



03-65-88-68
(4.4)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10 КЛАСС

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

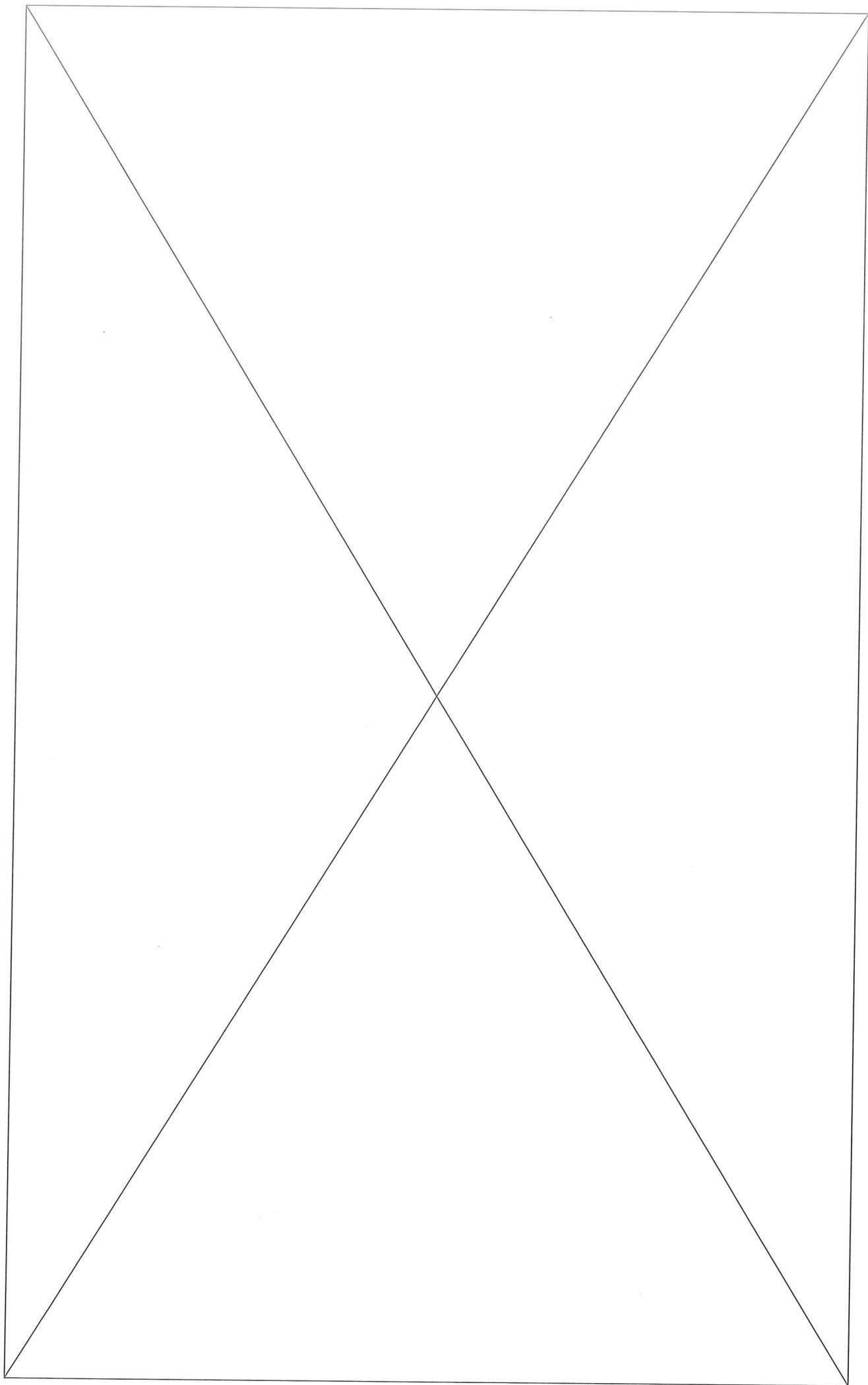
Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

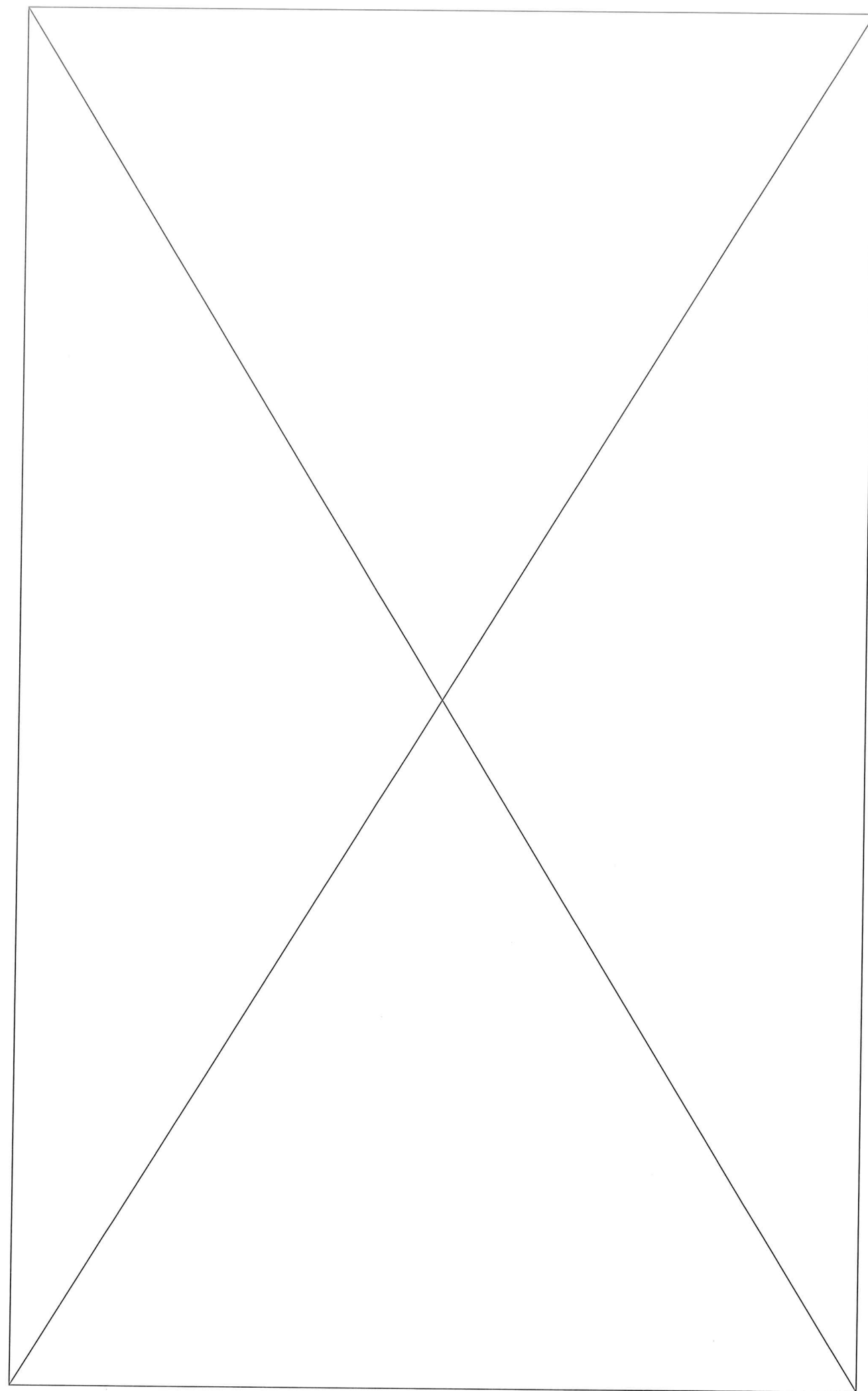
Королева Платона Демисовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
Кир



