



11-95-90-24
(4.3)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

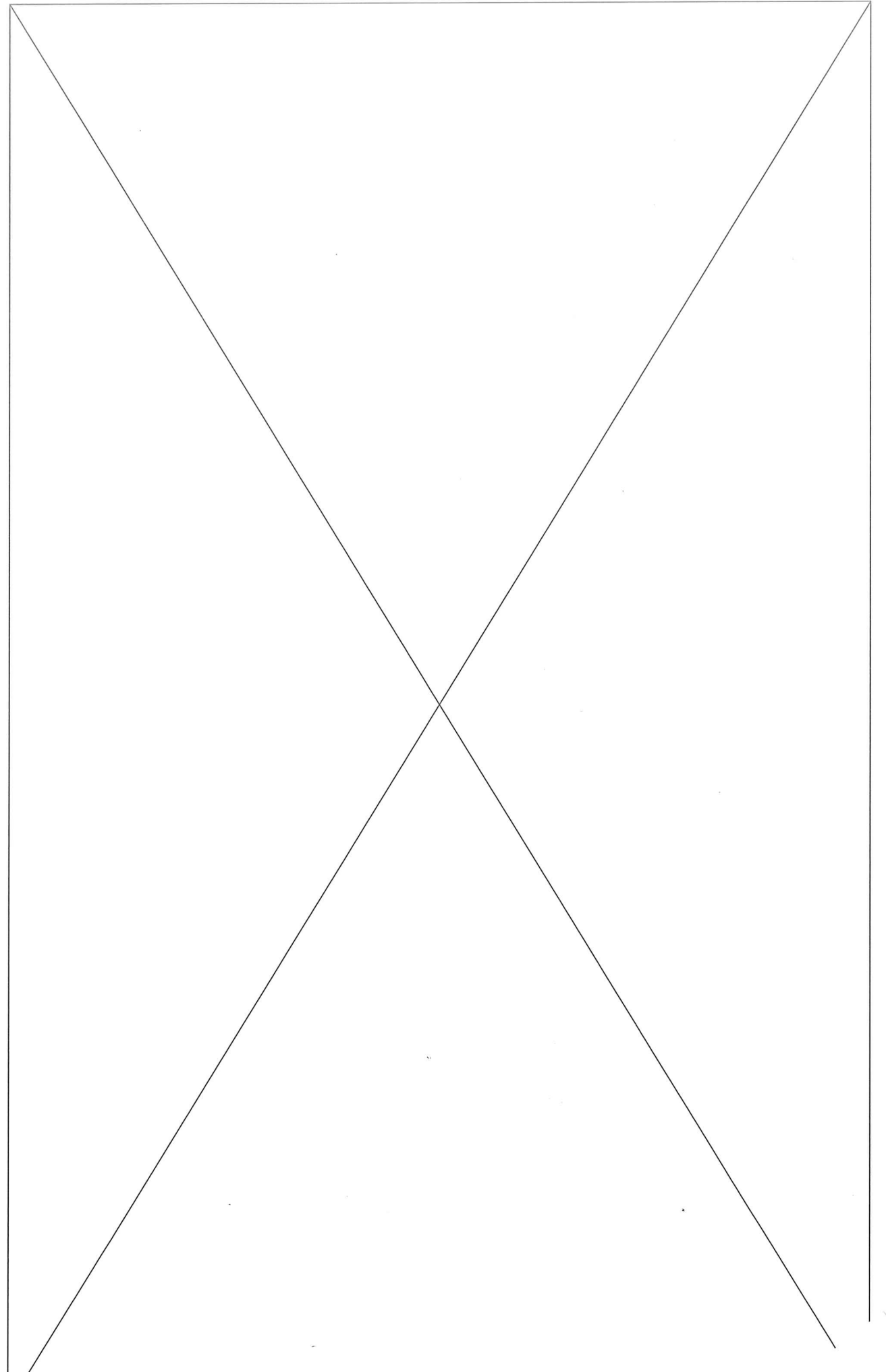
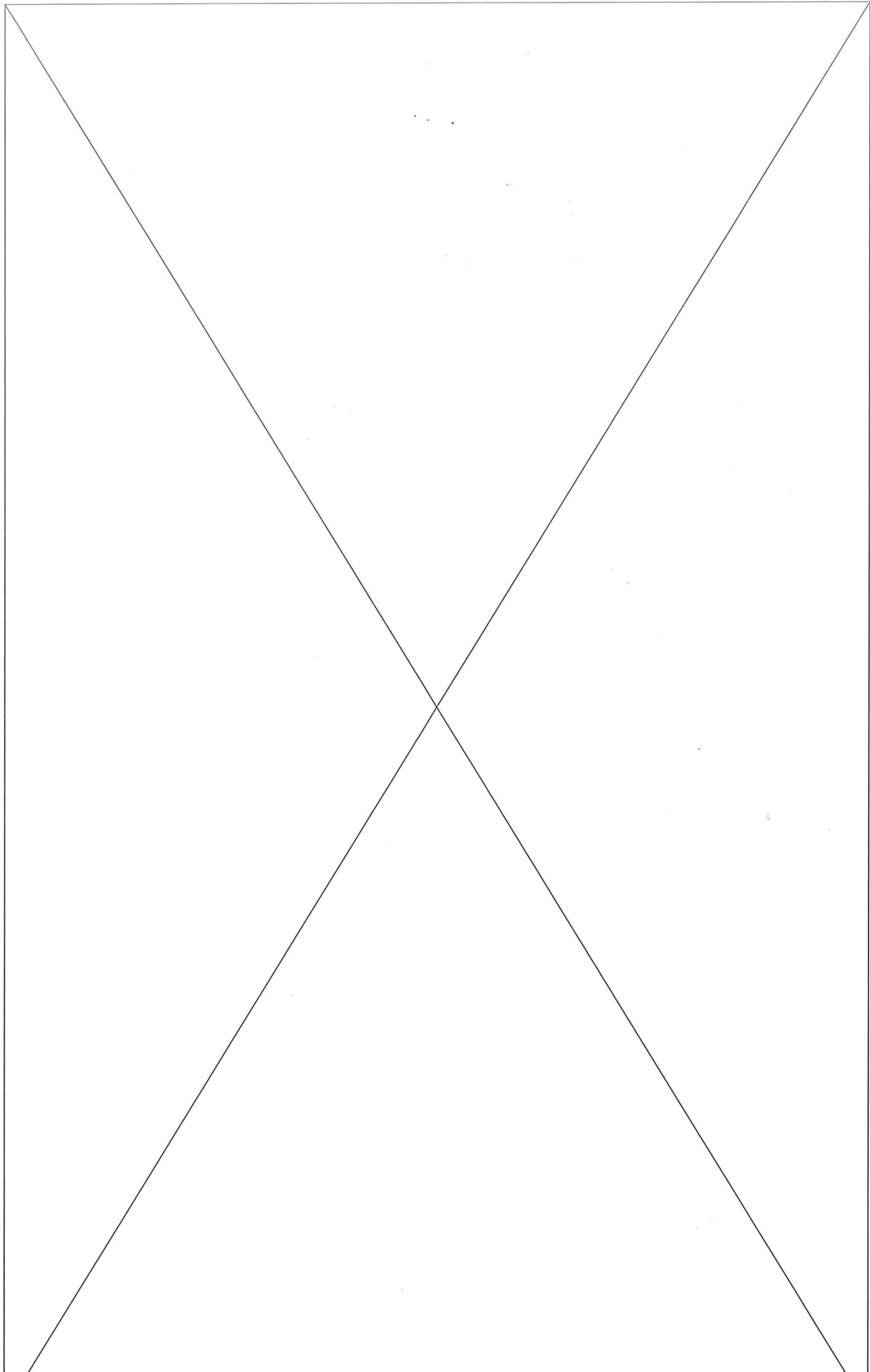
по физике
профиль олимпиады

