



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников им. Ломоносова
наименование олимпиады

по ФИЗИКЕ
профиль олимпиады

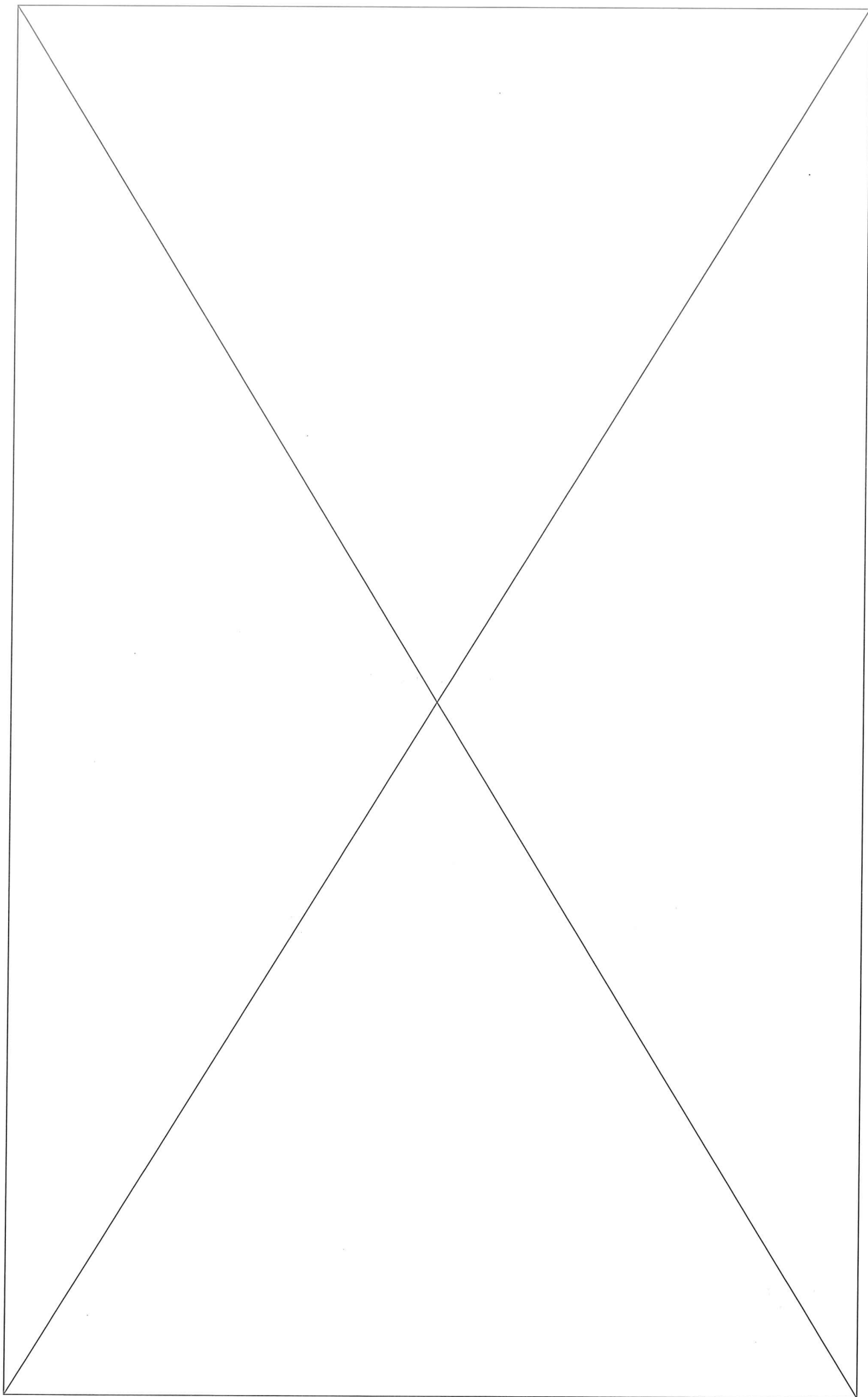
Зверева Виктора Олеговича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

смена ручки
Зверев

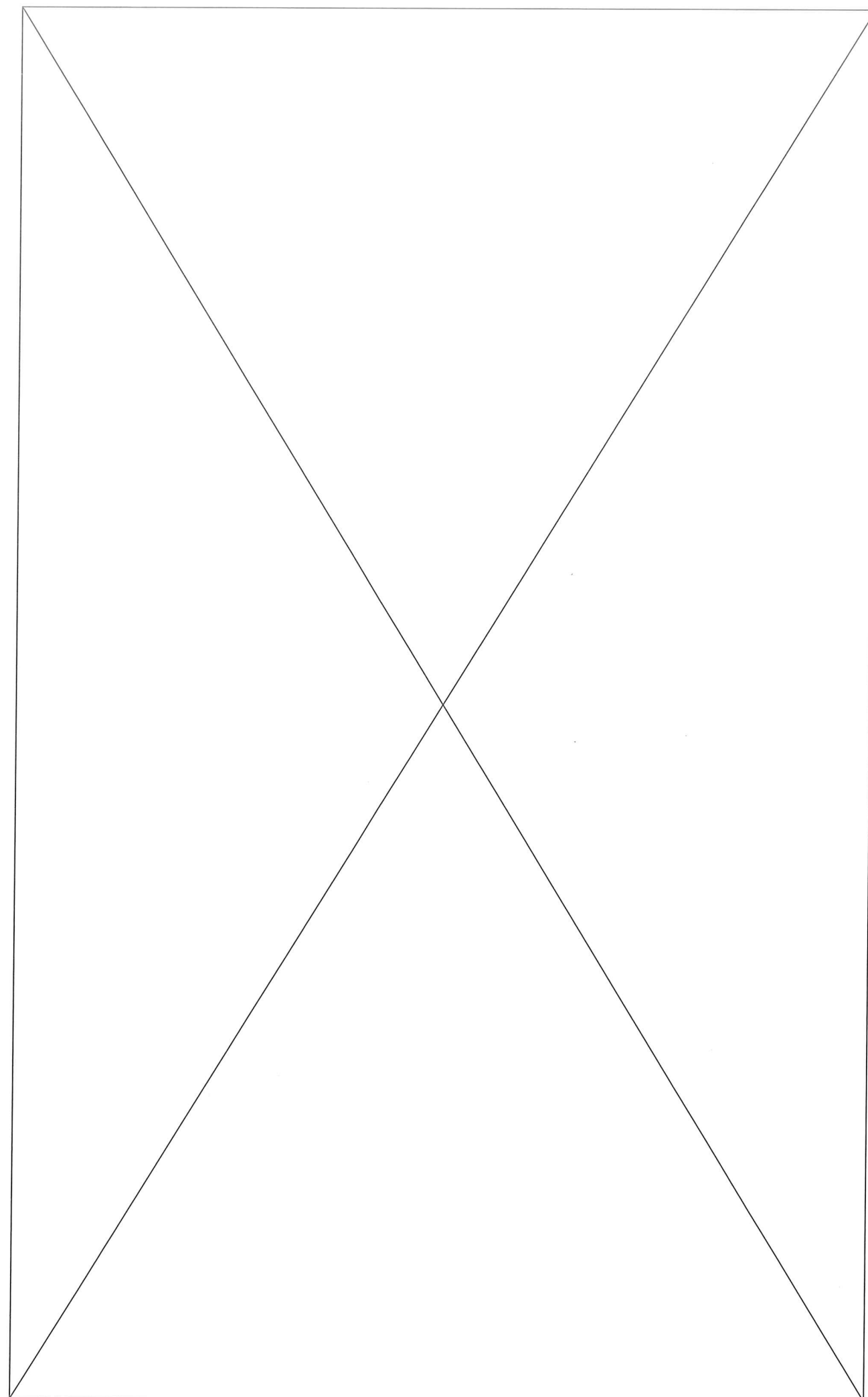
Выдан 1 год назад
Время: 16:39
Вернулся: 16:42
[Signature]

