



40-65-85-06
(4.8)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10 КЛАСС

Место проведения Москва
город

дешифр

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

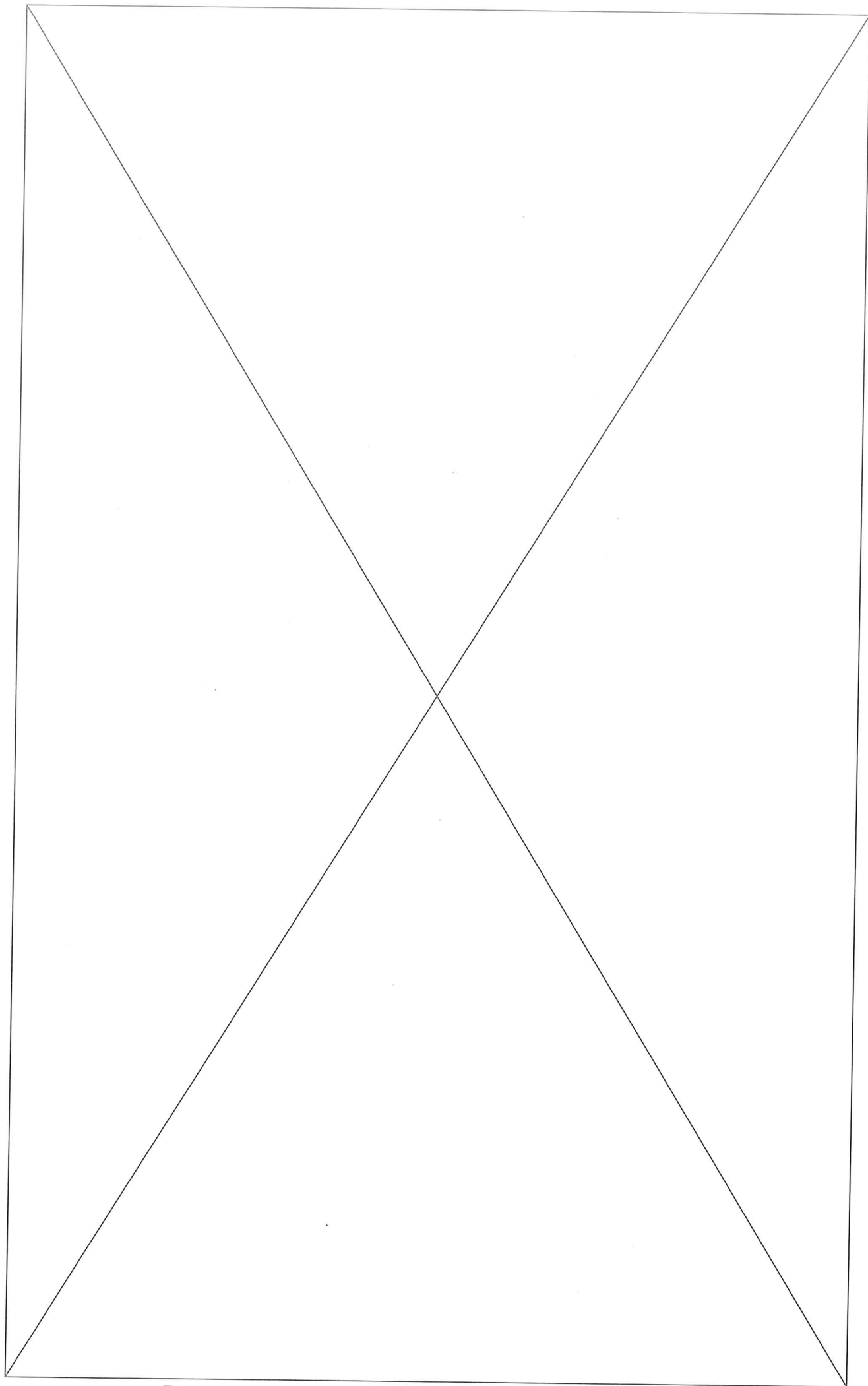
по физике
профиль олимпиады

Пароговуховой Ульяны Владимировны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

