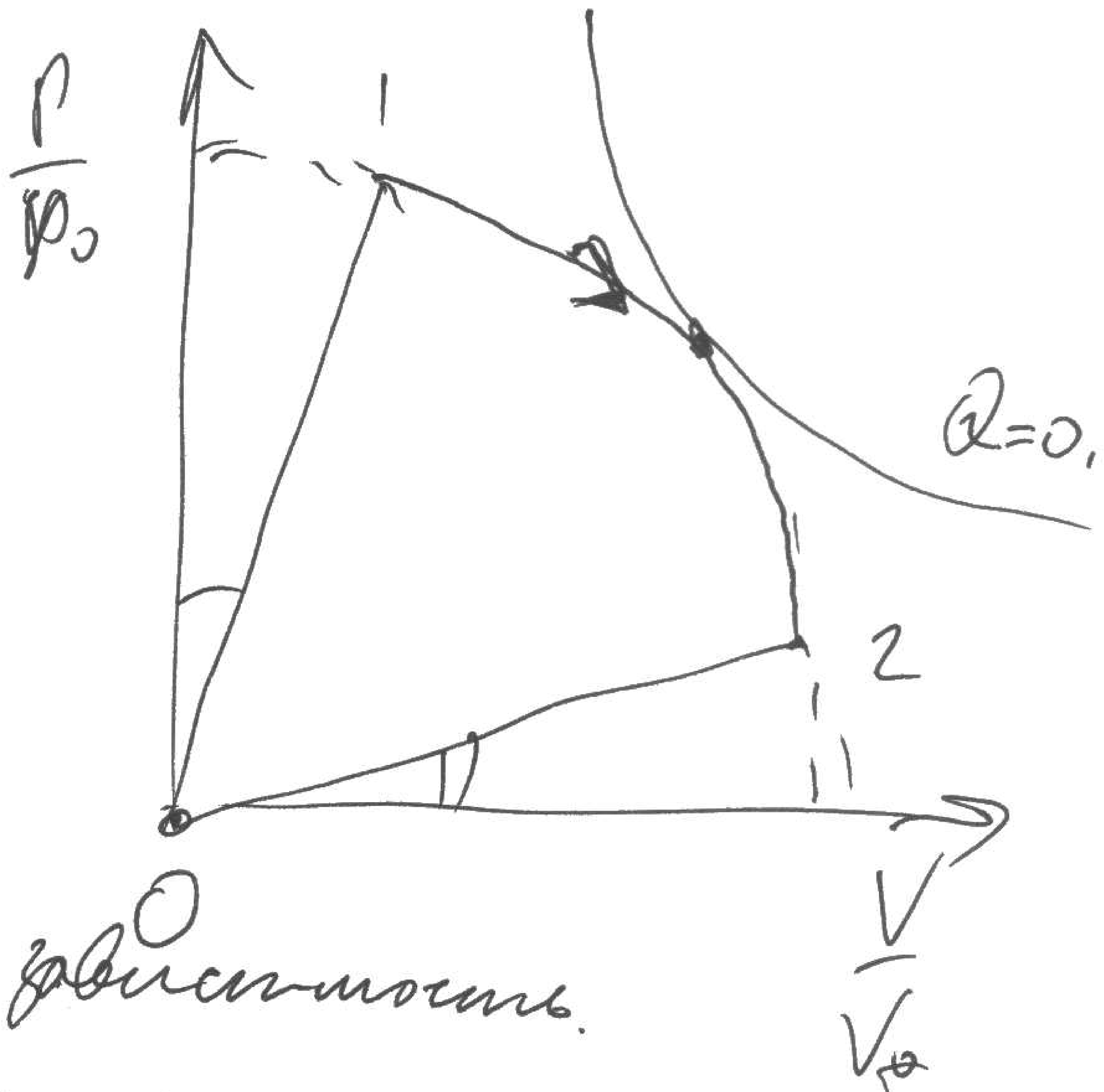
$$\frac{\cancel{p_0 V_0} \sin 2\alpha : \cancel{2}}{\cancel{p_0 V_0} \sin 2\beta : \cancel{2}} = \frac{\cancel{\nu R} T_1}{\cancel{\nu R} T_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{\sin 2\alpha}{\sin 2\beta} = \frac{\sin 2 \cdot 22{,}5^\circ}{\sin 2 \cdot 15^\circ} =$$

$$= \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{1}{2} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{2}$$

Чистовик.

2. $C = \frac{\delta Q}{\Delta T}$, если $C = 0$, то $\frac{Q}{\Delta T} = 0 \Rightarrow Q = 0$ - адиабата.

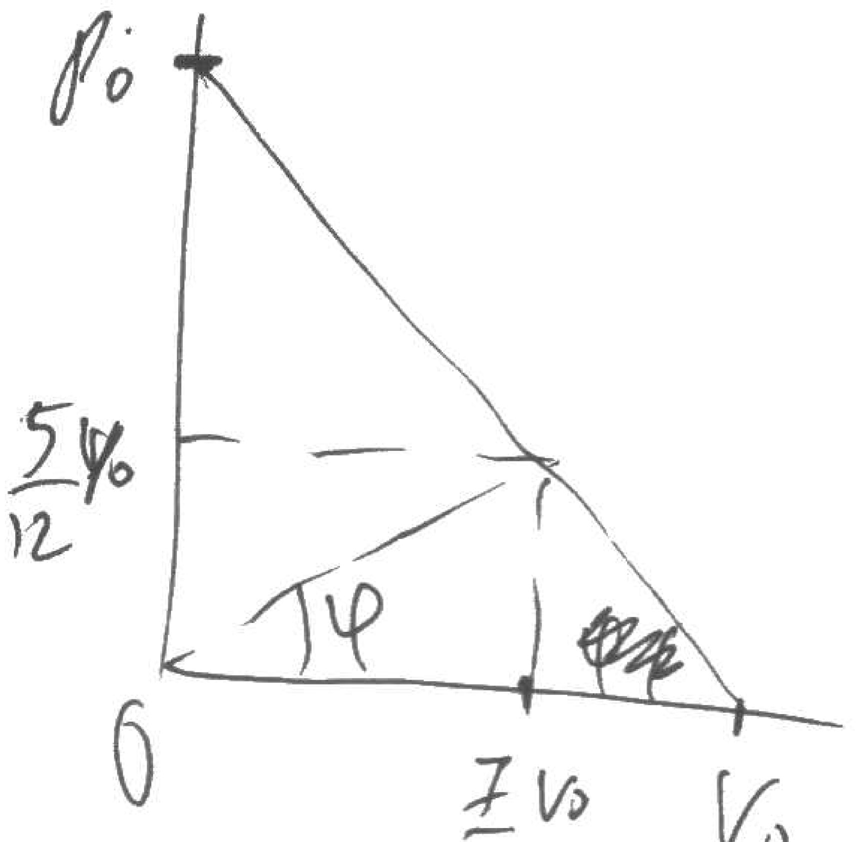
$\delta Q = \delta A + \Delta U$.



$pV^{\gamma} = const$.

$\gamma = \frac{C_V + R}{C_V} = \frac{\frac{5}{2}R + R}{\frac{5}{2}R} = \frac{7}{5}$

Представим линейную убывающ. зависимость $p(V)$ найдём в ней точку кас. графика адиабаты.



$p(V) = p_0 - \frac{p_0}{V_0} \cdot V$ $\quad (p(V))' = \frac{p_0}{V_0} = \frac{\Delta p}{\Delta V}$

$\delta Q = \delta A + \Delta U$ $\quad \delta A = p\Delta V$

$\Delta U = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$

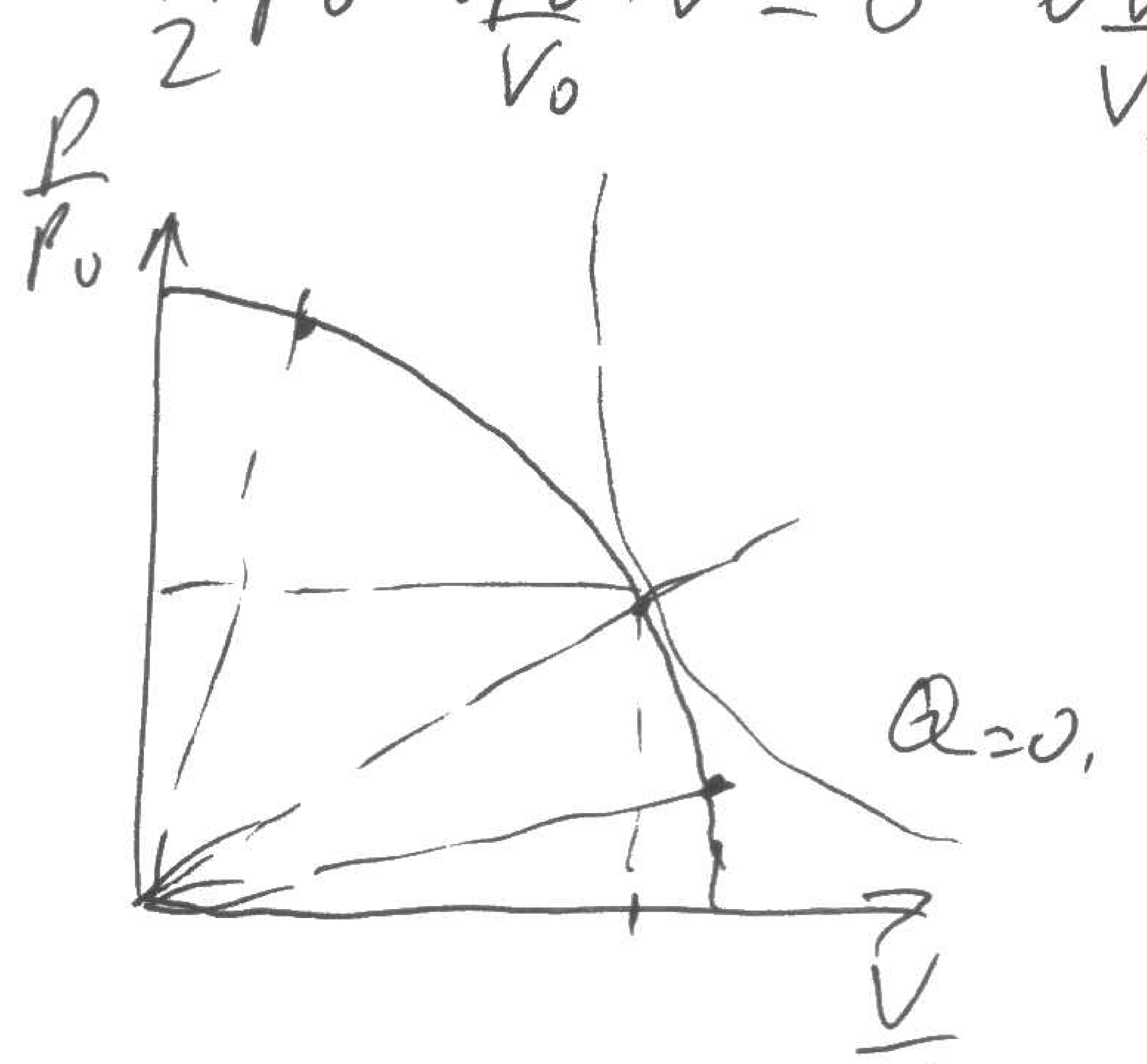
$\delta Q = p(V)\Delta V + \frac{5}{2}p(V)\Delta V + \frac{5}{2}V \cdot \Delta p$ $\quad \nu R\Delta T = p\Delta V + V\Delta p$

$\Delta U > 0$, но внутр. Е уменьш.

$\delta Q = \frac{7}{2}p(V)\Delta V - \frac{5}{2}V \cdot \frac{\Delta p \cdot \Delta V}{\Delta V} = \Delta V\left(\frac{7}{2}p_0 - \frac{7}{2}\frac{p_0}{V_0} \cdot V - \frac{5}{2}\frac{p_0}{V_0} \cdot V\right) =$

$= \Delta V\left(\frac{7}{2}p_0 - \frac{6p_0}{V_0} \cdot V\right) = 0$. ; т.к. $\Delta V \neq 0$.

$\frac{7}{2}p_0 - \frac{6p_0}{V_0} \cdot V = 0$ $\quad 6\frac{V}{V_0} = \frac{7}{2} \Rightarrow V = \frac{7}{12}V_0$. , Адиабата для двух атомного газа имеет вид.



$$\begin{cases} p = \frac{5}{7}V \\ p^2 + V^2 = 1 \end{cases}$$

$y = k \cdot x$; $k = \frac{5}{7} = tg\varphi$.

$\frac{25}{49}V^2 + V^2 = 1$. $\quad V^2 = \frac{49}{74}$

$\frac{74}{49}V^2 = 1$ $\quad V = \frac{7}{\sqrt{74}} = \frac{7\sqrt{74}}{74}$.

5

Чистовик.