Дата
« 13.02 » 2026 года

Подпись участника
[Signature]



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

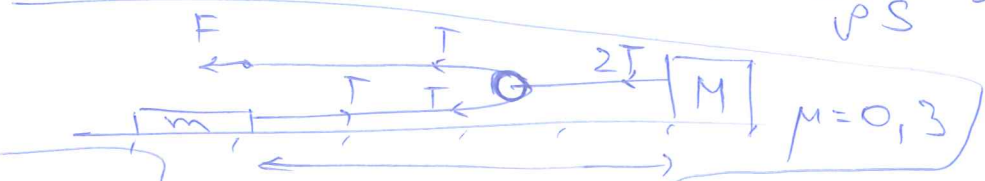
Чертежи

$M = 2m$

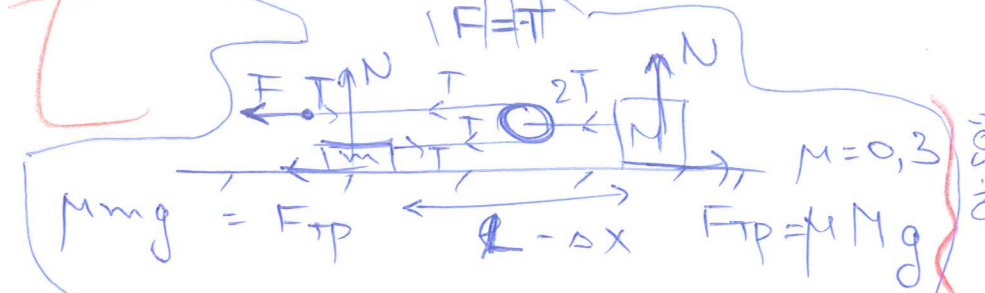
$\frac{m_1}{k_1} + \frac{m_2}{k_2} = \frac{m_3}{k_3}$

$\rho S d = m_2 \Rightarrow$

$m_2 = k_2 \left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \right)$
 $d = \frac{m_2}{\rho S} = \frac{k_2 \left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \right)}{\rho S}$



$\tau = 1c$
 $\Delta X = 1cm$
 $d = 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot (80 -$



$0x: ma = T - \mu mg$

$MA = -2T + \mu Mg$

$Mm(a-A) = MF - \mu m Mg + 2Fm - \mu m Mg$
 $a-A = \frac{F(M+2m) - 2\mu m Mg}{Mm}$

510
6000 | 105
- 525 | 57

750
- 735

15
57 | 15
- 57 | 15

0
57 | 15
- 57 | 15

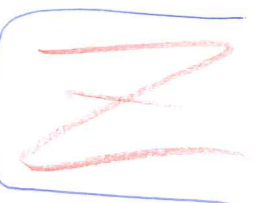
0
57 | 15
- 57 | 15

0

$\frac{a\tau^2}{2} = \frac{A\tau^2}{2} = \Delta X$
 $\frac{\tau^2}{2} (a-A) = \Delta X$

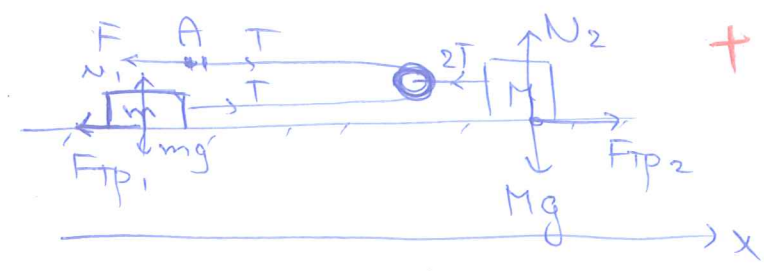
$ma = F - \mu mg \quad | \cdot M$
 $MA = -2F + \mu Mg \quad | \cdot m$

$mM(a+A) = MF - \mu m Mg - 2Fm + \mu m Mg$
 $a+A = \frac{F(M-2m)}{mM}$



46-10-05-83
(4.16)

N^0
 $m = 0,5m \quad M = 2m \quad \tau = 1c$
 $\Delta x = 1m \quad \mu = 0,3$



т.к. нить невесомая \Rightarrow на малом участке А действуем F влево и T вправо $\Rightarrow F = T$
 Запишем 2 закон Ньютона для m и M :

$m: ma = T - F_{тр1}$

$M: MA = -2T + F_{тр2}$, где $F_{тр1} = \mu N_1 = \mu mg$

$F_{тр2} = \mu N_2 = \mu Mg \Rightarrow$

$\Rightarrow (1) ma = T - \mu mg \quad | \cdot M \Rightarrow mMa = TM - \mu mMg$
 $(2) MA = \mu Mg - 2T \quad | \cdot m \Rightarrow mM A = \mu mMg - 2Tm$

20 | 20 | 20 | 19 | 20 | 99
1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2

Здесь у нас F постоянна \Rightarrow ускорения постоянны у m и $M = 1$
 за τ путь m пройдет $|e_1| = \frac{a\tau^2}{2}$
 т.к. $A < 0$ (на $0x$) $= 1$
 $\Rightarrow e_2 = -\frac{A\tau^2}{2}$
 $\Rightarrow \Delta X = e_1 + e_2 = \frac{\tau^2}{2} (a-A) \quad (3)$

