



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

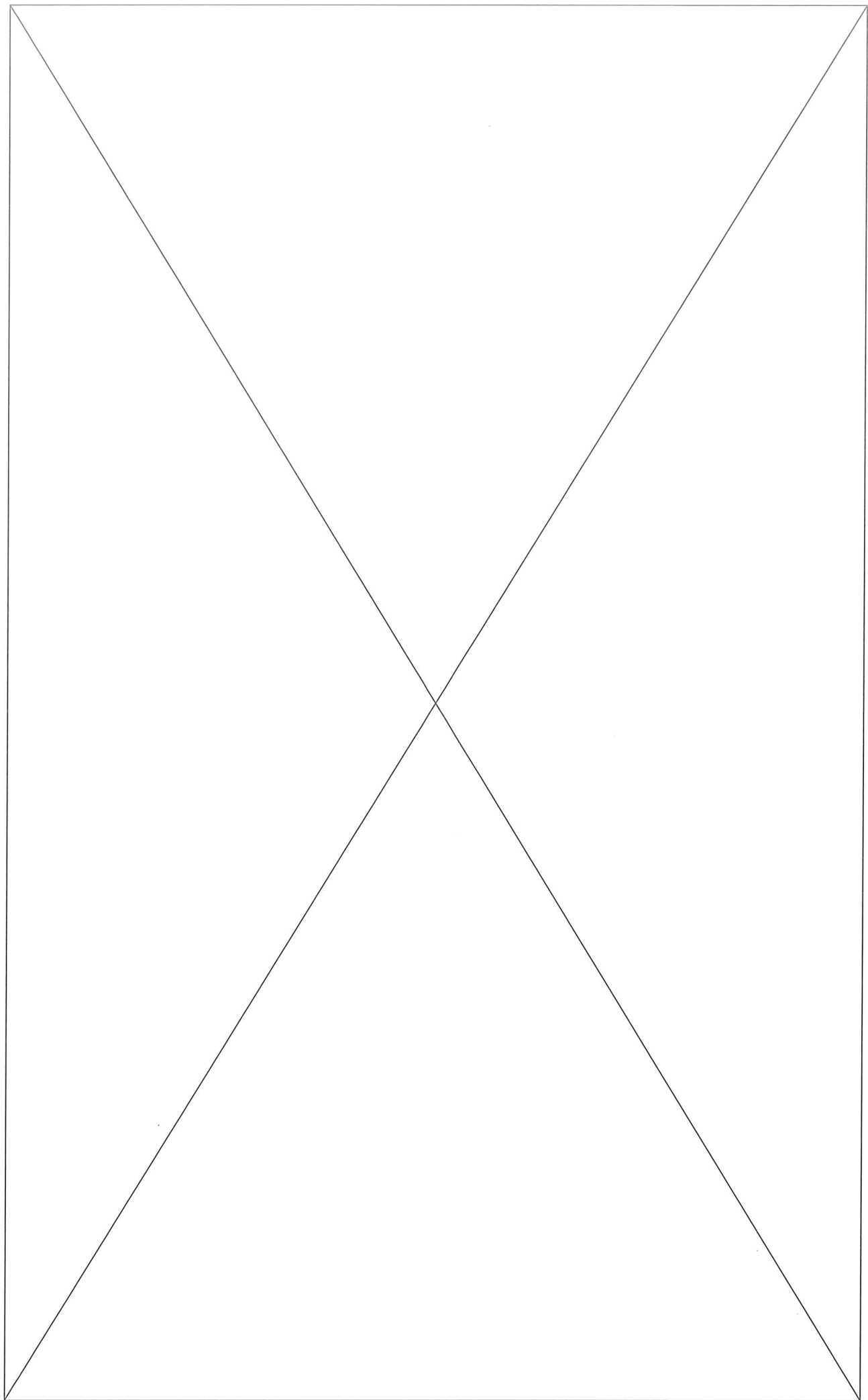
ПО физике
профиль олимпиады

Грачева Александра Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

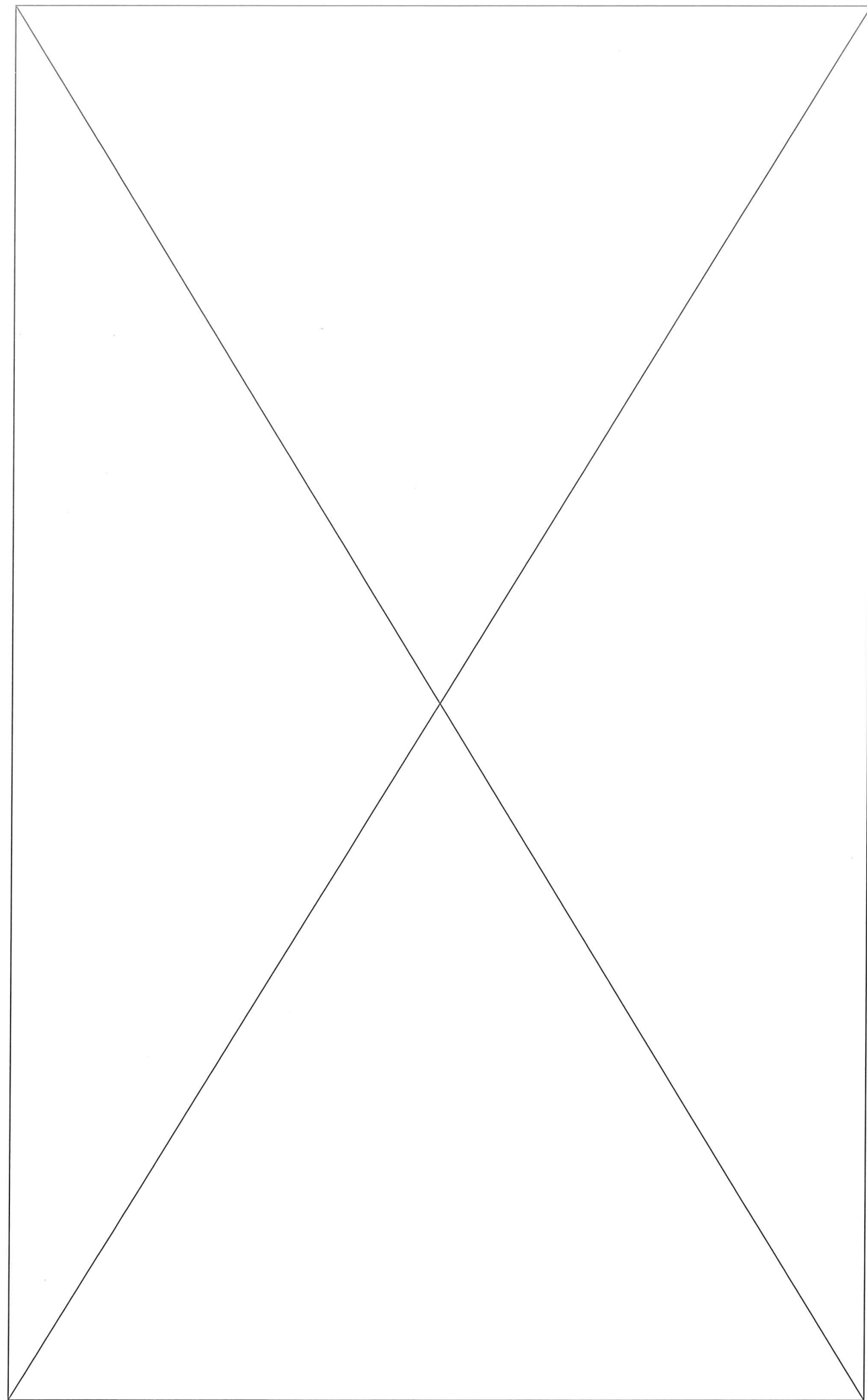
+1 мес Саша

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
Грачева



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик:

3b

КАТОД (-)
АНОД (+)

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$m_1 = k_1 \cdot q_1 \Rightarrow q_1 = \frac{m_1}{k_1}$$

$$m_3 = k_3 \cdot q_3 \Rightarrow q_3 = \frac{m_3}{k_3}$$

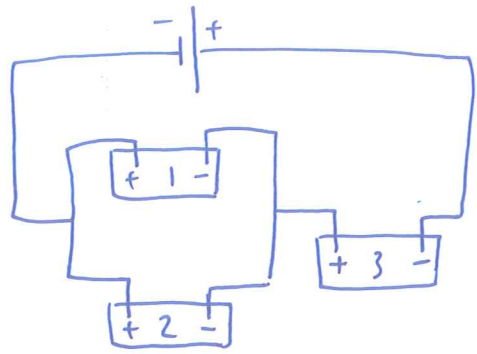
$$m_2 = k_2 \cdot q_2$$

$$q_2 = \frac{m_2}{k_2} \Rightarrow m_2 = k_2 q_2$$

$$\rho_c V_c = k_2 q_2$$

$$V_c = \frac{k_2 q_2}{\rho_c}$$

$$S \cdot d = \frac{\rho_c}{k_2} \Rightarrow d = \frac{\rho_c S}{k_2 q_2}$$



M
10⁻² м
10⁻³ мн
10⁻⁶ м

$$q_1 = \frac{660 \cdot 10^{-6}}{3,3 \cdot 10^{-7}} = \frac{6600}{3,3} = 2000 \text{ Кл}$$

$$q_3 = \frac{744 \cdot 10^{-6}}{9,3 \cdot 10^{-8}} = \frac{744000}{93} = 8000 \text{ Кл}$$

$$\Rightarrow q_2 = 6000 \text{ Кл}$$

$$\Rightarrow d = \frac{1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 6000}{1,05 \cdot 10^{-4} \cdot 110 \cdot 10^{-4}} = \frac{1,1 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4}{1,05 \cdot 11} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{1,05} = \frac{60}{105} = \frac{6000}{105} = 57,01 \text{ мкм}$$