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик: $m \lambda = \tau \cdot \eta \cdot \frac{U^2}{\chi} \Rightarrow m = \frac{\tau \eta U^2}{\chi \lambda}$ (масса при работе плитки)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho} R T_0 \Rightarrow V \rho \mu = m R T_0$$

$$m' = \frac{V \rho \mu}{R T_0} = \frac{V \rho_0 \mu}{100\% R T_0}$$

$$\varphi_0 = \frac{P}{P_{нас}} \cdot 100\%$$

9160 | 21483
85532 | 0,42

56680

$$\rho' = \frac{m'}{V} = \chi = \left(1 - \frac{1}{n}\right) d = \left(1 - \frac{2}{3}\right) d$$

$$\frac{1}{3} \cdot 3 = 10\text{м}$$

45800 | 5

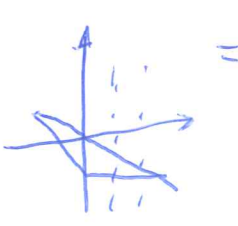
9160

50 · 2000 · 0,018 · 2000 · 41,5% = 50 · 0,018 · 20 · 41,5%

8,3 · 1000/10 · 300 = 8,3 · 300 =

50 · 18 · 41,5 = 50 · 18 · 41,5 = 360 $\frac{\Gamma}{M^3} = \rho'$

8,3 · 15 = 83 · 18 = 3



$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\tau \eta U^2}{\chi \lambda V} = \frac{2300 \cdot 80 \cdot 10^{-10} \cdot 10000}{80 \cdot 100 \cdot 10^{-10} \cdot 50 \cdot 2,3 \cdot 10^6}$$

$\frac{2300 \cdot 2}{2300 \cdot 10^3} = \frac{6 \cdot 314}{186} = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3} = 0,006$

$\frac{105}{105} = \frac{105}{1155}$

1 ГР = 1000 мГ
1000 ГР = 10^6 мГ
 $\frac{\Delta X}{\tau^2} = 4$

$$k = \frac{m}{q}, k = \frac{m}{q}$$

$$m = \rho V, kq = \rho V$$

$$kq = \rho S d$$

$$d = \frac{kq}{\rho S} +$$

107415 | 5

21483

107415 | 5

10395

03-65-88-68
(44)

Чистовик: Пусть m - масса воды в сосуде после работы электроплитки. С одной стороны, тепла, полученное водой = $m \lambda$ (т.к. $t = 100^\circ\text{C}$, т.е. вода паровая). С другой стороны, т.к. вода получает тепло (энергию) лишь от плитки, то кол-во тепла равно: $\tau \cdot \eta \cdot \frac{U^2}{\chi}$ (т.к. $\frac{U^2}{\chi} \Rightarrow$ мощность плитки, умнож. на η , т.к. вода получает η тепла), очев:

$$m \lambda = \tau \eta \frac{U^2}{\chi} \Rightarrow m = \frac{U^2 \tau \eta}{\lambda \chi} \Rightarrow \rho_1 = \frac{m}{V}, \text{ где}$$

ρ_1 - плотность воды в стакане.
 $\varphi_0 = \frac{P}{P_{нас}} \cdot 100\%$, где P - давление (парциальное давление).

$$\Rightarrow \rho = \frac{\varphi_0 P_{нас}}{100\%}$$

По ур-ю состояния Менделеева-Клапейрона

$$\rho V = \frac{m'}{\mu} R T_0, \text{ где } m' - \text{масса воды при температуре } T_0, \text{ до работы плитки.}$$

$$\Rightarrow \rho V \mu = m' R T_0 \Rightarrow m' = \frac{\rho V \mu}{T_0 R} = \frac{V \mu \cdot \varphi_0 P_{нас}}{T_0 R \cdot 100\%}$$

$$\rho_2 = \frac{m'}{V} = \frac{V \mu \cdot \varphi_0 P_{нас}}{V \cdot (T_0 R \cdot 100\%)} = \frac{\mu \cdot \varphi_0 P_{нас}}{T_0 R \cdot 100\%}, \text{ где}$$