Возьмем из (1) (2):
 $mM(a-A) = M \cdot T - \mu m Mg - \mu m Mg + 2Tm$
 $T = F$
 $mM(a-A) = F(M+2m) - 2\mu m Mg$

$$a - A = \frac{F(M+2m) - 2\mu m M g}{mM}$$

Подставим в (3)

$$\Delta X = \frac{\tau^2}{2} \frac{F(M+2m) - 2\mu m M g}{mM}$$

$$\frac{2mM\Delta X}{\tau^2} + 2\mu m M g = F(M+2m)$$

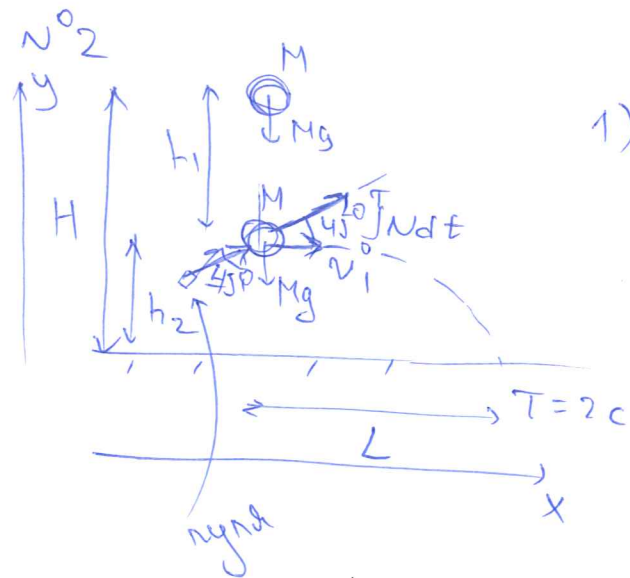
$$F = \frac{2mM(Mg + \frac{\Delta X}{\tau^2})}{M+2m}$$

$$M = 2m \Rightarrow F = \frac{4m^2(Mg + \frac{\Delta X}{\tau^2})}{4m}$$

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

$$F = 0,5 \cdot (0,2 \cdot 10 + \frac{1}{1}) = 2 \text{ Н}$$

Ответ: $F = 2 \text{ Н}$



1) После соударения шарик летит горизонтально \Rightarrow нет вертикальной скорости \Rightarrow на Oy ускорение $g \Rightarrow$

$$\frac{g\tau^2}{2} = h_2$$

\Rightarrow он пролетит за h_2

$$\Delta X = \frac{\tau^2}{2} \frac{F(M+2m) - 2\mu m M g}{mM}$$

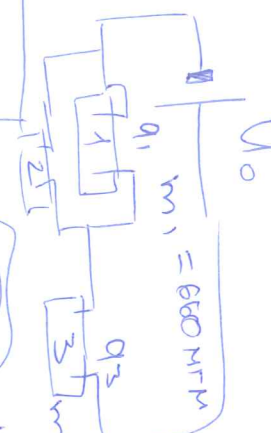
$$\frac{2\Delta X M m}{\tau^2} = F(M+2m) - 2\mu m M g$$

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

$$F = \frac{2 \cdot 2m^2 \left(\frac{1}{1} + 6 \right)}{4m}$$

$$F = 7m = 3,5 \text{ Н}$$

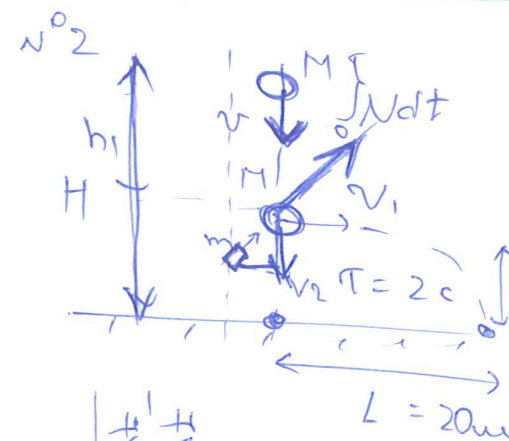
Чертовик



$$k_1 = \frac{m_1}{k_1}$$

$$k_2 = \frac{m_2}{k_2}$$

$$k_1 + k_2 = 9$$



$$\frac{g\tau^2}{2} = h$$

$$H = \frac{g\tau^2}{2} + \frac{L^2}{2g\tau^2}$$

$$H = \frac{10 \cdot 4}{2} + \frac{400}{2 \cdot 10}$$

$$h_1 = \frac{L^2}{2g\tau^2}$$

$$v_1^2 = 2gh_1$$

$$v_2 = \sqrt{2gh_1}$$

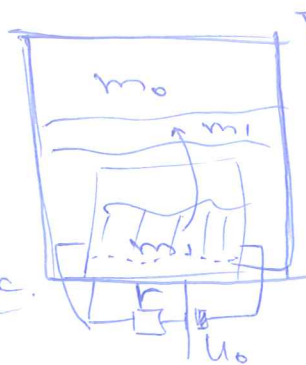
$$\frac{\sqrt{2}}{2} \int_0^{\tau} N dt = Mv_1$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \int_0^{\tau} N dt = Mv_2$$

$$\Rightarrow v_1 = v_2$$

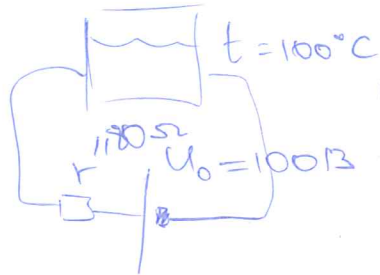
№3 Черновик

$V = 50 \text{ м}^3$



$\rho_0 = \frac{p_0}{p_0}$
 $T_0 = 300 \text{ K}$
 $\varphi_0 = 41,5\% = \frac{p}{p_0}$

$\varphi = ? \quad \tau = 2300 \text{ с}$



$\eta = 80\% = 0,8$ теплота вогр.