$$\begin{array}{r} 6000 \mid 105 \\ \underline{525} \\ 750 \\ \underline{735} \\ 150 \\ \underline{105} \\ 45 \end{array}$$

83-16-04-24
(4,1)

Черновик:

1

Дано:

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$M = 2 \text{ м}$$

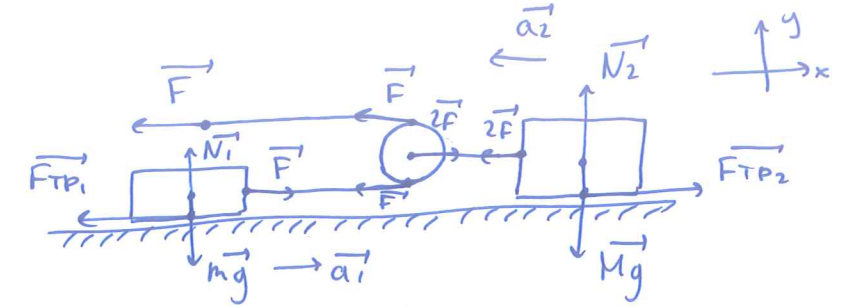
$$\tau = 1 \text{ с}$$

$$\Delta x = 1 \text{ м}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F = ? \text{ Н}$$



Решение:

1) Расставим силы, действующие на оба бруска

2) Запишем II з.к. для них:

$$m\vec{g} + \vec{F} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр1} = m\vec{a}_1 \quad \text{II з.к. для бруска } m$$

$$O_x: F - F_{тр1} = ma_1 \quad (1)$$

$$O_y: N_1 - mg = 0 \quad (2)$$

$$F_{тр1} = \mu N_1 \quad \text{сила трения скольжения (3)}$$

из (1), (2), (3) получаем:

$$ma_1 = F - \mu mg \quad (4)$$

Контроль сил
 $M\vec{g} + 2\vec{F} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр2} = M\vec{a}_2 \quad \text{II з.к. для бруска } M$
т.к. на блок сила тяжести быть скомпенсирована

$$O_x: -2F + F_{тр2} = -Ma_2 \quad (4)$$

$$O_y: N_2 - Mg = 0 \quad (5)$$

$$F_{тр2} = \mu N_2 \quad \text{сила трения скольжения (6)}$$

из (4), (5), (6) получаем:

$$Ma_2 = 2F - \mu Mg$$

$$2Ma_2 = 2F - \mu \cdot 2Mg$$

$$ma_2 = F - \mu mg \quad (7)$$

$$\text{из (4) и (7): } a = a_1 = a_2 \quad (8)$$

$$3) \Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 \quad (9)$$

прошел брусок m

прошел брусок M

87 (проверить)
5 15 75
4 20 20
3 19 20
2 13 20
1 20 20
Генерал

Чистовик:

