



07-65-79-35
(150.1)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 03

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

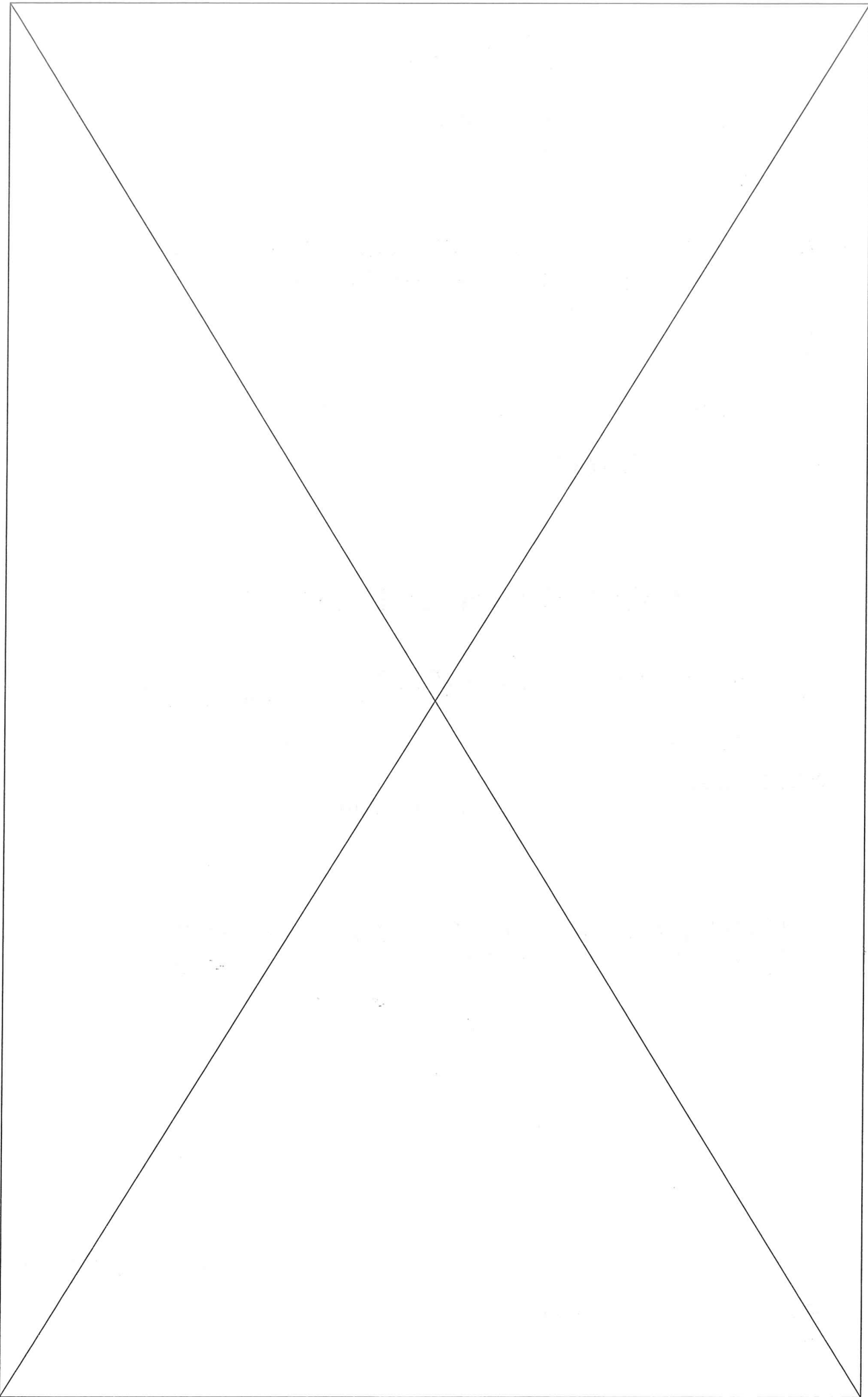
Олимпиада школьников Роборест
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