$p_{\text{пл}} \cdot V_1 = \eta R T_0$

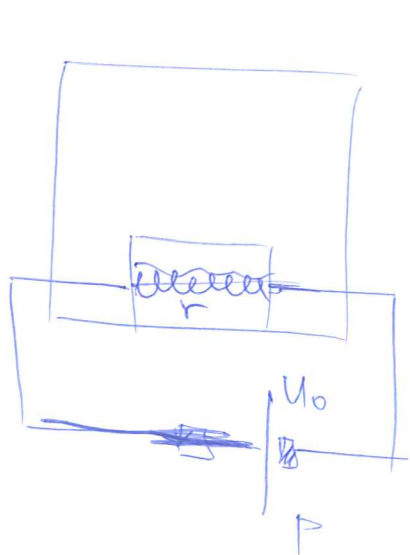
(1) $p_{\text{пл}} \cdot V_1 = \frac{m_{\text{пл}}}{M} R T_0$

$T_0 : p_{\text{нас}} = 2 \text{ кПа}$

$\lambda = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$p_{\text{пл}} \cdot V_1 = \frac{m_{\text{пл}} + m_1}{M} R T_0$

$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \quad R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$



$P = U_0 \cdot I = I^2 r$

$I = \frac{U_0}{r}$

$P = \frac{U_0^2}{r}$

$p_0 \cdot V_0 = m_0$

$p_{\text{нас}} \cdot V_0 = \frac{m_0}{M} R T_0$

$p_{\text{нас}} = \frac{p_0 R T_0}{M}$

$p_0 = \frac{M p_{\text{нас}}}{R T_0}$

$Q = \eta P \tau = \frac{U_0^2}{r} \tau$

$Q = \lambda m_1 = \frac{U_0^2}{r} \tau$

$m_1 = \frac{U_0^2 \tau}{\lambda r}$

$\frac{p_{\text{пл}}}{p_0} = \frac{p_2}{p_0}$

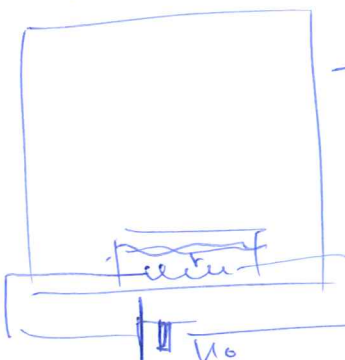
$\frac{p_2}{p_0} = \frac{M p_{\text{пл}}}{R T_0}$

сколькo

испарилось

испарилось

$m_1 = \frac{0,8 \cdot 100^2 \cdot 2300}{2,3 \cdot 10^6 \cdot 80} = 0,1 \text{ кг}$



T_0, φ_0

46-10-05-83 (4.16)

2) После соударения по Oх на шарик силы не действуют $\Rightarrow v_1 \tau = L$
 v_1 - скорость сразу после соударения. $v_1 = \frac{L}{\tau}$

3) На шарик во время соударения действует какая-то сила $N = N(t) \Rightarrow$
 \Rightarrow она изменит его импульс

по Oy: $\Delta p_y = \int_0^{\tau} N(t) dt = M v_1$, где t - время соударения
 по Ox: $M v_0 = \int_0^{\tau} N(t) dt$
 сложим: $M v_0 = M v_1$
 $|v_0| = |v_1|$
 v_0 - скорость за момент до соударения!

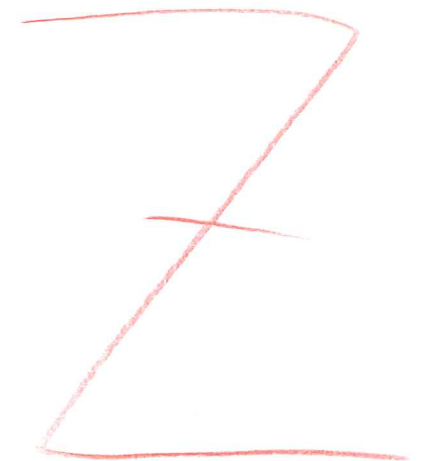
4) З.С.Э. от H до h2 за момент до соударения:
 $M g h_1 = \frac{M v_0^2}{2}$; $h_1 = H - h_2$

$v_1 = \frac{L}{\tau}$; $h_1 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{L^2}{2g\tau^2}$ (из (2))

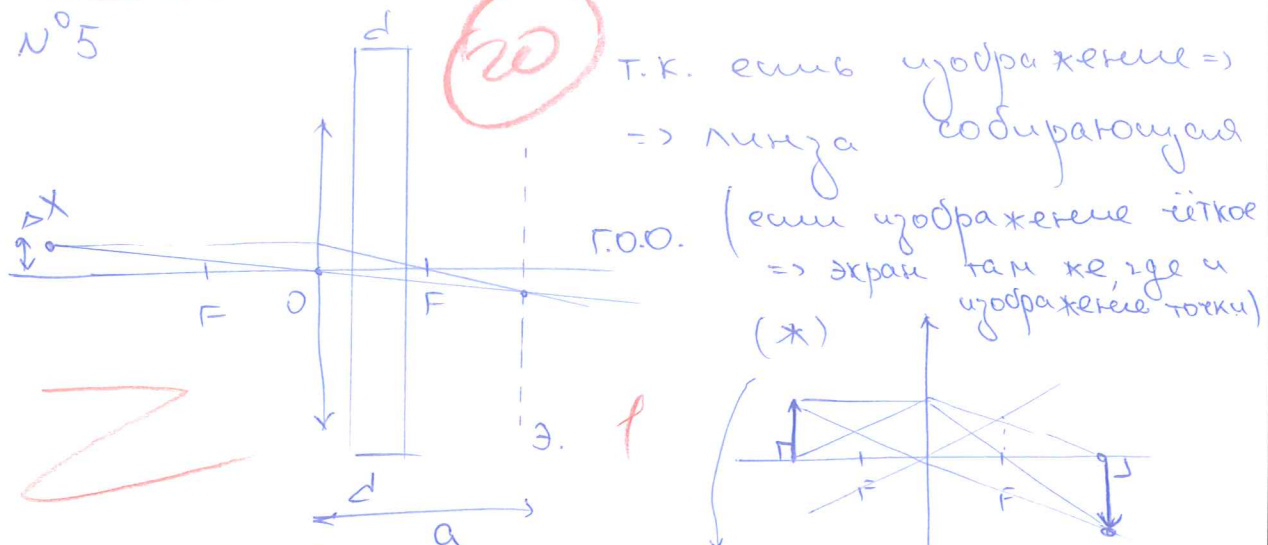
$H = h_1 + h_2 = \frac{L^2}{2g\tau^2} + \frac{g\tau^2}{2}$