Рибочкина Глеба Петровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

16.20 выход АИ
16.23 выход АИ

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника



ЧЕРНОВИК

$m = kq$
 $h_2 - ?$
 q_1, q_2, q_3
 $a_1(F) \quad a_2(F)$
 $\frac{a_1 \tau^2}{2} = \Delta x_1$

$q_1 + q_2 = q_3 \quad \Delta t$

$q_1 + q_2 = q_3$

$q = \frac{m_1}{k_3} - \frac{m_1}{k_1}$

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

$m_2 = \rho V_2 ; \quad \rho S h_2 = m_3 k_2$

$744 \frac{1100}{33} - 660 \frac{110}{33}$

$\frac{248 \cdot 1100}{31}$

$\frac{744}{3} = 248$
 $\frac{744}{9,3} - \frac{660}{33}$

$\frac{7440}{93} = \frac{2480}{31} = \frac{31 \cdot 80}{31}$

$31 \cdot 80 \text{ мм} \quad 31 \cdot 80$

93
80
00
744
7440

11-95-90-24
(43)

1 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | 5 | 95 (убавлено мвб)
 2 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | 5 | 95 (убавлено мвб)
 3 | 15 | 20 | 15 | 20 | 20 | 5 | 95 (убавлено мвб)
 4 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | 5 | 95 (убавлено мвб)
 5 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | 5 | 95 (убавлено мвб)

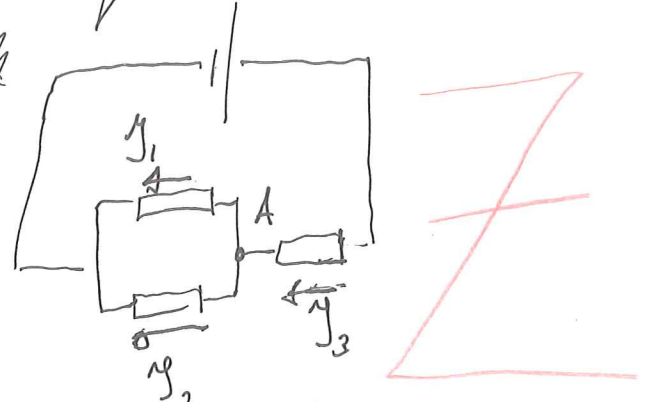
Лопаты и детали
 Латина
 Ермаков
 Уваров

ЧИСТОВИК

$m_1 = 660 \text{ г} \cdot 10^{-3}$
 $m_3 = 744 \text{ г} \cdot 10^{-3}$
 $S = 110 \text{ см}^2$
 $k_1 = 3,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{Кл}}$
 $k_2 = 1,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$
 $k_3 = 9,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$
 $\rho = 1,05 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\sqrt{4} (1 \text{ м}^2)$

По 3-му закону Фарадея для электролиза
 $m = kq ; m_1 = kq_1 ; m_2 = kq_2 ; m_3 = kq_3$



По I правилу Кирхгофа для узла А: $I_3 = I_1 + I_2$

$h_2 - ?$

Туда ~~идет~~ ток так через
 Ванна время $\Delta t ; I_3 = I_1 + I_2 \cdot \Delta t$

$q = q_1 + q_2 ; q = \frac{m_3}{k_3} ; q_1 = \frac{m_1}{k_1} ; q_2 = \frac{m_2}{k_2}$

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

$m_2 = m_3 \frac{k_2}{k_3} - m_1 \frac{k_2}{k_1} ; m_2 = \rho V_2 ; V_2 = S h_2$

$\rho S h_2 = m_3 \frac{k_2}{k_3} - m_1 \frac{k_2}{k_1} ; h_2 = \frac{1}{\rho S} \left(m_3 \frac{k_2}{k_3} - m_1 \frac{k_2}{k_1} \right)$

$\rho = 1,05 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 10,5 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 10,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

ЧИСТОВИК

$k_2 = 110 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} ; k_1 = 33 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$

$h_2 = \frac{1 \cdot \text{см}}{10,5 \cdot 10^{-3} \text{м}} \left(444 \cdot 10^{-3} \frac{110}{9,3} - 660 \cdot 10^{-3} \frac{110}{33} \right) =$

~~...~~ $\frac{10 \text{мм} \cdot 10^{-3}}{10,5} \left(\frac{444}{9,3} - \frac{660}{33} \right) =$
 $= \frac{20}{21} (80 - 20) \text{ мкм} = \frac{20 \cdot 60}{21} \text{ мкм} = \frac{20^2}{7} \text{ мкм} = \frac{400}{7} \text{ мкм} = 57,1 \text{ мкм} \checkmark$

Ответ: толщина слоя ~~...~~ ~~...~~

- $V = 50 \text{ м}^3$
- $T_0 = 300 \text{ К}$
- $\phi_0 = 0,415 \checkmark$
- $t = 100^\circ \text{C}$
- $U = 100 \text{ В}$
- ~~...~~
- $r = 30 \text{ Ом}$
- $\gamma = 0,8 \checkmark$
- $\tau = 2,3 \cdot 10^3 \text{ с}$
- $p_{\text{нп}}(T_0) = 2 \text{ кПа}$

$\rho = \frac{m_0 + \Delta m}{V}$ Найду начальную массу паров воды в воздухе m_0 .