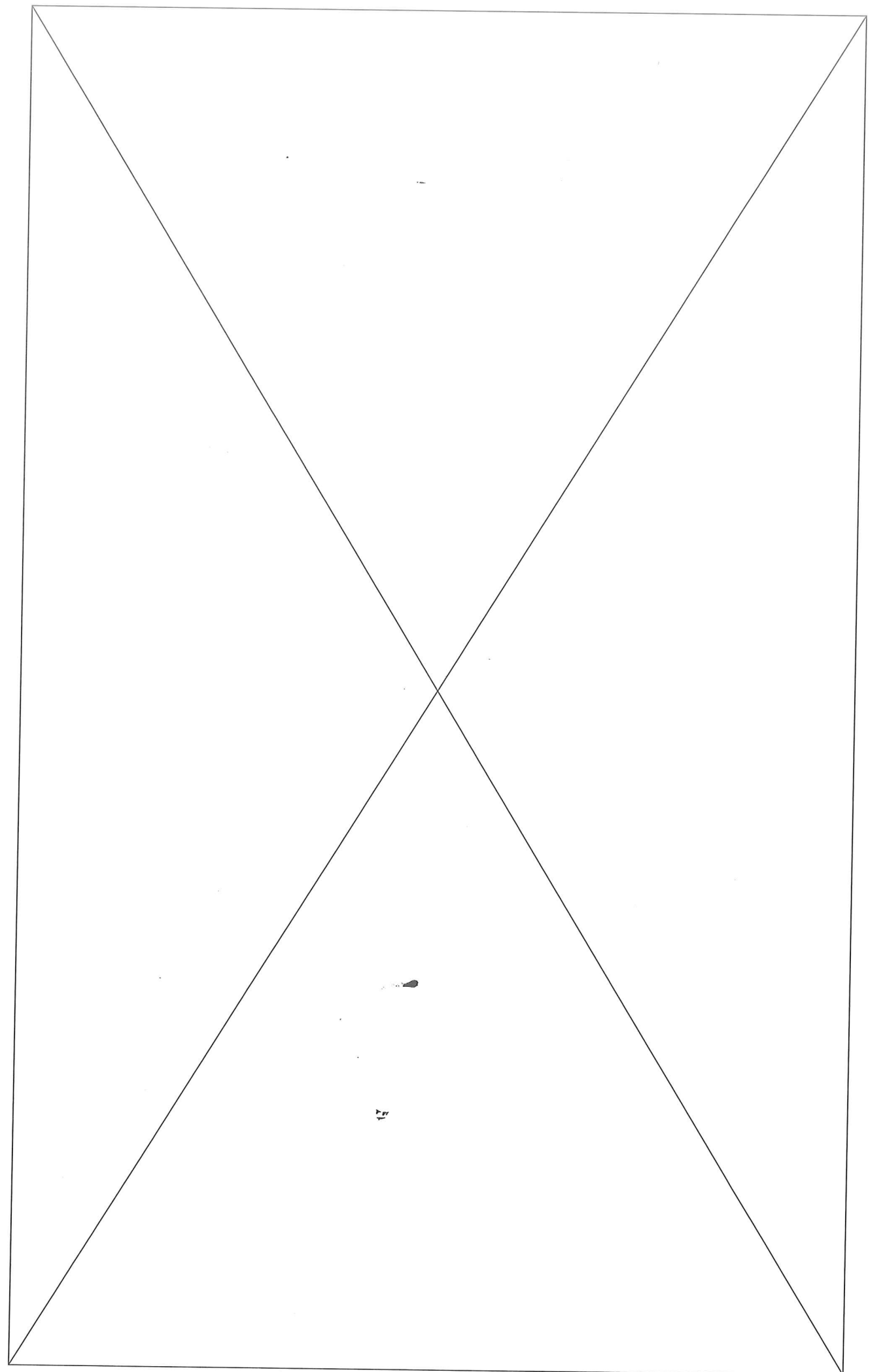
Дата
«13» ФЕВРАЛЯ 2026 года

Подпись участника

[Handwritten signature]

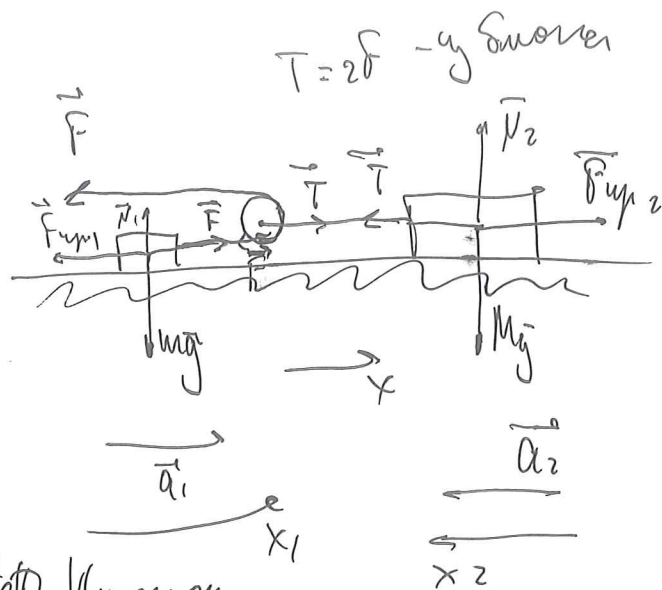


Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик
 N1
 $m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$
 $M = 2m = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ кг}$
 $\mu = 0,3$
 $t = 1 \text{ с}$
 $\Delta X = 1 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $F = ?$



Условие: Коэффициент трения

$$\text{Ox}_1: F - F_{\text{тр}1} = m \cdot a_1$$

$$F - \mu mg = m \cdot a_1$$

$$a_1 = \frac{F - \mu mg}{m}$$

$$a_1 = a_2 = a$$

$$a_{\text{общ}} = a_1 = a_2$$

$$\text{Ox}: a_{\text{общ}} = a_1 + a_2 = 2a$$

$$\Delta X = \frac{a_{\text{общ}} \cdot t^2}{2} = \frac{2a t^2}{2} = a t^2 = \frac{F - \mu mg}{m} t^2$$

$$\Delta X m = \frac{F - \mu mg}{m} t^2 \Rightarrow F = \frac{\Delta X m + \mu mg t^2}{t^2}$$

$$F = m \left(\frac{\Delta X}{t^2} + \mu g \right)$$

$$T = 2F \text{ — у блока}$$

$$\text{Ox}_2: T - F_{\text{тр}2} = M \cdot a_2$$

$$T - \mu Mg = M \cdot a_2$$

$$2F - \mu Mg = M \cdot a_2$$

$$a_2 = \frac{2F - \mu Mg}{M}$$

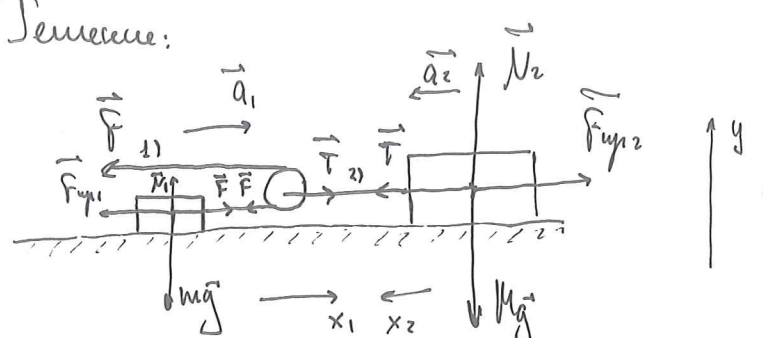
$$a_2 = \frac{2F - 2\mu mg}{2m} = \frac{F - \mu mg}{m}$$

40-65-85-06
(4,8)

20 19 20 20 20
 20 19 20 20 20
 20 19 20 20 20

Чистовик
 N1
 Дано:
 $m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$
 $M = 2m$
 $t = 1 \text{ с}$
 $\Delta X = 1 \text{ м}$
 $\mu = 0,3$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $F = ?$

Решение:



т.к. тела невесомые и нерастяжимые, то в сечении в каждой точке нити силы натяжения одинаковы $F_{\text{н}1}$; $F_{\text{н}2}$

По II закону Ньютона для блока:
 $\text{Ox}_1: T - 2F = m \cdot a$ ($m \cdot a = 0$ (уч.) $\Rightarrow T = 2F$)