① (кродолжение)

$$4) \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \quad (8)$$

$$(10) \Delta x_1 = \frac{a_1 \tau^2}{2} = \frac{a \tau^2}{2} \text{ - для бруска } m$$

$$(11) \Delta x_2 = \frac{a_2 \tau^2}{2} = \frac{a \tau^2}{2} \text{ - для бруска } M$$

(время одинакового т.к. бруски стартуют одновременно и одновременно заканчивают движение)

5) (10), (11) → (9):

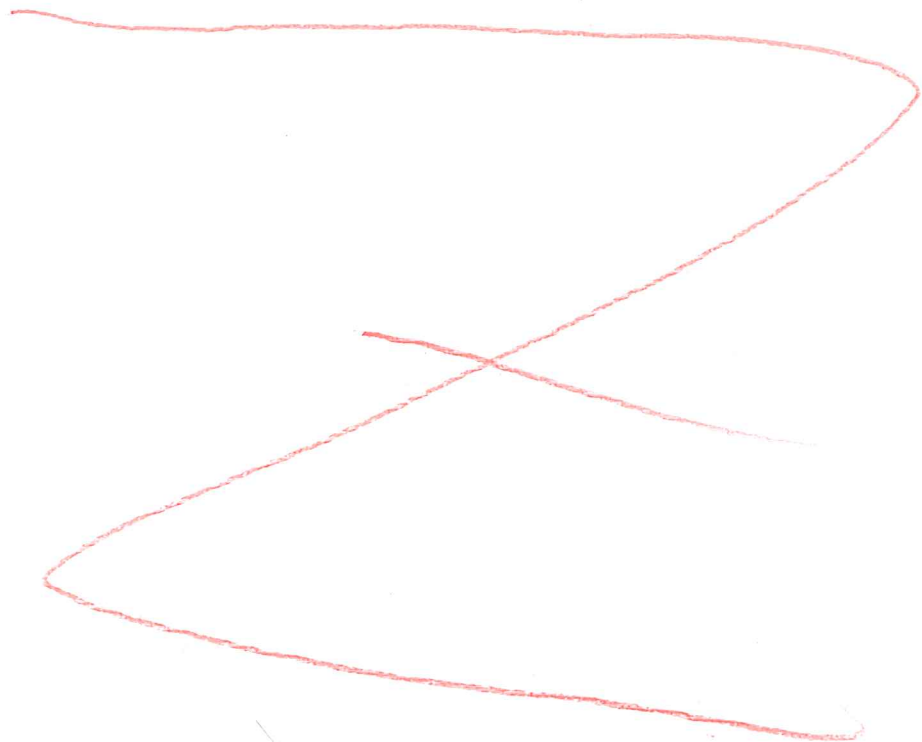
$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = a \tau^2 \Rightarrow a = \frac{\Delta x}{\tau^2} \quad (12)$$

6) из (12) и (10):

$$\frac{\Delta x}{\tau^2} = \frac{F}{m} - mg$$

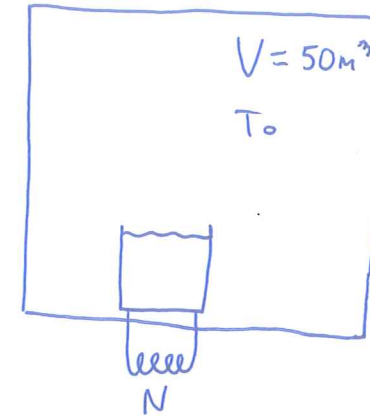
$$\frac{m \Delta x}{\tau^2} = F - \mu mg \Rightarrow F = \mu mg + \frac{m \Delta x}{\tau^2} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 10 + \frac{0,5 \cdot 1}{1^2} = 1,5 + 0,5 = 2 \text{ Н}$$

Ответ: $F = 2 \text{ Н}$



Черновик:

③ а



$$\varphi_0 = 41,5\% = \frac{p_{в.н.}}{p_{нас.}} \Rightarrow \Rightarrow p_{в.н.} = p_{нас.} \cdot \varphi_0$$

$$N = \frac{U^2}{r}$$

$$\eta = \frac{Q_{пол}}{N \cdot \tau} = \eta N \tau = \eta \frac{U^2}{r} \cdot \tau$$

$$Q_{пол} = \frac{\eta U^2 \tau}{r} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{ равна}$$

$$Q_{учн} = \Delta m \lambda$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{\eta U^2 \tau}{r \lambda}$$

$T_0 = \text{const}$

$\Rightarrow pV = \text{const}$

$$pV = \nu RT_0$$

$$p_{в.н.} \cdot V = \frac{m}{M} RT_0$$

$$p_{в.н.}' \cdot V = \frac{m + \Delta m}{M} \cdot RT_0$$

$$\Rightarrow \frac{p_{в.н.}'}{p_{в.н.}} = \frac{m + \Delta m}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_{в.н.}' = \left(1 + \frac{\Delta m}{m}\right) \cdot p_{нас.} \cdot \varphi_0$$

$$= \left(1 + \frac{\Delta m \cdot RT_0}{\varphi_0 p_{нас.} \cdot V \cdot M}\right) \cdot p_{нас.} \cdot \varphi_0 =$$

$$= \left(1 + \frac{\eta U^2 \tau RT_0}{p_{нас.} \cdot \varphi_0 \cdot V \cdot M}\right) \cdot p_{нас.} \cdot \varphi_0$$

$$\frac{83 \cdot 3 \cdot 10^2}{83 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 2}$$

$$\frac{83 \cdot 3}{6 \cdot 23}$$

$$\frac{8 \cdot 10^{-1} \cdot 23 \cdot 10^2 \cdot 10^7 \cdot 8,3 \cdot 3 \cdot 10^8}{23 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 415 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= \frac{8 \cdot 25 \cdot 83 \cdot 3 \cdot 10^6}{25 \cdot 8 \cdot 415 \cdot 18 \cdot 10^5} =$$

$$= \frac{83 \cdot 3 \cdot 10}{415 \cdot 18} = \frac{83 \cdot 3 \cdot 8}{3 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 8}$$