Точки касания адиабаты графикам будут лежать на прямой $p = \frac{5}{7} \cancel{tg} V$

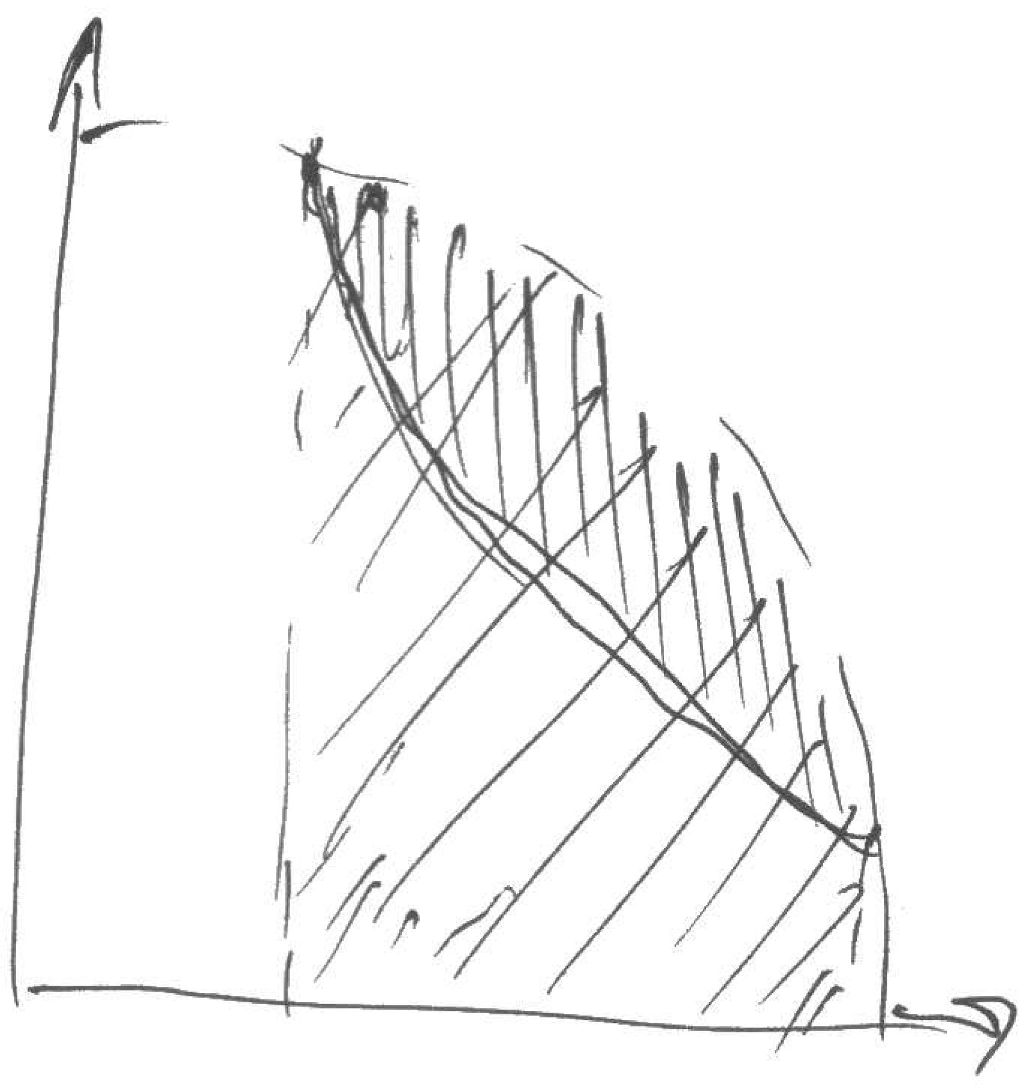
$tg\varphi = \frac{5}{7}$

3. $\frac{A_{цикл.}}{A_{расш}}$ $Q_{2-1} = 0 = A_{расш} - \Delta U$; $\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$

$\Delta T = T_2 - T_1 =$

$A_{цикл} = \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{1-V^2} \cdot dV - \int_{V_1}^{V_2} \sqrt{1-V^2} \cdot$

$T_2 - \sqrt{2} T = T_2(1-\sqrt{2})$



Ответ: $\cancel{\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{2}}$; $\sqrt{2}$;

$tg\varphi = \frac{5}{7}$

6

① α -

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$.

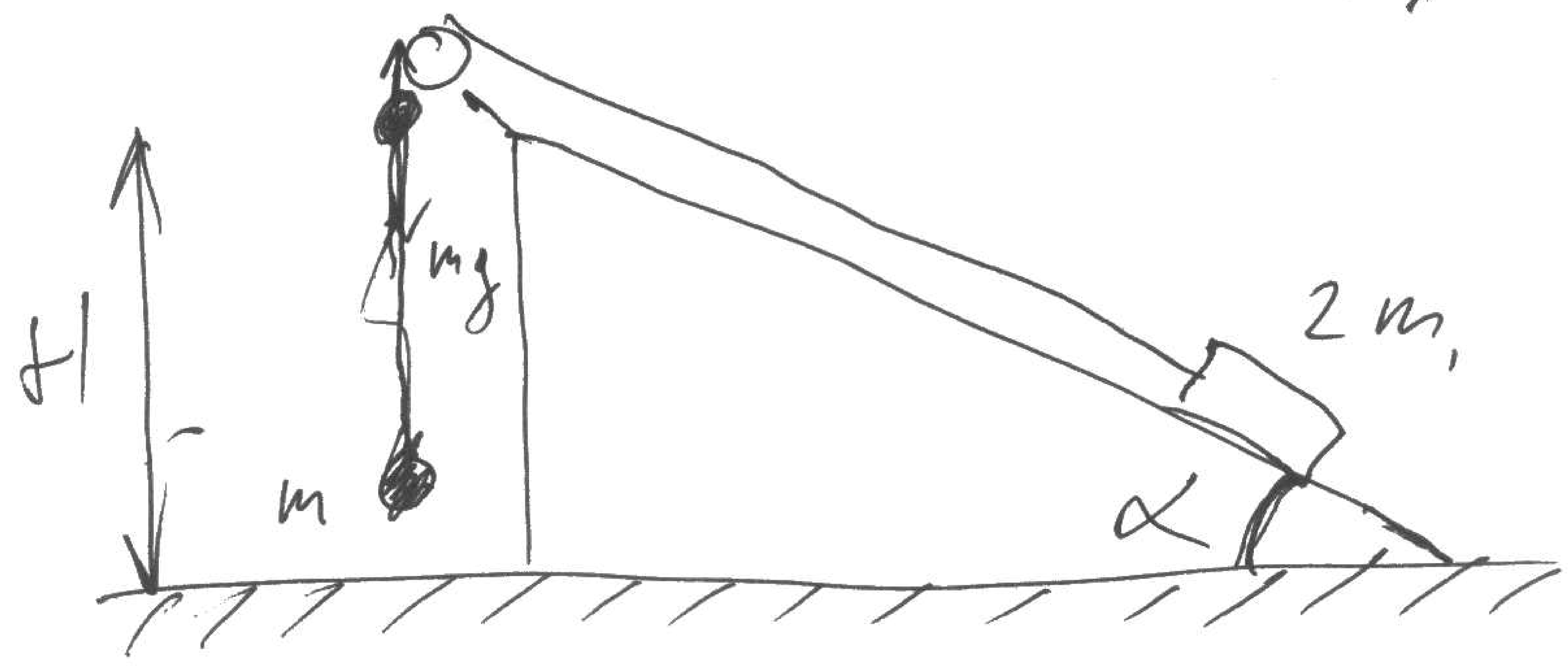
m, $2m$.

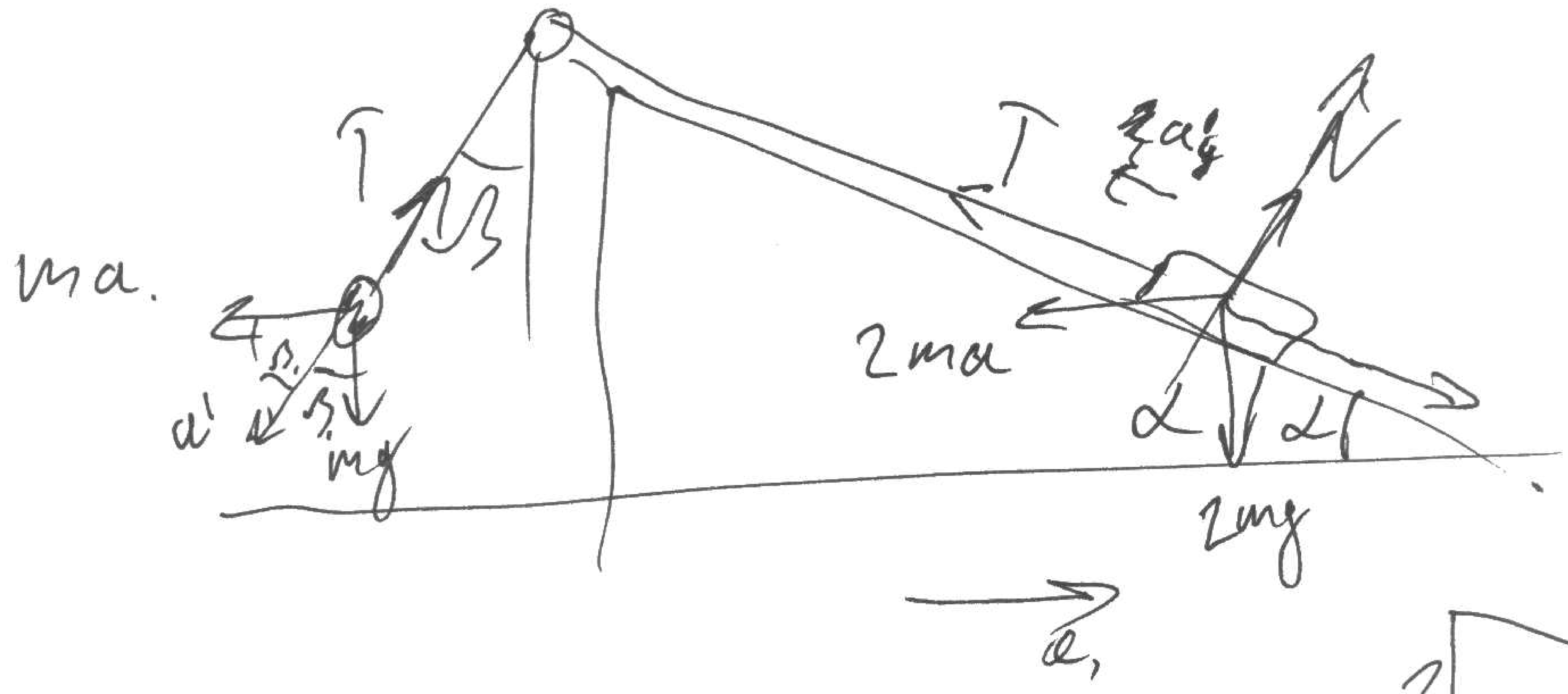
$\cos\beta = \frac{12}{13}$.

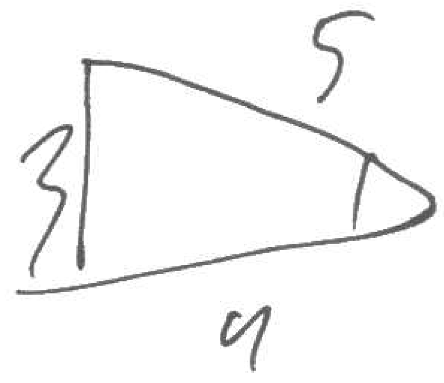
Черновик.

$T = mg$.

a_x - const.

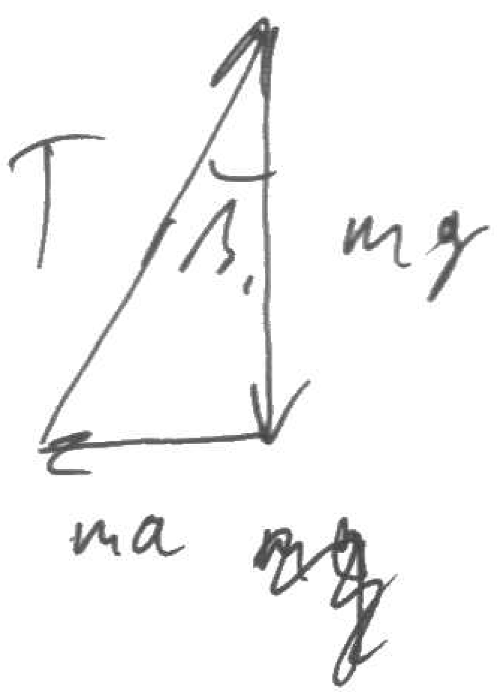






ИСО клин.

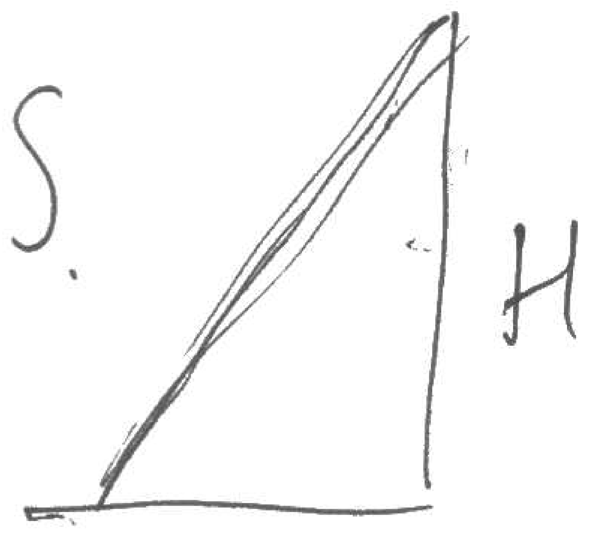
$T + 2ma\cos\alpha - 2mg\sin\alpha = 2ma'$



$mg\cos\beta + ma\sin\alpha - T = ma'$

$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{ma}{mg}$ $\quad \underline{a} = g\cdot\mathrm{tg}\,\beta = g\cdot\frac{5}{12}$

$\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \sqrt{\frac{169-144}{169}} = \frac{\sqrt{25}}{13} = \frac{5}{13}$



$\frac{H}{S} = \cos\beta$.

$S = \frac{H}{\cos\beta}$.

