0 741317 820003

74-13-17-82
(4.13)

# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10 класс

Место проведения Москва
город

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Борисова Михаила Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«13» февраля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

черновик

(5)

$d = 3$ см
$n = 1{,}5$

$\cancel{10000} \cdot 2300$
$80 \cdot 2{,}3 \cdot \cancel{1000000}$

$\frac{10}{80} = \frac{1}{8} \cdot \frac{80}{100}$ 0,18

$\frac{100 \cdot 0{,}018}{8 \cdot 6}$

---

(2)

$m = 500$ г
$M = 2m$
$F - ?$
$\tau = 1$ с
$\Delta x = 1$ м
$\mu = 0{,}3$

$\frac{1{,}8}{6} = 0{,}3$

$v_0 = 0 \quad a = 2a$
$\tau = 1$ с
$\Delta x = 1$ м

$$\begin{cases} F - \mu mg = ma_1 \\ 2F - 2\mu mg = 2ma_2 \end{cases}$$

$2F \leftarrow \ \rightarrow \mu Mg$

$$\begin{cases} a_1 = \frac{F}{m} - \mu g \\ a_2 = \frac{F}{m} - \mu g \end{cases} \qquad a_1 = a_2 = a$$

$\Delta x = \frac{2a\tau^2}{2} \quad a = \frac{\Delta x}{\tau^2} = 1\ \frac{м}{с^2}$

$F = m\left(\mu g + \frac{\Delta x}{\tau^2}\right) = 0{,}5(3+1) = 2$ (Н)

---

(3)

$L = u\tau$

$\tau = 2$ с

$u = \frac{L}{\tau} = \frac{20}{2} = 10\ \frac{м}{с}$

$L = 20$ м

$\frac{Mu^2}{2} = \frac{Mv_0^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$

$$\begin{cases} Mv_0 = mv\sin 45 \\ Mu = mv\sin 45 \end{cases}$$

$v_0 = u$

$H = S_1 + S_2 \quad S_1 = \frac{u^2}{2g} \quad S_2 = \frac{g\tau^2}{2}$

$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{g\tau^2}{2} = \frac{100}{20} + \frac{10}{2} = 5 + 5 = 10$ (м)

$830 \times 4 = 3320$

---

$10^{-6} \quad 10^{-3} \quad 20+ \quad 1100$



74-13-17-82 (4.13)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 20 | 20 | 15 | 19 | 12 |

86 (восемьдесят шесть)



чистовик

**Задача 1:**

расставим силы, с учётом, что нить невесома и нерастяжима:

по 3 з-ну Ньютона:

$$\begin{cases} N_2 = Mg \\ N_1 = mg \end{cases}$$

2 з-н Ньютона для брусков:

$$\begin{cases} F - \mu N_1 = ma_1 \\ 2F - \mu N_2 = Ma_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F - \mu mg = ma_1 \\ 2F - \mu Mg = Ma_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_1 = \frac{F}{m} - \mu g \\ a_2 = \frac{2F}{M} - \mu g \end{cases}$$

т.к. $M = 2m$, то: $a_1 = a_2$ $\left(a_2 = \frac{\cancel{2}F}{\cancel{2}m} - \mu g = a_1\right)$

Т.к. 2 бруска движутся поступательно навстречу друг другу с одинаковым ускорением $a = a_1 = a_2$, то ускорение сближения двух брусков $= 2a$. Изначально скорость брусков $= 0$, они сблизились на $\Delta x$ за время $\tau$; тогда:

$$\Delta x = v_0\tau + \frac{2a\tau^2}{2} = 0 + \frac{\cancel{2}a\tau^2}{\cancel{2}} \Rightarrow a = \frac{\Delta x}{\tau^2}$$

найдём F:

$$F = ma + \mu mg = m(a + \mu g) = m\left(\frac{\Delta x}{\tau^2} + \mu g\right) = 0{,}5\left(\frac{1}{1^2} + 0{,}3 \cdot 10\right) = 2\ (Н)$$

Ответ: 2 Н.

20

**Задача 2:**

пусть $v_0$ - скорость шарика в момент до удара, $v$ - скорость пули до удара, $u$ - скорость после удара:

пусть $m$ - масса пули, $M$ - масса шарика.