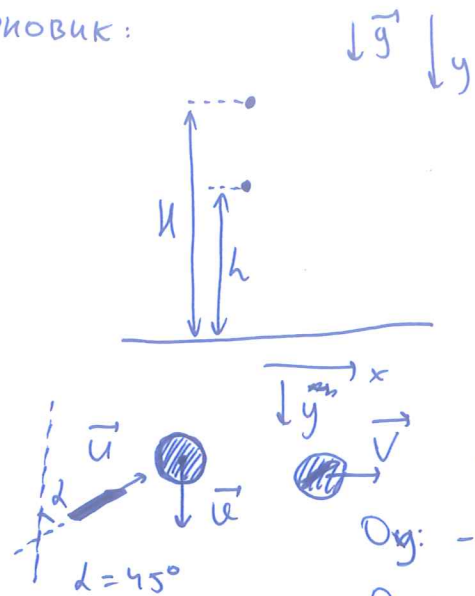
$$\begin{array}{r} 3320 \overline{) 3} \\ \underline{-3} \\ 3 \\ \underline{-3} \\ 20 \\ \underline{-18} \\ 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 415 \overline{) 15} \\ \underline{-40} \\ 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 830 \overline{) 3320} \\ \underline{-830} \\ 2490 \\ \underline{-2490} \\ 0 \end{array}$$

Черновик:

②



$$O_y: y = H + \frac{gt^2}{2}$$

τ_1 - момент попадания пули

$$\Rightarrow y(\tau_1) = h = H + \frac{g\tau_1^2}{2}$$

$$O_y(\tau_1) = U = g\tau_1$$

M - масса шара
 m - масса пули

ЗСУ:

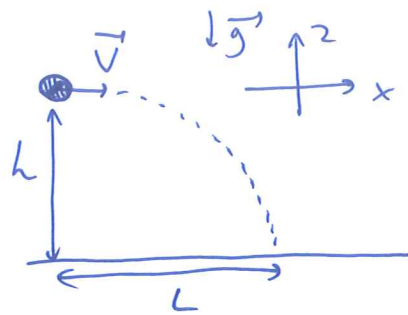
$$O_y: -mU \cos \alpha + MU = 0$$

$$O_x: mU \sin \alpha = (m+M)V$$

$$\Downarrow$$

$$MU = mU \cos \alpha \quad | \Rightarrow U = V$$

$$mU \sin \alpha = MV$$



$$O_x: x = Vt$$

$$O_z: z = h - \frac{gt^2}{2}$$

$$z(\tau) = 0 \Rightarrow h = \frac{g\tau^2}{2}$$

$$x(\tau) = L = V\tau \Rightarrow V = U = \frac{L}{\tau} = g\tau$$

$$\Rightarrow \tau_1 = \frac{L}{g\tau}$$

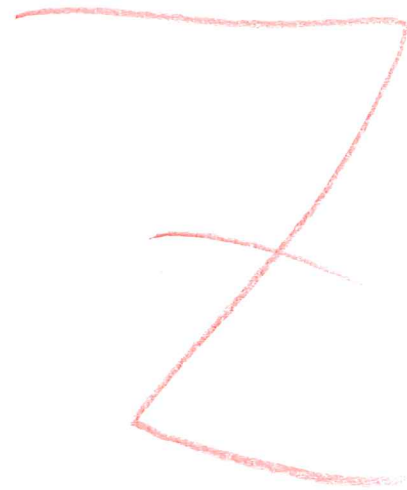
$$\frac{g\tau^2}{2} = H + \frac{g}{2} \cdot \frac{L^2}{g^2\tau^2}$$

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

$$= \frac{g^2\tau^4 - L^2}{2g\tau^2} = \frac{10^2 \cdot 2^4 - 20^2}{2 \cdot 10 \cdot 2^2} =$$

$$= \frac{1600 - 400}{80} =$$

$$= \frac{1200}{80} = 15 \text{ м}$$



83-16-04-24 (4.1)

Чистовик:

②

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $\tau = 2 \text{ с}$
 $L = 20 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $H = ? \text{ м}$

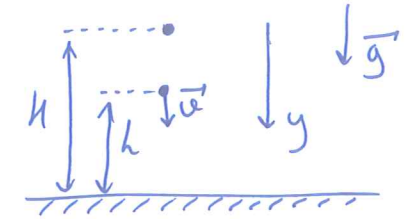
Решение:

$$1) \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g} t$$

$$O_y: y = H + \frac{gt^2}{2}$$

$$O_y = gt$$



τ_1 - момент, когда пуля врежется в шар

$$\Rightarrow y(\tau_1) = h = H + \frac{g\tau_1^2}{2} \quad (1)$$

$$O_y(\tau_1) = U = g\tau_1 \quad (2)$$

2) Запишем ЗСУ после удара:

$$O_x: mU \sin \alpha = (m+M)V$$

$$O_y: -mU \cos \alpha + MU = 0$$

m - масса пули

M - масса шара | примем $M \gg m$

$$\Rightarrow \begin{cases} mU \sin \alpha = MV \\ mU \cos \alpha = MU \end{cases}$$