$\phi_0 = \frac{p_{\text{но}}}{p_{\text{нп}}(T_0)} ; p_{\text{но}} = \phi_0 p_{\text{нп}}(T_0)$

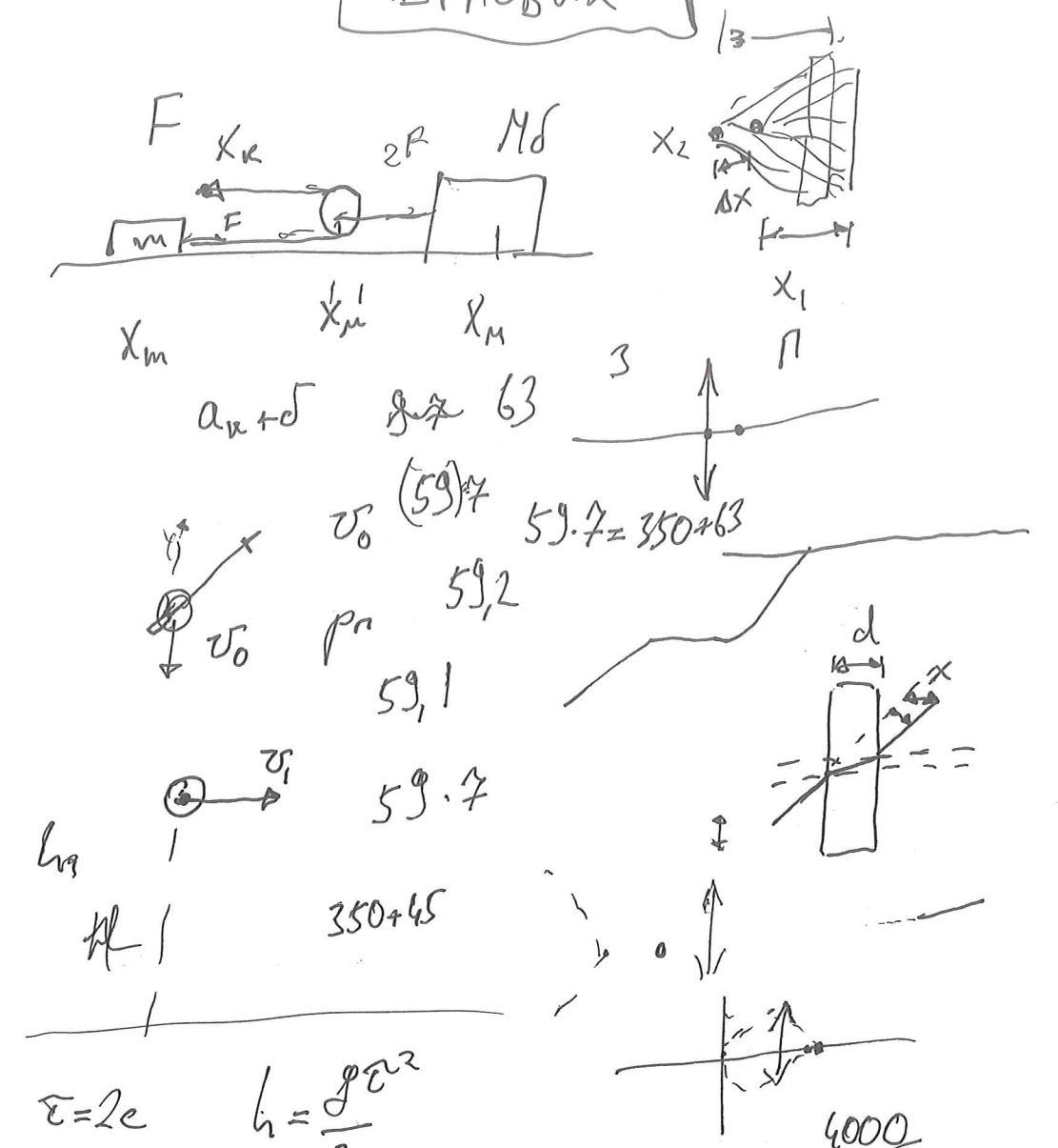
По з-ну Менделеева-Клапейрона для пара: $p_{\text{но}} V = \frac{m_0}{\mu} R T_0$

$m_0 = \frac{\mu p_{\text{но}} V}{R T_0} ; p_{\text{но}} = 0,415 \cdot 2 \text{ кПа} = 330 \text{ Па}$