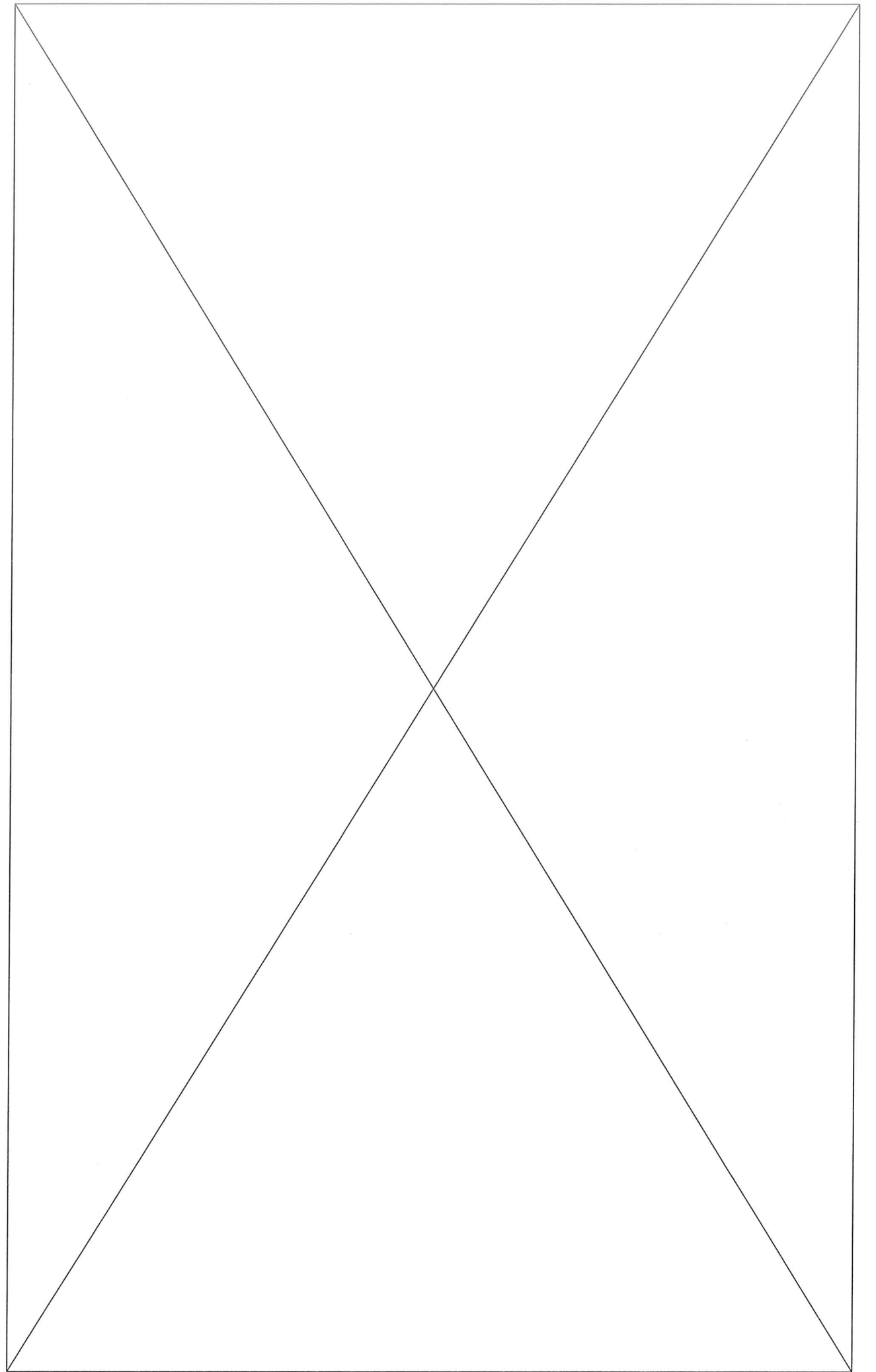
Прусакова Никити Максимовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«4» апреля 2026 года