$2\cdot a\cdot S =$ $\quad S = \frac{at^2}{2}$.

$v = 0 + at$, $t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$

$2ma\cos\alpha - 2mg\sin\alpha + mg\cos\beta + ma\sin\alpha = 3ma'$

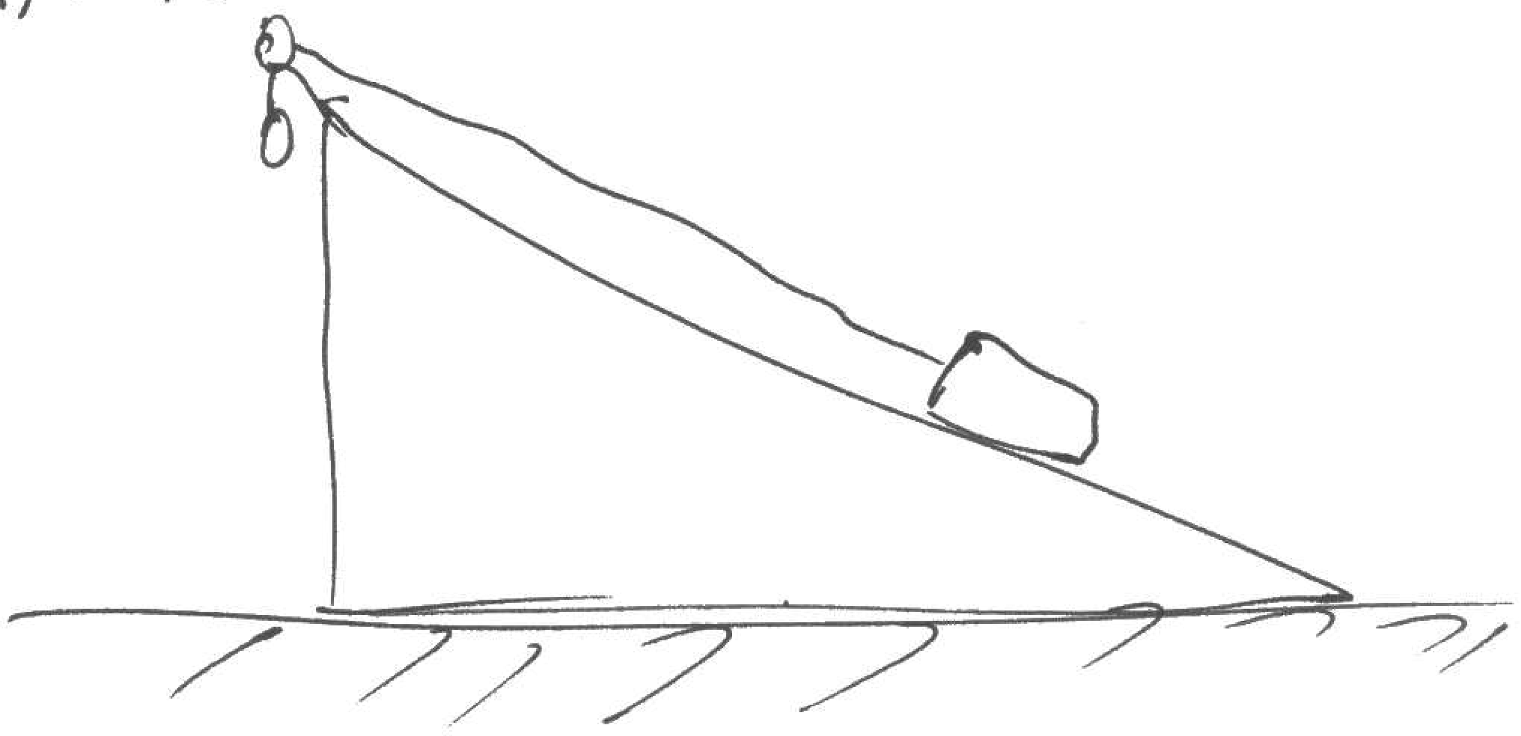
$3a' = 2\cdot g\cdot\frac{5}{12}\cdot\frac{4}{5} - 2g\cdot\frac{3}{5} + g\cdot\frac{12}{13} + g\cdot\frac{5}{12}\cdot\frac{3}{5}$

$3a' = \frac{2g}{3} - \frac{6g}{5} + \frac{g\,12}{13} + \frac{g}{4} = g\left(\frac{2}{3} - \frac{6}{5} + \frac{12}{13} + \frac{1}{4}\right) =$

$= \frac{10}{15} - \frac{18}{15} + \frac{12\cdot4}{13\cdot4} + \frac{13}{52} = \frac{-8}{15} + \frac{13+48}{52} =$

$= 20{,}8$ м/с²

Черновик



$V(p)=\sqrt{1-p^2}$

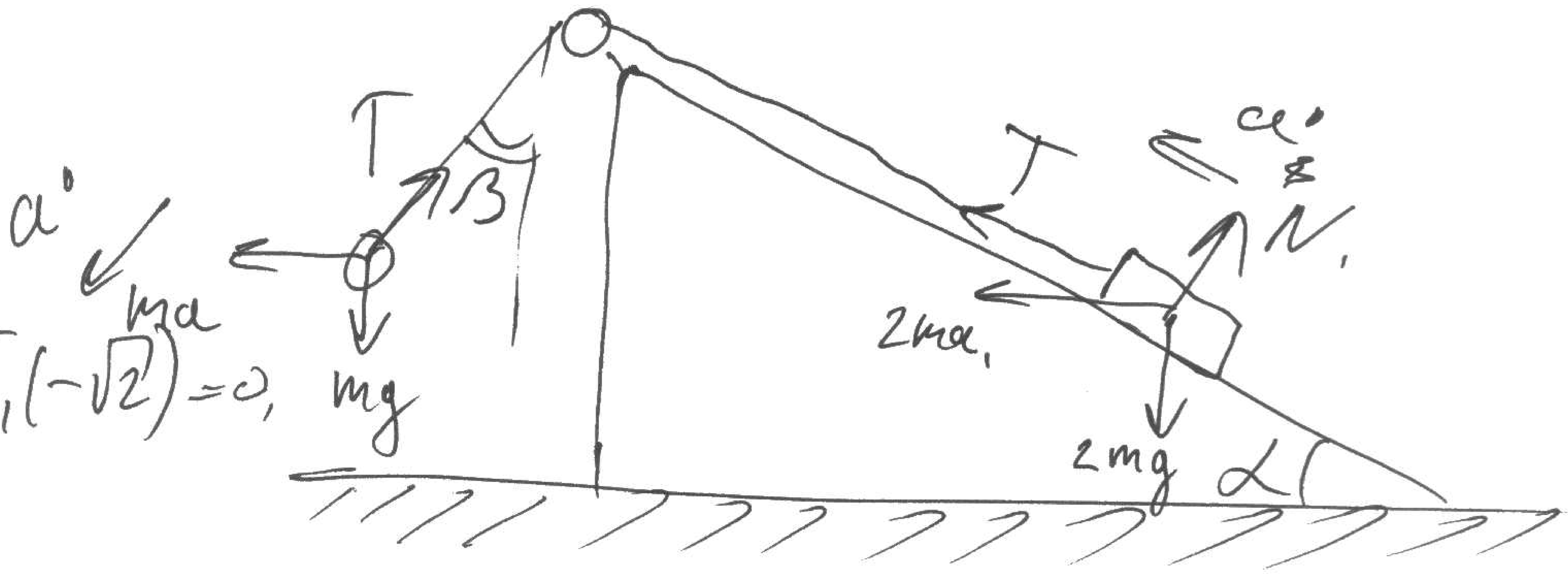
$1-V_0$

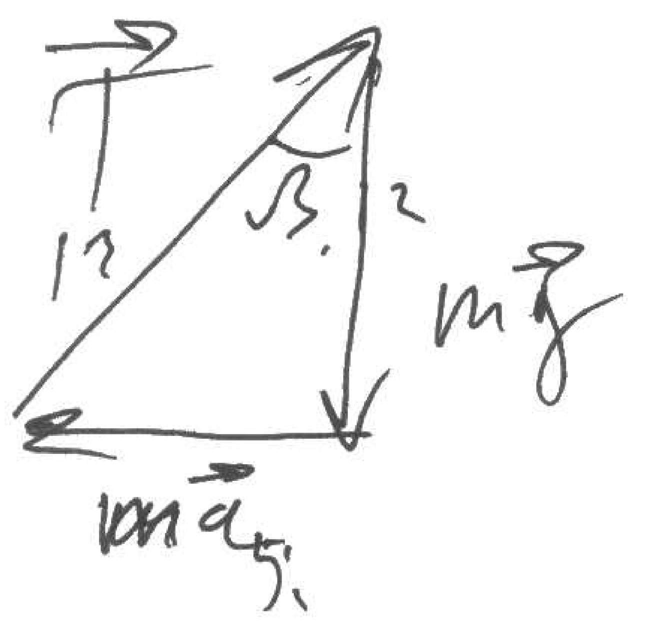
$\delta Q = V(p)\,p$

$\sqrt{1-p^2}\cdot p - \frac{5}{2}\nu R T_1(-\sqrt{2}) = 0,$

ΔpV

Δp





НСО - клин.

$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{7}{5}$

$\frac{5}{7}$

$\frac{C_p - C}{C - C_v}$

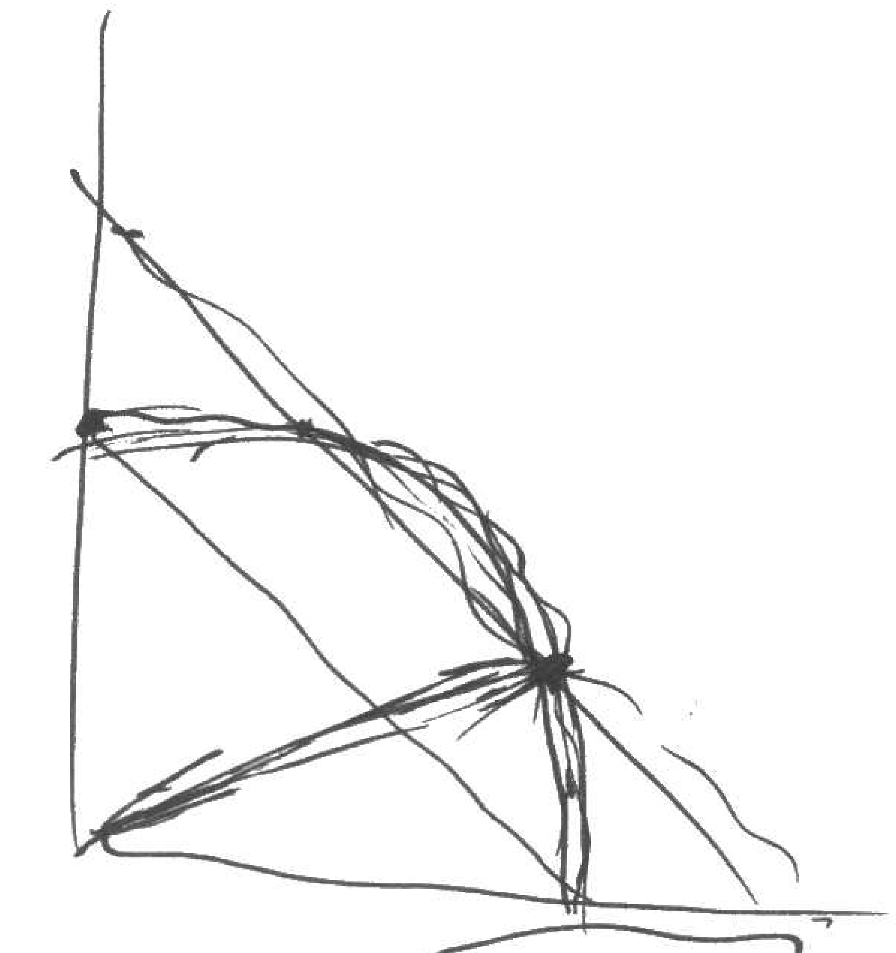
$i = \frac{5}{3}$

$\frac{7}{2}p_0 - \frac{6 p_0}{V_0}V = 0,$

$\frac{2}{7}V,$

$14p_0 - 6\frac{p_0}{V_0}V = 0,$

$14V_0 = 6V$



$p(V) = \sqrt{1-V^2}$

$\Delta U = ?$

$\nu R \delta T = p\Delta V + V\Delta p.$

$\frac{V\Delta p}{\Delta V}$

$\frac{7}{2}p_0 - \frac{7p_0}{2V_0}V - \frac{5}{2}\frac{p_0}{V}V$

$7p_0 - 12\frac{p_0}{V_0}V = 0,$

$7 = \frac{12V}{V_0}$ $\frac{7}{12}.$

(2).

Черновик.