По II закону Ньютона для груза m:
 $\text{Ox}_1: F - F_{\text{тр}1} = m \cdot a$

$\text{Oy}: N_1 - mg = 0 \Rightarrow N_1 = mg$
 $F - \mu N_1 = m \cdot a \Rightarrow F - \mu mg = m \cdot a \Rightarrow a_1 = \frac{F - \mu mg}{m}$

По II закону Ньютона для груза M:
 $\text{Ox}_2: T - F_{\text{тр}2} = M \cdot a_2$

$\text{Oy}: N_2 - Mg = 0 \Rightarrow N_2 = Mg$
 $T - \mu N_2 = M \cdot a_2 \Rightarrow 2F - \mu Mg = M \cdot a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{2F - \mu Mg}{M}$

$a_2 = \frac{2F - 2\mu mg}{2m} = \frac{F - \mu mg}{m}$

$a_1 = \frac{F - \mu mg}{m}$
 $\Rightarrow a_1 = a_2 = a = \frac{F - \mu mg}{m}$

$a_{\text{общ}} = a_1 = a_2$; $\text{Ox}_1: a_{\text{общ}} = a_1 + a_2 = 2a$
 $\Delta X = \frac{a_{\text{общ}} \cdot t^2}{2} = \frac{2a t^2}{2} = a t^2 = \frac{F - \mu mg}{m} t^2 = \frac{F t^2 - \mu mg t^2}{m}$

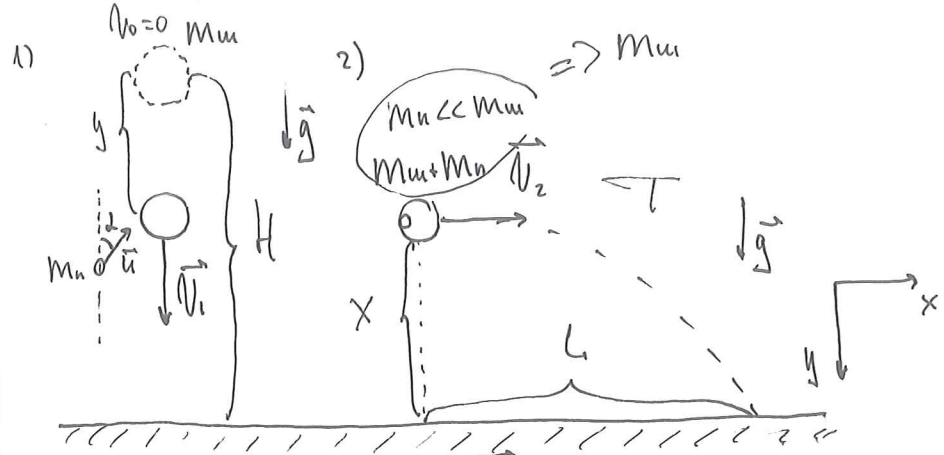
$F = m \left(\frac{\Delta X}{t^2} + \mu g \right) = 0,5 \cdot \left(\frac{1}{1^2} + 0,3 \cdot 10 \cdot 1^2 \right) = 0,5 \cdot (1 + 3) = 0,5 \cdot 4$

$F = 2 \text{ Н}$ $[F] = \frac{m \cdot \frac{\Delta X}{t^2}}{1} = \frac{m \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}$ **20**

N2

Дано:
 $v_0 = 0$
 $\alpha = 45^\circ$
 $t = 2c$
 $L = 20m$
 $g = 10 \frac{m}{c^2}$
 $M_n \ll M_m$
 $H = ?$

Решение:



$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$
 $m_n \vec{v}_1 + m_m \vec{u} = m_m \vec{v}_2$ определим как
 направление скорости пули

Распишем 2):

$v_x: v_2 \cdot t = L \Rightarrow v_2 = \frac{L}{t}$

Вы в момент падения на землю: $0 = x - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow x = \frac{gt^2}{2}$

ЗНУ: $0_x: m_n \cdot u \cdot \sin \alpha = m_m \cdot v_2$

$0_y: m_n \cdot u - m_n \cdot u \cdot \cos \alpha = 0 \Rightarrow m_n \cdot u \cdot \cos \alpha = m_n \cdot v_1$

$\sin \alpha = \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$
 $\cos \alpha = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$

пути $v_2 = u \cdot \sin \alpha \Rightarrow v_2 = v_1 = \frac{L}{t}$

Распишем 1):

$0_y: y = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{L^2}{2gt^2}$

$H = x + y = \frac{gt^2}{2} + \frac{L^2}{2gt^2} = \frac{10 \cdot 2^2}{2} + \frac{20^2}{2 \cdot 10 \cdot 2^2} = 20 + \frac{20 \cdot 20}{20 \cdot 4} = 25m$

$[H] = \frac{m}{c^2} \cdot c^2 + \frac{m^2}{c^2 \cdot c^2} = m + m = m$

Ответ: 25m

N2

Дано:
 $v_0 = 0$
 $\alpha = 45^\circ$
 $t = 2c$
 $L = 20m$
 $M_n \ll M_m$
 $g = 10 \frac{m}{c^2}$
 $H = ?$

Решение:



$u = x + y$

$v_1 = gt \Rightarrow t = \frac{v_1}{g}$
 $y = \frac{gt^2}{2} = \frac{g \cdot \frac{v_1^2}{g^2}}{2} = \frac{v_1^2}{2g}$

$L = v_2 \cdot t \Rightarrow v_2 = \frac{L}{t} = \frac{Lg}{v_1}$

$0_x: m_n \cdot u \cdot \sin 45^\circ = m_m \cdot v_2$
 $0_y: m_n \cdot u - m_n \cdot u \cdot \cos 45^\circ = 0 \Rightarrow m_n \cdot u \cdot \cos 45^\circ = m_n \cdot v_1$

$v_2 = v_1 = \frac{L}{t}$
 $y = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{L^2}{2t^2 g}$

$H = x + y = \frac{gt^2}{2} + \frac{L^2}{2t^2 g}$

Handwritten calculations for the final answer:
 $8 \cdot 25 \cdot 10^1$
 $10 \cdot 20 \cdot 23 \cdot 50$
 $80 \cdot 23 \cdot 10^1 \cdot 50$

№3 Упрощен

Дано:

- $V = 50 \text{ м}^3$
- $T_0 = 300 \text{ К}$
- $\epsilon_0 = 41,5\% = 0,415$
- $f = 100 \text{ В}$
- $r = 80 \text{ Ом}$
- $U = 100 \text{ В}$
- $\eta = 80\% = 0,8$
- $f = 2300 \text{ с}$
- $\rho_{\text{нас}} = 2000 \text{ кг/м}^3$
- $\lambda = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{м}}$
- $\mu = 0,018 \frac{\text{м}}{\text{моль}}$
- $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$\rho = ? \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

$$\frac{415}{2} \times \frac{830}{3}$$

$$\frac{830}{10^4} \cdot 2490$$

$$\frac{3320}{3} = 1106,6$$

$$830 + \frac{8 \cdot 23 \cdot 10^6 \cdot 83 \cdot 1000 \cdot 3}{10 \cdot 23 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 10^5} = \frac{830}{3} + 830$$

$$\frac{3320}{3} \approx 1107 \text{ кг} < \rho_{\text{нас}}$$

$$\rho = \frac{\rho_{\text{нас}} V \mu}{R T_0} + \frac{\eta U^2 t}{2 r V}$$

$$\epsilon_0 = \frac{\rho_1}{\rho_{\text{нас}}} \Rightarrow \rho_1 = \epsilon_0 \cdot \rho_{\text{нас}}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{эл}}}{Q_3} \quad Q_{\text{эл}} = I \Delta t = \frac{U^2}{r} \Delta t \quad A \Delta t = N \quad I = \frac{U}{r}$$

$$\eta = \frac{I \cdot \Delta t}{\frac{U^2}{r} \cdot T} = \frac{I \Delta t \cdot r}{U^2 T} \Rightarrow \Delta m = \frac{\eta U^2 t}{2 r}$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона:
для 1) вещества: $p_1 V = \frac{m_1}{\mu} R T_0 \Rightarrow$

для 2) смеси: $p_2 V = \frac{m_1 + \Delta m}{\mu} R T_0$

$$m_1 = \frac{p_1 V \mu}{R T_0} = \frac{\epsilon_0 \rho_{\text{нас}} V \mu}{R T_0}$$

$$p_2 = \left(\frac{\epsilon_0 \rho_{\text{нас}} V \mu}{R T_0} + \frac{\eta U^2 t}{2 r} \right) \frac{R T_0}{V}$$

$$p_2 = \epsilon_0 \rho_{\text{нас}} + \frac{\eta U^2 t}{2 r V}$$

$$0,415 \cdot 2000 + \frac{0,8 \cdot 100^2 \cdot 2300}{2 \cdot 80 \cdot 50} = \frac{830}{3} + 830$$

$$\frac{830}{3} + 830 = 1107 \text{ кг} < \rho_{\text{нас}}$$

$$\rho = \frac{m_1 + \Delta m}{V}$$

40-65-85-06 (4,8)

- $V = 50 \text{ м}^3$
- $T_0 = 300 \text{ К}$
- $\epsilon_0 = 41,5\% = 0,415$
- $f = 100 \text{ В}$
- $r = 80 \text{ Ом}$
- $U = 100 \text{ В}$
- $\eta = 80\% = 0,8$
- $f = 2300 \text{ с}$
- $\rho_{\text{нас}} = 2000 \text{ кг/м}^3$
- $\lambda = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{м}}$
- $\mu = 0,018 \frac{\text{м}}{\text{моль}}$
- $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$\rho = ?$

$$\rho = \frac{\mu \rho_{\text{нас}}}{R T_0} + \frac{\eta U^2 t}{2 r V}$$

$$\rho = \frac{0,018 \cdot 0,415 \cdot 2000}{8,3 \cdot 300} + \frac{0,8 \cdot 100^2 \cdot 2300}{80 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 50}$$

$$= \frac{18 \cdot 415 \cdot 20 \cdot 10^3}{1000000 \cdot 83 \cdot 3} + \frac{8 \cdot 23 \cdot 10^3}{10 \cdot 23 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 10^5}$$

$$= \frac{18 \cdot 415 \cdot 2}{10000 \cdot 83 \cdot 3} + \frac{1}{500}$$

$$= \frac{830}{3} + 830$$

Ответ: $8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

Упрощен

Дано:

- $V = 50 \text{ м}^3$
- $T_0 = 300 \text{ К}$
- $\epsilon_0 = 41,5\% = 0,415$
- $f = 100 \text{ В}$
- $r = 80 \text{ Ом}$
- $U = 100 \text{ В}$
- $\eta = 80\% = 0,8$
- $f = 2300 \text{ с}$
- $\rho_{\text{нас}} = 2000 \text{ кг/м}^3$
- $\lambda = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{м}}$
- $\mu = 0,018 \frac{\text{м}}{\text{моль}}$
- $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$\rho = ?$

$$\rho = \frac{\mu \rho_{\text{нас}}}{R T_0} + \frac{\eta U^2 t}{2 r V}$$

$$\rho = \frac{0,018 \cdot 0,415 \cdot 2000}{8,3 \cdot 300} + \frac{0,8 \cdot 100^2 \cdot 2300}{80 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 50}$$

$$= \frac{18 \cdot 415 \cdot 20 \cdot 10^3}{1000 \cdot 10000 \cdot 83 \cdot 3} + \frac{8 \cdot 23 \cdot 10^3}{10 \cdot 23 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 10^5}$$

$$= \frac{8}{1000} = 0,008 \frac{\text{м}}{\text{м}^3} = 8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