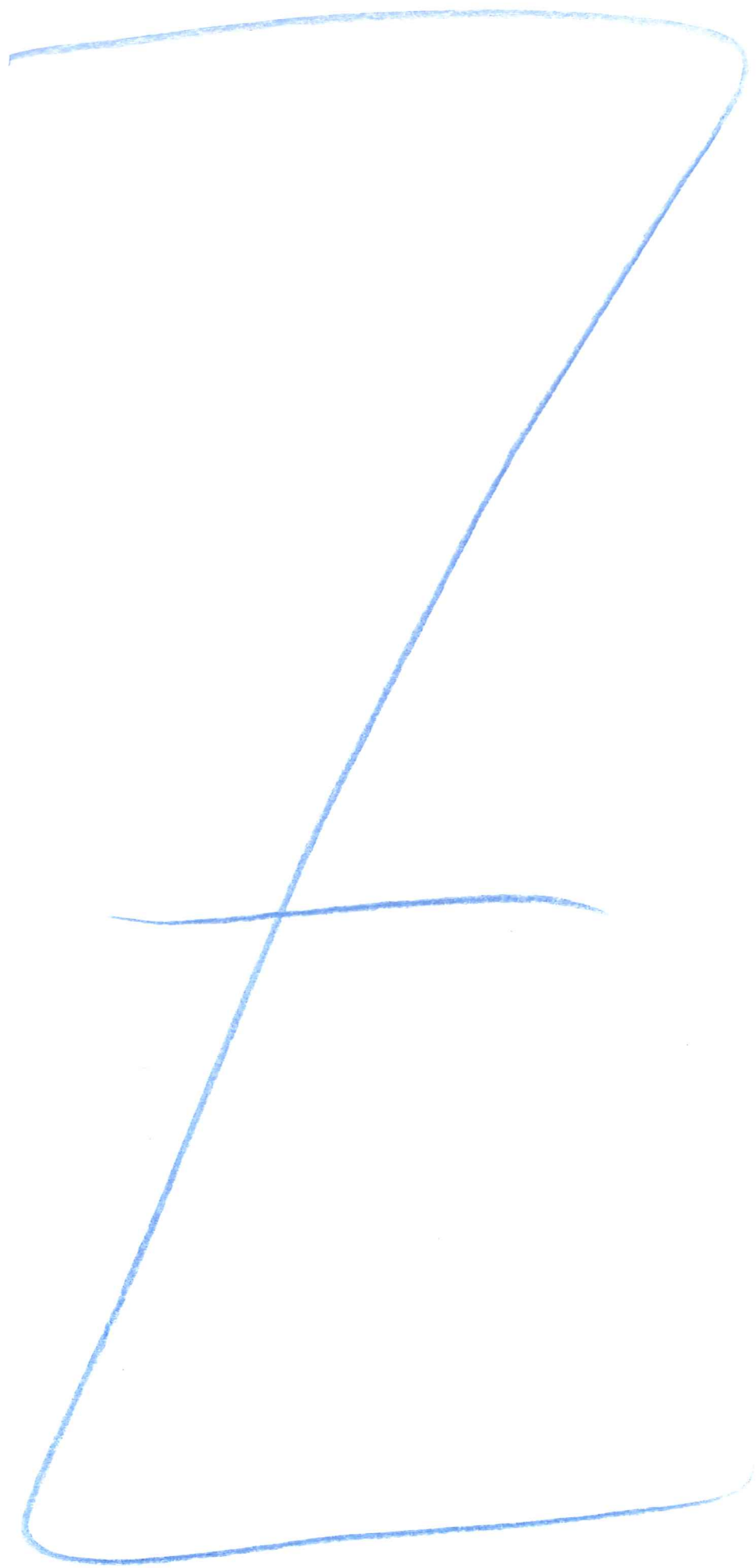
Подпись участника
[подпись]



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



07-65-79-35
(150.1)

Сценка театр. тура 43
Итоговая оценка 83
(Восемьдесят три)

Черновик

Вопрос $V = \text{const} \Rightarrow c = \frac{Q}{\Delta T}$

в изобарном и изохорном проц.

$\eta_1 = 12.5\% \text{ при } x_1 = 2.25$
 $x_2 = 6 \quad \eta_2 = 20\%$

$\eta_2 = ? \quad \eta_3 = ?$

$1-2 - T \uparrow$
 $2-3 - T \downarrow$
 $3-1 - T \downarrow$

$S_3 = a \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{2}$

$A = \frac{1}{2} \cdot V_0 \cdot p_0 (x-1)(y-1) \sin \alpha$
 $A = \frac{1}{2} V_0 p_0 (x-1)(y-1)$

$Q_H = A + \Delta U = \frac{1}{2}$
 $\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{(x-1)(y-1)}{(x-1)(y-1) + 3(xy-1)}$

$\eta = \frac{\frac{1}{2} P_0 V_0 (x-1)(y-1) + \frac{3}{2} P_0 V_0 (xy-1)}{P_0 V_0 (x-1)(y-1) + 3(xy-1)}$

$= \frac{xy - x - y + 1}{xy - x - y + 1 + 3xy - 3} = \frac{(x-1)(y-1)}{(x-1)(y-1) + 3(xy-1)} = 1 - \frac{3(xy-1)}{(x-1)(y-1)}$

$\frac{3xy-3}{xy-x-y+1}$

Чертовски

Вопрос ω_2

$a_t = 0$

$$F_{тр} = \mu N$$

$$mg \mu$$

- $F_{тр} \cos \alpha = F_c +$
- $F_{тр} \sin \alpha = \frac{m v^2}{R} +$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m v^2}{F_c R} = \frac{m v^2}{\gamma m v^2 R} = \frac{1}{\gamma R} +$$