ρ_2 - плотность воды при температуре T_0 (ширине η в дала, не в проу.)

$$\rho' = \rho_1 + \rho_2 = \frac{m}{V} + \frac{\mu \varphi_0 P_{нас}}{T_0 R \cdot 100\%} = \frac{U^2 \tau \eta}{V \lambda \chi} + \frac{\mu \varphi_0 P_{нас}}{T_0 R \cdot 100\%}$$

$$= \frac{100^2 \cdot 2300 \cdot 0,8}{50 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 80} + \frac{0,018 \cdot 41,5 \cdot 2000}{300 \cdot 8,3 \cdot 100\%} = \frac{100^2 \cdot 2300 \cdot 80 \cdot 10^{-1}}{50 \cdot 2300 \cdot 10^3 \cdot 80} +$$

$$+ \frac{0,018 \cdot 41,5 \cdot 20}{300 \cdot 83} = \frac{50 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 2}{50 \cdot 10^4} + \frac{0,018 \cdot 5 \cdot 20}{300} = \frac{2}{10^3} + \frac{0,018}{3} = \frac{2}{10^3} + 0,006 =$$

20 | 12 | 20 | 19 | 20 | 91
 Листов 20, 12, 20, 19, 20, 91
 Полная стоимость 100 руб.
 Доставка по почте 100 руб.

Чистовик. №3 (задача про влажность) (прод.)

$= 0,002 + 0,006 = 0,008 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \rightarrow$ по усл. просят ρ' [$\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$], т.е.

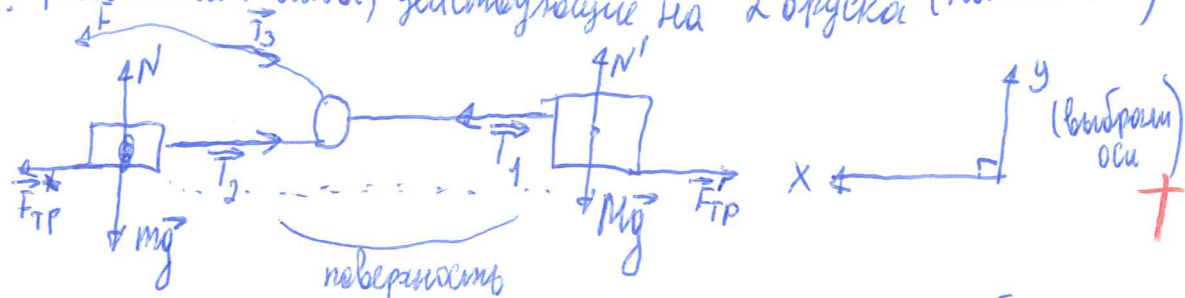
$0,008 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$, где ρ' - абсолютная влажность,

было, очевидно, что $\rho' = \rho_1 + \rho_2$ из-за опред. абсолютной влажности (сумма изменений плотностей воды в различных состояниях), также $\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \rightarrow$ целое число с размерн. \Rightarrow

Ответ: $\rho' = \frac{v^2 \tau \eta}{V \lambda \mu} + \frac{\mu \varphi_0 \rho_{\text{нас}}}{T_0 R \cdot 100\%} = 8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ ✓

(подстановка чисел на предыд. листе - чистовике)

№1. Расставим силы, действующие на 2 бруска (начало реш.)



Запишем 2 з-на Ньютона в проекциях на Ox, Oy для бруска, массой m .

$Oy: \sum N - mg = 0$
 $Ox: \sum F_{\text{тр}} + T_2 = ma_x$
 $\Rightarrow \begin{cases} N = mg \\ \mu N - T_2 = ma_x \end{cases} \Rightarrow mg \mu - T_2 = ma_x$ ✓

Запишем 2 з-на Ньютона в проекциях на Ox, Oy для бруска, массой M .

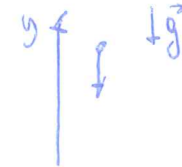
$Oy: \sum N' - Mg = 0 \Rightarrow N' = Mg$
 $Ox: \sum F + T_1 - F_{\text{тр}}' = Ma'_x \Rightarrow F + T_1 - \mu N' = Ma'_x$
 Найдём связь между a_x и a'_x

Черновик:

$h(t) = H - \frac{gt^2}{2}$

$v(t) = gt$

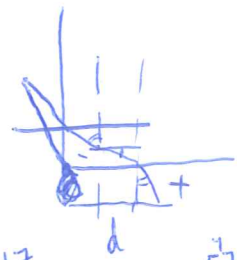
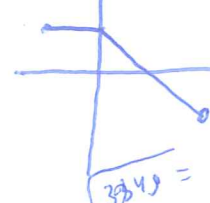
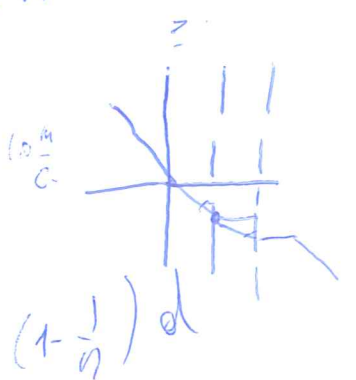
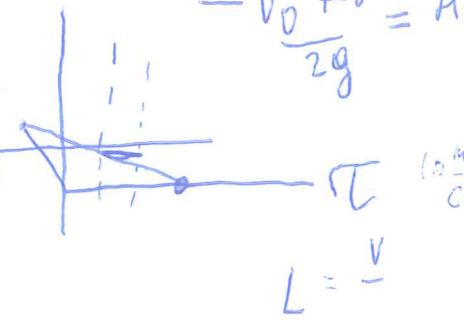
20, 20, 20