отсюда т.к. $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ$:

$$U = V \quad (3)$$

3) \neq перед движением система после удара:

$$O_x: x = Vt$$

$$O_z: z = h - \frac{gt^2}{2}$$

$$x(\tau) = L = V\tau \Rightarrow V = \frac{L}{\tau} \quad (4)$$

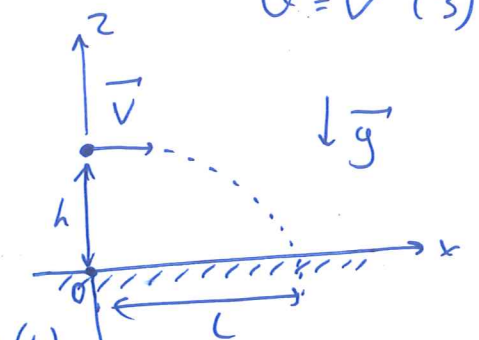
$$z(\tau) = 0 \Rightarrow h = \frac{g\tau^2}{2} \quad (5)$$

$$\text{из (4), (3) и (2): } \tau_1 = \frac{U}{g} = \frac{V}{g} = \frac{L}{\tau g} \quad (6)$$

(5), (6) \rightarrow (1):

$$\frac{g\tau^2}{2} = H + \frac{g}{2} \cdot \frac{L^2}{\tau^2 g^2} \Rightarrow H = \frac{g^2\tau^4 - L^2}{2g\tau^2} = \frac{10^2 \cdot 2^4 - 20^2}{2 \cdot 10 \cdot 2^2} = 15 \text{ м}$$

Ответ: $H = 15 \text{ м}$



Чистовик:

3а

Дано:

$$V = 50 \text{ м}^3$$

$$T_0 = 300 \text{ К}$$

$$\varphi_0 = 41,5\%$$

$$t = 100^\circ \text{C}$$

$$r = 80 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$\eta = 80\%$$

$$\tau = 2300 \text{ с}$$

$$p_{\text{нас}} = 2 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

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

$$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{моль}}$$

φ_A - ?

Решение:

1) N - мощность электролитки

$$N = I \cdot U = \frac{U^2}{r}$$

2) $\eta = \frac{Q}{N \cdot \tau} \Rightarrow Q = \eta N \tau = \frac{\eta \tau U^2}{r}$ (1)

Q - кол-во теплоты, которое пошло в долек на парообразование воды за время τ
(нагрев не требуется т.к. температура воды в сосуде $t = 100^\circ \text{C}$)

$$Q_{\text{пар}} = Q = \Delta m \lambda \quad (2)$$

из (1) и (2):

(3) $\Delta m = \frac{\eta \tau U^2}{\lambda r}$ - масса воды, которая превратилась в пар

3) Запишем уравнение М.-К. для начального и конечного положений:

$$(4) p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R T_0$$

$$(5) p' \cdot V = \frac{m + \Delta m}{\mu} \cdot R T_0$$

по усл. можем считать, что $T_0 = \text{const}$

4) $\varphi_0 = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$ - отн. влажность при T_0

$\Rightarrow p = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}$ (6) (φ_0 в долек)

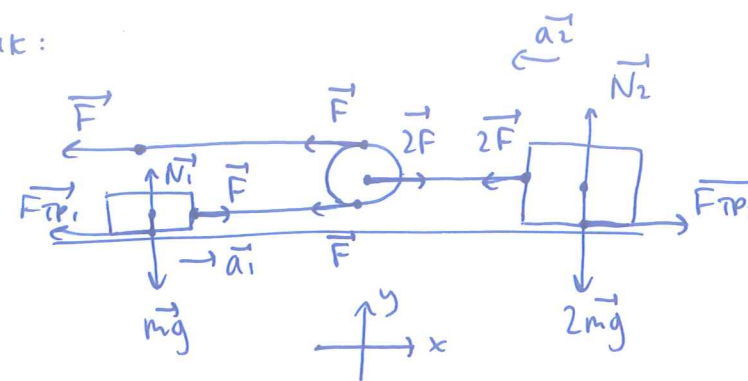
(5) подставим на (4):

$$\frac{p}{p'} = \frac{m}{m + \Delta m}$$

$$p' = p \cdot \left(1 + \frac{\Delta m}{m}\right)$$

Черновик:

1



для №1:

$$O_x: m a_1 = F - \mu N_1$$

$$O_y: 0 = N_1 - mg \Rightarrow N_1 = mg \Rightarrow m a_1 = F - \mu mg$$

для №2:

$$O_x: -2m a_2 = \mu N_2 - 2F \Rightarrow 2m a_2 = 2F - 2\mu mg$$

$$O_y: 0 = N_2 - 2mg \Rightarrow N_2 = 2mg$$

$$\Rightarrow a_1 = a_2 = a$$

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$$

для №1:

$$O_x: x_1 = \frac{a_1 t^2}{2} \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{a t_1^2}{2}$$

$$a = \frac{F}{m} - \mu g$$

для №2:

$$O_x: x_2 = \frac{a_2 t^2}{2} \Rightarrow \Delta x_2 = \frac{a t_2^2}{2} \quad t_1 = t_2 = \tau$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta x = \frac{a}{2} (t_1^2 + t_2^2) \\ t_1 + t_2 = \tau \end{cases} \Rightarrow \Delta x = \frac{a}{2} \cdot 2\tau^2$$

$$a = \frac{\Delta x}{\tau^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta x}{\tau^2} = \frac{F}{m} - \mu g$$

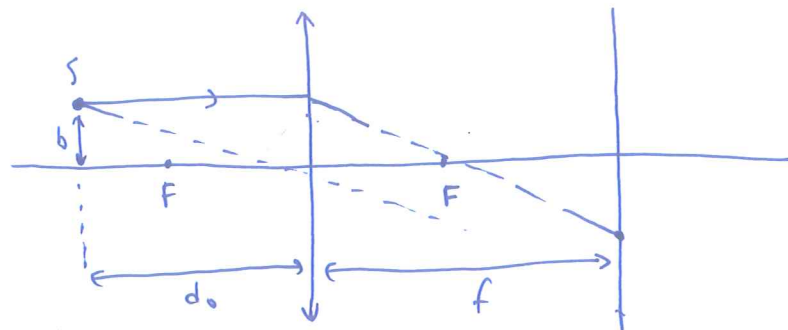
$$\frac{\Delta x}{\tau^2} + \mu g = \frac{F}{m}$$