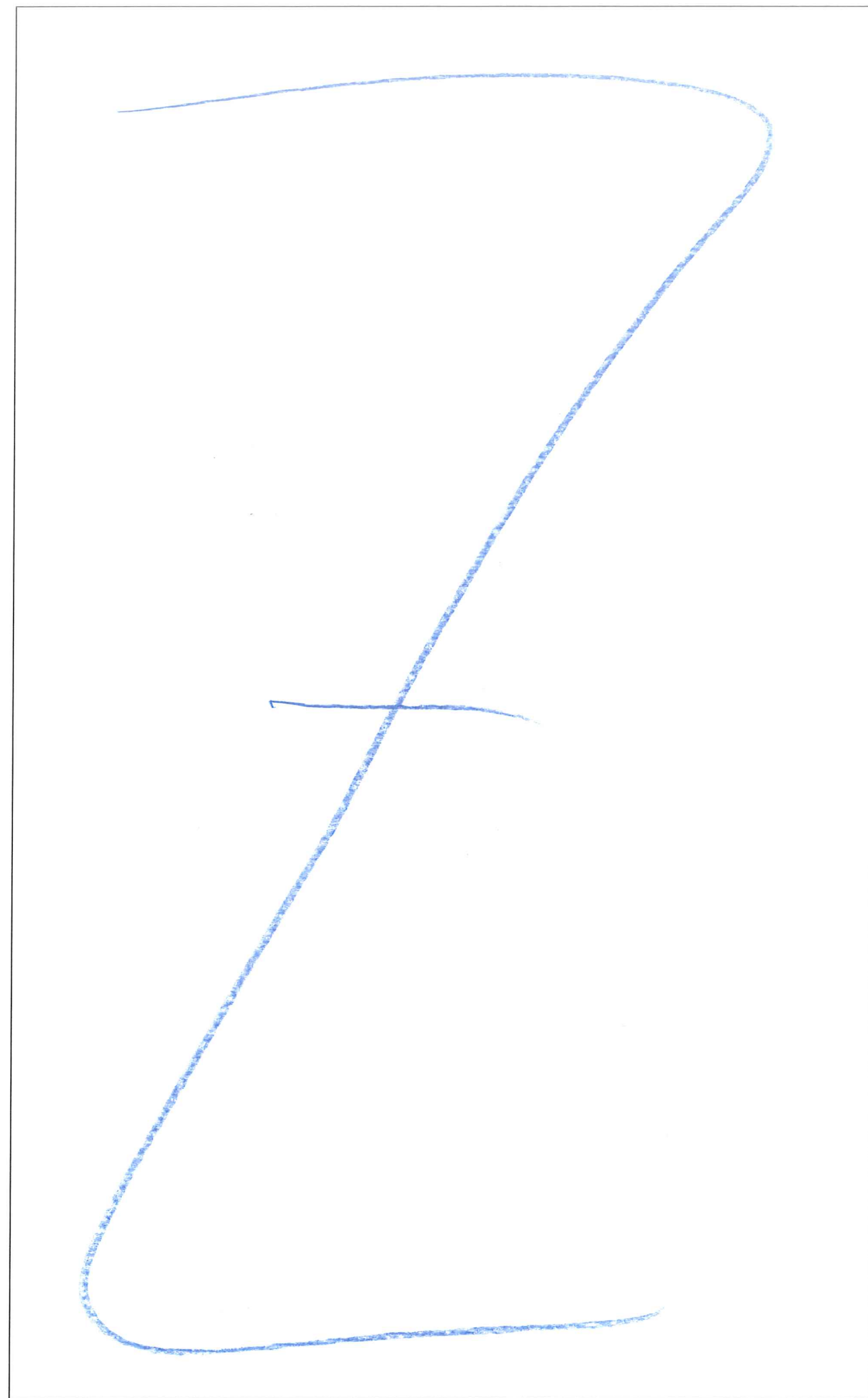
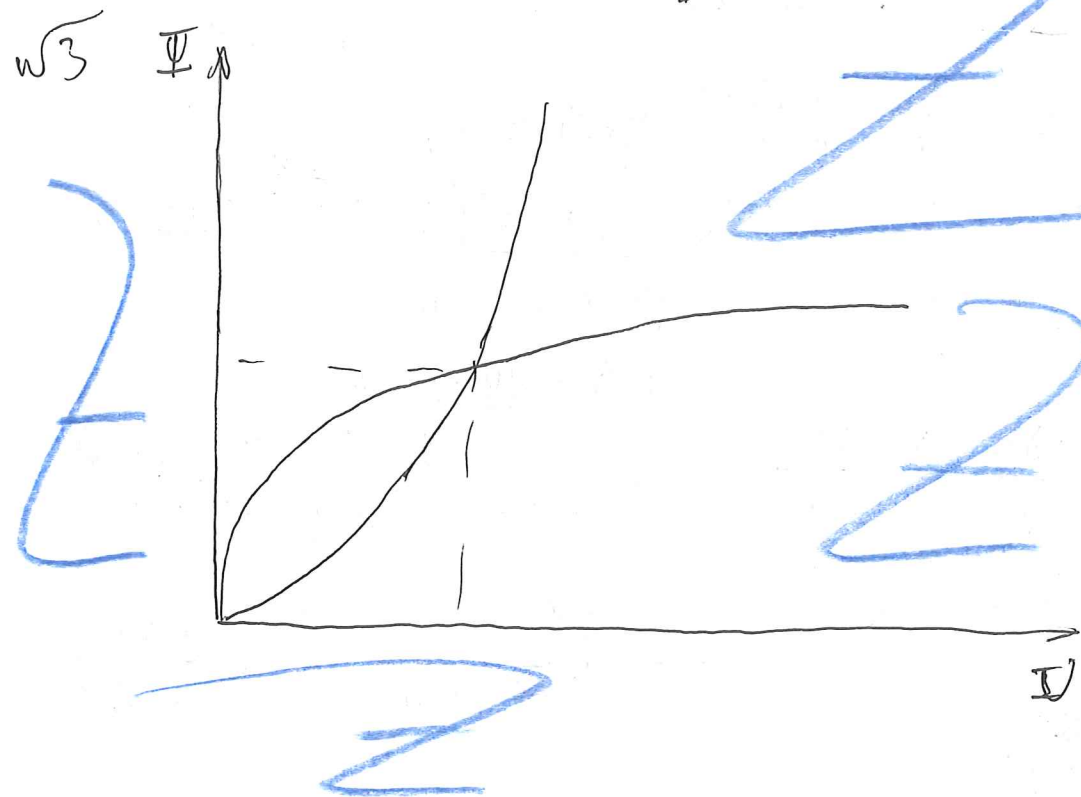
Задача