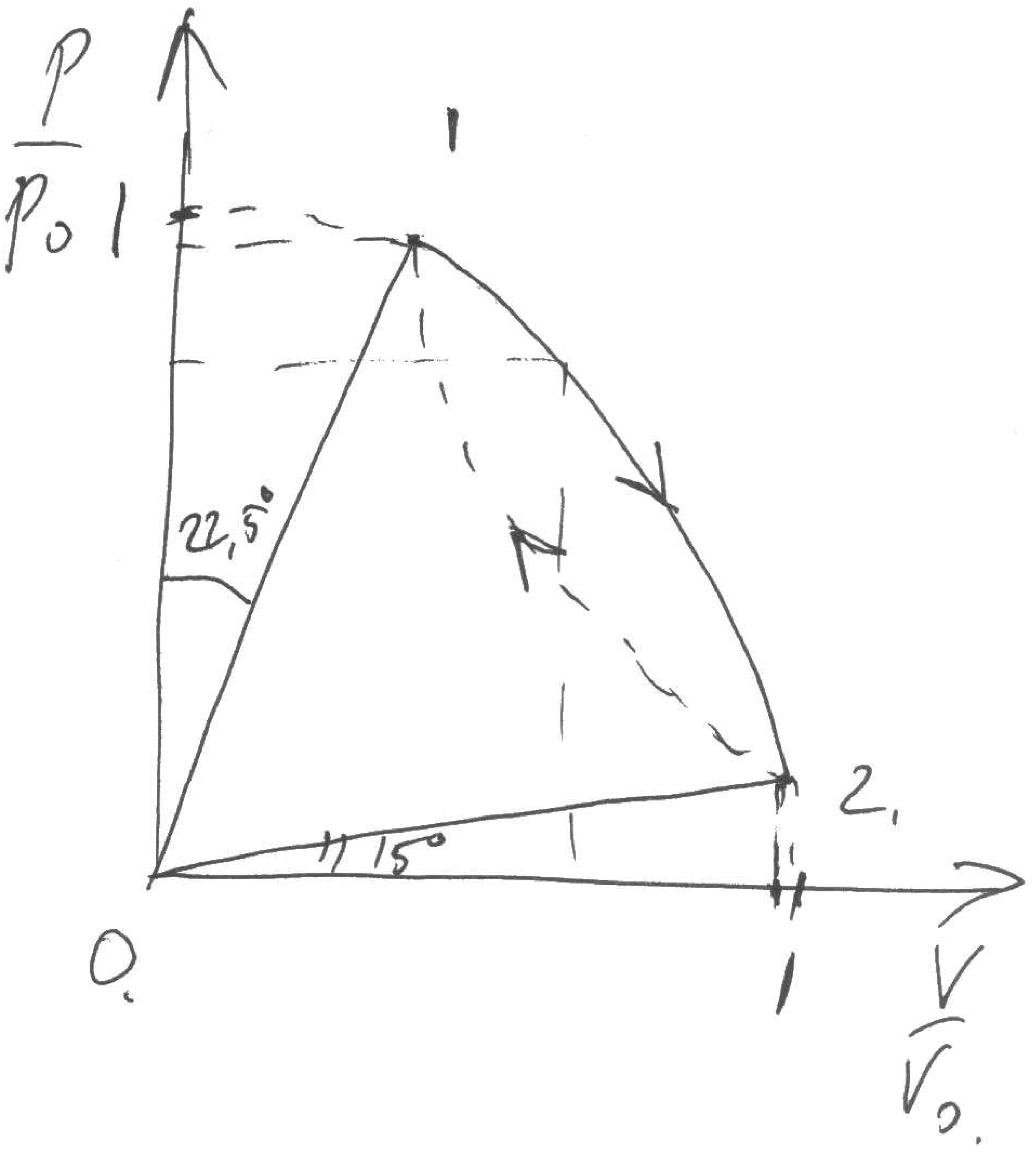
$i = 5.$

$pV = \nu RT.$

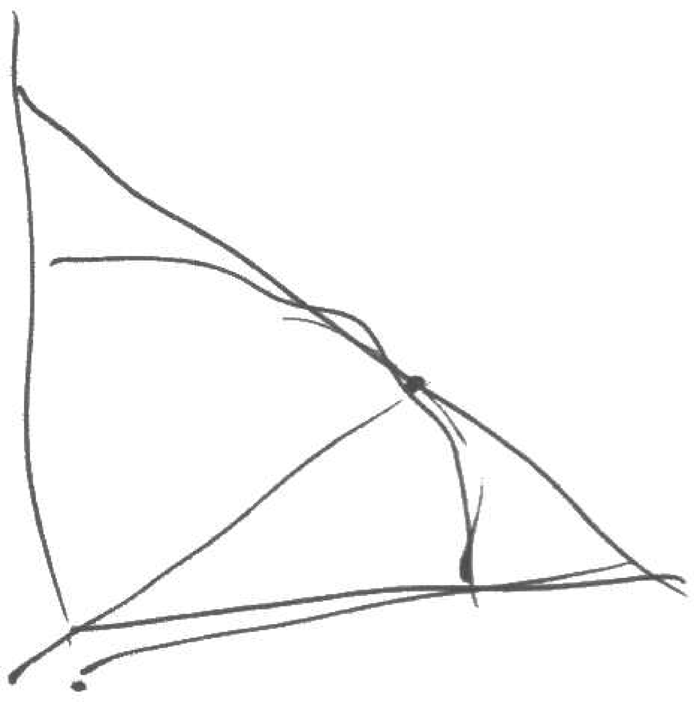
$C_V = \frac{5}{2} R.$

P_0 - const

V_0 - const.



$\frac{K}{X}.$



$p^2 + V^2 = 1.$

$p = \sqrt{1 - V^2}$

$0{,}5 \quad \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = 1.$

(1) $p_1 V_1 = \nu RT.$

$p = \frac{\nu RT}{V}$ $\quad P_1 = P_0 \cdot \cos 22{,}5°.$

$p^2 + V^2 = \text{const}.$

$V_1 = V_0 \cdot \sin 22{,}5°.$

$\cancel{\frac{\nu^2 R^2 T^2}{V^2} + V^2 = \text{const}}.$

$\sin 2\alpha = 2 \cos\alpha \sin\alpha.$

$\cancel{p} = \sqrt{1 - V^2}$

$\frac{P_0 V_0 \sin 45°}{2} = \nu RT_1$

$\delta Q = \sqrt{1 - V^2} \cdot dV + \frac{5}{2} \nu R \Delta T = C_V \cdot \nu$

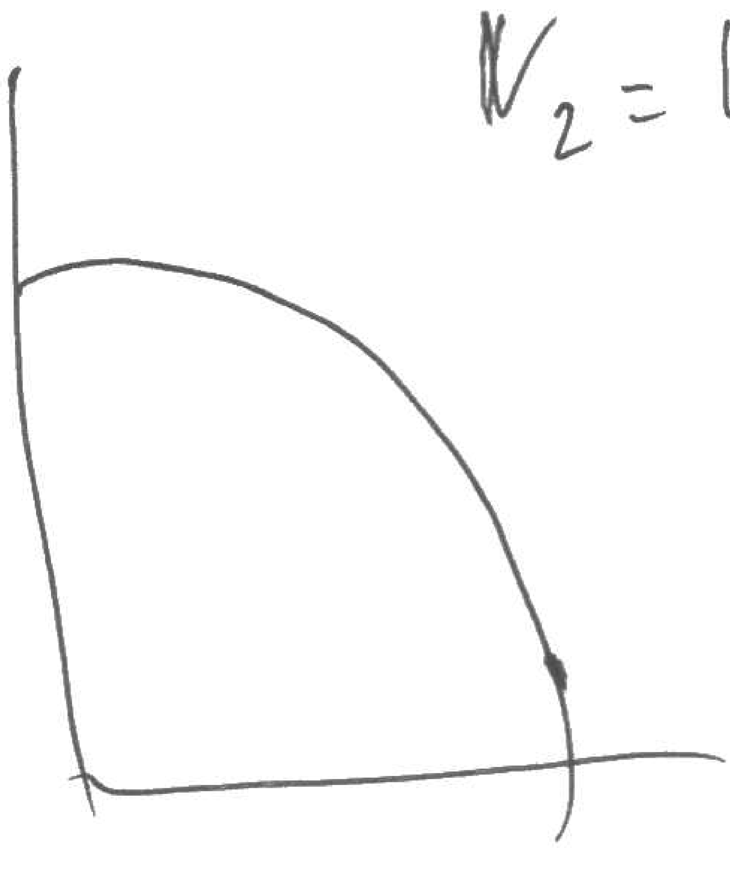
$C = \frac{Q}{\nu \Delta T} = 0.$

(2) $p_2 V_2 = \nu RT_2.$

$P_2 = P_0 \sin 15°.$ $\quad \frac{P_0 V_0 \sin 30°}{2} = \nu RT_2$

$V_2 = V_0 \cdot \cos 15.$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sin 45°}{\sin 30°} = \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{1}{2} = \sqrt{2}$



Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21201657**

ID профиля: **854240**

Вариант 6

③. Дано:

$C_1 = C$,

$C_2 = 3C$

$R, \mathcal{E}, L$

1) $\dot{I}_0 = ?$

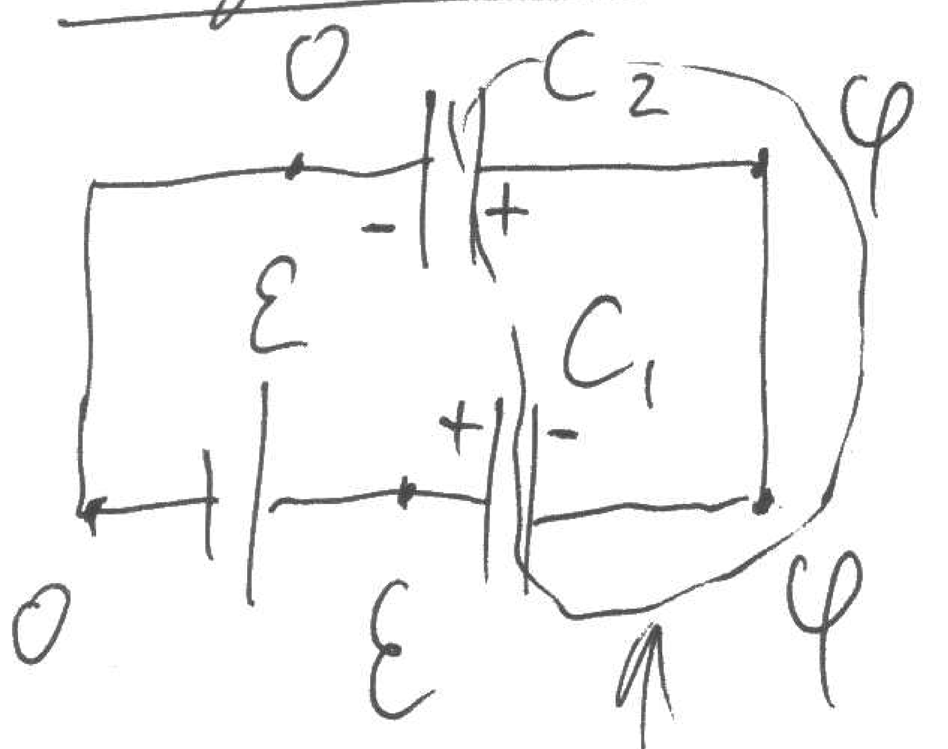
2) $Q_3 = ?$

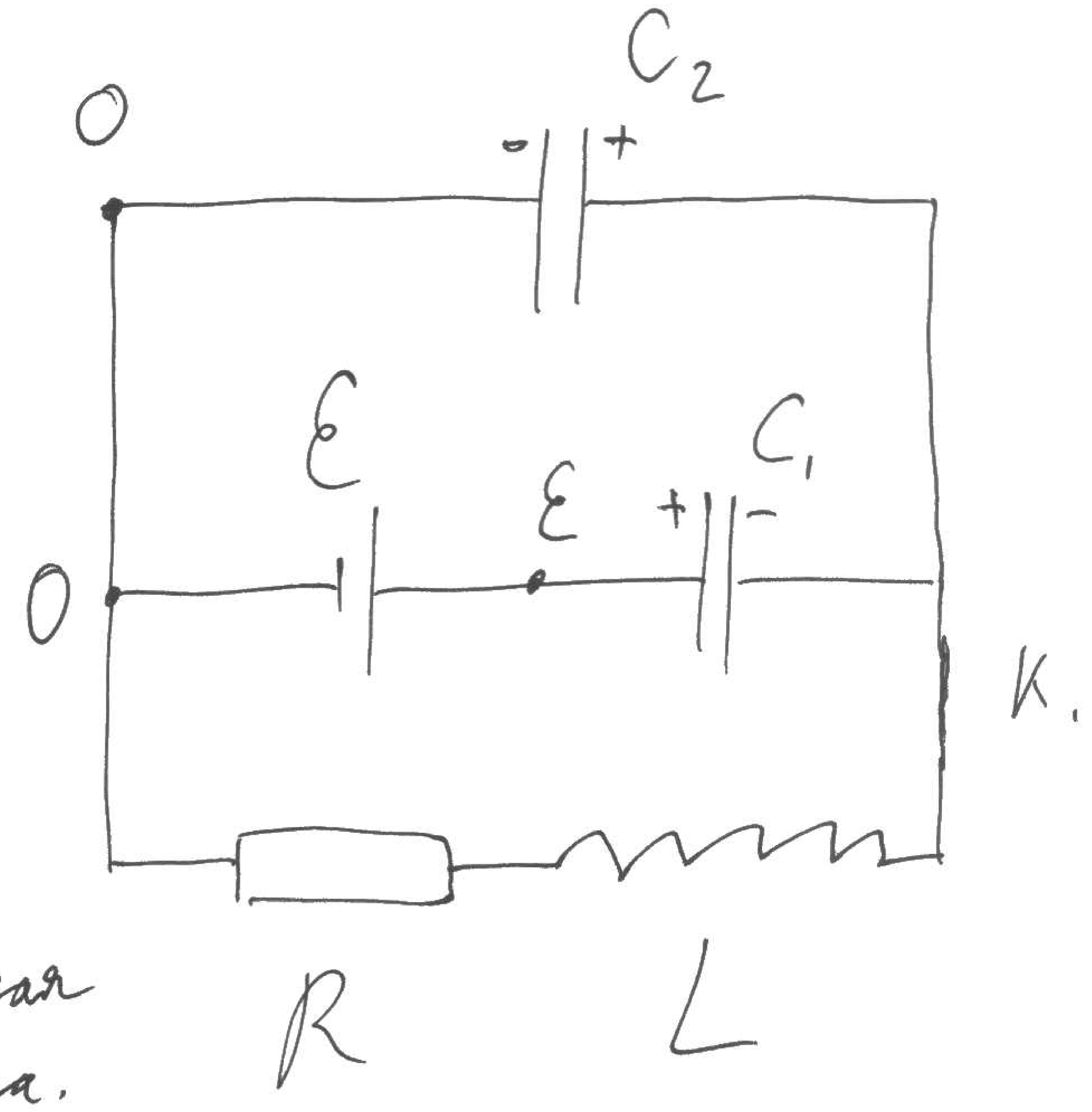
3) $U_R = ?$

Чистовик.