$m_0 = \frac{18 \cdot 330 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8}{8,31 \cdot 300} = 300 \text{ г}$

$= 3 \cdot \frac{330}{10} \text{ г} = 300 \text{ г}$

ЧЕРНОВИК



$\epsilon = 2e$ $h = \frac{g \epsilon^2}{2}$

$v_1 = \frac{L}{\tau}$

$Mgh_0 = \frac{m \sigma^2}{2}$

$m v_1 \frac{\sqrt{2}}{2} = M v_0$

$m v_1 \frac{\sqrt{2}}{2} = (M+m) v_1$

$M v_0 = (M+m) v_1$

4000/7 = 571

400/7 = 57,1

350/45 = 7,7

4000/7 = 571

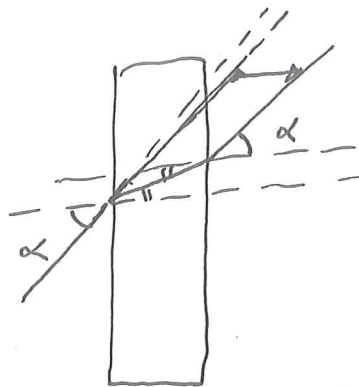
4000/7 = 571

400/7 = 57,1

30/7 = 4,3

28

ЧЕРНОВИК



$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

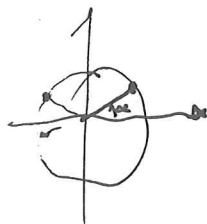
$$n_1 \sin \beta = 1 \sin \alpha$$

$$n_1 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$



$$\sin(\pi - \alpha) = \sin \pi \cos \alpha - \sin \alpha \cos \pi = \sin \alpha$$

a



$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{\Delta x}{\sin(\alpha - \beta)}$$

$$a = \frac{d}{\cos \beta}$$

$$\frac{\sin \alpha \cos \beta}{d} = \frac{\sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha}{\Delta x}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1 - \frac{\sin \beta \cos \alpha}{\sin \alpha \cos \beta}}{\Delta x}$$

11-95-90-24 (43)

ЧИСТОВИК

№3 (2 из 2)

Найду массу испарившейся из сосуда воды Δm ,
 $\eta = \frac{Q_{\text{водог}}$; $\eta = \frac{Q_b}{Q_c}$; $Q_c = P_{\text{платки}} \tau$

$$P_n = \frac{U^2}{Z_n}$$
 ; $Q_c = \frac{U^2}{Z_c} \tau$; $Q_b = \eta \frac{U^2}{Z_b} \tau \cdot \frac{1}{2}$

$$Q_b = \lambda \cdot \Delta m$$
 ; $\lambda \Delta m = \eta \frac{U^2}{Z_b} \tau$; ~~scribble~~
~~scribble~~ $\Delta m = \eta \frac{U^2 \tau}{Z_b \lambda}$ ✓

$$\Delta m = 0,8 \frac{10^4 \text{ В}^2 \cdot 2,3 \cdot 10^2 \text{ с}}{30 \text{ Ом} \cdot 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж}} \text{ кг} = \frac{8}{30} \text{ кг} = 100 \text{ г}$$

Проверяю не стал ли пар насыщенным

$$\varphi = \frac{P_n}{P_{n(T)}} ; \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{P_n}{P_{n0}} ; P_n \sim m ; \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{m_0 + \Delta m}{m_0}$$

$$\varphi = \left(1 + \frac{\Delta m}{m_0}\right) \varphi_0 ;$$

$$\varphi = \left(1 + \frac{100 \text{ г}}{300 \text{ г}}\right) 41,5\% = \frac{4}{3} \cdot 41,5\% ; \varphi < 100\%$$