$R = 300 \text{ м}$ $v_m = 94 \text{ км/ч}$

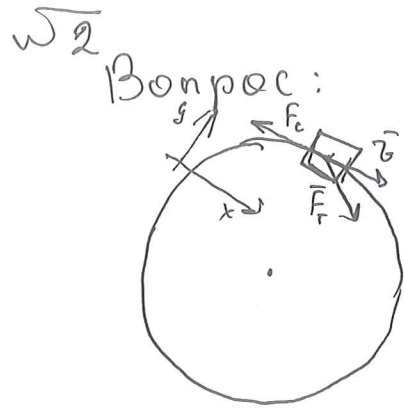
$F_c = -\gamma m v^2 = -\frac{m v^2}{R}$

$F_n \sim v^2$

1: $mg \mu \cos \alpha = \frac{m v^2}{R}$ $F_c = \frac{94^2 m}{300}$
 $mg \mu \sin \alpha = \frac{m v^2}{R}$ $F_c' = \frac{v^2 m}{100}$



Чистовик



Вопрос:

Oy: $F_c \cos \alpha = m \omega^2 R$

Ox: $F_t \sin \alpha = \frac{m \omega^2 R}{2}$

$\tan \alpha = \frac{m \omega^2 R}{2 m \omega^2 R} = \frac{1}{2}$

Ответ: $\frac{1}{2R} + \alpha = \arctan \frac{1}{2}$

Задача

$F_c = \gamma m \omega^2 = \frac{m \omega^2}{R}$

$F_c = \frac{9 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{300}$

$F_c = \frac{9 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{100}$

$\omega \approx 54 \text{ км/с}$

Ответ: 54 км/с.

07-65-79-35
(150.1)

Черновик

$P_{\text{нелс}} = 4,2 \text{ Вт}$
 $P_{\text{н.д}} = 4,8 \text{ Вт}$

$U_{\text{нелс}} - ?$

$U_{\text{н.д}} - ?$

$P = UI$

$U = \frac{P}{I}$ $U(I) = \frac{P}{I}$

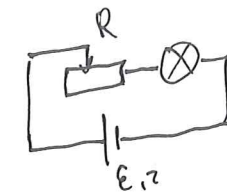
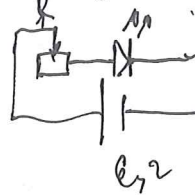
$U_{\text{д}}(I) = \frac{4,8}{I}$