Решение:

До замыкания:





$\cancel{q_1 + q_2 = 0}$ $q_1 = q_2$. $\varphi \cdot 3C = \mathcal{E}C - \varphi C \,|:C$.

$\varphi \cdot C_2 = (\mathcal{E} - \varphi) \cdot C_1$ $\quad 4\varphi = \mathcal{E} \Rightarrow \varphi = \frac{\mathcal{E}}{4}$.

Нач заряд. на конденсаторе:

$q_0 = 3C \cdot \frac{\mathcal{E}}{4} = \frac{3C\mathcal{E}}{4}$.

1. После замыкания:

$U_L = L \cdot \dot{I}$ $\quad \left(\dot{I} = \frac{dI}{dt}\right)$

Т.к. ток через катушку мгновенно не меняется. и на конденсаторе не меняется резко заряд. $U_L = \varphi = \frac{\mathcal{E}}{4}$.

$\frac{\mathcal{E}}{4} = L \cdot \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{4L}$

2. $A_{ист} = \Delta W_{C_1} + \Delta W_{C_2} + \Delta W_L + Q$

После замыкания ключа ~~по~~ через некоторое время режим установится.

$I_L = const$; $\dot{I}_L = 0$; $U_L = 0$.

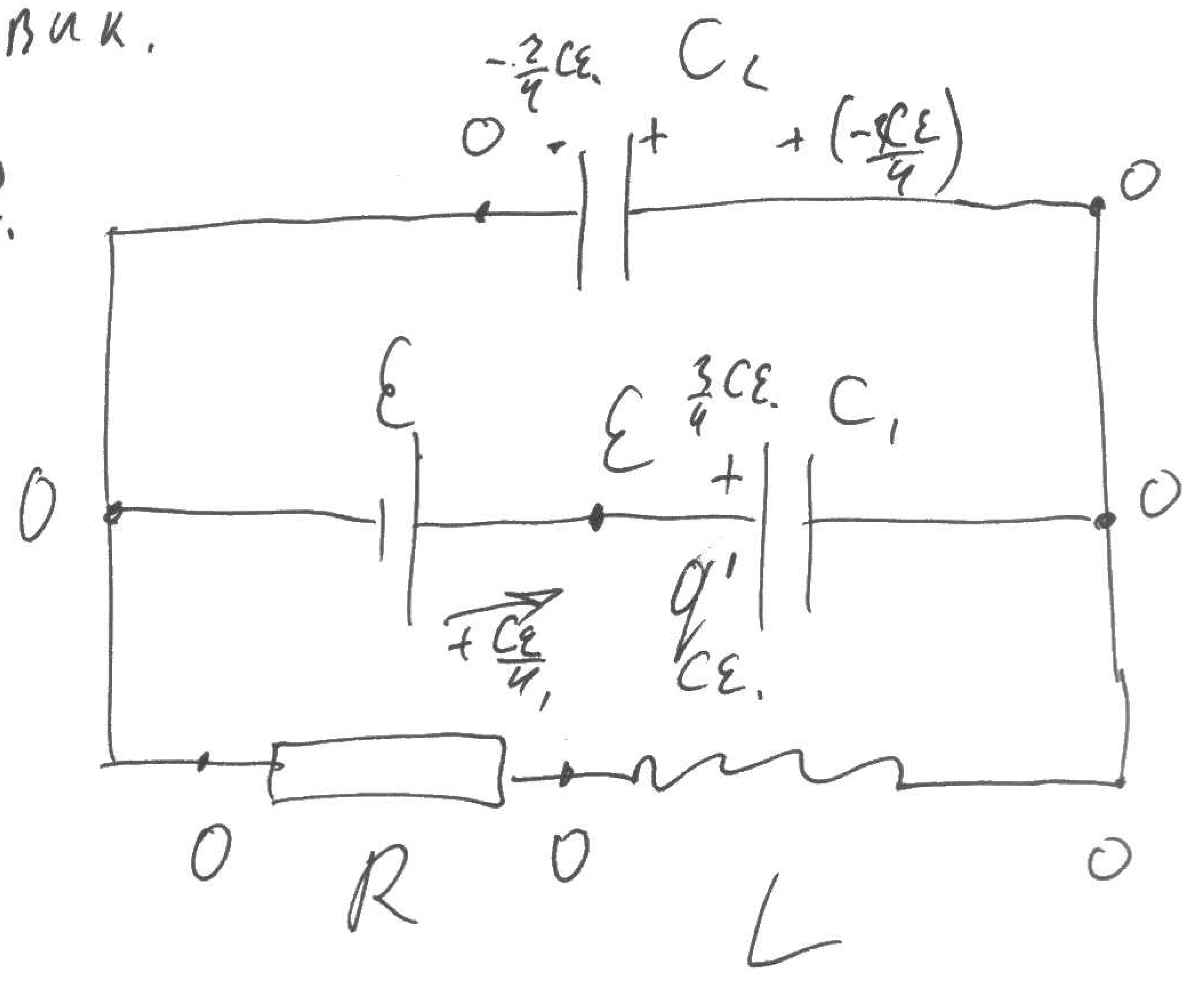
$q_c = const$; $U_c = const$

$I_c = 0$,

1

Чистовик.

$$\mathcal{E}\cdot\Sigma q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{C\cdot\left(\frac{3}{4}\mathcal{E}\right)^2}{2} - \frac{3C\cdot\left(\frac{\mathcal{E}}{4}\right)^2}{2} + Q.$$



$$\Sigma q = \frac{C\mathcal{E}}{4} - \cancel{\frac{3}{4}C\mathcal{E}} = \frac{C\mathcal{E}}{4}.$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{4} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{9}{32}C\mathcal{E}^2 - \frac{3}{32}C\mathcal{E}^2 + Q$$

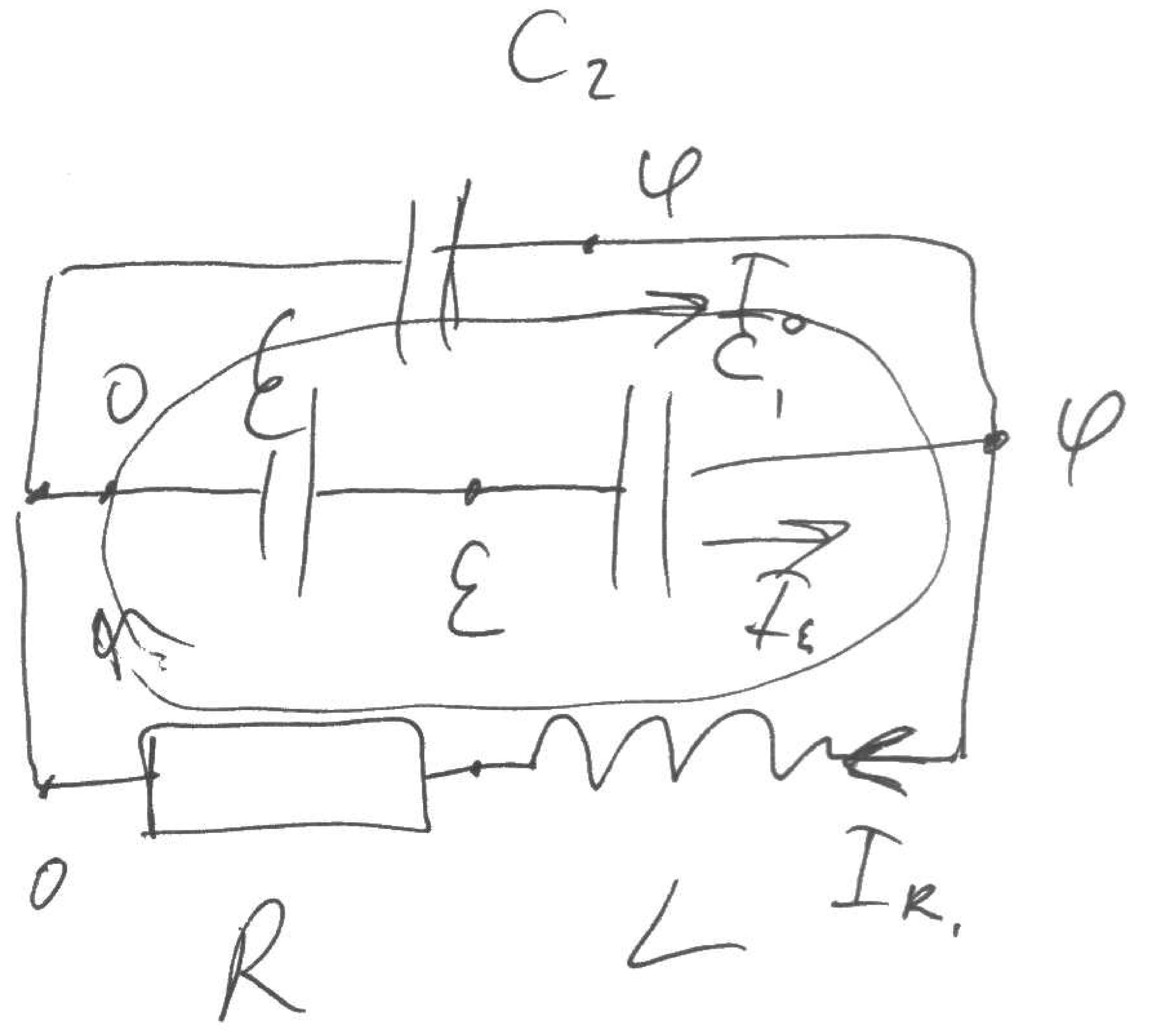
$$\cancel{-C\mathcal{E}^2 + \frac{12}{4\mathcal{E}}C\mathcal{E}^2 = Q.}$$

$$-\frac{C\mathcal{E}^2}{4} + \frac{12}{32}C\mathcal{E}^2 = Q. \quad -\frac{2C\mathcal{E}^2}{8} + \frac{3C\mathcal{E}^2}{8} = Q \Rightarrow \boxed{Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{8}}$$

3. $I_0 + I_\mathcal{E} = I_R.$

$$U_L = L\cdot\frac{dI}{dt}.$$

$$0 = I_R\cdot R + L\cdot\dot{I} +$$



Ответ: $\frac{\mathcal{E}}{4}$; $\frac{C\mathcal{E}^2}{8}$.

2

④. Дано: $m, d, V_0, R, B.$

$H = 2d,\ b = \frac{d}{4}.$

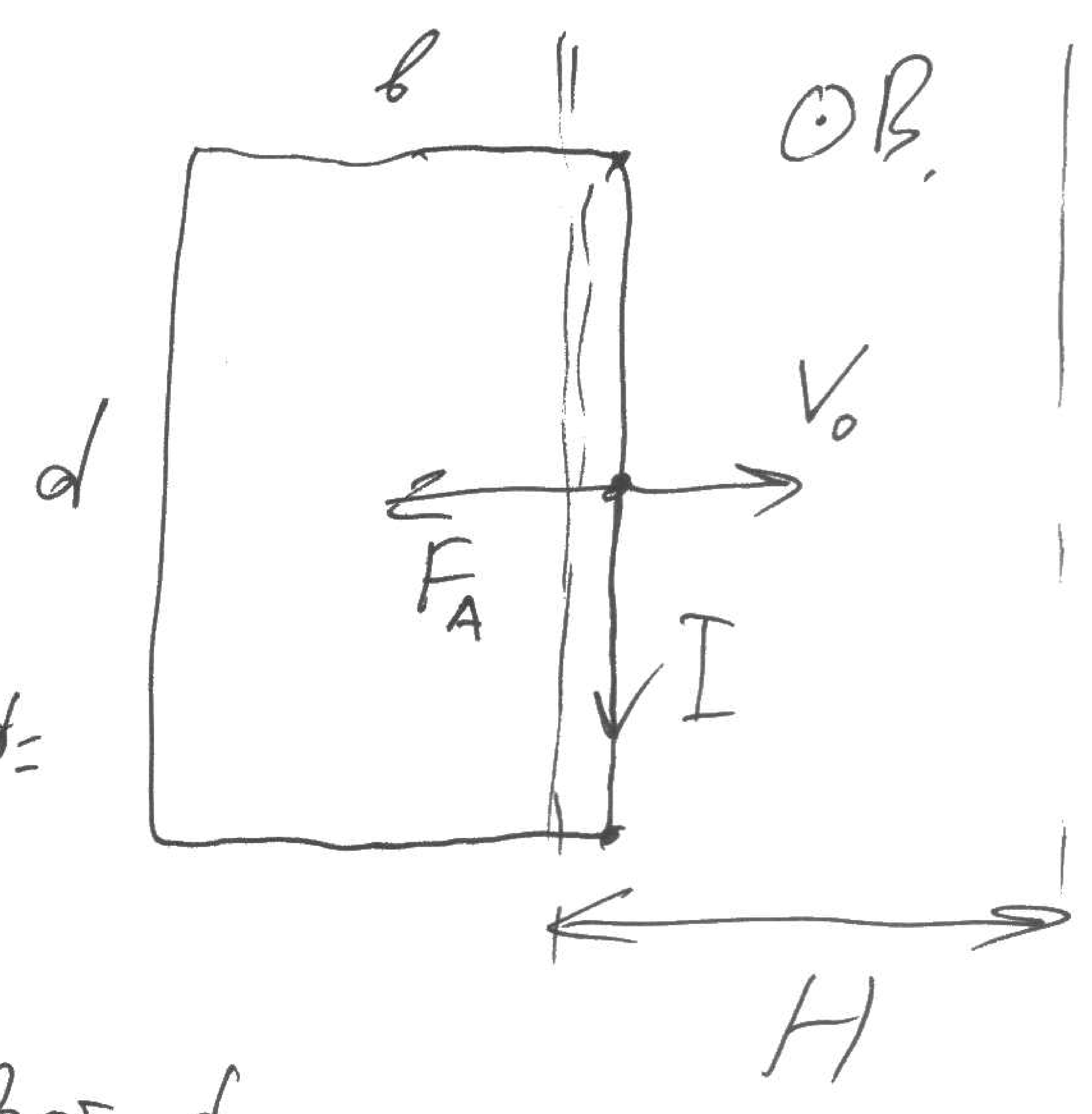
1) $a_0 - ?$

2) $V_1 - ?$

3) $V_2 - ?$

Чистовик.