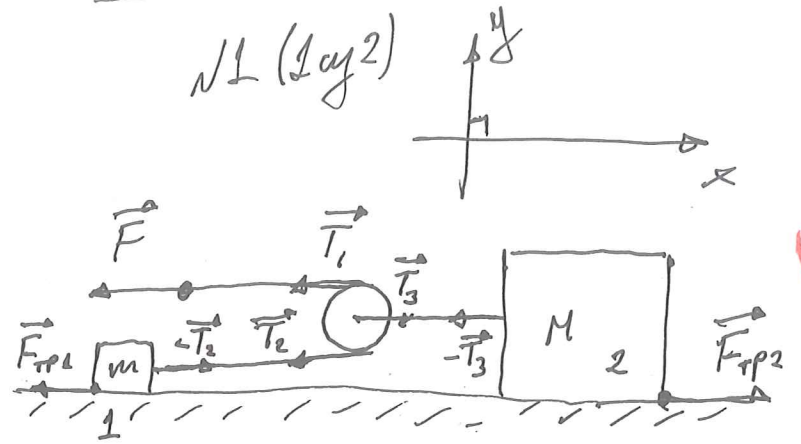
следовательно пар ~~не~~ все еще ненасыщенный
 ср-ла $\rho = \frac{m_0 + \Delta m}{V}$ варна ; $\rho = \frac{300 \text{ г} + 100 \text{ г}}{50 \text{ м}^3} =$

$$= \frac{400 \text{ г}}{50 \text{ м}^3} = \frac{800 \text{ г}}{100 \text{ м}^3} = 8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

нет верхней границы формулы для ρ
 Ответ: абсолютная влажность будет $8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

ЧИСТОВИК

$m = 500 \text{ г}$
 $M = 2 \text{ м}$
 $r = 1 \text{ см}$
 $\Delta x = 1 \text{ см}$
 $\mu = 0,3$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



Поскольку нить, привязанная к блоку массы m , невесома и нерастяжима:

$T_1 = T_2 = F$

Поскольку блок невесом, сумма сил действующих на него должна быть 0

$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0$; на Ox : $-T_1 - T_2 + T_3 = 0$
 $-2F + T_3 = 0$; $T_3 = 2F$

По II з-му Ньютона для бруска массы m :

на Ox : $F - F_{тр1} = ma_{x1}$; на Oy : $N_1 - mg = 0$

$N_1 = mg$; Поскольку бруски соприкасаются с места

$F_{тр1} = F_{тр2} \text{ макс} = \mu N_1$; $F_{тр2} = F_{тр2} \text{ макс} = \mu N_2$

$F_{тр1} = \mu N_1 = \mu mg$; $F - \mu mg = ma_{x1}$

$a_1 = a_{x1} = \frac{F}{m} - \mu g$

ЧИСТОВИК

По теореме синусов для ΔABO : $\frac{OA}{\sin \angle OBA} = \frac{AB}{\sin \angle BOA}$

$\frac{\Delta x}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{d}{\sin(180^\circ - \alpha)}$; $\frac{\Delta x}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{d}{\sin \alpha \cos \beta}$

$\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\Delta x} = \frac{\sin \alpha \cos \beta}{d}$; $\frac{\sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha}{\Delta x} = \frac{\sin \alpha \cos \beta}{d}$

Воспользуемся малостью углов, поскольку $\alpha, \beta \ll 0$
 $\cos \alpha \approx \cos \beta \approx 1$

По 3-му Преломления света:
 $\frac{1 - \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}}{\Delta x} = \frac{1}{d}$; Воздуха $\cdot \sin \alpha = \text{стекла} \cdot \sin \beta$

$n_{\text{воздуха}} \approx 1$; $n_{\text{стекла}} = n$; $\sin \alpha = n \sin \beta$

$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{1}{n}$; $\frac{1 - \frac{1}{n}}{\Delta x} = \frac{1}{d}$; $1 - \frac{1}{n} = \frac{\Delta x}{d}$

$\Delta x = d \frac{n-1}{n}$ $\Delta x = 3 \text{ см} \frac{1,5-1}{1,5} = 3 \cdot \frac{0,5}{1,5} \text{ см} = 1 \text{ см}$

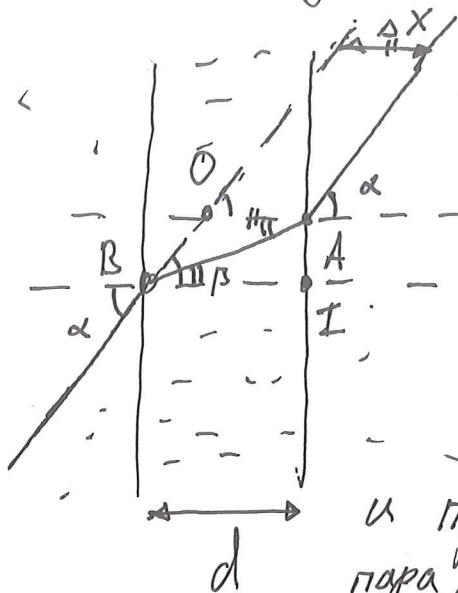
Ответ: экран надо переместить на 1 см

ЧИСТОВИК

№5 (1 из 2)