при $U_{\text{н.д}} = 8 \text{ В}$
 $I_{\text{н.д}} = 0,16 \text{ А}$

$U_{\text{с}}(I) = \frac{4,2}{I}$

при $I_{\text{нелс}} = 0,17 \text{ А}$
 $U_{\text{нелс}} = 6 \text{ В}$

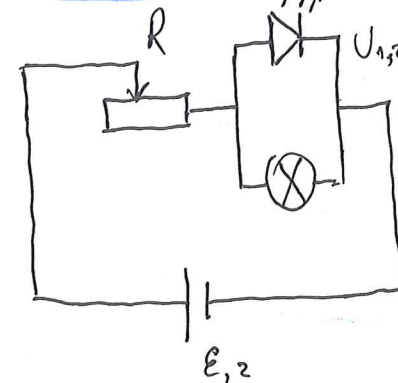
Задача



$\mathcal{E} - ?$
 $r - ?$

$R = 190 \text{ Ом}$

1) $\mathcal{E} = I_{\text{нелс}}(r + R) + U_{\text{нелс}}$
2) $\mathcal{E} = I_{\text{н.д}}(r + R) + U_{\text{н.д}}$



$0,16(190 + r) - 0,17(190 + r) = -2$
 $(190 + r)(0,17 - 0,16) = 2$
 $190 + r = 20$
 $r = 20 \text{ Ом}$
 $\mathcal{E} = 0,17 \cdot 20 + 6 = 20 \text{ В}$

$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{20}{200} = 0,1 \text{ А}$

$P_{\text{ист}} = P_R + P_c + P_{\text{л}} \quad P_c \neq P_{\text{л}}$

$\frac{\mathcal{E}^2}{r} = \frac{\mathcal{E} - U_{\text{л}}}{R} + P_c + P_{\text{л}}$ $\frac{\mathcal{E}^2}{r} = I^2 R + I U$

1. $20 = 20 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1$
2. $20 = 20 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1$

$I_c = 0,17 \text{ А}$
 $I_{\text{л}} = 0,17 \text{ А}$

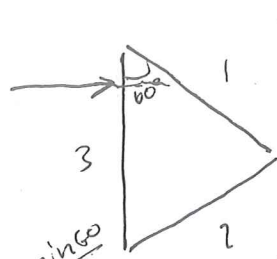
$\mathcal{E} = I_0(r + R) + U_{\text{нелс}}$
 $\mathcal{E} = 20 = 20(I_{\text{л}} + I_c) + U_{\text{нелс}}$

Вопрос:

Чертовик

$$\alpha_{\text{крит}} = \arcsin\left(\frac{1}{1,4}\right) \approx 45,6^\circ$$

$$\arcsin(0,7142857)$$



$$\frac{\sin 60}{\sin \alpha} = n$$

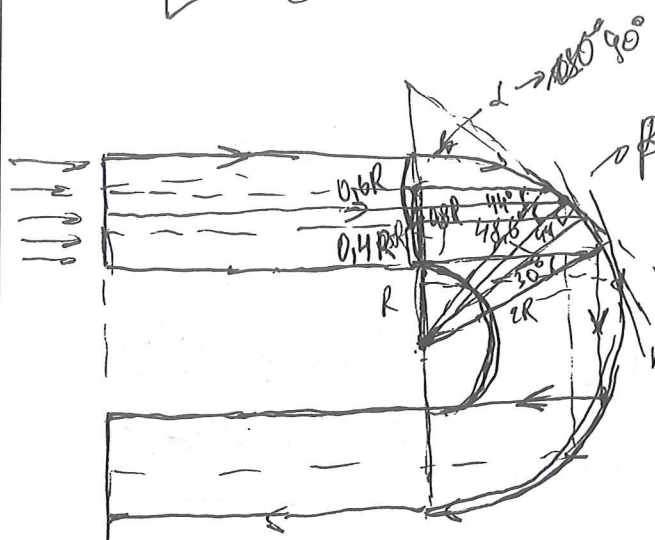
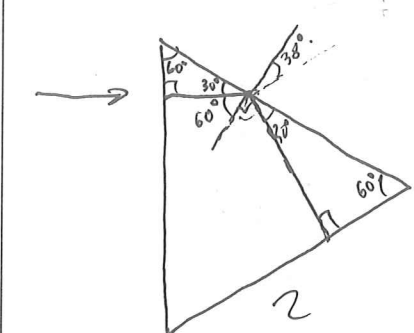
$$\sin \alpha = \frac{\sin 60}{n}$$

$$0,61858 \cdot 95$$

Задача.