Решение:



1. $F_A = ma.$

$F_A = B \cdot d \cdot I$

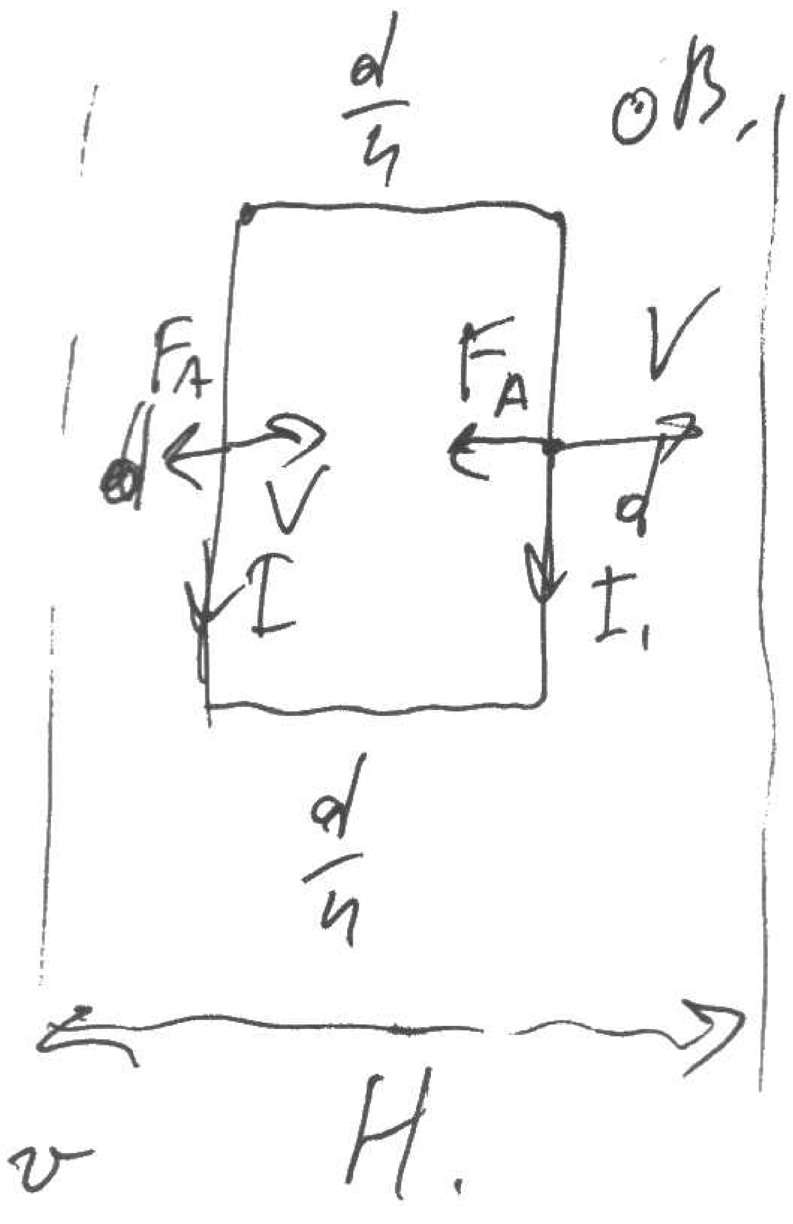
$I = \frac{\mathcal{E}}{R'} \quad R' = \frac{R}{2{,}5d} \cdot d =$

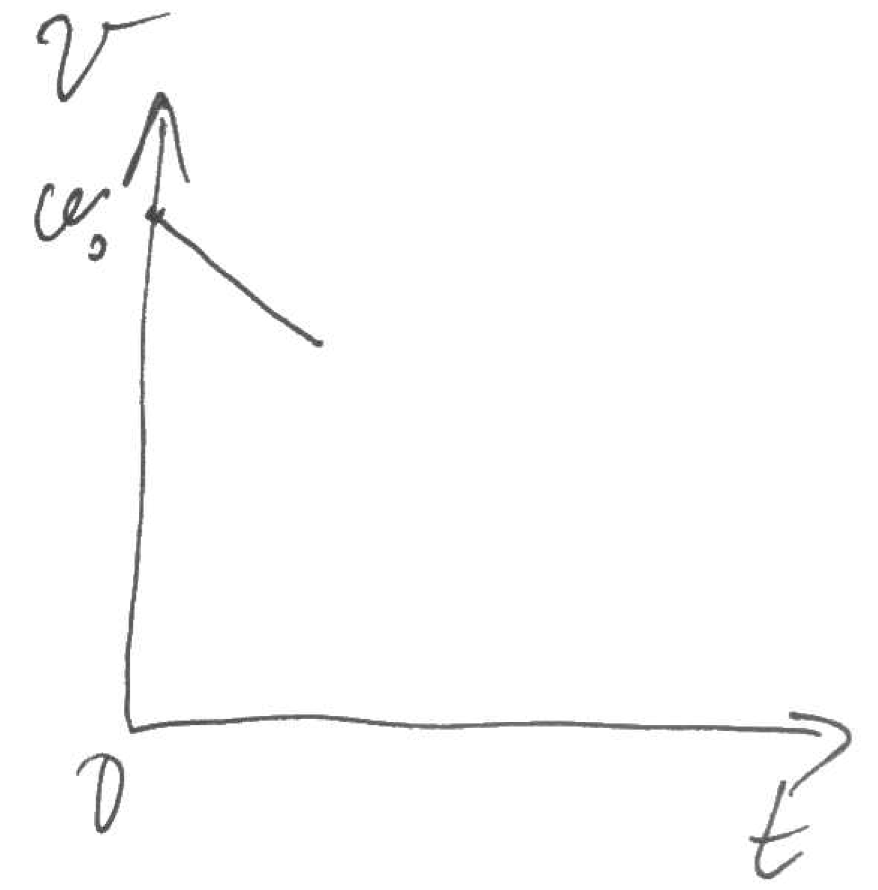
$R' = \frac{2}{5} R. \quad \mathcal{E} = B v_0 \cdot d$

$I = \frac{5 \cdot B v_0 d}{2R} \quad F_A = \frac{5 \cdot B^2 \cdot d^2 \cdot v_0}{2R}.$

$m a_0 = \frac{5}{2} \frac{B^2 d^2 v_0}{R} \Rightarrow \boxed{a_0 = \frac{5 B^2 d^2 v_0}{2 \cdot mR}}$ (1)

Промежуток времени за который рамка двигалась полностью в поле B:





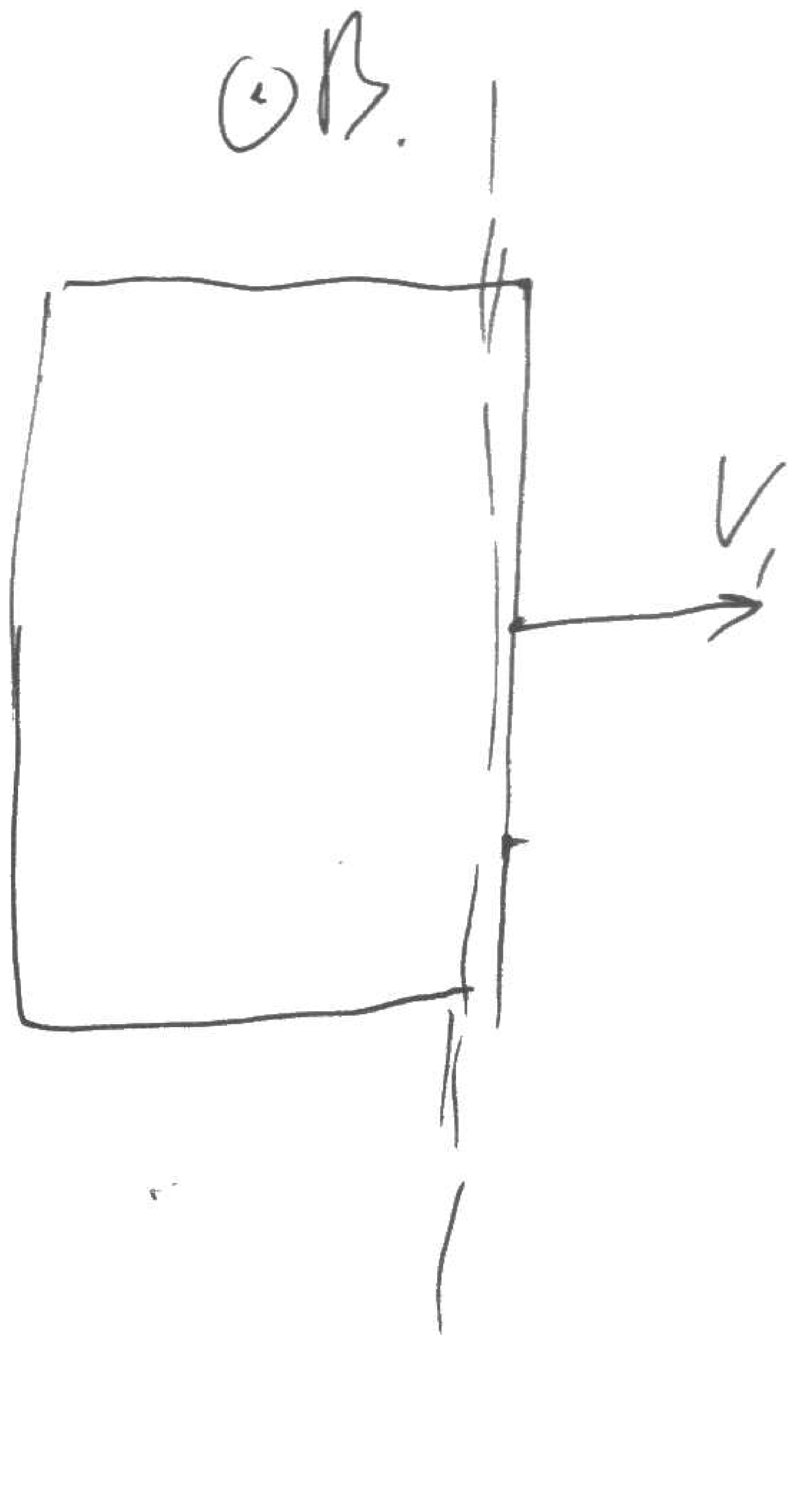
$F_A = \frac{B^2 l^2 \cdot v}{R^*} = ma = m\frac{dv}{dt}.$

$\frac{B^2 l^2 \cdot dx}{R\, \cancel{dt}} = \frac{m\,dv}{\cancel{dt}} \quad \frac{B^2 l^2}{R^*} x = mv$

ЗСЭ: $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m V_1^2}{2} + Q + A_{F_{A_1}}$