$-v_0^2 + v^2 = 2gH$

$v_c(m_1+m_2) = m_1 v_0 + m_2 v_1$

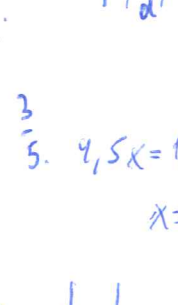
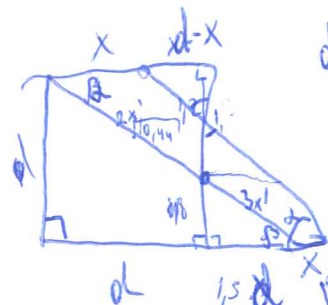
$v_0 \cosh$



$R = \sqrt{d^2 + \frac{d^2}{4}}$

$16 \cdot 45 = 2025 + 324$

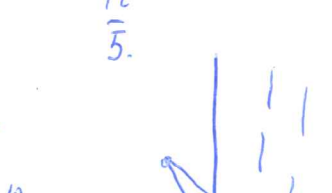
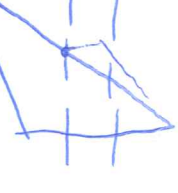
$\sin \alpha = \frac{5 \cdot 39}{57}$



$1,5d + x = \dots$
 $4,5x = 1,2d + 3x$
 $x = 1,2d$

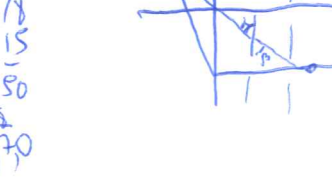
$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{20}{20}$
 $1,5d + x = \dots$
 $d(1,5 - 1) = x(-1 - 1)$
 $d \approx \sin \alpha$

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



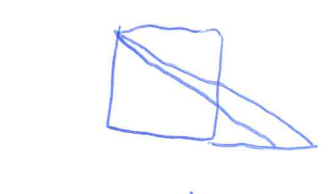
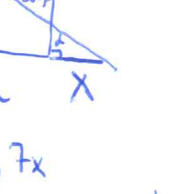
$\frac{1,2}{3} = \frac{2x}{3d}$

$3 = n + \frac{3}{2}n$



$\frac{1,2}{3} = \frac{2x}{3}$

$4,5x = 1,8d + 1,7x$



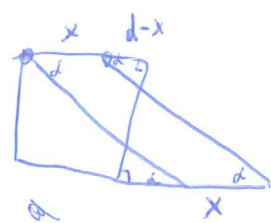
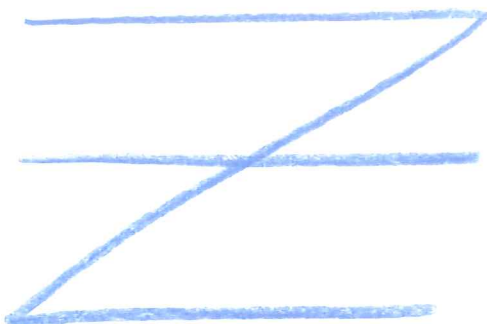
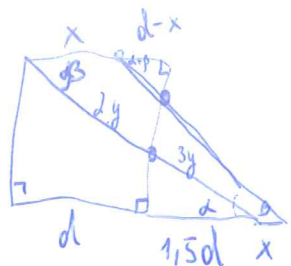
$2x = 1,2d + \frac{3}{2}x$

$2,8x = 1,8d$

$1,4x = 0,9d$

$6x = 3,6d + 2,4x$

Черновик:



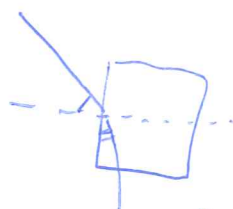
$$3x = 2x + 2d$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{1.5d}$$

$$\frac{x}{x+d} = \frac{2}{3}$$

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

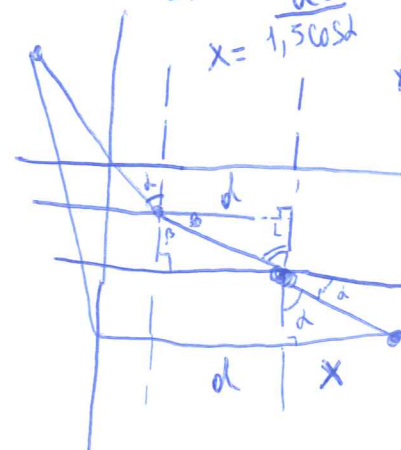
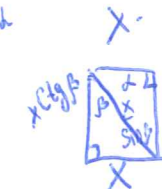
$$1.5 \sin \beta = \frac{x}{1.5d} = \frac{x}{3d}$$



$$\tan \alpha = \frac{x}{3 \sin \beta}$$

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

$$x = \frac{d \sin \alpha}{\cos \alpha} = d \tan \alpha$$



$$\frac{x}{x+d} = \frac{2}{3}$$

$$2x = 3x + 2d$$

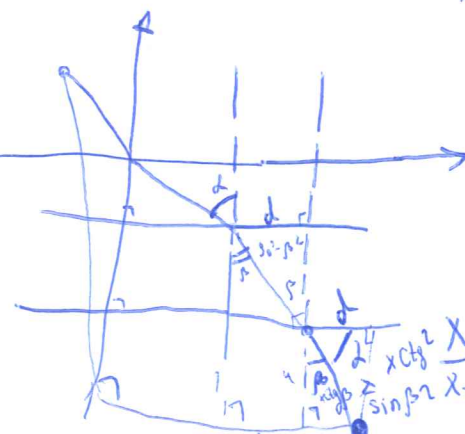
$$\frac{x}{x+d} = \frac{2}{3}$$

$$2x + 2d = 3x$$

$$2d = x$$

$$x + d = 1.5x$$

$$d = 0.5x$$



$$\cos \beta = \frac{x}{1.5d}$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{x \cos \beta}{\sin \beta}$$

$$\cos \beta = \left(\frac{x}{1.5d} \right)^{-1}$$

$$\frac{6x+d}{6x} = 1.5$$

$$\frac{4x+d}{4x} = 1.5$$

$$4x+d = 6x$$

$$2x+d = 3x$$

$$d = x$$

$$\frac{2x+d}{2x} = 1.5$$

$$\frac{d+x}{\sin \beta} = \dots$$

$$\frac{x}{x+d} = \dots$$

$$\frac{d}{\sin \alpha} = \dots$$

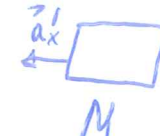
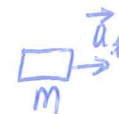
$$2x+d = 3x$$

$$\frac{d}{\sin \beta} = \dots$$

$$1.5 \sin \beta = \dots$$

03-65-88-68
(4.4)

Черновик: N1. (прод.)