$$n(\lambda) = \frac{a}{\lambda}$$

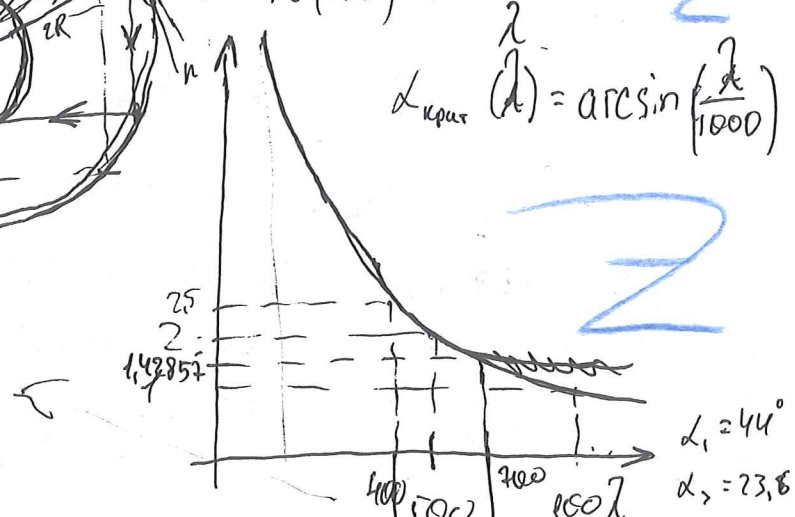
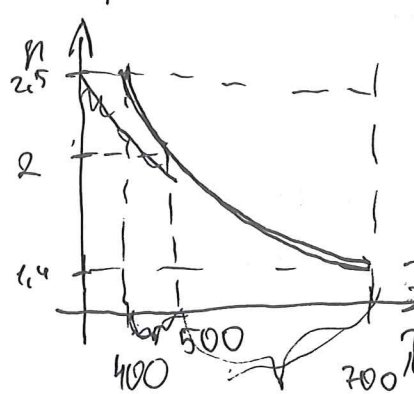
$$R = 2R$$



$\lambda (400; 700) \text{ нм.}$

$$n(\lambda) = \frac{1000}{\lambda}$$

$$\alpha_{\text{крит}}(\lambda) = \arcsin\left(\frac{\lambda}{1000}\right)$$



при $\lambda(400; 700) \rightarrow n(1,42857; 2,5)$

$$x = \frac{2}{2,5} = \frac{4}{5} = 0,8R \quad \alpha \in (23,6^\circ; 44^\circ)$$

при $\lambda = 400 \quad \alpha_{\text{крит}}(23,6^\circ)$
 $\lambda = 700 \quad \alpha_{\text{крит}}(44^\circ)$

$$2,5x + 2,9 = 2$$

$$2,5x = -0,5$$

$$x = -0,2$$

$$1,4R = x + 1 \quad x = 0,4$$

при изм. λ кол-во вых. лучей будет варьироваться от 100% до 60%.

$$\frac{1}{2,5} = \frac{(x+1)R}{2R}$$

$$P_{\text{от}}(9,15) \text{ Вт.}$$

Чертовик

A - площадь треугольника.

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{в}}} = \frac{\frac{1}{2} V_0 \rho_0 (x+1)(y-1)}{\frac{1}{2} V_0 \rho_0 (x-1)(y+1) + 2 V_0 \rho_0 x}$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} V_0 \rho_0 (x-1)(y+1)}{\frac{1}{2} V_0 \rho_0 (x-1)(y+1) + 2 V_0 \rho_0 x} = \frac{(x-1)(y+1) - 2x}{(x-1)(y+1)}$$

$$z = 1 - \frac{2x}{(x-1)(y+1)}$$

Выразим y через x

$$\eta = 1 - \frac{2x}{(x-1)(2+k(x-1)+g)}$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{\rho_0}{V_0} \cdot \frac{(y-1)}{(x-1)}$$

$$\text{tg} \alpha = k$$

$$\begin{cases} 0,2 = 1 - \frac{12}{5(2+k \cdot 5 \cdot \text{tg} \alpha)} \\ 0,125 = 1 - \frac{4,5}{1,25(2+1,25k \cdot \text{tg} \alpha)} \end{cases} \quad \begin{cases} y = 1 + \frac{V_0}{\rho_0} \cdot (x-1) \text{tg} \alpha \\ y = 1 + k \cdot (x-1) \text{tg} \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4(2+5k \text{tg} \alpha) = 12 \\ 2+1,25k \cdot \text{tg} \alpha = 4,11428 \end{cases} \quad \begin{cases} 2+5k \text{tg} \alpha = 3 \\ 2+1,25k \cdot \text{tg} \alpha = 4,11428 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5k \text{tg} \alpha = 1 \\ 1,25k \text{tg} \alpha = 4,11428 \end{cases} \quad \begin{cases} k \text{tg} \alpha = 0,2 \\ k \text{tg} \alpha = 3,2914 \end{cases}$$

$$k = \frac{0,2}{\text{tg} \alpha} \quad \text{при } x = 2:$$

$$\eta_3 = 1 - \frac{4}{5(2+1,3)} = 1 - \frac{4}{11,5} = 1 - 0,35 = 0,65$$

$$= 1 - \frac{4}{5,3} = 1 - 0,75 \approx 0,25 \text{ или } 25\%$$

$$\eta_{\text{н}} = 1 - \frac{16}{7(2+7 \cdot 3,3)} = 1 - 0,09 \approx 0,91 \text{ или } 91\%$$