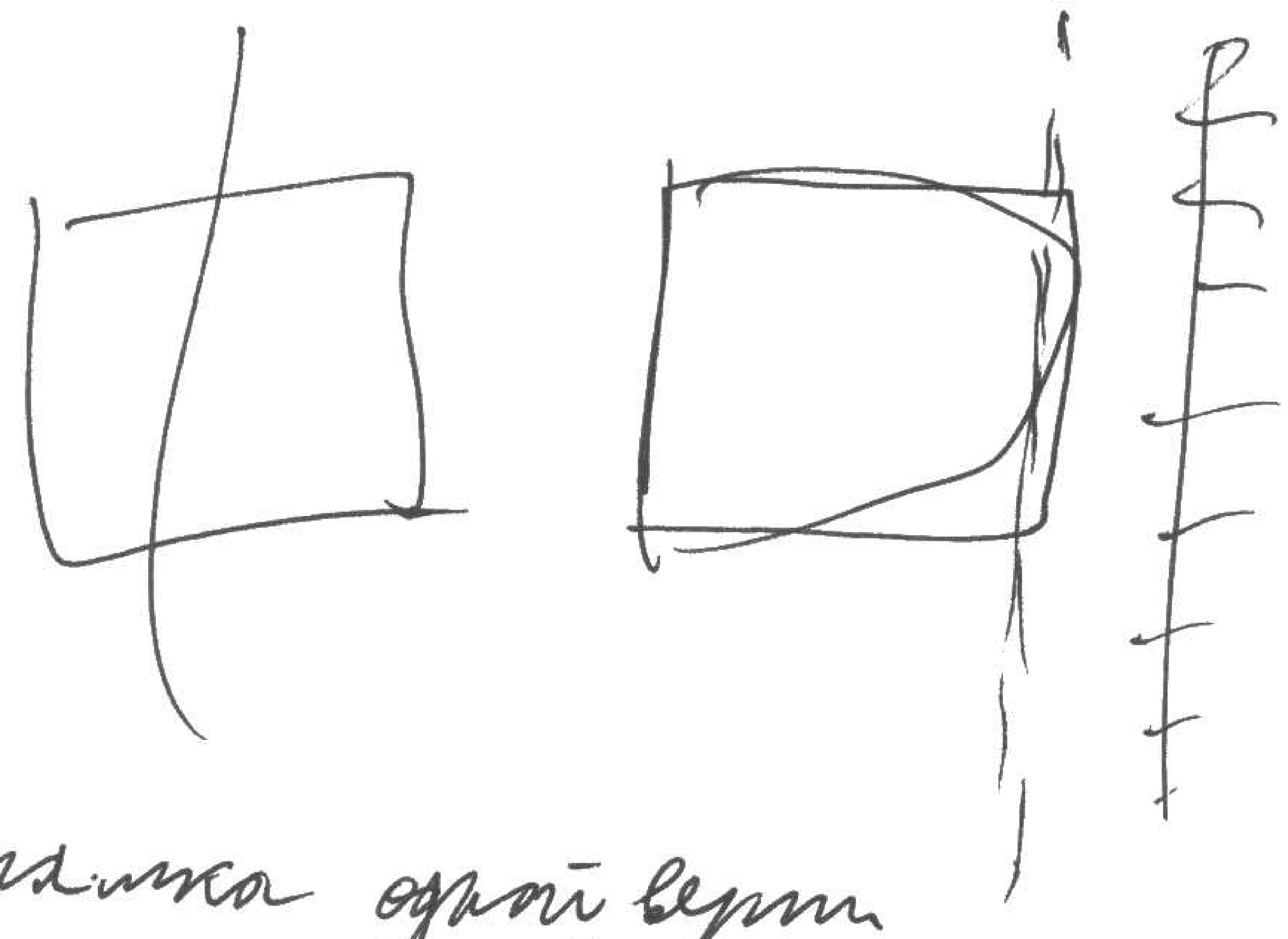
$A_{F_A} = F_A \cdot H = 2d \cdot F_A = 2d.$

$V_1 = v_0 - \frac{B^2 \cdot (2d)^2 2d}{4/5 R}$



Чистовик.

$Bd\cdot I$



$I=$

(1.1) $\frac{dv}{dt}=\frac{5B^2d^2}{2mR}\cdot\frac{dx}{dt}$

Для момента пока рамка одной верти стороной в поле.

$v_1(x)=\frac{5}{2}\frac{B^2d^2}{mR}\cdot x_1$

Дальше: $2F_A=ma$ $\quad F_A=Bd\cdot I \quad I=\frac{\varepsilon}{R_1'} \quad \varepsilon=Bd\cdot v$

$\frac{2\cdot v\cdot B^2d^2 5}{2\cdot R}=ma.$ $\quad F_A=\frac{B^2d^2v\cdot 5}{2R} \quad R_1'=\frac{2}{5}R.$

$v_2(x)=\frac{5B^2d^2}{mR}\cdot x_2 \quad x_1=\frac{d}{4} \quad x_2=2d-\frac{d}{4}=\frac{7}{4}d.$

$V_1=V_0-\frac{5}{2}\frac{B^2d^2}{mR}\cdot\frac{d}{4}-\frac{5B^2d^2}{mR}\cdot\frac{7}{4}d=V_0-5B^2d^3\left(\frac{1}{8}+\frac{27}{24}\right)=$

$=V_0-\frac{65B^2d^3}{8mR}.$

3. $V_2=V_1-\frac{5}{2}\frac{B^2d^2}{mR}\frac{d}{4}=V_0-\frac{70B^2d^3}{8mR}$

Ответ: $\frac{5}{2}\frac{B^2d^2v_0}{mR}$;

$V_0-\frac{65B^2d^3}{8mR}$;

$V_0-\frac{70B^2d^3}{8mR}.$

4

Чистовик

⑤ Дано:

$a = 25$ см.

$\frac{D_1}{D_2} = \frac{7}{3}$.

1) x - ?

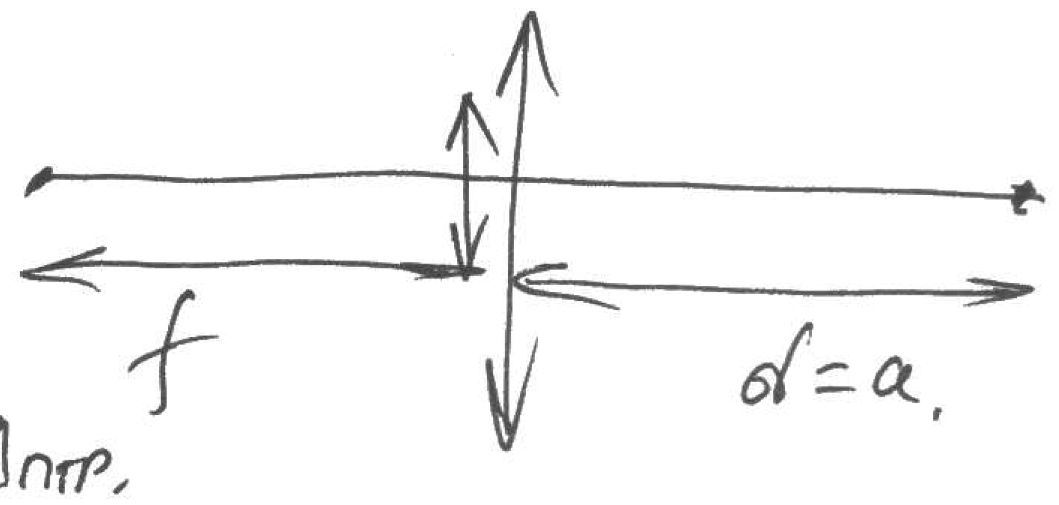
D_2 - ?

2) D_{50} - ?

Решение

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$. При чтении $\Gamma = 1 = \frac{f}{d}$.

$\cancel{D_0 + D_1 = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{d}}$



$D_0 + D_1 = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{d} = 8$ Дптр.

$D_0 = \frac{2}{d} - D_1$

$D_0 + D_2$ $\qquad D_2 - D_1 = -\frac{4}{3} D_2$

$D_0 = \frac{2}{x}$

$\frac{2}{d} - D_1 + D_2 = \frac{2}{d} - \frac{4}{3} D_2$.

Черновик

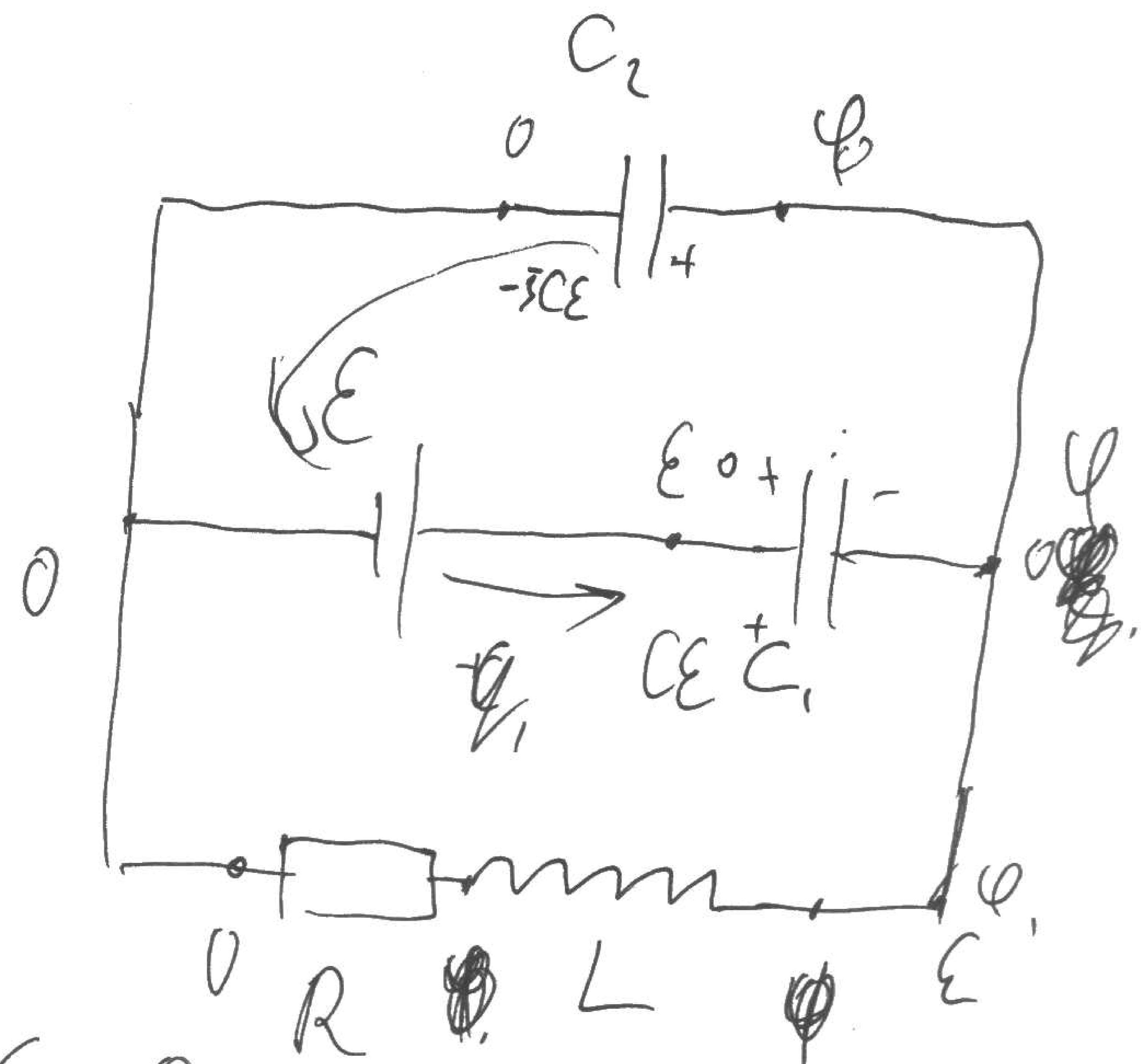
③. $C_1=C$, $C_2=3C$.

$L, R, \mathcal{E}$.

1) $\dot{I}$ - ?

2) Q_3 - ?

3) I_0 - ?



$A_{ист} = \Delta W_{C_1} + \Delta W_{C_2} + Q + \Delta W_L$.

$U_L = L \cdot \frac{dI}{dt} = \mathcal{E}$.

$\dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{L}$.

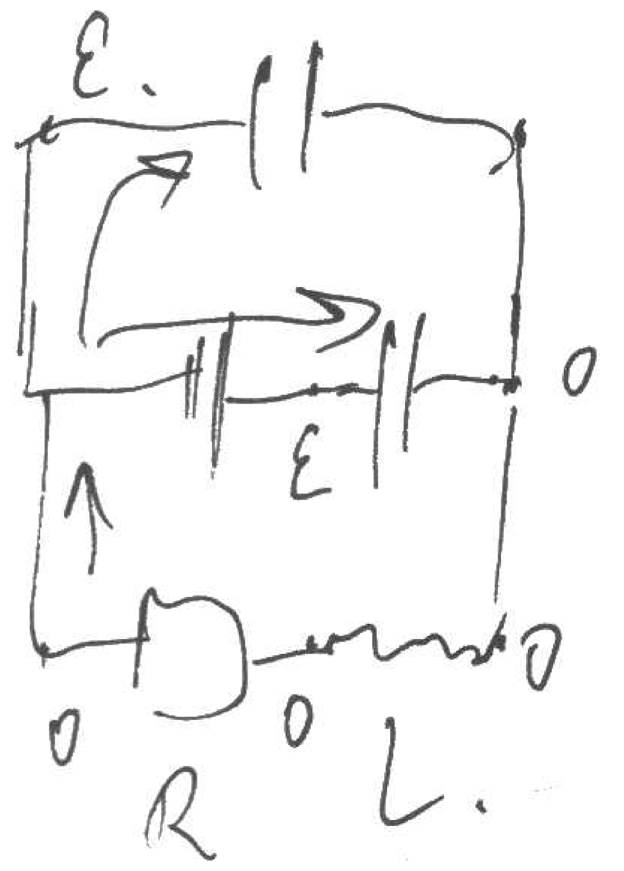
$\mathcal{E}(q_1+q_2) = \frac{q_1^2}{2C} + \frac{q_2^2}{6C} + Q$.