до, т.е. начальный момент времени

Перейдем в СО от-но бруса, массой m, тогда по 3-му закону ускорения системы будет двигаться с ускорением, по абсолютной величине, равным $|a_x + a'_x|$, тогда р-м брусу систему в момент $t = 1c$, т.к. по усл. за $t_0 = 1c$ расчет уменьшится на Δx , т.е. $\Delta x = \frac{(a_x + a'_x) t^2}{2}$ (р-м пути при РУД из точки с нулевой коорд. и нулевой начальной скоростью, можно считать, что брусок, массой M туч. покоя). $\Delta x = \frac{(a_x + a'_x) t^2}{2} +$

$$a_x + a'_x = \frac{2\Delta x}{t^2} \Rightarrow a_x = \frac{2\Delta x}{t^2} - a'_x \text{ или } a'_x = \frac{2\Delta x}{t^2} - a(x)$$

$$mgy - T_2 = max$$

$$F = Ma'_x + yMg - T_1$$

из-за 3-на Ньютона и того, что блок-подвешен

$$|T_2| = |T_3| = |F| \text{ и } |T_1| = 2|T_2|$$

С уч. этого, получим

$$\begin{cases} mgy - F = max \\ F = Ma'_x + yMg - 2F \end{cases} ; \begin{cases} F = m(gy - a_x) \\ F = \frac{M(a'_x + yg)}{3} \end{cases} \Rightarrow$$

$$m(gy - a_x) = \frac{M(gy + a'_x)}{3} ; 3(gy - a_x) = 2(gy + a'_x)$$

$$gy - 3a_x = 2a'_x$$

$$\Rightarrow gy - 3a_x = \frac{4\Delta x}{t^2} - 2a_x$$

$$a_x = gy - \frac{4\Delta x}{t^2} = 10 \cdot 0.3 - \frac{4 \cdot 1}{1} = -1 \frac{m}{c^2}$$

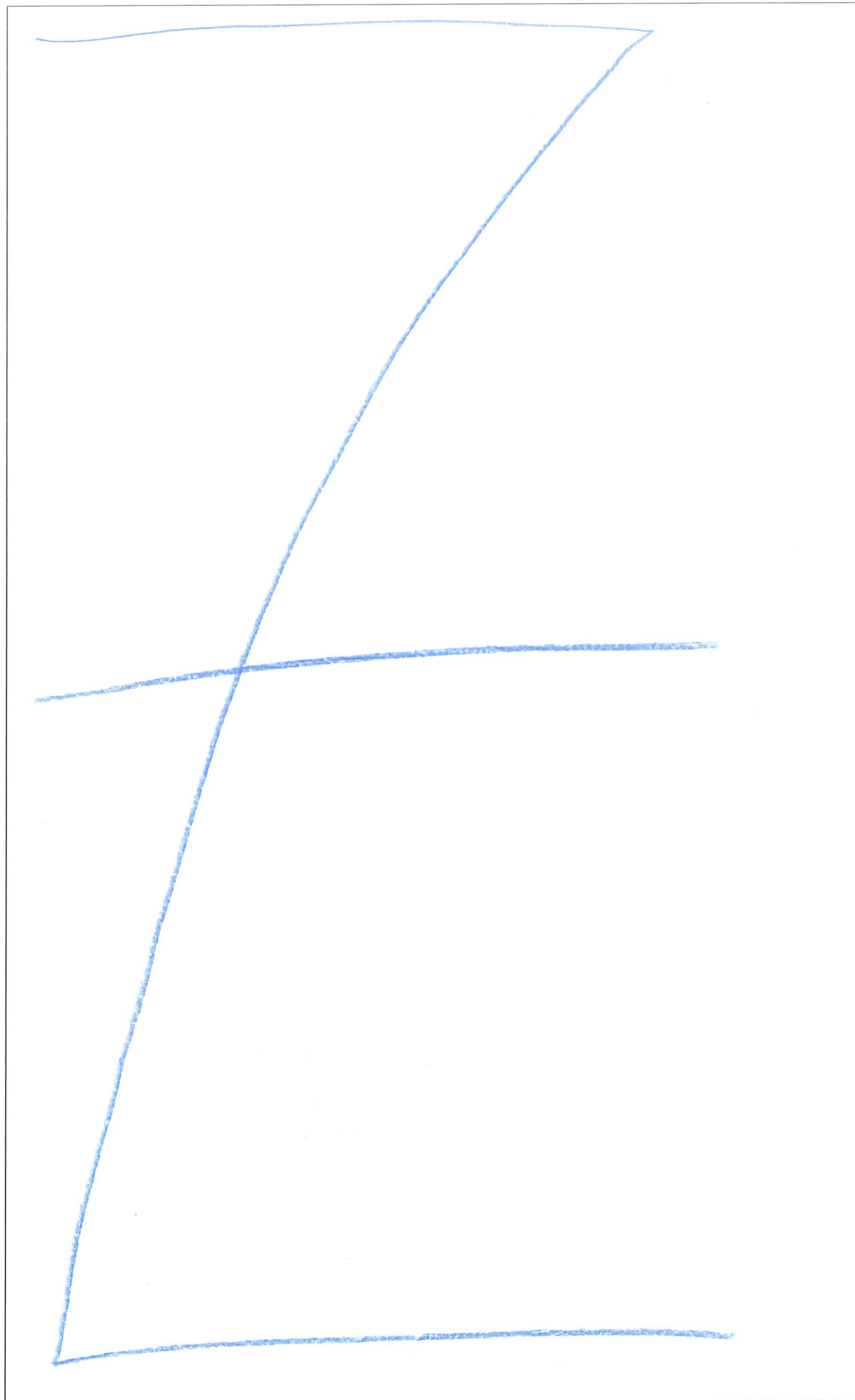
Чистовик: N1 (прод) $a_x = g y - \frac{4 \Delta x}{t^2} \Rightarrow F = m(g y - a_x) =$
 $= m(g y - (g y - \frac{4 \Delta x}{t^2})) = \frac{4 \Delta x \cdot m}{t^2} = \frac{4 \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ кг}}{(1 \text{ с})^2} = 2 \text{ Н} \approx 2 \text{ Н}$
 Ответ: $F = \frac{4 \Delta x \cdot m}{t^2} = 2 \text{ Н}$. Прим: N - сила нормальной реакции опоры, (доцелю числа) $F_{\text{тр}}$ - сила трения, действ. на брусок, массой m . a_x - пражку. ускорения бруска, массой m на Ox .