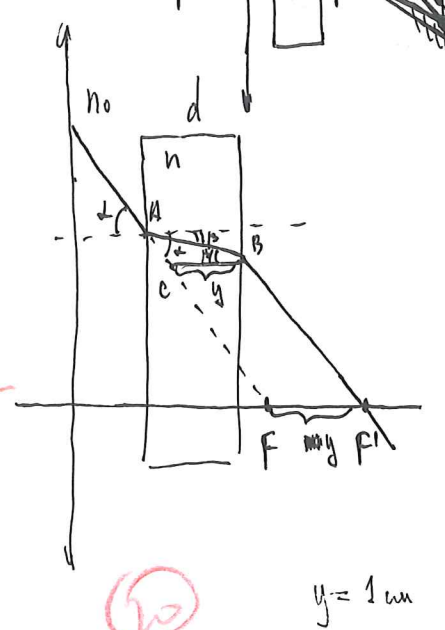
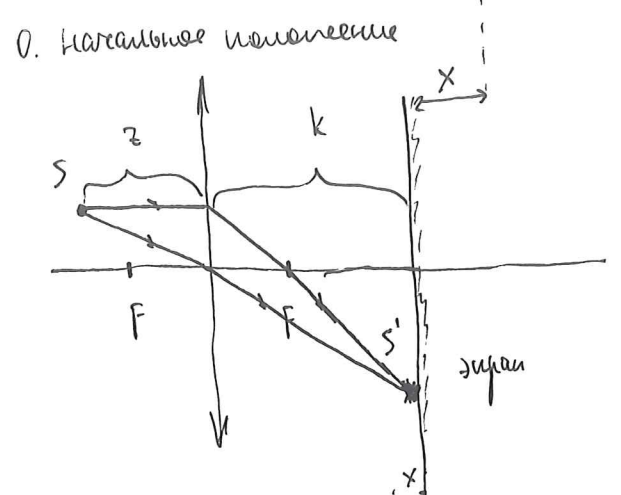
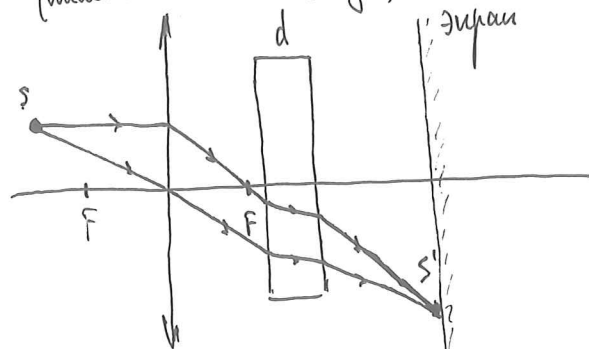
Вода находится при температуре кипения ($t = 100^\circ \text{C}$ (ум.)), следовательно, дальше она начнет испаряться

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{m}{\rho_{\text{нас}}}} = \rho_{\text{нас}}$$

N5

Дано: $d = 3 \text{ см}$
 $n = 1,5$
 $x = ?$

Решение:
 1. вариант полноразмерной пластинки (пластинка после фокуса)



По и. синусов у ΔABC : $\frac{y}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{AB}{\sin(180^\circ - (\alpha - \beta) - \beta)}$ $d = n \cdot \beta$

$\frac{y}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{AB}{\sin(180^\circ - \alpha)}$; $AB \approx d$, т.к. β - малый угол

малый угол $\frac{y}{d - \beta} = \frac{d}{d} \Rightarrow y = \frac{d(d - \beta)}{d}$

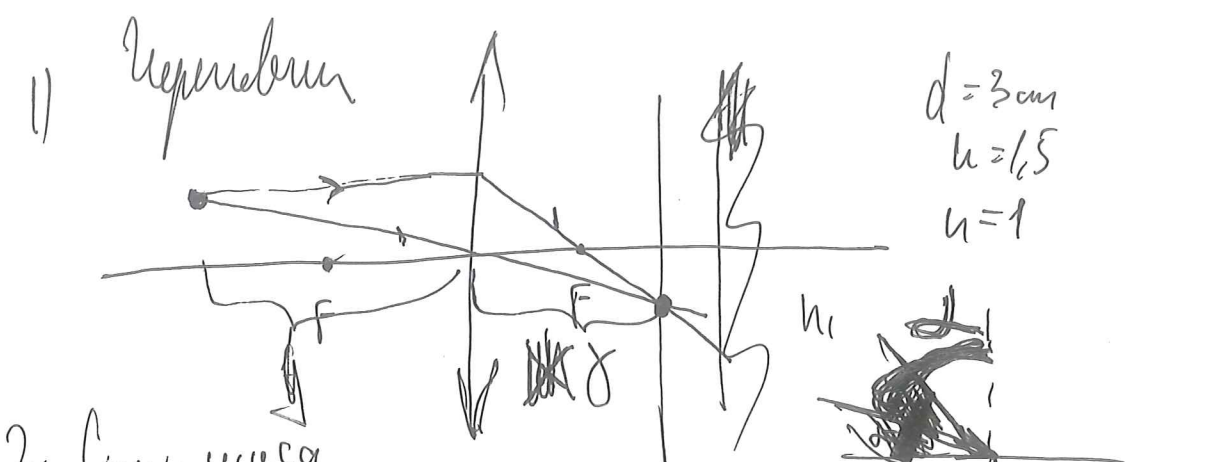
$y = \frac{d(n\beta - \beta)}{n \cdot \beta} = \frac{d(n-1)}{n} = \frac{3 \cdot (1,5 - 1)}{1,5} = \frac{3 \cdot 0,5}{1,5} = 1 \text{ см}$

Чистовик
 Очевидно, что у чл., где линза собирающая (экран за линзой)

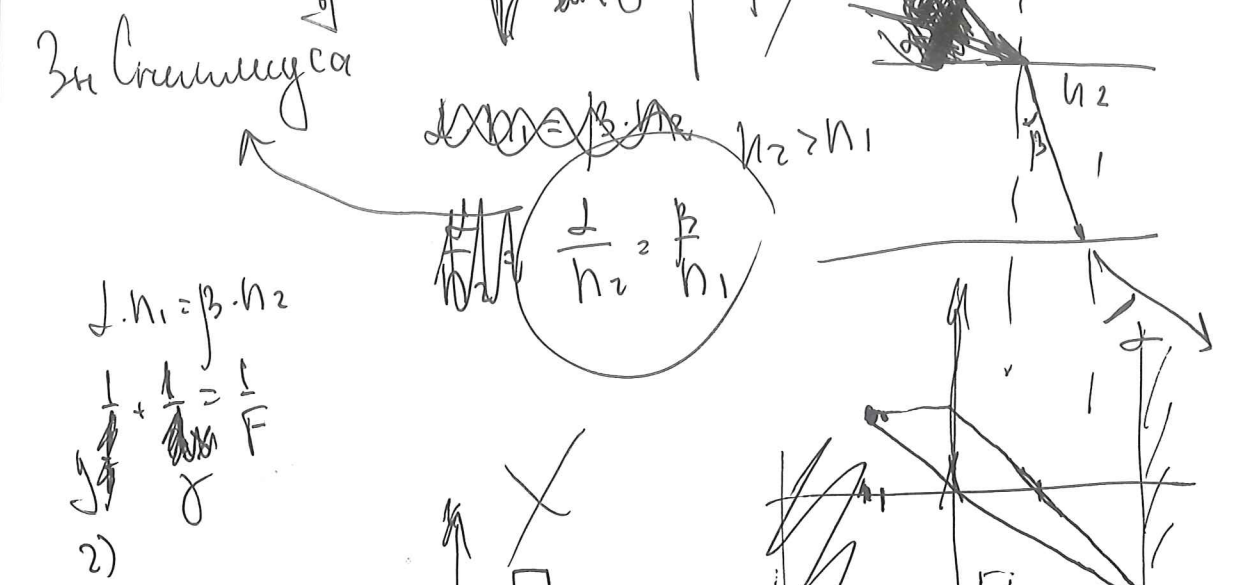
I. По условию, что при 1 варианте изображения экран перемещено перед линзой (на $x = d = 3 \text{ см}$ ближе к линзе) (или угол малый; расстояние от источника до линзы одинаковое, проходящий через фокус линзы)