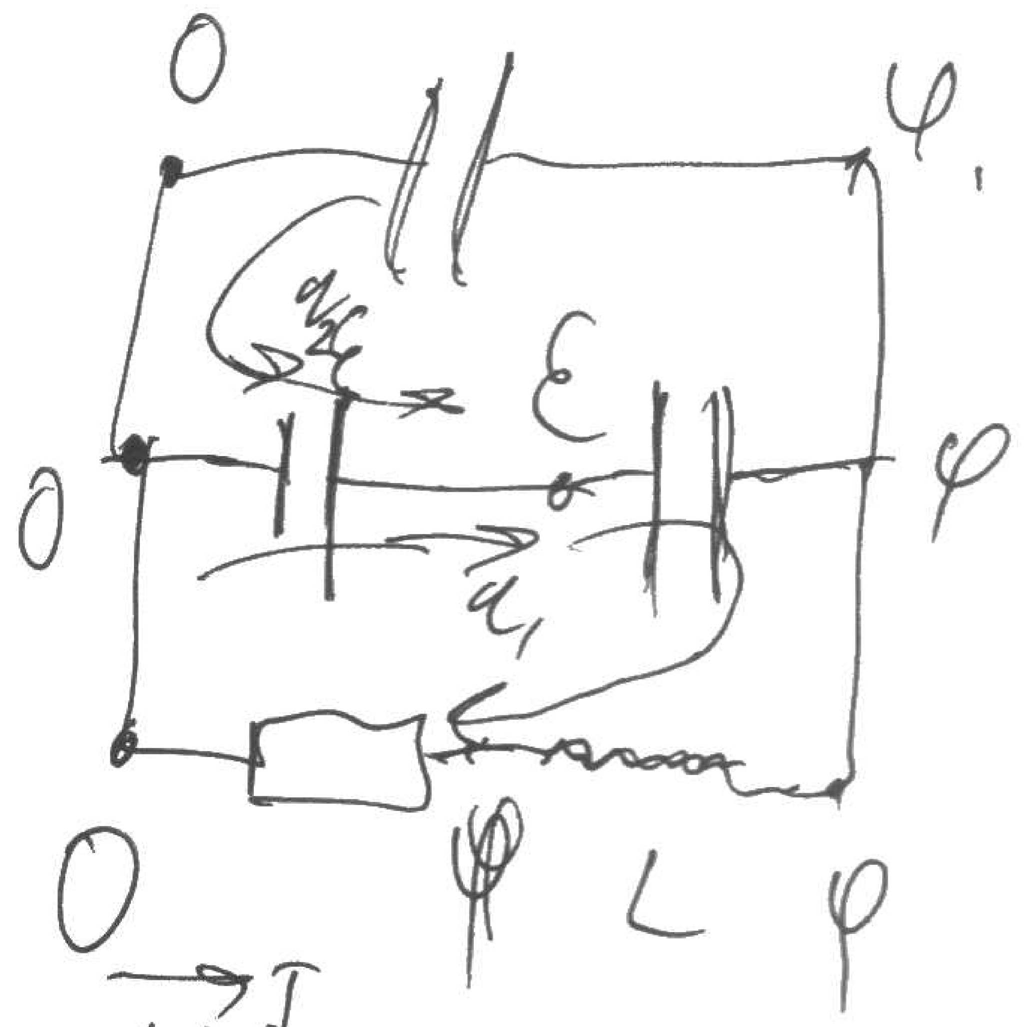
$q_1 = \varphi \cdot 3C$

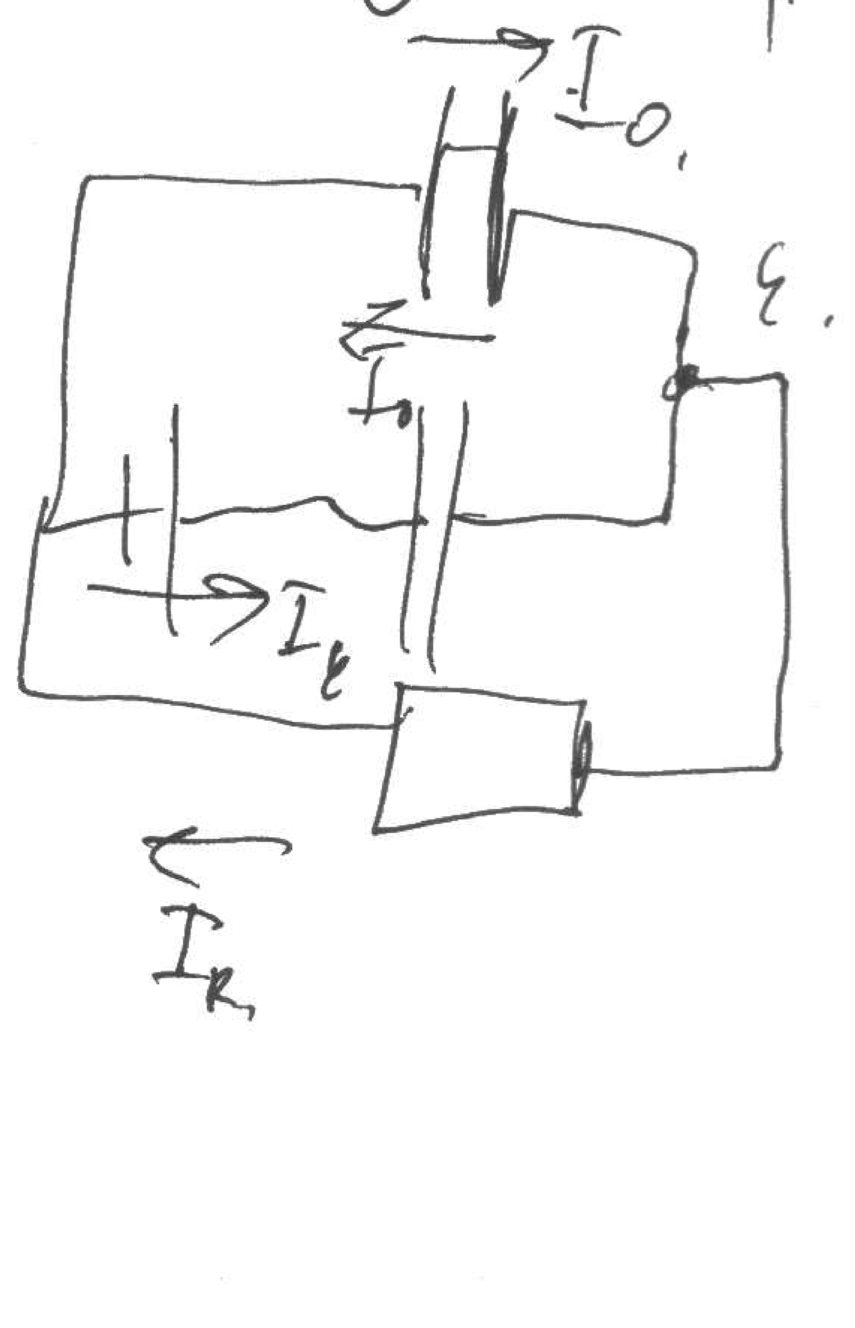
$q_2 = (\mathcal{E} - \varphi) \cdot C$.

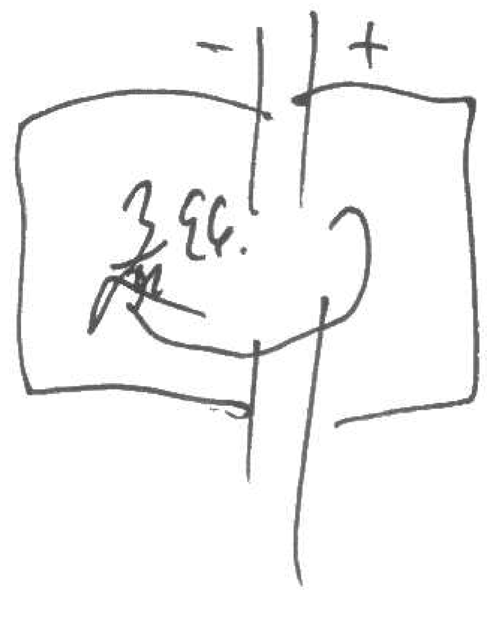
$3\varphi = \mathcal{E} - \varphi$

$\varphi = \frac{\mathcal{E}}{4}$.









4, m, b, d, R.

$b = \frac{d}{4}$,

V_0, B. $H = 2d$.

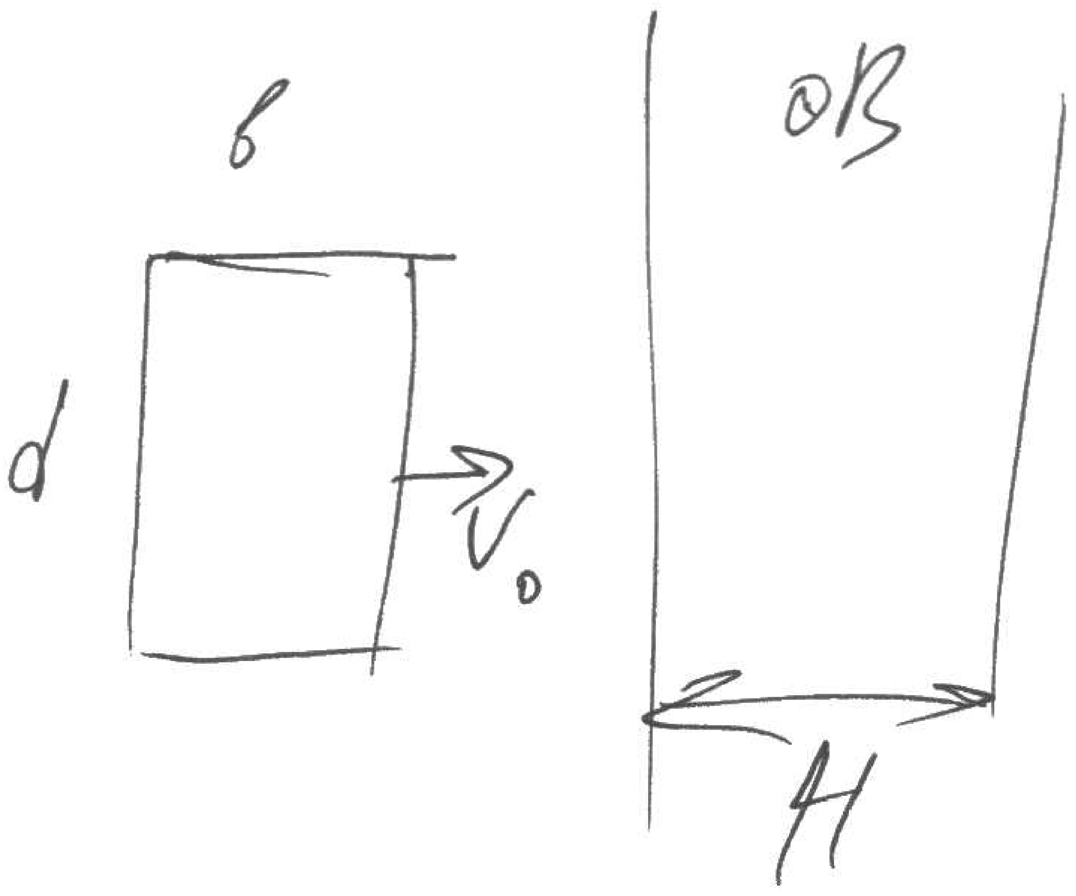
---

m, d, V_0, R, B.

$F_A = ma$.

~~Bvl~~

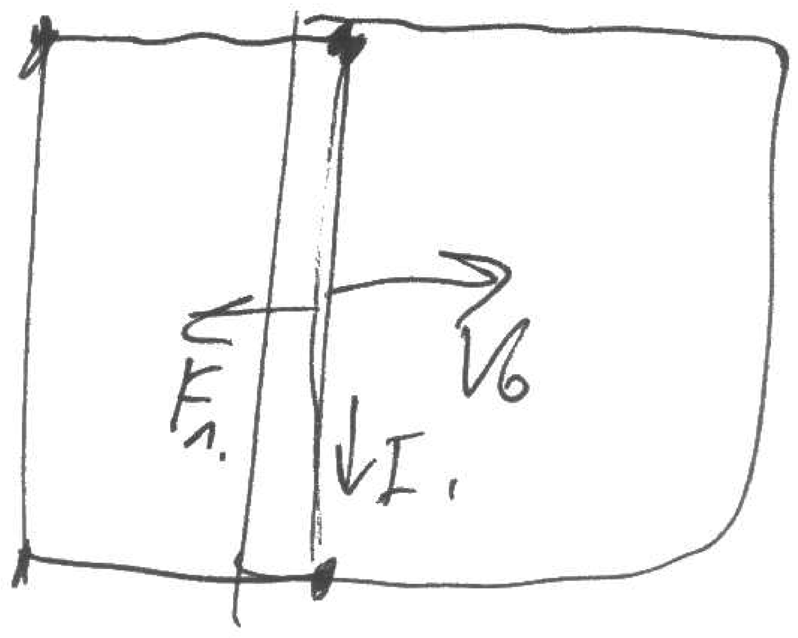
$BIl = ma$.



1) a

2)

$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$.

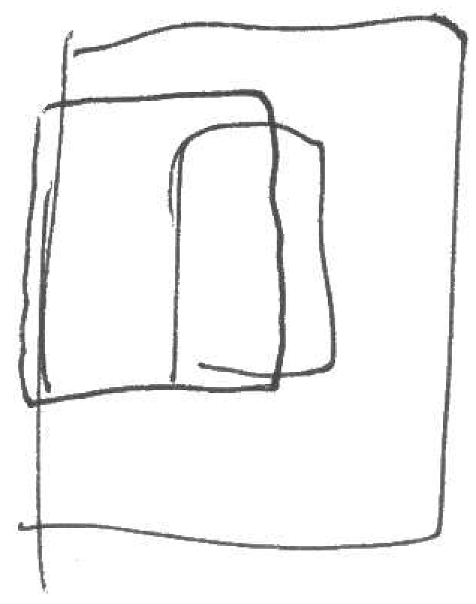


$\mathcal{E} = vBl$

$\frac{B^2 l^2 v}{R} = ma$

$a = \frac{B^2 l^2 v}{Rm}$.

$Bvl = \mathcal{E}$.



(5). $a = 0{,}25$ cm

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{7}{3}.$$

D_0.