20

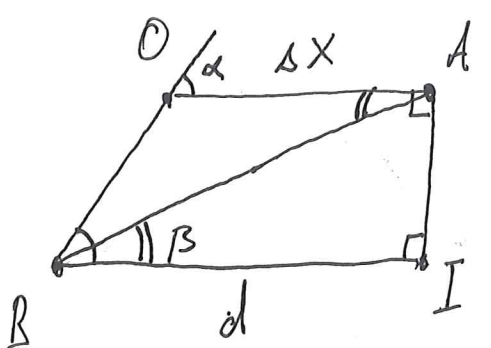
Рассмотрю как работает плоско-параллельная пластина. (Размер углов увеличен для ясности)



Пусть α - угол падения
 β - угол преломления
 Из рисунка видно, что пластина просто перемещает все лучи по направлению на неё на расстояние Δx и при этом они остаются параллельными самим же себе

Если каждый луч просто сдвинется на Δx в сторону оставаясь параллельным самому же себе, то очевидно, что и пересечение всех лучей также сдвинется на Δx , а пересечение и есть изображение Δx - ?

Рассмотрю четырех угольник из рисунка $BOAI$



$BI = d; OA = \Delta x; \angle OAB = \beta$
 $\angle OBI = \alpha$
 $\cos \beta = \frac{BI}{BA} = \frac{d}{BA}; BA = \frac{d}{\cos \beta}$
 $\angle BOA = 180^\circ - \alpha$
 $\angle OBA = \alpha - \beta$

ЧИСТОВИК

№1 (2 из 2)

11-95-90-24 (4.3)

По II з-му Ньютона для бруска массы M на Ox : $-2F + F_{тр2} = Ma_{x2}$; на Oy : $N_2 - Mg = 0$

$N_2 = Mg = 2mg$; $F_{тр2} = \mu N_2 = 2\mu mg$
 $-2F + 2\mu mg = 2m \cdot a_{x2}$; $a_{x2} = \mu g - \frac{F}{m}$

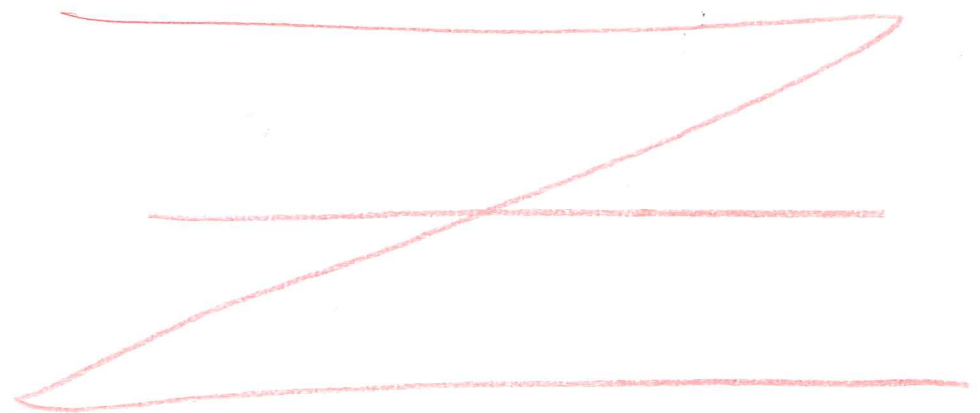
$a_2 = -a_{x2}$; $a_2 = \frac{F}{m} - \mu g$; $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$; $\Delta x_1 = \frac{a_1 t^2}{2}$
 $\Delta x_2 = \frac{a_2 t^2}{2}$; $\Delta x = \frac{a_1 t^2}{2} + \frac{a_2 t^2}{2}$

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

$\frac{F}{m} - \mu g = \frac{\Delta x}{t^2}$; $\frac{F}{m} = \frac{\Delta x}{t^2} + \mu g$; $F = m \frac{\Delta x}{t^2} + \mu mg$

$F = 0,5 \text{ кг} \cdot \frac{1 \text{ м}}{1 \text{ с}^2} + 0,3 \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{ м}}{\text{ с}^2} = 0,5 \text{ Н} + 0,5 \cdot 3 \text{ Н} = 0,5 \text{ Н} + 1,5 \text{ Н} = 2 \text{ Н}$