$$F = \frac{m \Delta x}{\tau^2} + m \mu g =$$

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

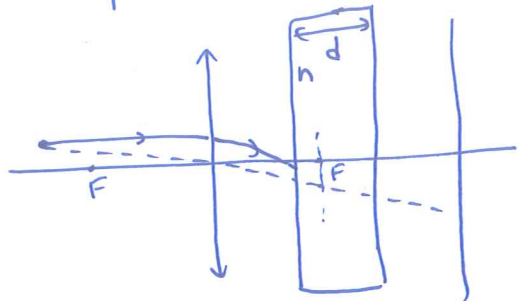
$$= 0,5 + 1,5 = \boxed{2 \text{ Н}}$$

Чертежик: 10 собирающая



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha \cdot n_0 &= \sin \beta \cdot n_2 \\ \sin \alpha &= 1,5 \sin \beta \\ \alpha &= 1,5 \beta \end{aligned}$$



$$n_0 = 1 \quad n = 1,5$$



$$h = d \cos \beta =$$

$$= d \sqrt{1 - \beta^2} =$$

$$= d \sqrt{1 - (1,5 \beta)^2}$$

$$\sin \beta \cdot n = \sin \gamma \cdot n_0$$

$$1,5 \sin \beta = \sin \gamma$$

$$\gamma = 1,5 \beta$$

$$\sin \alpha = \alpha = \frac{e}{x} \Rightarrow x = \frac{e}{\alpha}$$

$$\sin \beta = \beta = \frac{\alpha}{1,5} = \frac{2e}{d}$$

$$\Rightarrow e = \frac{d \alpha}{3}$$

$$\Rightarrow x = \frac{d \alpha}{3} = \boxed{\frac{d}{3}}$$

83-16-04-24
(4.1)

Чистовик:

3) а (прогнозирование)

6) (3), (4), (3) → (7):

$$p' = \rho_0 \rho_{\text{нлс}} \cdot \left(1 + \frac{\eta \tau U^2}{\lambda r V} \cdot \frac{RT_0}{\rho V \mu} \right) =$$

$$= 0,415 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot \left(1 + \frac{0,8 \cdot 2300 \cdot 10000 \cdot 8,3 \cdot 300}{2,3 \cdot 10^5 \cdot 80 \cdot 0,415 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 0,018} \right) =$$

$$= 415 \cdot 2 \cdot \left(1 + \frac{8 \cdot 23 \cdot 83 \cdot 3 \cdot 10^6}{23 \cdot 8 \cdot 415 \cdot 18 \cdot 10^5} \right) = 83 \cdot 5 \cdot 2 \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \right) =$$

$$= 830 \cdot \frac{4}{3} = \frac{3320}{3} = 1106,66$$

5) $\varphi_A = \rho = \frac{m + \Delta m}{V}$ (7)

6) (3), (4), (6) → (7):

$$\varphi_A = \rho = \frac{m}{V} + \frac{\Delta m}{V} = \frac{\rho \mu t}{RT_0} + \frac{\eta \tau U^2}{\lambda r V} =$$

$$= \frac{\mu \rho_0 \rho_{\text{нлс}}}{RT_0} + \frac{\eta \tau U^2}{\lambda r V} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 415 \cdot 2}{83 \cdot 10^{-1} \cdot 3 \cdot 10^2} + \frac{8 \cdot 10^{-1} \cdot 23 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{23 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10} =$$

$$= \frac{3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 83 \cdot 5}{83 \cdot 3} + \frac{8 \cdot 10^{-1} \cdot 23 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{23 \cdot 8 \cdot 5} =$$

$$\textcircled{+} 60 + \frac{1}{500} = \frac{29999}{500} = 59,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 59999 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

$$\textcircled{=} \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 415 \cdot 2}{83 \cdot 10^{-1} \cdot 3 \cdot 10^2} + \frac{8 \cdot 10^{-1} \cdot 23 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{23 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 83 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 10^4}{83 \cdot 3} -$$

$$- \frac{8 \cdot 23 \cdot 10^{-2}}{23 \cdot 8 \cdot 5} = 6 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{5} \cdot 10^{-2} = \frac{6}{1000} - \frac{1}{500} =$$

$$= \frac{6}{1000} - \frac{2}{1000} = \frac{4}{1000} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \Rightarrow \varphi_A = 4 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

Ответ: $\varphi_A = 4 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

Чистовик:

④ / ③b

Дано:

$$m_1 = 660 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$$

$$m_3 = 744 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$$

$$S = 110 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

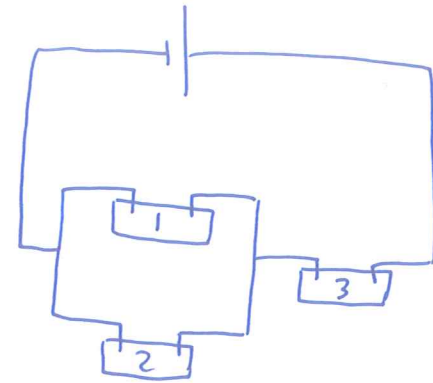
$$k_1 = 3,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$$

$$k_2 = 1,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$$

$$k_3 = 9,3 \cdot 10^{-8} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$$

$$\rho = 1,05 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$d = ? \text{ мкм}$$



Решение:

~~Решение:~~

$$1) m_1 = k_1 q_1 \Rightarrow q_1 = \frac{m_1}{k_1} \quad (1)$$

$$m_3 = k_3 q_3 \Rightarrow q_3 = \frac{m_3}{k_3} \quad (2)$$

$$2) q_3 = q_1 + q_2 \Rightarrow q_2 = q_3 - q_1 \quad (3)$$

3) из (1), (2), (3):

$$q_2 = \frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \quad (4)$$

$$4) m_2 = \rho_c V_c = \rho_c S \cdot d = k_2 q_2 \quad (5)$$

ρ — плотность серебра
 V_c — объём серебра
 d — искомая толщина слоя

5) (4) → (5):

$$d = \frac{k_2 q_2}{\rho_c S} = \frac{k_2 \left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} \right)}{\rho S} = \frac{1,1 \cdot 10^{-6} \left(\frac{744 \cdot 10^{-6}}{9,3 \cdot 10^{-8}} - \frac{660 \cdot 10^{-6}}{3,3 \cdot 10^{-7}} \right)}{1,05 \cdot 10^4 \cdot 110 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \frac{1,1 \cdot 10^{-6} \left(\frac{744000}{93} - \frac{660000}{33} \right)}{10,5 \cdot 110} = \frac{11 \cdot 10^{-7} (8000 - 2000)}{10,5 \cdot 110}$$

$$= \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 10^{-7}}{10,5} = \frac{6 \cdot 10^{-4}}{105 \cdot 10^{-1}} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{105} \text{ м}$$

$$\Rightarrow d = \frac{6 \cdot 10^3}{105} \text{ мкм} = 57,01 = 57,0 \text{ мкм}$$