$v_0 \Rightarrow O \rightarrow u$

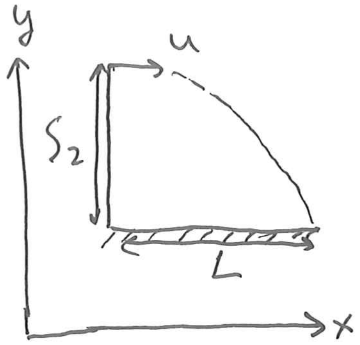
чистовик

Запишем ЗСИ на ось $x$ и $y$:

$$\begin{cases} m v \sin_{45^\circ} = (M+m)u \\ m v \cos_{45^\circ} = M v_0 \end{cases}$$

учтём, что $m \ll M$ и $\sin_{45^\circ} = \cos_{45^\circ}$:

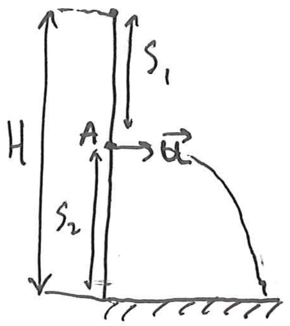
$$\begin{cases} m v \sin_{45^\circ} = M u \\ m v \sin_{45^\circ} = M v_0 \end{cases} \Rightarrow u = v_0,$$ найдём $u$:




падение длилось $\tau$, тогда уравнения движения на $x$ и $y$:

$$\begin{cases} L = u\tau \\ S_2 = u_y\tau + \frac{g\tau^2}{2} = \frac{g\tau^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} u = \frac{L}{\tau} \\ S_2 = \frac{g\tau^2}{2} \end{cases}$$




если в точке A произошло ударение, то: $H = S_1 + S_2$. Найдём $S_1$:

$$S_1 = \frac{0^2 + v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{u^2}{2g} = \frac{L^2}{2g\tau^2}$$

$$H = S_1 + S_2 = \frac{g\tau^2}{2} + \frac{L^2}{2g\tau^2} = \frac{10\cdot 4}{2} + \frac{400}{20\cdot 4} = 25\ (м)$$

Ответ: 25 м.

Задача 3(а):

Найдём массу испарившейся воды $m$ ($t = 100°C \Rightarrow$ сразу происходит испарение), если $P$ – мощность электроплитки, ~~тогда~~ то:

$$P = \frac{U^2}{r};\ \frac{\eta P\tau}{100\%} = \lambda m \Rightarrow m = \frac{\eta U^2 \tau}{100\% \cdot r\lambda} = \frac{100^2\cdot 2300\cdot 0{,}8}{80\cdot 2{,}3\cdot 10^6} = 0{,}1\ кг$$

(вода получает $\frac{\eta Q}{100\%}$ теплоты $= \frac{\eta P\tau}{100\%}$)

$m = 100$ г



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

черновик

(3) $V = 50\ м^3$ $\tau = 2300\ с$

$T_0 = 300\ K \to p_{нас} = 2\ кПа$

$\varphi_0 = 41{,}5\%$ $\lambda = 2{,}3\ \frac{МДж}{кг}$

$t = 100°C$ $\mu = 0{,}018\ \frac{кг}{моль}$

$r = 80\ Ом$ $R = 8{,}3\ \frac{Дж}{моль\cdot K}$

$U = 100\ В$ $\rho - ?\ (г\cdot м^{-3})$

$\eta = 80\%$

$P = IU = \frac{U^2}{r}$

$A = P\tau = \frac{U^2}{r}\tau = \frac{10000\cdot 2300}{80}$

$Q = \eta A = \frac{2300\cdot 10000}{80}\cdot\frac{80}{100} = 230000\ Дж$

$Q = \lambda m \Rightarrow m = \frac{Q}{\lambda} = \frac{\eta U^2\tau}{r\lambda} = \frac{230000}{2300000} = 0{,}1\ кг = 100\ г$

изохора: $V = const$ $P_0 = \varphi_0 P_{нас}$ $415 \times 6 = 2490$

$\frac{pV}{T}$ $\frac{T_0}{p_0} = \frac{T_к}{p_к}$ $p_0 V = \nu R T_0$

$\varphi_0 P_{нас} V = \frac{m_0}{\mu} R T_0$ $\frac{6\cdot 3\cdot 415}{83\cdot 300} =$

$m_0 = \frac{\mu\varphi_0 P_{нас} V}{RT_0} = \frac{0{,}018\cdot 41{,}5\cdot 2\cdot 1000\cdot 50}{100\cdot 8{,}3\cdot 300} = \frac{18\cdot 41{,}5}{8{,}3\cdot 300} = \frac{2490}{8300} = 0{,}3\ кг$