T_1, T_2, T_3 - силы натяжения нитей, действ. на блок и на бруски
 N^1 - сила нормальной реакции опоры, действ. на брусок, массой M ,
 $F_{\text{тр}}^1$ - сила трения, действ. на брусок, массой M ,
 a_x^1 - пражку. ускорения бруска, массой M на Ox
 Дев, что пражку ускорений брусков на Oy были $= 0$.

N3. **Задача 4** (начало) - q_1 - заряд, протек. через 1-ую вошку,
 q_2 - заряд, протек. через 2-ую вошку, q_3 - заряд, протек. через 3-ую вошку.
 Из 3-на сохр. заряда и того, что ток (общий) сначала идет в 3-ю вошку, потом делится на токи, протек. через 1-ую и 2-ую вошку, т.е.

$I = I_1 + I_2$, $q_3 = q_1 + q_2$
 $\frac{q_3}{t} = \frac{q_2}{t} + \frac{q_1}{t}$, t - время протекания заряда
 $\Rightarrow q_3 = q_2 + q_1 = \frac{m_c}{k_2} + \frac{m_1}{k_1}$, где m_c - масса серебра

$q_3 = \frac{m_3}{k_3} = \frac{m_c}{k_2} + \frac{m_1}{k_1} \Rightarrow \frac{m_c}{k_2} = \frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1} = \frac{m_3 k_1 - m_1 k_3}{k_1 k_3} \Rightarrow$



числовых N_2 (пог). $S(t) = H - \frac{g t^2}{2}$, где $S(t)$ - завис. координ.
 шарика от времени. $\frac{L}{\tau} = V_K = \frac{20}{2} = 10 \frac{M}{c}$, т.к. тело пущено

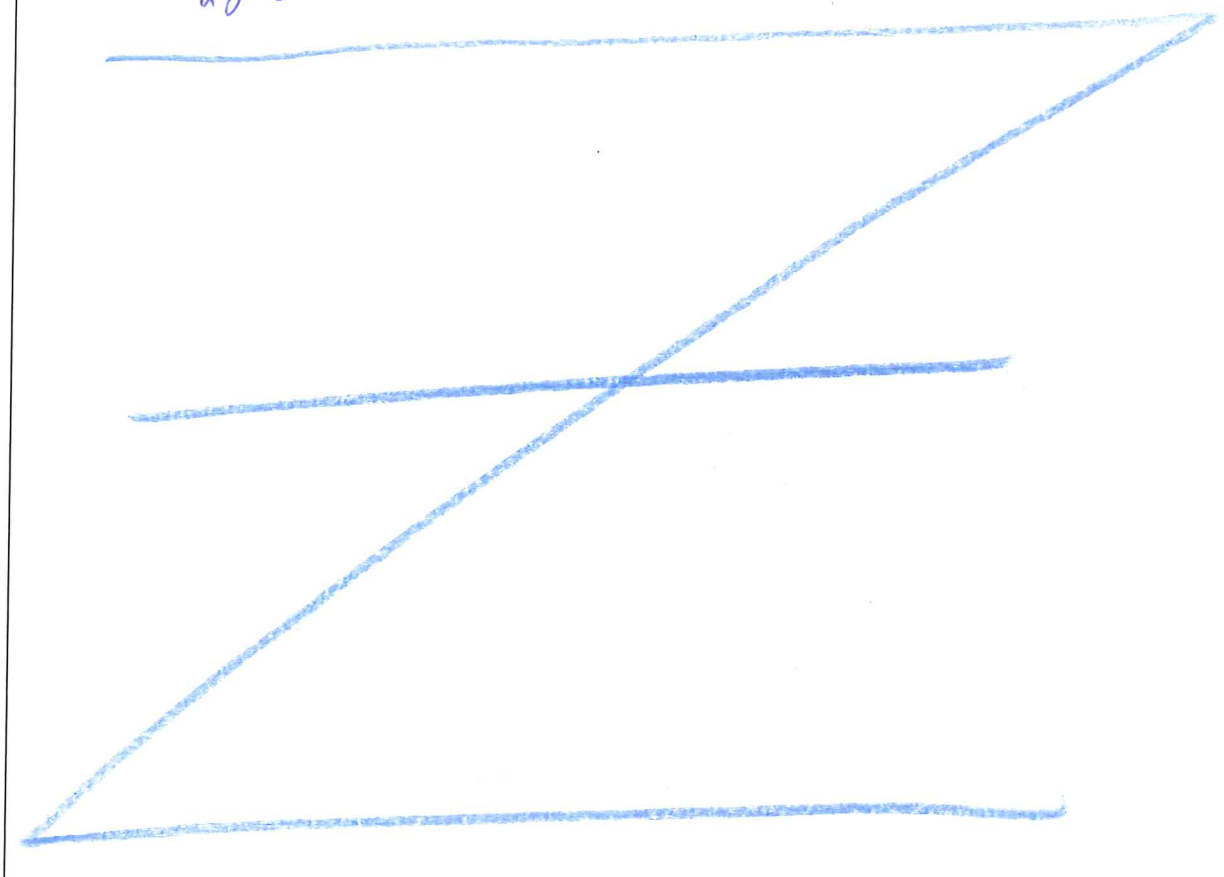
имеет лишь горизонтальную скорость, то движ. равномерно,
 т.к. $g \perp OX \Rightarrow$ проекция g на $OX = 0$