$H = \frac{10^5}{2 \cdot 10 \cdot 4} + \frac{10 \cdot 4^2}{2} = 25 \text{ м}$

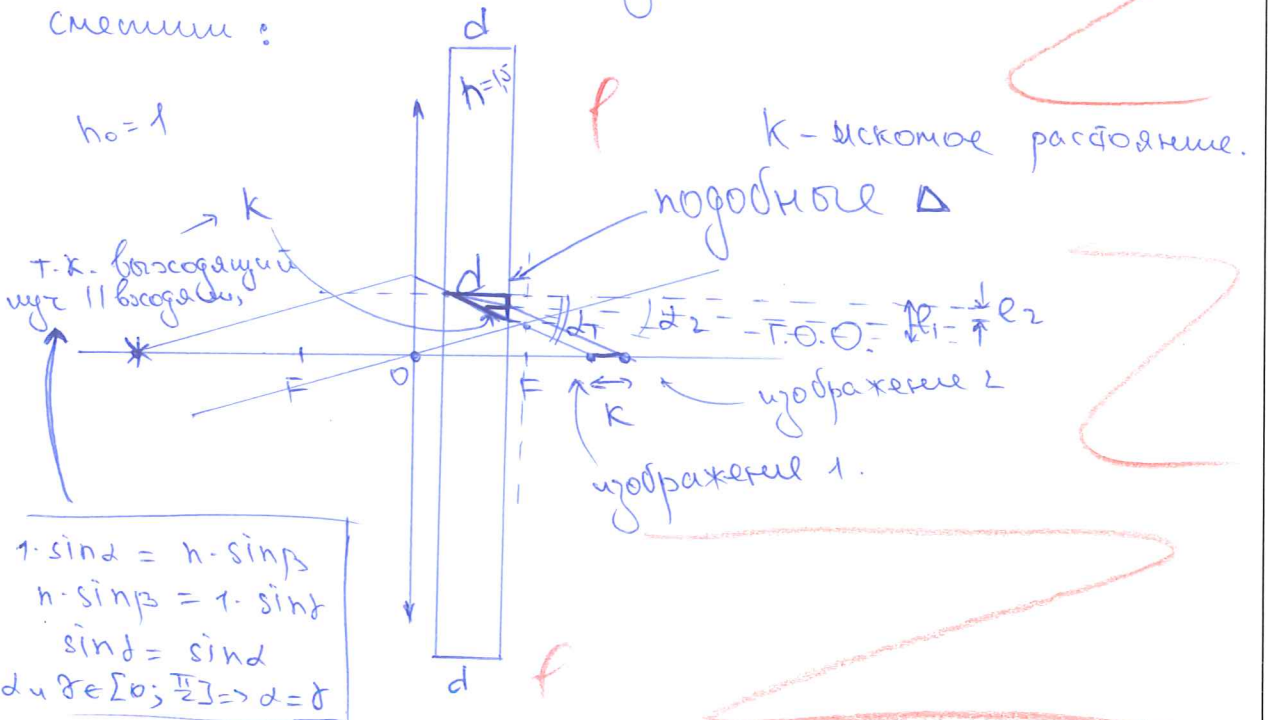
Ответ: $H = 25 \text{ м}$.



№5



т.к. есть изображение => линза собирающая
 Г.О.О. (если изображение четкое => экран там же, где и изображение точки)
 (ж)
 т.к. + Г.О.О. папочка будет поше преломления тоже Г.О.О. =>
 => можно сдвинуть линзу на Δx вниз/вверх и a не изменится.



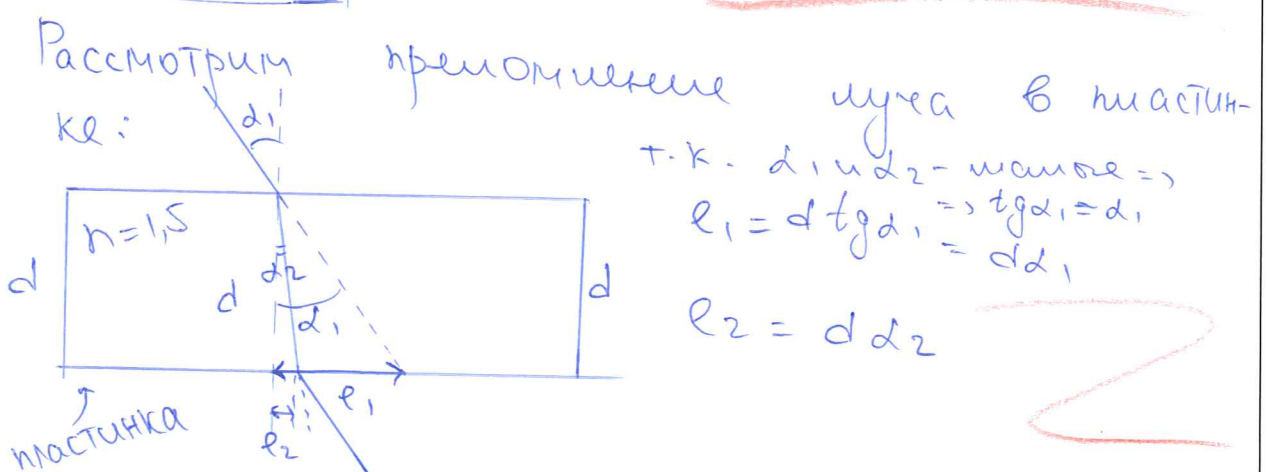
т.к. возросший путь // возросла d₂

$$1 \cdot \sin \alpha = n \cdot \sin \beta$$

$$n \cdot \sin \beta = 1 \cdot \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \sin \beta$$