$m = 100\ г$ $c m(T - t) = c m_0(T_0 - T)$

$m_0 = 300\ г$

~~$t = \frac{m_0T_0 - mT}{m_0 - m}$~~ $= \frac{3\cdot 300 - 273}{2}$

$RV = \frac{m_0 + m}{\mu} R T_0$ $T = \frac{m_0 T_0 + m t}{m + m_0} = \frac{3\cdot 300 + 373}{4} = \frac{1273}{4} =$

$p = \frac{(m_0 + m)RT}{\mu V} = \frac{400\cdot 8{,}3\cdot 318{,}25}{0{,}018\cdot 50} = \frac{900}{1273}$ $= 318{,}25$

$\frac{2100\cdot 8{,}3\cdot 1273}{0{,}018\cdot 50} = \frac{19{,}6\cdot 1273}{0{,}018} = \frac{8{,}3\cdot 2\cdot 1273\cdot 100}{18\cdot 9} =$

$1273 \times 83 = 3819 + 10184 = 105659$

$105659 : 9 = 11739$

$= 11740\ \frac{г}{м^3}$

$83 \times 4 = 332$

$P = \frac{400\cdot 8{,}3\cdot 30000}{50\cdot 0{,}018}$

33200 г

$4\cdot 7$ $\frac{8\cdot 83\cdot 7\cdot 100}{8\cdot 6\cdot 3\cdot 2}$

$\frac{33200}{3}$

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

черновик

3б

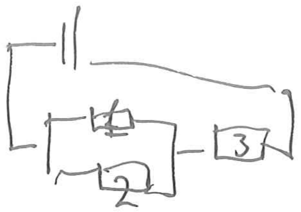
$m_1 = 600$ мг меди $k_1 = 3{,}3 \cdot 10^{-7} \frac{кг}{Кл}$

$m_2 = 744$ на ал. $k_2 = 1{,}1 \cdot 10^{-6} \frac{кг}{Кл}$

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

$S = 110$ см$^2$

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



$10^{-9}$ – нано
$10^{-3}$ – милли
$10^{-2}$ – санти

$$\begin{cases} m_1 = k_1 I_1 t \\ m_2 = k_2 I_2 t \\ m_3 = k_3 (I_1 + I_2) t \end{cases}$$

$m_3 = \rho S d$

$I_1 = \frac{m_1}{k_1 t}$

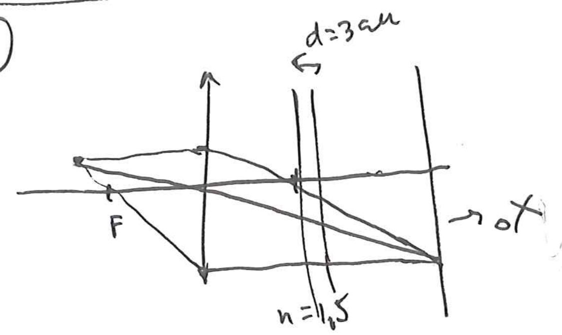
$d = \frac{k_3}{\rho S}\left(\frac{m_1}{k_1} + \frac{m_2}{k_2}\right) =$

$m_3 = k_3\left(\frac{m_1}{k_1} + \frac{m_2}{k_2}\right)$

$= \frac{9{,}3 \cdot 10^{-8}}{1{,}05 \cdot 10^4 \cdot 1{,}1^2}\left(\frac{600 \cdot 10^{-6}}{3{,}3 \cdot 10^{-7}} + \frac{744 \cdot 10^{-6}}{1{,}1 \cdot 10^{-6}}\right) =$

$= \frac{9{,}3}{1{,}05 \cdot 10^{12} \cdot 1{,}1^2}\left(\frac{6000 + 2232}{3{,}3}\right) = \frac{31 \cdot 8232 \cdot 10^6}{11 \cdot 1{,}05 \cdot 10^{12} \cdot 1{,}1^2}$