II. d - толщина пластинки
 неважно, где не так. Лучи будут проходить через какой фокус (F')

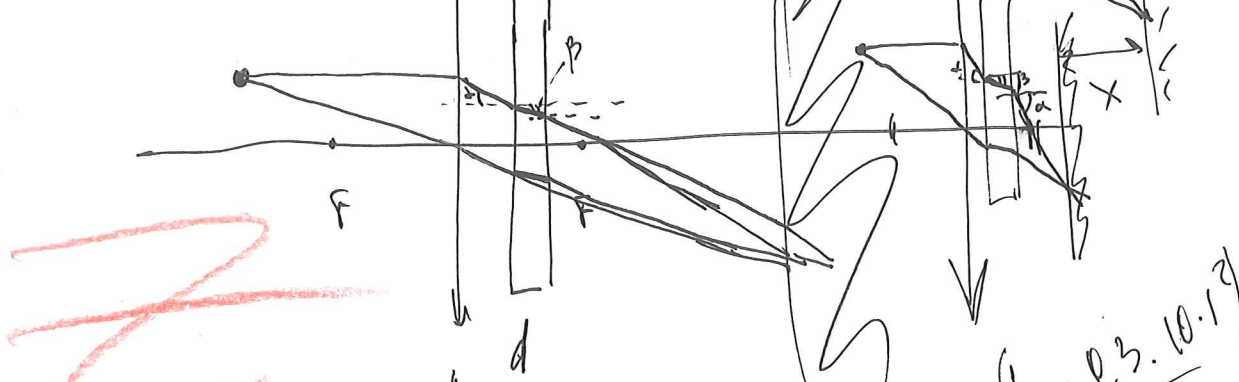
3-и вариант: $n_1 = \frac{n_0}{\sin \alpha}$, $n_2 = \frac{n_0}{\sin \beta}$
 т.к. углы малые: $\sin \alpha \approx \alpha$, $\sin \beta \approx \beta$



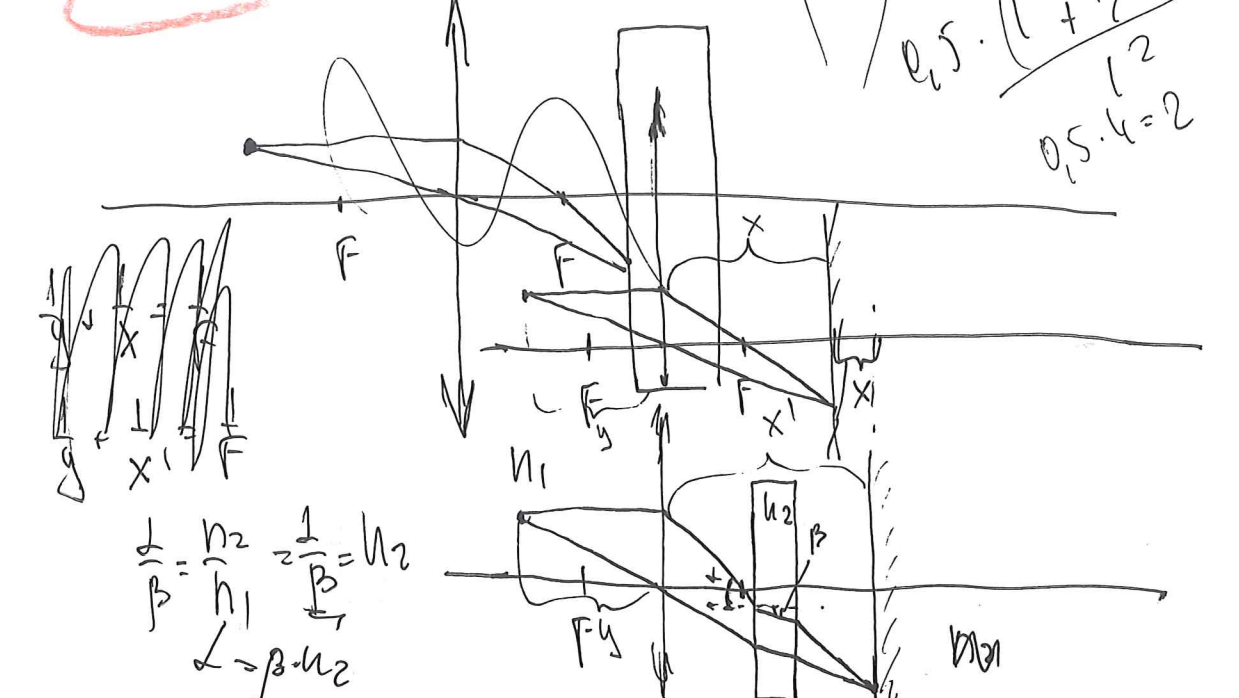
$d = 3 \text{ см}$
 $n = 1,5$
 $n = 1$



$d \cdot n_1 = \beta \cdot n_2$
 $\frac{1}{\beta} + \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{F}$