$d_1 \in [0; \frac{\pi}{2}] \Rightarrow \alpha = \beta$



Рассмотрим преломление луча в пластинке

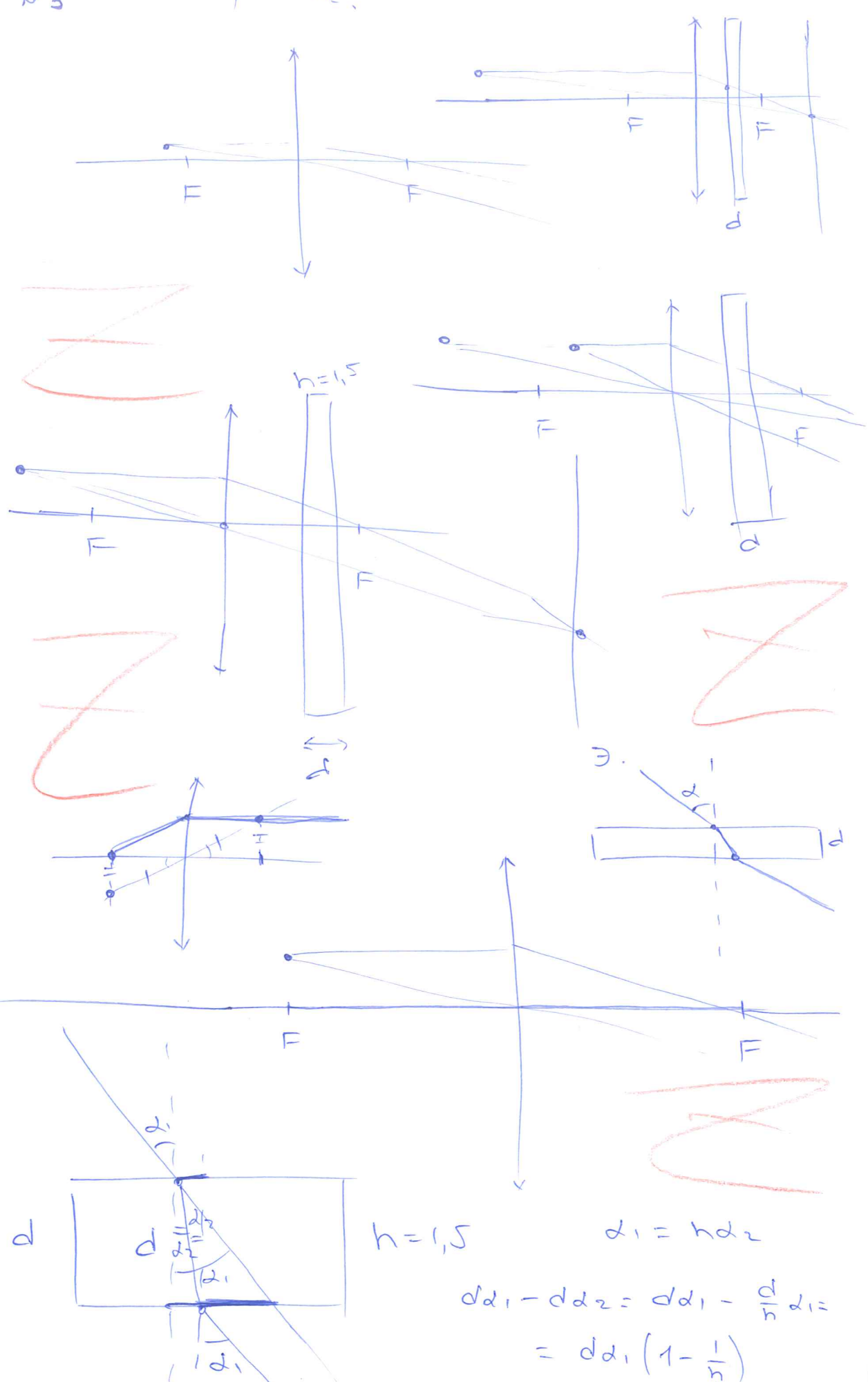
т.к. d_1 и d_2 - малые =>

$$e_1 = d \tan \alpha_1 \approx d \alpha_1$$

$$e_2 = d \alpha_2$$

№5

Черновик



$h = 1,5$

$$d_1 = h d_2$$

$$d d_1 - d d_2 = d d_1 - \frac{d}{n} d_1 = d d_1 \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

Черновик

$m_1 = \frac{1}{2} \frac{U_0^2 \tau}{RT_0}$
 $P_{H1} \cdot V = \frac{m_1 RT_0}{\mu}$
 $P_{H2} V = \frac{m_1 + m_2}{\mu} RT_0$
 $P_{H2} V = \frac{m_1 RT_0}{\mu} + P_{H1} V$
 $P_{H2} = \frac{m_1 RT_0}{\mu V} + P_{H1}$
 $\frac{d}{k} = \frac{h}{h-1} \Rightarrow k = \frac{d(h-1)}{h}$
 $k = \frac{3 \cdot 0,5}{1,5} = 1 \text{ см}$
 $P_{H2} = \frac{m_1 RT_0}{\mu V} + P_{нас} \varphi_0$
 $\dot{V}_2 = \frac{MP_{H2}}{RT_0} = \frac{M}{RT_0} \left(\frac{m_1 RT_0}{\mu V} + P_{нас} \varphi_0 \right)$
 $\dot{V}_2 = \frac{m_1}{V} + \frac{MP_{нас} \varphi_0}{RT_0}$
 $\dot{V}_2 = \frac{1}{2} \frac{U_0^2 \tau}{\mu V} + \frac{MP_{нас} \varphi_0}{RT_0}$
 $\dot{V}_2 = \frac{100}{50 \cdot 10^6} + \frac{0,1}{50} + \frac{0,018 \cdot 20000 \cdot 0,415}{20 \cdot 8,3 \cdot 300}$
 $\dot{V}_2 = 0,002 + 0,002 = 0,004 \text{ м}^3/\text{с}$

46-10-05-83
(4.16)

По закону преломления: $\sin \alpha_1 = d_1$, $\sin \alpha_2 = d_2$

$\sin \alpha_1 \cdot 1 = n \cdot \sin \alpha_2$
 $d_1 = n d_2 \Rightarrow d_2 = \frac{d_1}{n} = 1$
 $\Rightarrow e_2 = \frac{d d_1}{h}$
 т.к. углы $\parallel \Rightarrow$ можно воспользоваться подобием.
 тогда углы подобны $\Rightarrow \frac{d}{k} = -e_2 + e_1$
 $\frac{d}{k} = \frac{d d_1}{h} - \frac{d d_1}{h} + d d_1$
 $\frac{d}{k} = \frac{h}{h-1} \Rightarrow k = \frac{d(h-1)}{h}$
 $k = \frac{3 \cdot 0,5}{1,5} = 1 \text{ см}$
 Ответ: $k = 1 \text{ см}$

№3.1

$P_{нас} = 2 \text{ кПа}$, $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
 $\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$
 $t = 100^\circ \text{C}$
 1) Найдём мощность на катушке:
 $P = \frac{U_0^2}{r}$ (на ней напряж. U_0)
 тогда теплота, полученная водой за время τ : $Q = \tau \cdot P \tau = \tau \cdot \frac{U_0^2}{r} \cdot \tau = \frac{1}{2} \frac{U_0^2 \tau}{r}$
 т.к. $t = 100^\circ \text{C}$ вода \Rightarrow энергия идёт только на испарение воды, тогда:

$$Q = \lambda m_{\text{исп.}}$$

$$\left(\frac{\lambda U_0^2 \tau}{r \lambda} = m_{\text{исп.}} \right) \quad (1)$$



2) Запишем уравнения состояния ^{Ур. Менделеева-Клайперона} водяного пара в начале и в конце (через время τ):

(2) $P_1 \cdot V_0 = \frac{m_0}{M} RT_0$ m_0 - масса пара в начале

(3) $P_2 \cdot V = \frac{m_0 + m_{\text{исп.}}}{M} RT_0$ (объём комнаты \gg объёма воды)