5

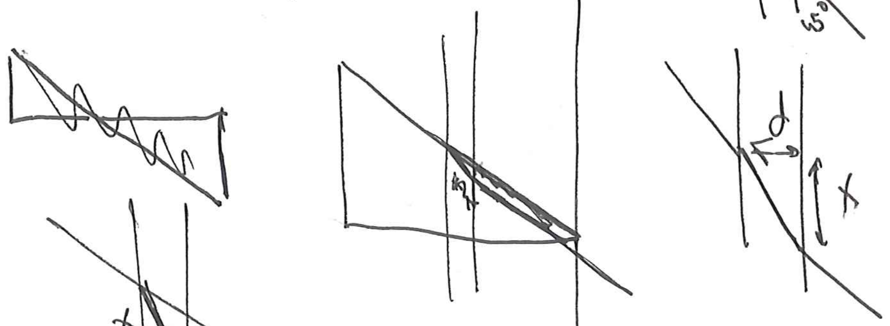


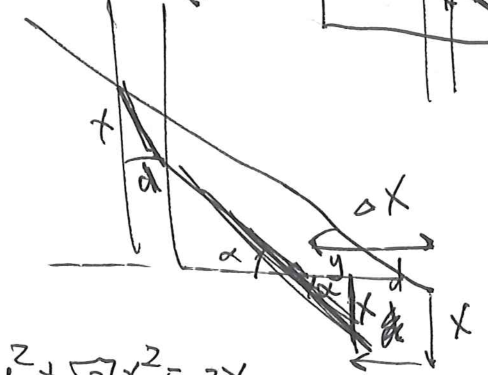
$\sin_{45} = 1{,}5 \sin_\beta$

$\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{3}{2} \sin\beta$

$\sin\beta = \frac{\sqrt{2}}{3}$

$\Delta X = d + y$





$\sin\beta = \frac{X}{(d^2 + x^2)}$

$\sin_\alpha = \frac{X}{y^2 + x^2}$ $\quad \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{x}{y^2 + x^2}$

$\sqrt{2} y^2 + \sqrt{2} x^2 = 2X$

$y = \sqrt{\frac{2X}{\sqrt{2}} - \sqrt{2} x^2} = \sqrt{\sqrt{2}X - x^2}$

$\sqrt{2} d^2 + \sqrt{2} x^2 = 3X$

$\sqrt{2} x^2 - 3X + \sqrt{2} d^2 = 0$





74-13-17-82
(4.13)

чистовик:

Запишем у-ие Менделеева-Клапейрона до испарения и найдём $m_0$ – изначальную массу водяных паров:

$P_0 V = \frac{m_0}{\mu} R T_0$; $\quad P_0 = \frac{\varphi_0 P_{нас}}{100\%}$

$m_0 = \frac{\varphi_0 P_{нас} V \mu}{R T_0 \cdot 100\%} = \frac{0{,}415 \cdot 2000 \cdot 50 \cdot 0{,}018}{8{,}3 \cdot 300} = 0{,}3$ кг $= 300$ г

пусть давление паров в конце – P, найдём её из у-ия Менделеева-Клапейрона:

$PV = \frac{m_0 + m}{\mu} R T_0$ (изменением температуры можно пренебречь, а объём – постоянный)

$P = \frac{(m_0 + m) R T_0}{\mu V} = \frac{0{,}4 \cdot 8{,}3 \cdot 300}{0{,}018 \cdot 50} \approx 1100$ Па

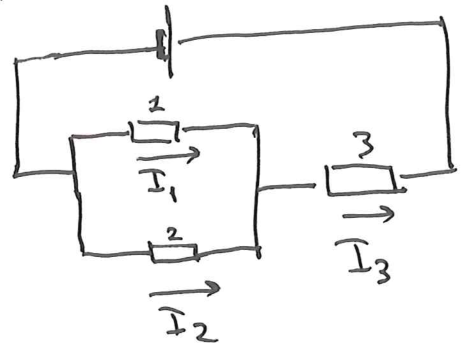
$P < P_{нас} \Rightarrow$ водяной пар всё ещё не насыщенный, тогда абсолютная влажность $\rho = \frac{m_0 + m}{V} = \frac{400}{50} = 8 \frac{г}{м^3}$

нет физ ответа в букв виде

Ответ: $8 \frac{г}{м^3}$

Задача 3(б): = N4

расставим токи в цепи:



$I_3 = I_1 + I_2$

Пусть от начала опыта прошло время $t$, тогда выразим массу выделившихся металлов через силу тока:

~~$I_1 t = k_1 m_1$~~
~~$I_2 t = k_2 m_2 \Rightarrow m_2 = \frac{I_2}{k_2} t$~~ ~~$I_2 = I_3 - I_1$~~
~~$I_3 t = k_3 m_3$~~

~~$m_2 = \frac{t}{k_2}\left(\frac{k_3 m_3}{t} - \frac{k_1 m_1}{t}\right) = \frac{k_3 m_3 - k_1 m_1}{k_2}$~~

чистовик:

$$\left.\begin{aligned} m_1 &= I_1 k_1 t \\ m_2 &= I_2 k_2 t \\ m_3 &= I_3 k_3 t \end{aligned}\right\} \Rightarrow m_2 = k_2 t\,(I_3 - I_1) = k_2 t\left(\frac{m_3}{k_3 t} - \frac{m_1}{k_1 t}\right) = k_2\left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1}\right)$$