Ответ: $d = 57,0 \text{ мкм}$

Чистовик:

⑤

Дано:

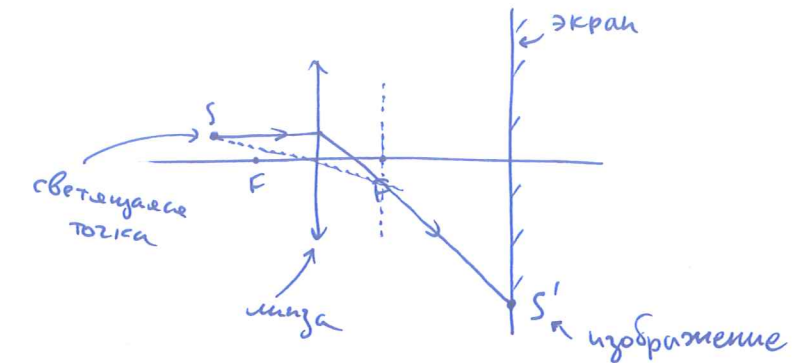
$$d = 3 \text{ см}$$

$$n = 1,5$$

$$x = ? \text{ см}$$

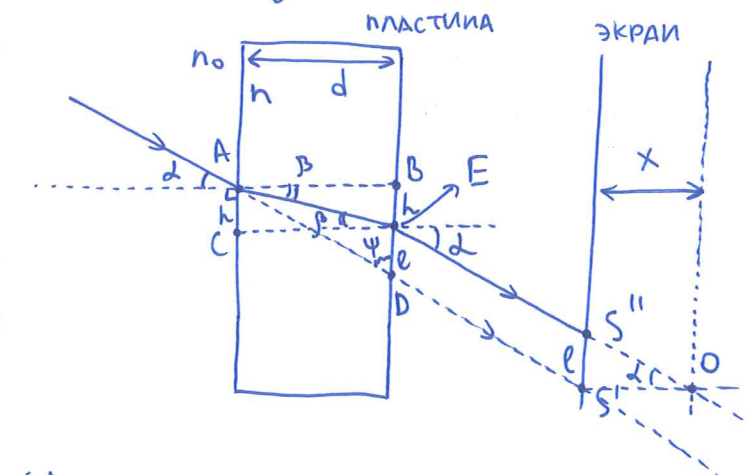
Решение:

1) Очевидно, что линза собирающая, т.к. изображение формируется за линзой



2) Не имеет смысла \angle ход лучей до попадания на плоскопараллельную пластину, тем более нам про это ничего не известно. Поэтому \angle ход луча при преломлении и далее

3) Запишем закон преломления при входе луча:



$$\sin \alpha \cdot n_0 = \sin \beta \cdot n$$

с учетом того, что $n_0 = 1$ и углы малые:

$$\alpha = 1,5 \beta \quad (1)$$

4) Запишем закон преломления при выходе луча из пластинки:

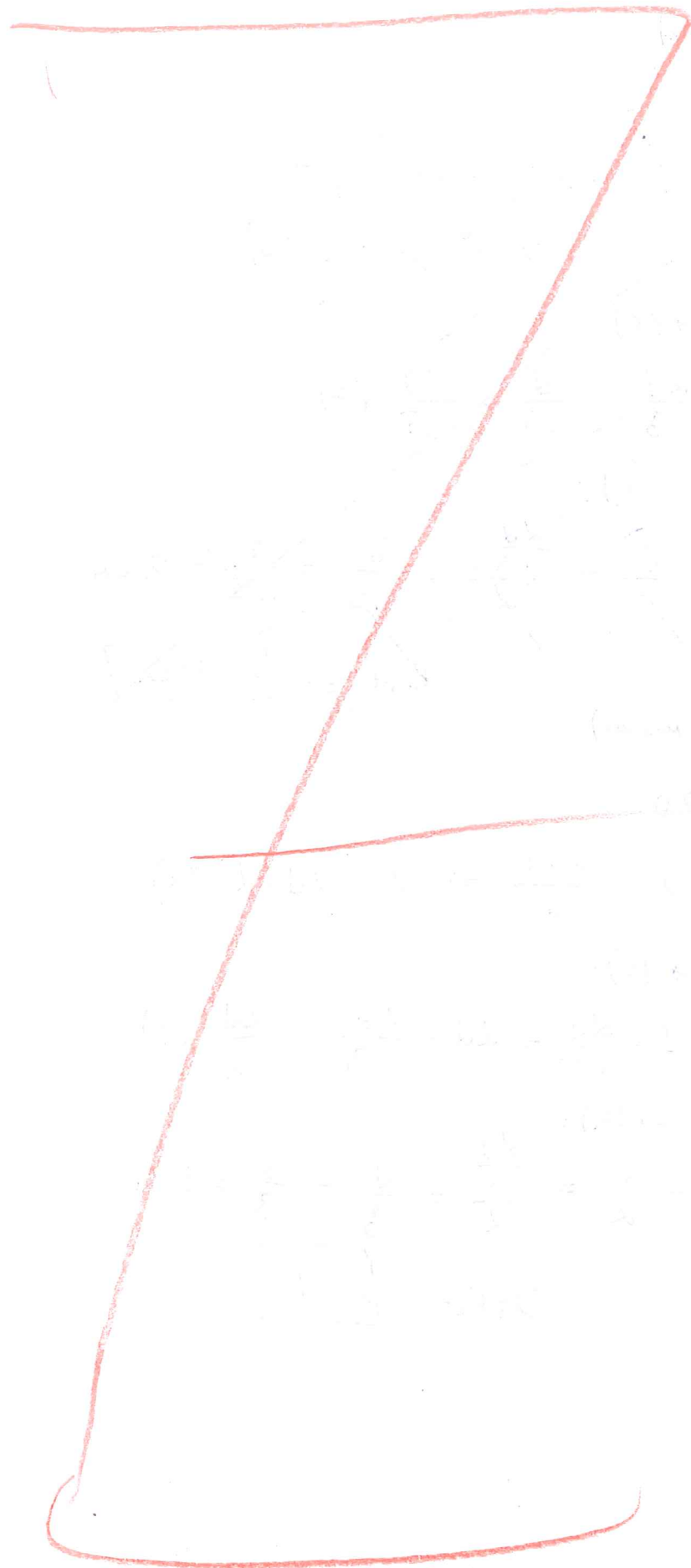
$$\sin \beta \cdot n = \sin \gamma \cdot n_0$$