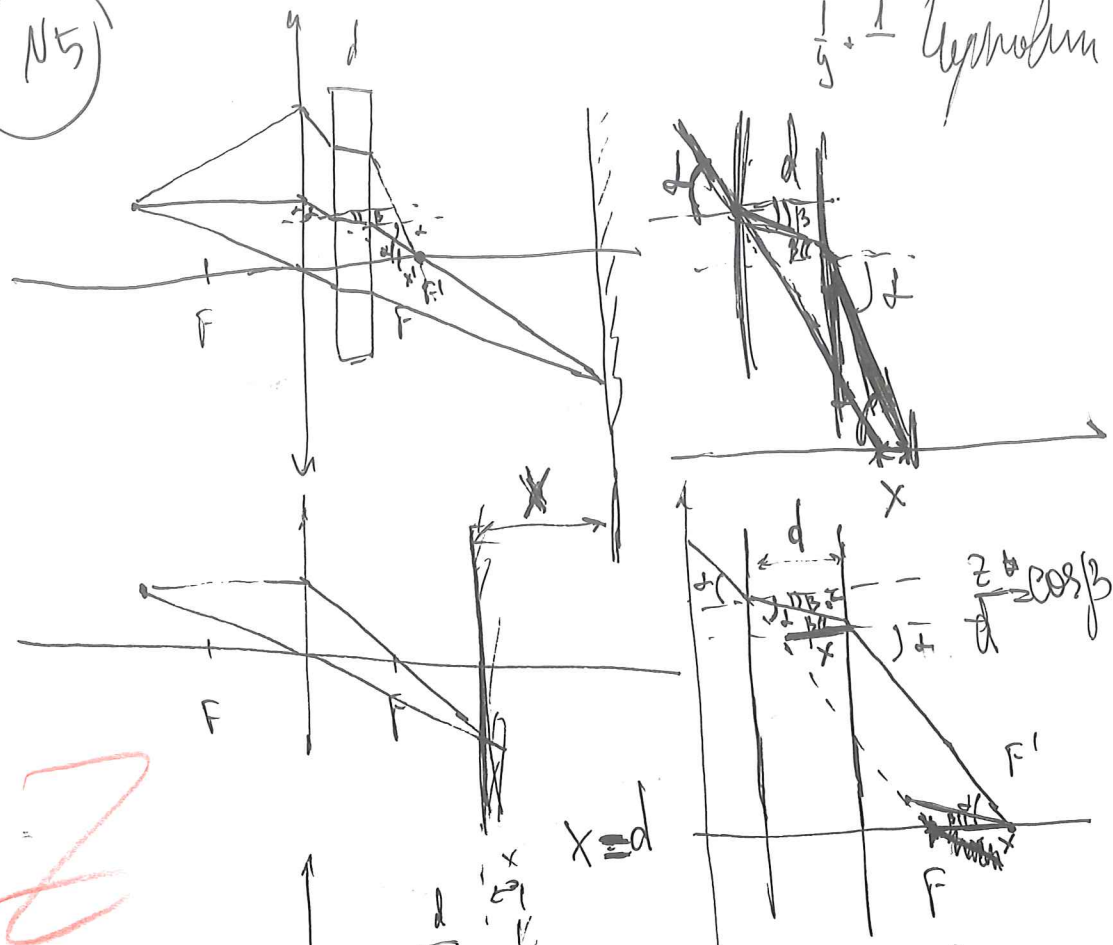
$1,5 \cdot \frac{1 + 0,3 \cdot 10 \cdot 1,5}{1,2}$
 $0,5 \cdot 4 = 2$



$\frac{d}{\beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{\alpha} = n_2$
 $d = \beta \cdot n_2$

(N5)

$\frac{1}{g} + \frac{1}{k}$ *Условие*



по м. условий:
 $\frac{x}{\sin(\alpha-\beta)} = \frac{z}{\sin(180^\circ - (\alpha-\beta)-\beta)}$

$\frac{x}{\sin(\alpha-\beta)} = \frac{z}{\sin(180^\circ - \alpha + \beta - \beta)}$

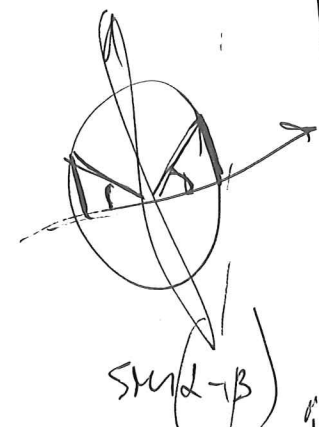
$\frac{x}{\sin(\alpha-\beta)} = \frac{z}{\sin(180^\circ - \alpha)}$

$\frac{x}{\sin(\alpha-\beta)} = \frac{z}{\sin \alpha} = \frac{d \cdot \cos \beta}{\sin \alpha}$

$\frac{x}{\alpha - \beta} = \frac{d}{\alpha}$

$\frac{x}{\beta n_2 - \beta} = \frac{d}{\beta n_2}$

$x = d \frac{(n_2 - 1)}{n_2}$



$\sin(\alpha - \beta)$

40-65-85-06
(4,8)

Условие

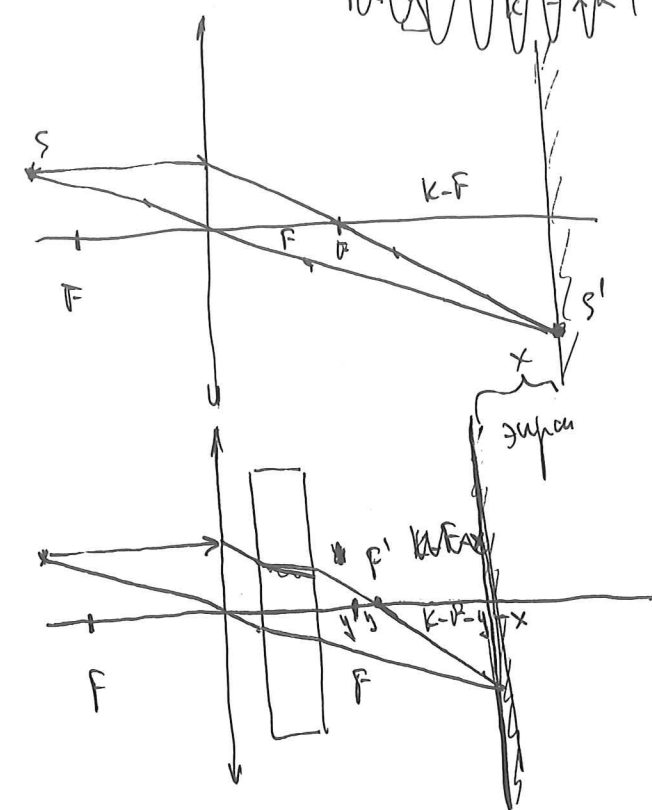
$\frac{1}{z} + \frac{1}{k} = \frac{1}{f}$
 $\frac{1}{z} + \frac{1}{k-x} = \frac{1}{f+g}$
 $f' = f+g$