пусть $h$ – толщина осаждённого серебра, тогда:

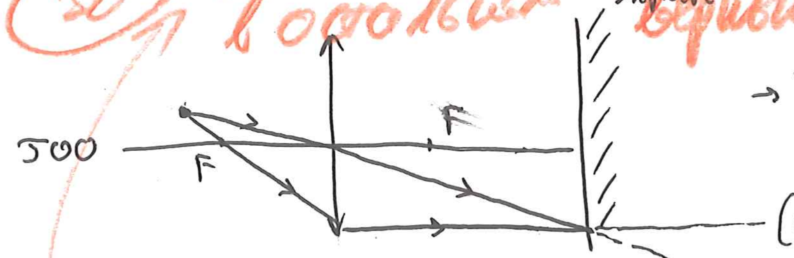
$$m_2 = \rho V = \rho S h \Rightarrow h = \frac{m_2}{\rho S} = \frac{k_2}{\rho S}\left(\frac{m_3}{k_3} - \frac{m_1}{k_1}\right) = \frac{1{,}1\cdot 10^{-6}}{1{,}05\cdot 10^4\cdot 1{,}1^2}\left(\frac{744}{9{,}3\cdot 10^{-8}} - \frac{660}{3{,}3\cdot 10^{-7}}\right) \approx 0{,}3 \text{ микрометра}$$

Ответ: 0,3 микрометра

Задача 5:

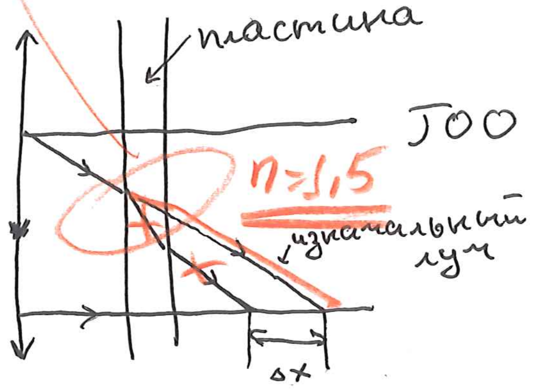
нарисуем первую ситуацию:

$\frac{1}{2}$ ошибка в [illegible] верны.




→ это условие чёткого изображения (если бы линза была рассеивающей, то изображение не было бы чётким ⇒ линза - собирающая)

когда ставят пластину, то нижний луч не изменяется, а верхний луч - преломится:




При этом угол наклона луча не изменится при прохождении через линзу:

пусть $\alpha$ - угол падения,

$\beta$ - угол отражения,

$\gamma$ - ~~угл~~ угол отражения



черновик

$\sqrt{2}x^2 - 3x + \sqrt{2}d^2 = 0$

$x = \frac{3 \pm \sqrt{9 - 2d^2}}{2\sqrt{2}}$

$\frac{3x}{2(d^2+x^2)} = \frac{x}{y^2+x^2}$

$3y^2 + 3x^2 = 2d^2 + 2x^2$

$x = \sqrt{2d^2 - 3y^2}$

$\sqrt{2}y^2 + \sqrt{2}x^2 = 2x$

$\sqrt{2}y^2 + \sqrt{2}(2d^2 - 3y^2) = 2\sqrt{2d^2 - 3y^2}$

$y = \sqrt{\ldots}$

$93 \times 8 = 744$

$35 \times 3 = 105$

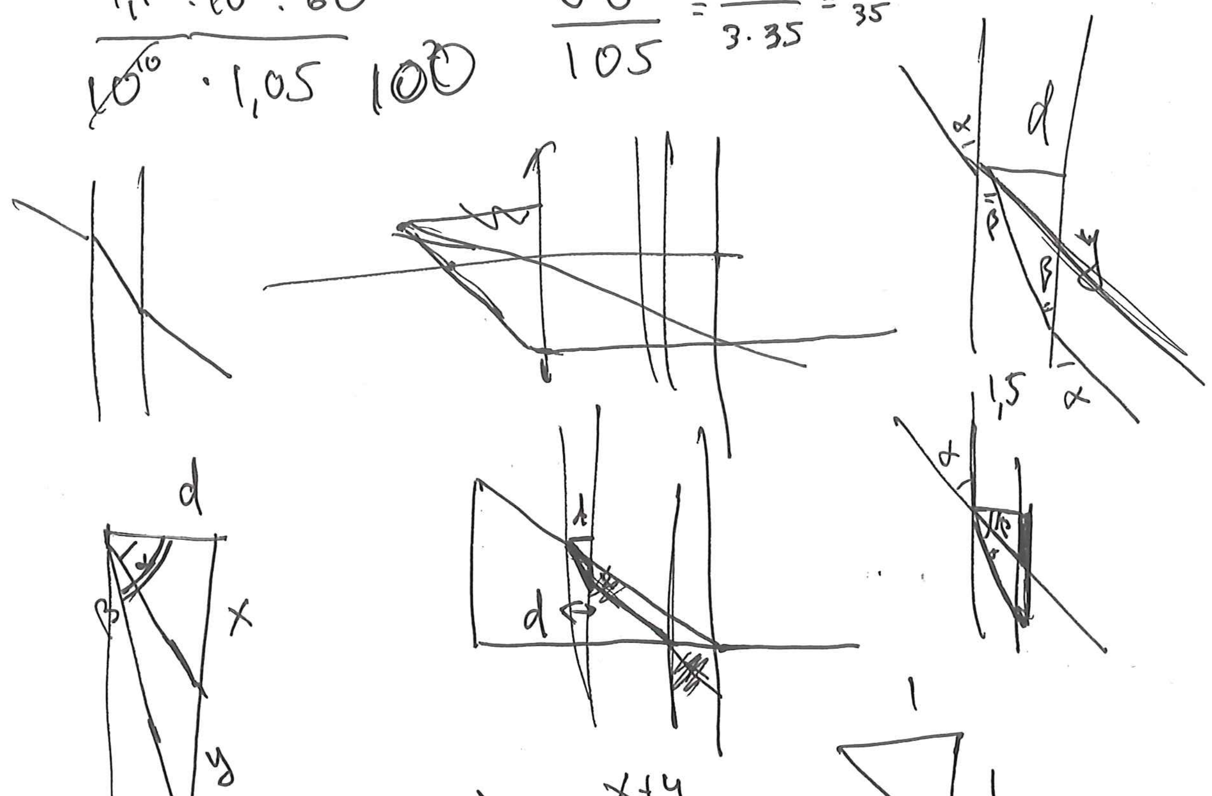
$11 : 35 = 0{,}31$

$$\frac{1{,}1}{10^6 \cdot 1{,}05\cdot 10^4}\left(\frac{10^8\cdot 744}{93} - \frac{10^8\cdot 660}{33}\right)$$

$10^8\, 80 - 10^8\, 20$

$$\frac{1{,}1\cdot 10^8\cdot 60}{10^{10}\cdot 1{,}05\; 100}$$

$$\frac{66}{105} = \frac{3\cdot 11}{3\cdot 35} = \frac{11}{35}$$

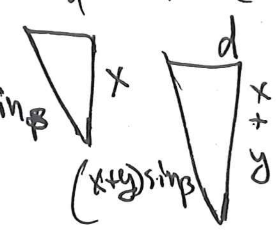



$\sin\alpha = \frac{3}{2}\sin\beta$

$\sin_{45} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$tg_{45} = 1$

$\sin\alpha = \frac{x+y}{\sqrt{d^2+(x+y)^2}}$

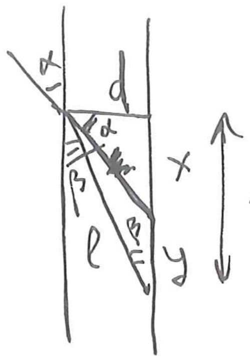




$y =$

черновик

$\sin_\alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2+d^2}} = \frac{3}{2}\sin_\beta = \frac{3}{2}\frac{d}{l}$



$l = \frac{3d\sqrt{x^2+d^2}}{2x}$

1,5 · 1,5 = 75, 15, 2,25

$\frac{9d^2(x^2+d^2)}{4x^2} = d^2 + x^2 + 2xy + y^2$

1,25

$9d^2x^2 + 9d^4 = 4d^2x^2 + 4x^4 + 8x^3y + 4x^2y^2$

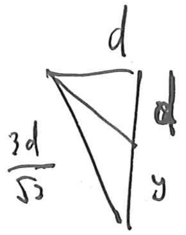
$\sin_{45} = \frac{\sqrt2}{2} = \frac{3}{2}\sin_\beta \Rightarrow \sin_\beta = \frac{2\sqrt2}{3} = \frac{d}{l}$