$v_{ny}(t_0)$
 ~~$v_0 \cos \alpha - g t_0 \cdot m_1 = m_2 g t_0 \Rightarrow v_0 \cos \alpha = m_2 g t_0 + m_1 v_K$~~

$V_K = \frac{v_0 \sin \alpha}{m_1 + m_2} \Rightarrow m_1 V_K + m_2 V_K = v_0 \sin \alpha \Rightarrow$
 $m_1 = \frac{v_0 \sin \alpha - m_2 V_K}{V_K}$

~~$v_0 \sin \alpha - m_2 V_K$~~
 ~~$v_0 \cos \alpha = m_2 g t_0$~~

$(v_0 \cos \alpha - g t_0) \cdot m_1 = m_2 g t_0; \frac{v_0 \sin \alpha - m_2 V_K}{V_K} =$
 $= m_2 g t_0$
 Не решал.



03-65-88-68 (1,4)

числовых: N_3 (задача про цепь) (пог).

$\frac{m_c}{k_2} = \frac{m_3 k_1 - m_1 k_3}{k_1 k_3} \Rightarrow m_c = \frac{k_2 (m_3 k_1 - m_1 k_3)}{k_1 k_3}$

$m_c = \rho V_c$, где V_c - объем серебра в цепи,
 $V_c = S d$, где d - искомая величина (толщ. слоя серебра)

$\rho V_c = \rho S d = \frac{k_2 (m_3 k_1 - m_1 k_3)}{k_1 k_3} \Rightarrow$

$d = \frac{k_2 (m_3 k_1 - m_1 k_3)}{\rho S k_1 k_3} = \frac{1,1 \cdot 10^{-6} (744 \cdot 10^{-6} \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} - 660 \cdot 10^{-6} \cdot 9,3 \cdot 10^{-8})}{1,05 \cdot 10^4 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 9,3 \cdot 10^{-8} \cdot (1,1)^2}$

$= \frac{1,1 \cdot 10^{-6} (744 \cdot 10^{-6} \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} - 660 \cdot 10^{-6} \cdot 9,3 \cdot 10^{-8})}{1,05 \cdot 10^4 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 9,3 \cdot 10^{-8} \cdot (1,1)^2} =$

$= \frac{1,1 (10^{-13} \cdot 744 \cdot 3,3 - 10^{-14} \cdot 660 \cdot 9,3)}{1,05 \cdot 10^{-5} \cdot 3,3 \cdot 9,3 \cdot (1,1)^2} =$

$= \frac{10^{-13} (744 \cdot 3,3 - 10^{-1} \cdot 660 \cdot 9,3)}{1,1 \cdot 1,05 \cdot 10^{-5} \cdot 3,3 \cdot 9,3} = \frac{744 \cdot 3,3 - 66 \cdot 9,3}{10^8 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 3,3 \cdot 9,3} =$

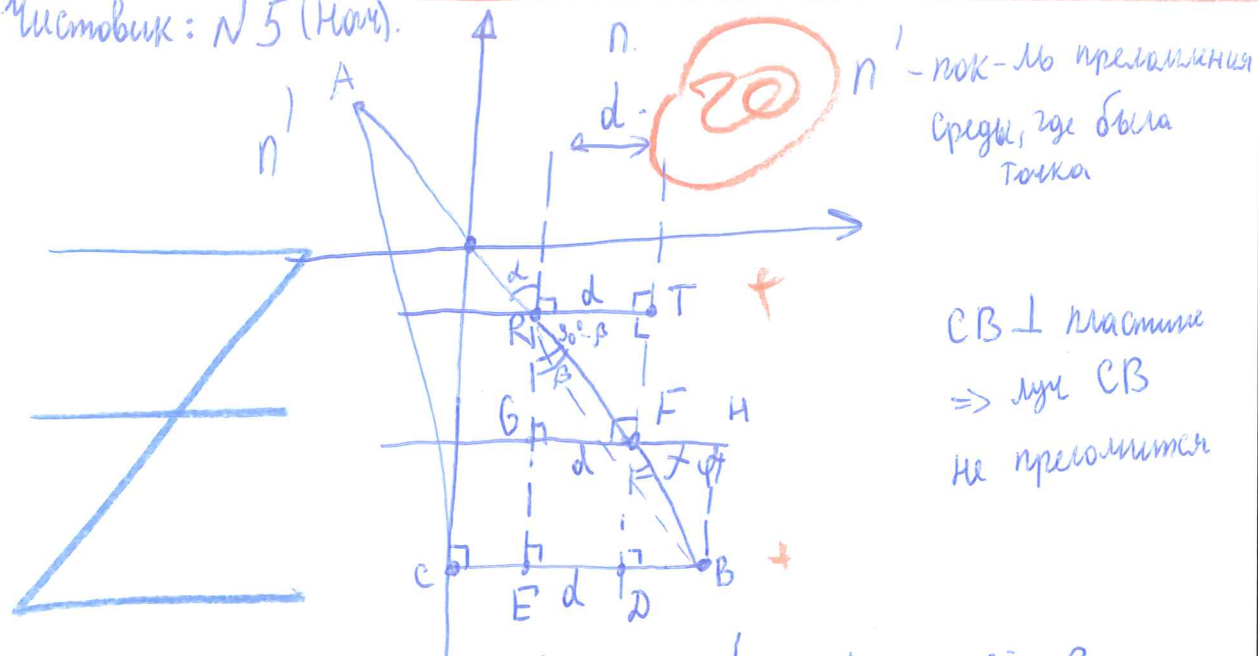
$= \frac{744 \cdot 33 - 66 \cdot 93}{10^9 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 3,3 \cdot 9,3} = \frac{33 (744 - 2 \cdot 93)}{10^9 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 33 \cdot 10^{-1} \cdot 9,3} =$