3) $\varphi_0 = \frac{P_1}{P_{\text{нас}}}$ (отпр.) $\Rightarrow P_1 = \varphi_0 P_{\text{нас}} \Rightarrow$
 подставим в (2)
 $= \varphi_0 P_{\text{нас}} V = \frac{m_0}{M} RT_0$

(3) - (2*): $P_2 V - \varphi_0 P_{\text{нас}} V = \frac{m_{\text{исп.}}}{M} RT_0$

(4) $P_2 = \frac{m_{\text{исп.}} RT_0}{M V} + \varphi_0 P_{\text{нас}}$

Связь абсолютной влажности и давления:
 $P V = \frac{m}{M} R T \quad | : V$

$P = \frac{m}{V} \frac{R T}{M} \Rightarrow \rho = \frac{M P}{R T}$, тогда

$\rho_2 = \frac{M}{R T_0} \cdot P_2 = \frac{M}{R T_0} \cdot \left(\frac{m_{\text{исп.}} R T_0}{M V} + \varphi_0 P_{\text{нас}} \right)$

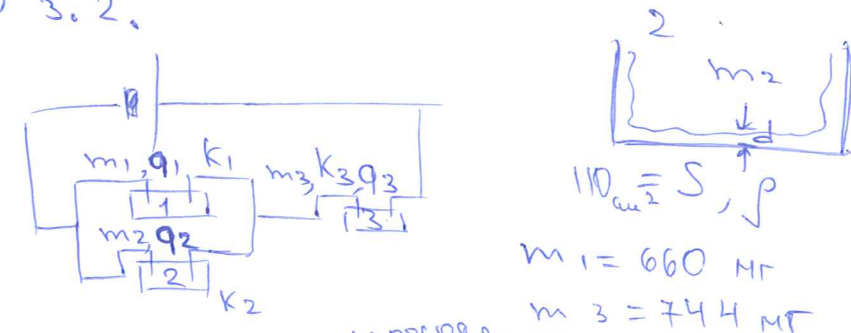
$$\rho_2 = \frac{m_{\text{исп.}}}{V} + \frac{M \varphi_0 P_{\text{нас}}}{R T_0} \Rightarrow \rho_2 = \frac{\lambda U_0^2 \tau}{\lambda r V} + \frac{M \varphi_0 P_{\text{нас}}}{R T_0}$$

$m_{\text{исп.}} = \frac{\lambda U_0^2 \tau}{\lambda r}$

$$\rho_2 = \frac{0,8 \cdot 100^2 \cdot 2300}{2,3 \cdot 10^6 \cdot 80 \cdot 50} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} + \frac{0,018 \cdot 0,415 \cdot 2000}{2,3 \cdot 300} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = (0,002 + 0,006) \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,008 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

Ответ: $\rho_2 = 8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

№ 3.2.



Найдём заряды ^{проходящие} через банки 1, 2 и 3:

1: $q_1 = \frac{m_1}{k_1}$ 2: $q_2 = \frac{m_2}{k_2}$ 3: $q_3 = \frac{m_3}{k_3}$

По 1 закону Киргоффа $q_1 + q_2 = q_3 \Rightarrow \frac{m_1}{k_1} + \frac{m_2}{k_2} = \frac{m_3}{k_3}$ ($q_i = \frac{Q_i}{\epsilon}$)

Слой серебра толщиной d занимает объём $S \cdot d$, его масса $S \cdot d \cdot \rho = m_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow d = \frac{m_2}{S \rho} = \frac{k_2 \left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \right)}{S \rho} = \frac{1,1 \cdot 10^{-6} \left(\frac{744}{9,3 \cdot 10^2} - \frac{660}{3,3 \cdot 10} \right)}{110 \cdot 10^{-4} \cdot 1,05 \cdot 10^4} \text{ м}$

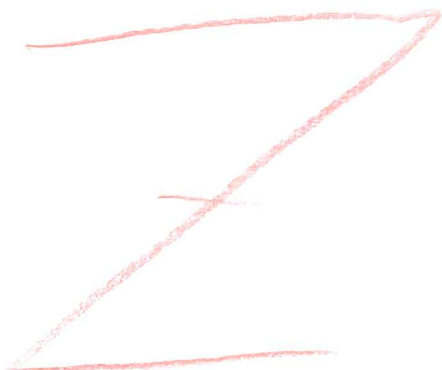
110 · 10⁻⁴ · 1,05 · 10⁴

Черновик :

$$\begin{array}{r} 6600 \overline{) 33} \\ \underline{66} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 910 \\ - 6000 \overline{) 105} \\ \underline{525} \\ - 750 \\ \underline{735} \\ 150 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 600000 \overline{) 105} \\ \underline{525} \\ - 750 \\ \underline{735} \\ 150 \\ - 105 \\ \underline{450} \\ - 420 \\ \underline{30} \end{array}$$



45-10-05-83
(4.16)

№3.2 (продолжение):

$$d = \frac{44 \cdot 10^{-6} \left(\frac{744}{9,3} \cdot 10^2 - \frac{660}{3,2} \cdot 10 \right)}{\frac{110 \cdot 10^{-4} \cdot 1,05 \cdot 10^4}{100} M =}$$