$\frac{125}{100} = \frac{25\cdot5}{100} = \frac{5\cdot5}{10} = 0{,}5\sqrt5$

$\sin_\alpha$ $\quad l = \frac{3d}{\sqrt2}$ $\quad$ 5 $\quad$ 2,2

$x + y = l\cos_\beta$

$y = (d^2 + (x+y)^2)\cos_\beta$

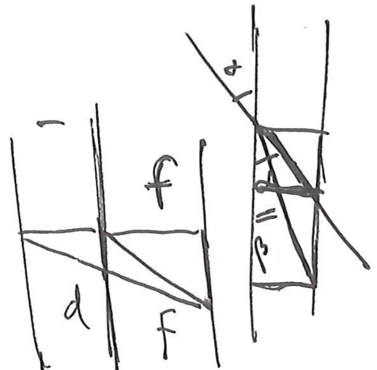


$\frac{9d^2}{2} = \frac{d^2}{2} + L^2$

$L = \sqrt{\frac{7}{2}}d = \sqrt{\frac{7}{2}}d$ $\quad y = L - d = \sqrt{\frac{7}{2}} - \sqrt{\frac{2}{2}}$

$\sin_\alpha = \frac{3}{2}\sin_\beta$

$y = d\sqrt{(\sin^2_\beta - 1)}$



$d^2 + y^2 = l^2$

$d^2 + (y + \Delta x)^2 = n^2 l^2$

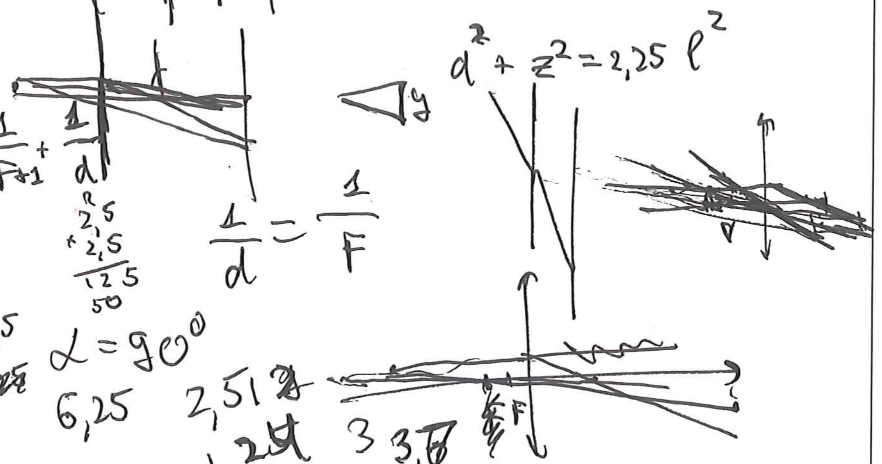
$d^2 + y^2 = l^2$

$\sqrt{\frac{1}{\sin^2_\beta} - 1}$ $\quad \sqrt{\frac{1}{n^2\sin^2_\beta} - 1}$

$d^2 + z^2 = 2{,}25\, l^2$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{F+1} + \frac{1}{d}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ $\quad$ 2,5 + 2,5 = 125, 50 $\quad \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$



$3^2 = 9$ $\quad$ 2,5 $\quad \alpha = 90^\circ$

$2^2 = 4$ $\quad$ 6,25 $\quad$ 2,51 $\quad$ 1,2 $\quad$ 3 $\quad$ 3,7

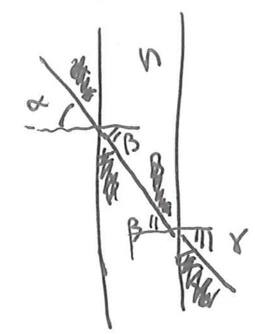




74-13-17-82 (4.13)

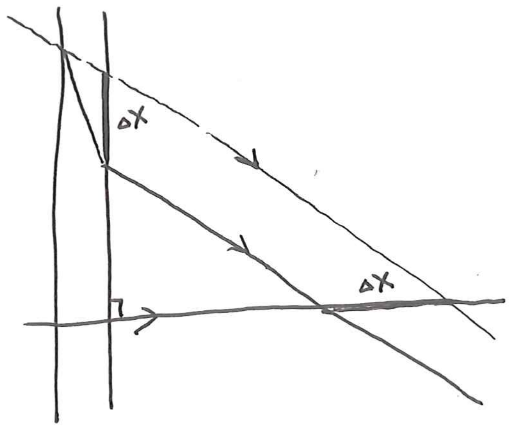
чистовик

тогда по з-ну Снеллиуса:

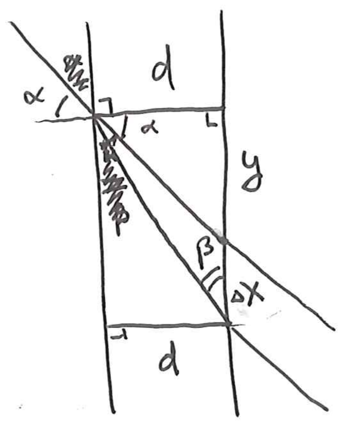


$\begin{cases} n\sin_\beta = \sin_\alpha \\ n\sin_\beta = \sin_\gamma \end{cases} \Rightarrow \alpha = \gamma$

т.к. изначальный луч параллелен преломлённому, а пластина перпендикулярна нижнему лучу (он параллелен ГОО, т.к. проходит через фокус), то экран нужно сдвинуть настолько, насколько пластина преломила луч:



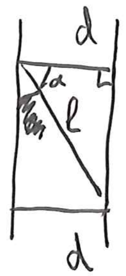
Тогда найдём $\Delta X$:



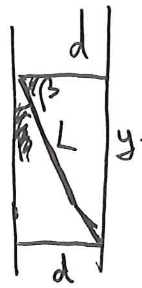
Закон Снеллиуса:

$\sin_\alpha = n\sin_\beta$

соотношения в прямоугольных треугольниках:



$\left.\begin{matrix} d^2 + y^2 = l^2 \\ \sin_\alpha = \frac{y}{l} \end{matrix}\right\}$ $\cancel{d^2 + y^2 = \frac{d^2}{\sin^2_\alpha}}$



$\left.\begin{matrix} d^2 + (y + \Delta X)^2 = L^2 \\ \sin_\beta = \frac{y + \Delta X}{L} \end{matrix}\right\}$ $\cancel{d^2 + (y + \Delta X)^2 = \frac{d^2}{\sin^2_\beta}}$

чистовик:

$$\cancel{y=\sqrt{\frac{d^2}{\sin^2_\alpha}-d^2}}$$
$$\cancel{y+\Delta x=\sqrt{\frac{d^2}{\sin^2_\beta}-d^2} \Rightarrow \Delta x = d\left(\sqrt{\frac{1-\sin^2_\beta}{\sin^2_\beta}}-\sqrt{\frac{1-\sin^2_\alpha}{\sin^2_\alpha}}\right)}$$

$$\sin_\alpha = n\sin_\beta$$
$$\Downarrow$$
$$\frac{y}{l} = n\frac{y+\Delta x}{L} \Rightarrow L = l n\cdot\frac{y+\Delta x}{y}$$

$$\begin{cases} d^2+y^2=l^2 \\ d^2+(y+\Delta x)^2 = n^2 l^2\frac{(y+\Delta x)^2}{y^2} \end{cases} \Rightarrow d^2+(y+\Delta x)^2 = (n^2d^2+n^2y^2)\frac{(y+\Delta x)^2}{y^2}$$

$$d^2+y^2+\Delta xy+\Delta x^2 = n^2d^2+n^2y^2$$

Т.к. точка смещена на небольшое расстояние, то $\alpha\approx 90^\circ \Rightarrow y\approx 0$, тогда:

$$d^2+0+0+\Delta x^2 = n^2d^2+0$$
$$\Delta x^2 = d^2(n^2-1)$$

~~$\Delta x = d\sqrt{n^2-1} = 3\cdot\sqrt{1,5^2-1}\approx 4$ (см)~~

~~Ответ: $x=\Delta x = 4$ см~~

$$\Delta x = \sqrt{11,25}\approx 3 \text{ (см)} \quad \left(\sqrt{3^2}<\sqrt{11,25}<\sqrt{3,5^2}\right)$$

Ответ: $x=\Delta x=3$ см





черновик

$$x^2 = d^2(n^2-1)$$

$1,5 \times 1,5$: 75, 225 → 2,25

$1,25 \times 9 = 11,25$

$9\cdot 1,25$

$\sqrt{3,75}$

$\sqrt{16} = 4$

$\sqrt{9} = 3$

$\sqrt{12,25} = 3,5$

$3,5 \times 3,5$: 175, 105 → 12,25

$$\cancel{d^2y^2+y^4+\Delta xy^3+\Delta x^2y^2 = n^2d^2y^2+2\Delta xyn^2d^2+\Delta x^2n^2d^2+n^2y^4+2n^2y^3\Delta x+\Delta x^2n^2y^2}$$

$$d^2+l^2\sin^2_\alpha = l^2$$
$$d^2+L^2\sin^2_\beta = L^2$$
$$l^2(\cos^2_\alpha) = L^2(\cos^2_\beta)$$
$$l\cos_\alpha = L\cos_\beta$$