$\frac{1}{f} - \frac{1}{k} = \frac{1}{f+g} - \frac{1}{k-x}$

$\frac{1}{f} - \frac{1}{f+g} = \frac{1}{k} - \frac{1}{k-x}$

$\frac{f+g-f}{f^2+fg} = \frac{k-x-k}{k^2-kx-kx}$

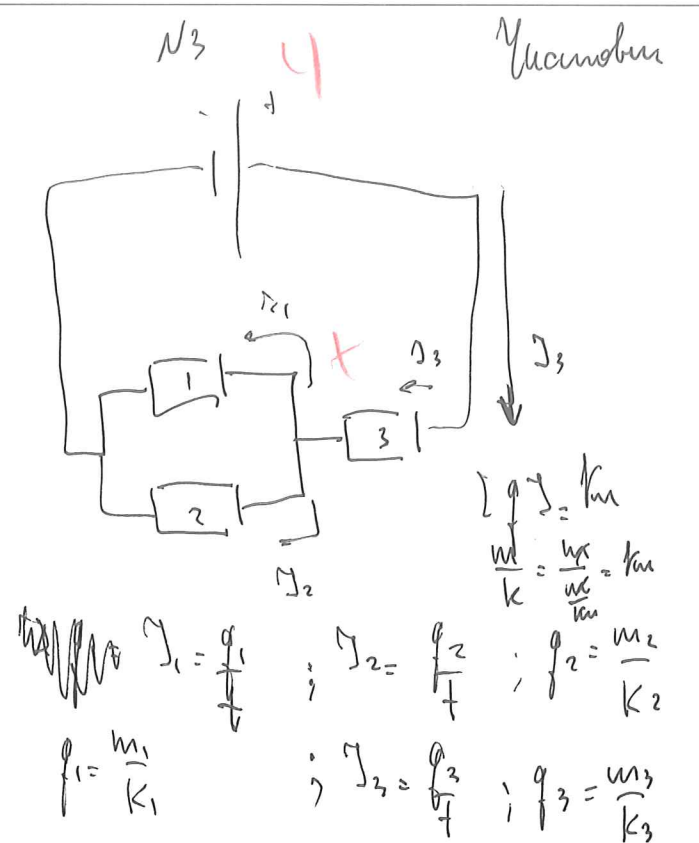
$\frac{g}{f(F+g)} = \frac{x}{(k-x)k}$



$\frac{k-f}{f^2} = \frac{x}{(k-x)k}$

Ответ: 1) 3 см, 2)

D_{100}
 $m_1 = 600 \text{ мг} = 600 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$
 $m_3 = 744 \text{ мг} = 744 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$
 $S = 110 \text{ см}^2 = 110 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
 $k_1 = 3,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{мм}}$
 $k_2 = 1,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{мм}}$
 $k_3 = 9,3 \cdot 10^{-8} \frac{\text{м}}{\text{мм}}$
 $\rho = 1,05 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 $h = ?$



$J_1 = \frac{q_1}{t}$; $J_2 = \frac{q_2}{t}$; $J_3 = \frac{q_3}{t}$
 $J_1 = \frac{m_1}{k_1}$; $J_2 = \frac{q_2}{t}$; $J_3 = \frac{m_3}{k_3}$

$= \frac{8 - 1,8181}{105 \cdot 10^3} = \frac{6,18}{105 \cdot 10^3}$
 $h = \frac{6,18 \cdot 10^6}{105 \cdot 10^3} = \frac{6180}{105}$
 $= 58,9 \text{ мм}$

$J_2 = \frac{m_2}{k_2} = \frac{\rho S \cdot h}{k_2} \Rightarrow J_2 \cdot t = \frac{\rho S h}{k_2} \Rightarrow J_2 = \frac{\rho S h}{k_2 \cdot t}$
 $J_1 + J_2 = J_3$
 $\frac{m_1}{k_1} + \frac{\rho S h}{k_2 \cdot t} = \frac{m_3}{k_3}$
 $\frac{m_1}{k_1} + \frac{\rho S h}{k_2} = \frac{m_3}{k_3} \Rightarrow \frac{\rho S h}{k_2} = \frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1}$

$h = 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{744 \cdot 10^{-6}}{9,3 \cdot 10^{-8}} - \frac{600 \cdot 10^{-6}}{3,3 \cdot 10^{-3}} \right)$
 $h = \frac{11}{10^7} \cdot \left(\frac{744 \cdot 10^5}{9,3 \cdot 10^6} - \frac{6 \cdot 10^{10}}{3,3 \cdot 10^8} \right)$
 $h = \frac{11}{10^7} \cdot \left(\frac{8 \cdot 10^3}{11} - \frac{2 \cdot 10^4}{11} \right) = \frac{11 \cdot 10^3 \cdot 10,5}{10^7 \cdot 11 \cdot 10,5} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 10 - 2 \cdot 10^4 \cdot 10}{10^7 \cdot 11 \cdot 10,5}$
 $h = 58,9 \text{ мм}$

Через

$\sin \frac{x}{y} = \frac{x}{y}$
 $\frac{F}{F-k}$
 $10 \cdot \frac{1}{2} + \frac{10}{2 \cdot 10 \cdot 1}$
 $k - F - g - x$
 $\frac{6 \cdot 10}{3,3 \cdot 10^{-8}} - \frac{2 \cdot 10^4}{2}$
 $\frac{20}{11} \cdot 11$
 $\frac{90}{-20} = \frac{90}{-20}$
 $m_2 = \frac{9 \cdot 10}{11}$
 $\frac{525}{930} = \frac{58,8}{93}$
 $\frac{840}{900} = \frac{744}{93}$
 $\frac{640}{600} = \frac{744}{93}$
 $\frac{1,82}{1,82}$
 $\frac{105}{105} \cdot \frac{59}{59}$
 $\frac{525}{6195}$