$= \frac{458}{10^8 \cdot 1,1 \cdot 9,3 \cdot 1,05}, d \text{ [мкм]}, \text{ т.е. } 1 \text{ м} = 10^6 \text{ мкм}$

$\Rightarrow \frac{458 \cdot 10^{-2}}{1,1 \cdot 9,3 \cdot 1,05} \text{ (умножили дробь на } 10^6) = \frac{458}{11 \cdot 93 \cdot 1,05} =$

$= \frac{45800}{11 \cdot 93 \cdot 105} = \frac{45800}{107415} = \frac{9160}{21483} \approx 0,42 \text{ мкм} \approx 0,4 \text{ мкм}$
 Ответ: $d = \frac{k_2 (m_3 k_1 - m_1 k_3)}{\rho S k_1 k_3} \approx 0,4 \text{ мкм}$

Числовик: N 5 (Ноч.)



CB ⊥ поверхности
⇒ луч CB
не преломится

По 3-ю преломления света: $n' \cdot \sin \alpha = n \sin \beta$

$n' = 1$, т.к. точка наход. в идеальной среде (вакуум)

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{n \sin \beta}{1} = 1,5 \sin \beta$$

ан-но:

$$n' \cdot \sin \varphi = n \sin \beta \Rightarrow \sin \varphi = \frac{n \sin \beta}{n'} = 1,5 \sin \beta \Rightarrow$$

$$\sin \alpha = \sin \varphi \Rightarrow \alpha = \varphi, \text{ т.к. углы малы по усл.}$$

т.к. углы малы $\Rightarrow \alpha = \sin \alpha, \beta = \sin \beta$, где β, α в градусах.

в прямоугол. $\triangle DFB \sim \triangle ERB \Rightarrow \frac{FD}{RE} = \frac{DB}{EB} = \frac{FB}{RB}$

$RF = \frac{d}{\sin \beta} \cdot FB = \frac{FD}{\cos \varphi \beta} = \frac{BH}{\sin \varphi}$

$$\Rightarrow RF + FB = \frac{d}{\sin \beta} + \frac{BH}{\sin \varphi} = \frac{1,5d + BH}{1,5 \sin \beta}$$

$$\Rightarrow \frac{RB}{FB} = \frac{RF + FB}{FB} = 1 + \frac{RF}{FB} = \frac{E}{EB} = \frac{1,5d + BH}{BH}$$

Числовик: N 5 (прог.)

$$\frac{RF}{FB} = \frac{d}{\sin \beta} = \frac{BH}{\sin \varphi} = \frac{1,5d}{BH} \Rightarrow 1 + \frac{RF}{FB} = 1 + \frac{1,5d}{BH} = \frac{E}{EB}$$

$$1 + \frac{1,5d}{BH} = \frac{2B+d}{2B} \Rightarrow \frac{1,5d}{BH} = \frac{d}{2B} \Rightarrow \frac{1,5}{BH} = \frac{1}{2B} \Rightarrow$$

$BH = 1,5 \cdot 2B$, но $BH = d$, т.к. $BH \parallel GE$ и $GE = BH$ ($BH, GE + GH$)

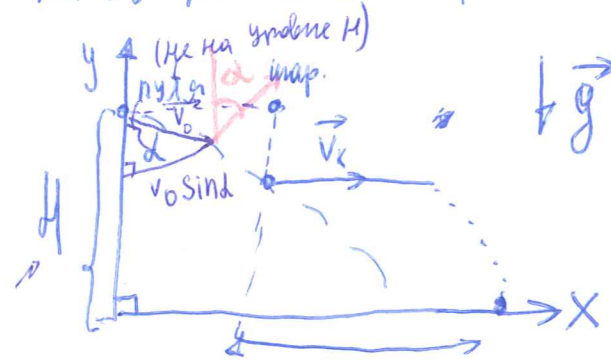
из-за формы пластины - прям-ик, $2B = 2x$ (из-за условия и геометрии)

$$\Rightarrow d = 3x \Rightarrow x = \frac{d}{3} = \frac{3}{3} = 1 \text{ см}$$

$$\Rightarrow \text{ответ: } x = \frac{d}{3} = 1 \text{ см.} \approx 1 \text{ см.}$$

N 2: по усл. соударение неупр. (обесл.) \Rightarrow применим 3 СК в проекции на OX, OY . и т.к. по усл. после удара

тела движутся горизонт. \Rightarrow проекция скорости после удара на OY равна 0. m_1 - масса пули; m_2 - масса шарика.



v_k - конечная скорость (после уд.)

$$v_{uy}(t) = -gt$$

Завис. ск-ти, ее модуля, шарика от времени t . (на OY , $наох = 0$)

$$v_{py}(t) = v_0 \cos \alpha - gt; v_{px}(t) = v_0 \sin \alpha, v_0 - \text{нач. скорость пули.}$$

3-ья модуль скорости пули по OY от времени t

Пусть t_0 - время встречи (столкновения) шарика и пули

3 СК: $Ox: v_{px}(t_0) \cdot m_1 = (m_1 + m_2) v_k$

$Oy: v_{py}(t_0) \cdot m_1 + m_2 \cdot (-gt) = 0 \Rightarrow v_k = \frac{v_{px}(t_0) \cdot m_1}{m_1 + m_2}$