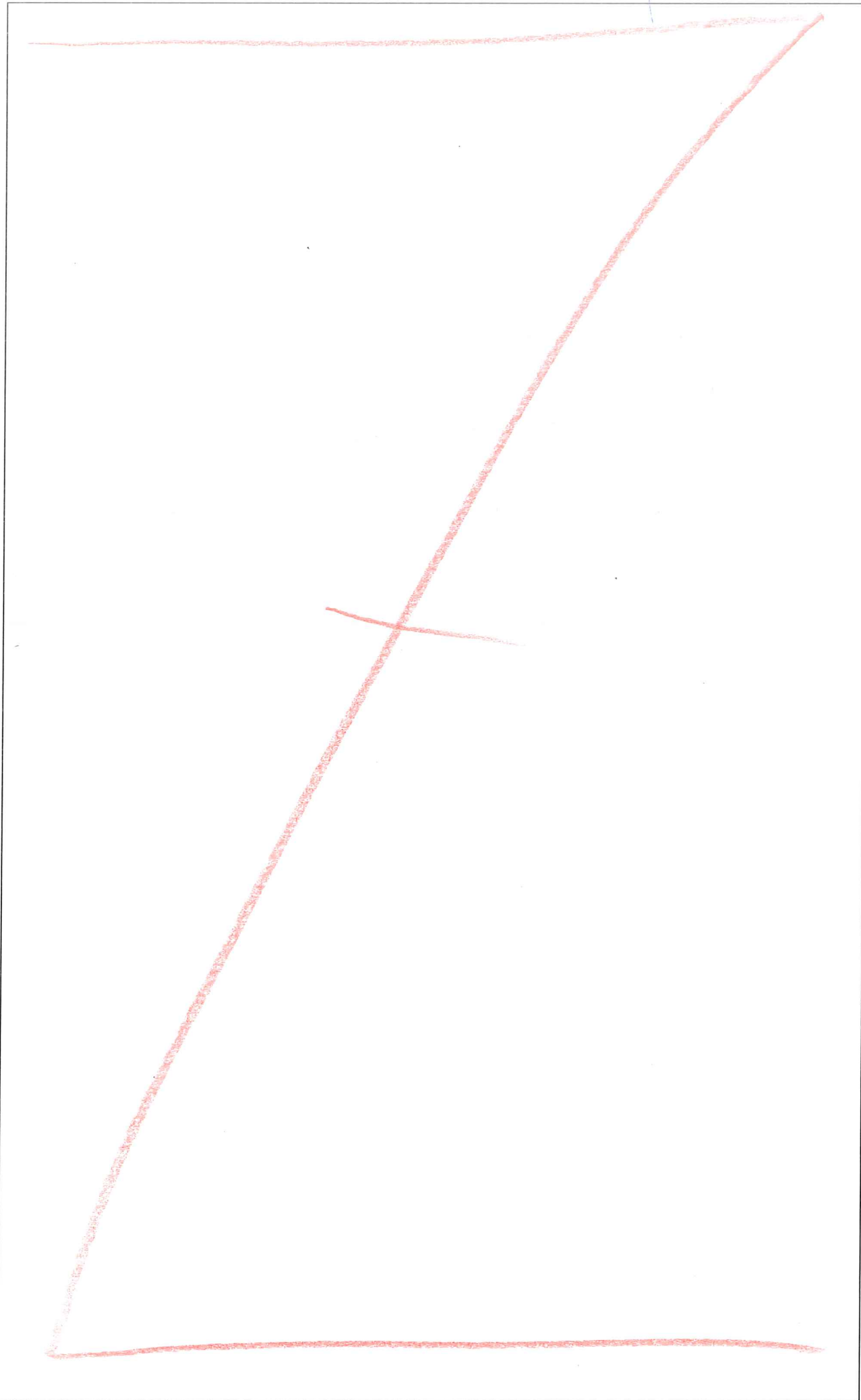
$$= \frac{8000 - 2000}{100 \cdot 1,05 \cdot 10^8} M = \frac{6000}{100 \cdot 1,05 \cdot 10^8} M =$$

$$= \frac{6000}{1,05 \cdot 10^8} \text{ мкм} \approx 57,10 \text{ мкм} \approx 60 \text{ мкм}$$

Ответ: ~~57,10 мкм~~. $d = 60 \text{ мкм}$

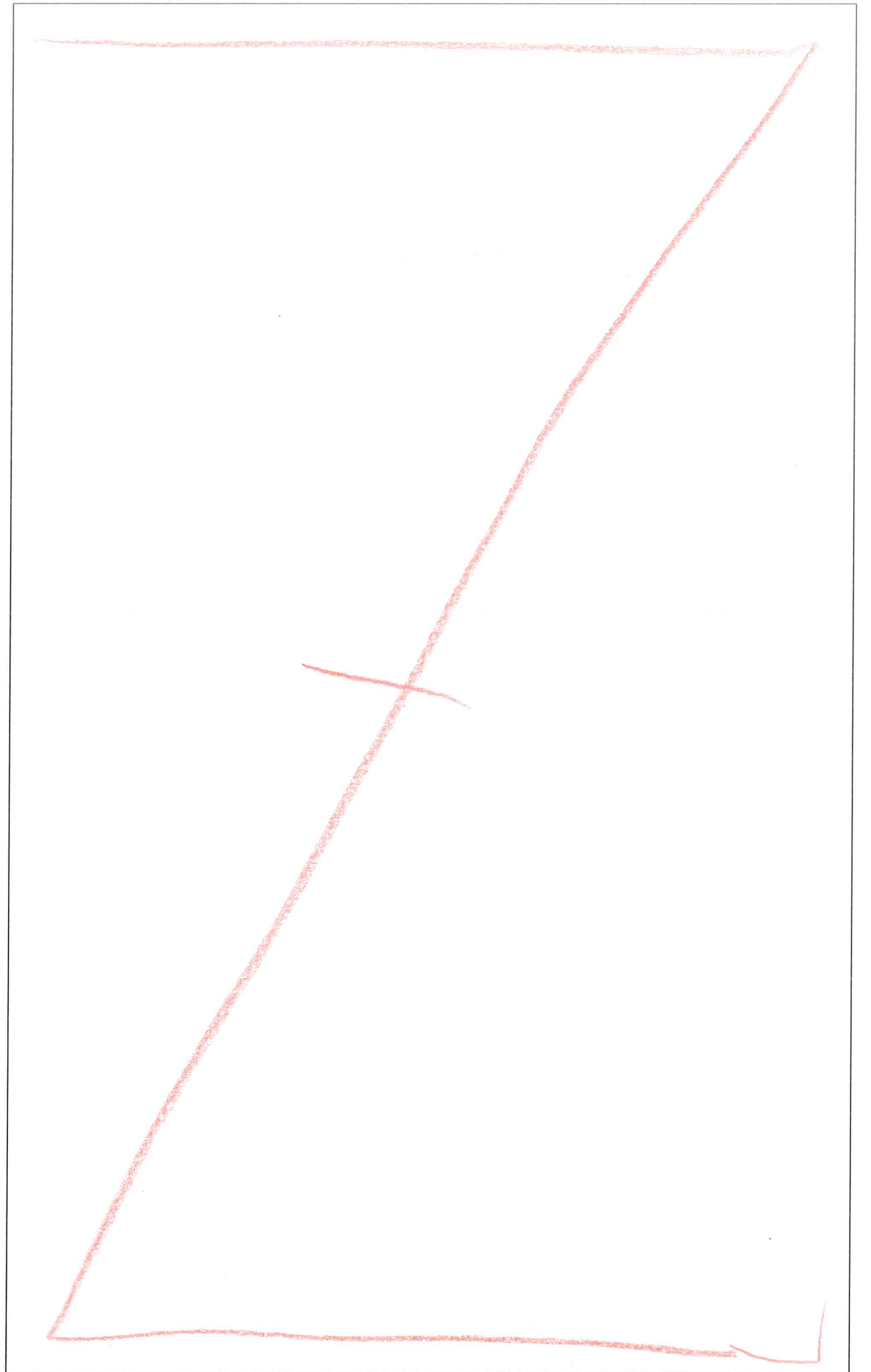


ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!