Ответ: необходимо тянуть силой 2 Н



ЧИСТОВИК

№2 (1 из 2)

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

Пусть, состояние 0 — это состояние в котором шарик покоится на высоте H
 состояние 1 — столкновение пули и шарика
 состояние 2 — шарик с пулей внутри, лежит на земле

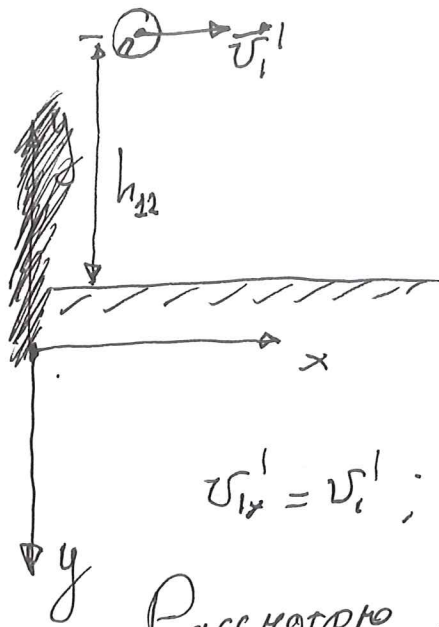
Рассмотрю движение из состояний 1 → 2

По условию после столкновения шарик с пулей двигались горизонтально

$h_{12} = v_{iy}' \tau + \frac{g \tau^2}{2}; v_{iy}' = 0$ +

$h_{12} = \frac{g \tau^2}{2}; v_{ix}' = \text{const}$

$v_{ix}' = v_i'; v_{ix} = \frac{L}{\tau}; v_i' = \frac{L}{\tau} = \frac{20\text{м}}{2\text{с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



Рассмотрю момент столкновения (сост. 1):
 Пусть масса шарика M , и масса пули m



z -н сохр. Импульса выполняется на Ox .

$p_{mx} + p_{mx} = p_{mx}' + p_{mx}'; p_{mx} = m v_n \sin \alpha = m v_n \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} m v_n; p_{mx} = 0; p_{mx}' = M v_i'; p_{mx}' = M v_i'$ +

$\frac{\sqrt{2}}{2} m v_n = (M+m) v_i' (1)$

ЧИСТОВИК

№2 (2 из 2)

Можно воспользоваться z -ном сохр. Импульса по Oy , т.к время взаимодействия мало, вследствие чего влиянием сил тяжести можно пренебречь

$p_{ny} + p_{ny} = p_{ny}' + p_{ny}'; p_{ny} = -m v_n \cos \alpha; p_{ny}' = -m v_n \cos 45^\circ = -m v_n \frac{\sqrt{2}}{2}; p_{ny} = M v_i'$

$p_{ny}' = p_{ny}' = 0; -m v_n \frac{\sqrt{2}}{2} + M v_i' = 0; M v_i' = m v_n \frac{\sqrt{2}}{2}$

$M v_i' = m v_n \frac{\sqrt{2}}{2} (2); \frac{(1)}{(2)}: \frac{(M+m) v_i'}{M v_i'} = \frac{m v_n \frac{\sqrt{2}}{2}}{m v_n \frac{\sqrt{2}}{2}} = 1$ +

$(M+m) v_i' = M v_i';$ По условию $m \ll M \Rightarrow$

$\Rightarrow (M+m) v_i' = M v_i'; M v_i' = M v_i'; v_i = v_i' = \frac{L}{\tau}$

Рассмотрю движение из состояний 0 → 1

Пусть потенциальная энергия равна 0 на высоте h_{12} от земли

По z -му сохр. энергии для шара:

$E_{p0} + E_{k0} = E_{p1} + E_{k1}; E_{p0} = M g h_{01}; E_{k0} = 0; E_{p1} = 0; E_{k1} = M \frac{v_i'^2}{2}; M g h_{01} = M \frac{v_i'^2}{2}; h_{01} = \frac{v_i'^2}{2g}$

$h_{01} = \frac{L^2}{2g \tau^2}; H = h_{01} + h_{12}; H = \frac{L^2}{2g \tau^2} + \frac{g \tau^2}{2}$ +

$H = \frac{10^2 \text{м}^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2^2} + \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2^2}{2} = 5\text{м} + 20\text{м} = 25\text{м}$

Ответ: шарик отпугали с высоты 25м +