$$1,5 \beta = \gamma \quad (2)$$

5) из (1) и (2):

$$\alpha = \gamma \quad (3)$$





83-16-04-24
(4.1)

чистовик:

5) (продолжение)

6) Также на этом же рисунке построим луч, если бы пластинка не было. Он попадает на экран в $(\cdot) S'$. Луч после преломления попадает в $(\cdot) S''$ на экране, которая выше $(\cdot) S'$ на e . Очевидно, что экран следует двигать на право, пока преломлённый луч не попадёт в ту же точку (то есть на e ште, чем S'). Это произойдёт в $(\cdot) O$ на рисунке

7) $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha = \frac{e}{x} \Rightarrow x = \frac{e}{\alpha} \quad (4)$

8) из $\triangle AEC$: $\operatorname{tg} \beta \approx \beta = \frac{d}{1.5} = \frac{L}{d} \Rightarrow L = \frac{d \cdot d}{1.5} \quad (5)$

9) ~~$\psi + \alpha = 90 \Rightarrow \psi = 90 - \alpha$~~
 10) из $\triangle ABD$: $\operatorname{tg} \psi \approx \psi = 90 - \alpha = \frac{L + e}{d} \quad (6)$
 11) (5) \rightarrow (6):
 $90 - \alpha = \frac{\frac{d \cdot d}{1.5} + e}{d} \Rightarrow (\frac{d \cdot d}{1.5} + e)(90 - \alpha) = d^2$
 $\frac{90 \cdot d \cdot d}{1.5} + 90e - \frac{\alpha \cdot d \cdot d}{1.5} - d \cdot e = d^2$
 ~~$e(90 - \alpha) = \frac{d \cdot d}{1.5} (\alpha - 90) + d^2$~~
 ~~$e = \frac{d}{90 - \alpha} - \frac{d \cdot d}{1.5} \quad (7)$~~
 12) (7) \rightarrow (4):
 ~~$x = \frac{e}{\alpha} = \frac{d}{\alpha(90 - \alpha)} - \frac{d \cdot d}{1.5 \alpha}$~~

ЧЕРКОВИК:

$$\varphi_A = \frac{\Gamma}{m^3}$$

$$\varphi_0 = \frac{P'}{P_{нас}} = \frac{\rho'}{\rho_{нас}}$$

$$m = \frac{m_p V}{RT_0} = \frac{m \varphi_0 \rho_{нас} V}{RT_0}$$

~~$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m \varphi_0 \rho_{нас}}{RT_0}$$~~

$$\rho = \frac{m + \Delta m}{V} = \frac{m \varphi_0 \rho_{нас}}{RT_0} + \frac{\rho \chi U^2}{\lambda r V} =$$

$$= \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 415 \cdot 2}{83 \cdot 10^{-1} \cdot 3 \cdot 10^2} - \frac{8 \cdot 10^{-1} \cdot 23 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{23 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10}$$

$$\frac{3 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 85 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{85 \cdot 8} - \frac{8 \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{23 \cdot 8 \cdot 5} =$$

$$= 6 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$6 - \frac{1}{5} = \frac{29}{5}$$

$$\frac{30-1}{5}$$

$$\begin{array}{r} \times 60 \\ 500 \\ \hline 30000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 29999 \mid 500 \\ 2500 \quad 59,9 \\ \hline 4999 \\ \hline 4500 \\ \hline 499,9 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\alpha - \beta) &= \alpha - \beta = \\ &= \frac{1}{2} \beta = \frac{h+e}{d} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d}{1,5}$$

$$\Rightarrow \frac{\beta d}{2} = h+e$$

$$e = \frac{\beta d}{2} - h =$$

$$= \frac{2d}{3} - \frac{2d}{1,5} = \frac{2d}{1,5}$$



ЧИСТОВИК:

⑤ (продолжение)

9) из $\triangle ABD$:

~~$$\operatorname{tg}(\alpha - \beta) \approx \alpha - \beta = 0,5\beta = \frac{h+e}{d} \Rightarrow \frac{\beta d}{2} - h = e \quad (6)$$~~

10) (5) \rightarrow (6):

~~$$e = \frac{2d}{3} - \frac{2d}{1,5} = \frac{2d}{1,5} \quad (7)$$~~

11) (7) \rightarrow (4):

~~$$x = \frac{e}{d} = \frac{\frac{2d}{1,5}}{d} = \frac{2}{1,5} = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ cm}$$~~

Ответ: $x = 2 \text{ cm}$

⑤ (продолжение)

9) из $\triangle ABD$:

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha = \frac{h+e}{d} \Rightarrow e = \alpha d - h \quad (6)$$

10) (5) \rightarrow (6):

$$e = \alpha d - \frac{2\alpha d}{1,5} = \alpha d - \frac{2\alpha d}{3} = \frac{\alpha d}{3} \quad (7)$$

11) (7) \rightarrow (4):

$$x = \frac{e}{d} = \frac{\frac{\alpha d}{3}}{d} = \frac{\alpha}{3} = \frac{3}{3} = 1 \text{ cm}$$

Ответ: $x = 1 \text{ cm}$

если все
изучить правильно
корректно,

но иногда
формулы более не
мнегда ответ верный

15