Ответ. 25%; 91%.

Чистовик

Заметим, что меняется только нижняя граница, а как мы уже узнали угол может быть только в диапазоне от 30° до $90^\circ \Rightarrow$
 \Rightarrow при $\lambda = 400 \text{ нм}$ выходит 100% лучей. и

это происходит до $\lambda = 500 \text{ нм}$ дальше волна не падает перпендикулярно, найдём до какого значения:

Вернёмся к рисунку в начале; т.е. нам надо найти l отмеренную на рис.

$$\sin 44^\circ = \frac{R(l \pm \lambda)}{2R} + l = \frac{2R \sin \alpha - R \lambda}{R}$$

$$0,7 = \frac{l \pm \lambda}{2} \quad \text{т.е. } l = 0,4, \text{ теперь вычитаем}$$

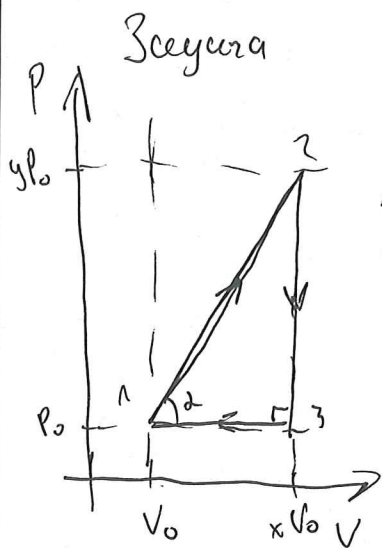
l из единицы и получаем $0,6$. т.е. 60% . т.к. лучи только пойдут вверх, а это значит что

мощность будет изменяться так же

Ответ: на промежутке $\lambda \in (400; 500) \text{ нм}$ выходит все лучи $\Rightarrow P = 15 \text{ Вт}$, но на отрезке $\lambda \in (500; 700) \text{ нм}$ волна падает от 100% до 60% и мощность падает от 15 Вт до 9 Вт .

Вопрос: $c = \frac{Q}{\Delta T}$ при $P = \text{const}$ и $V = \text{const}$ Q идет на изм. температуры

Ответ в изобарном и изохорном процессах



Газ получает тепло на процессе 1-2. $\Rightarrow Q_{12}$ - это площадь под прямой 1-2

Мы же можем исп. формулу $\Delta U = \frac{2}{5} \frac{i}{2} \Delta P \Delta V$ т.к. не сказано сколько атомов газ.

07-65-79-35 (150.1)

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(yP_0 + P_0)(xV_0 - V_0) - xV_0P_0}{\frac{1}{2}(yP_0 + P_0)(xV_0 - V_0)} = \frac{(y+1)(x-1) - 2x}{(y+1)(x-1)}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\eta} = 1 - \frac{2x}{(y+1)(x-1)} = 1 - K \frac{2x}{x-1}$$

$$0,125 = 1 - \frac{4,5}{(y+1)1,25} \quad 0,12 = 1 - K \frac{12}{5}$$

$$0,125 = 1 - \frac{3,6}{y+1} \quad 0,12 = 1 - \frac{12}{5(y+1)}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \sin \alpha \cdot V_0(x-1) \cdot \frac{0,18}{1} = \frac{12}{5(y+1)} \quad 4(y+1) = P_2$$

$$\eta = \frac{P_0(y-1)}{V_0(x-1)} \quad \text{т.е. } y = 2.$$

$$P_0(y-1) = \text{tg} \alpha (x-1) V_0$$

$$\eta = 1 - \frac{2x}{(y+1)(x-1)} = 1 - \frac{2x}{(V_0(x-1) \text{tg} \alpha + P_0)}$$

$$1 = \frac{3(xy-1)}{(x-1)(y-1)}$$

Чистовик

W3

Вопрос:

Решение

Дано
 $P_{не} = 4,2 Вт$
 $P_{л} = 4,8 Вт$
 график ВЛХ
 $U_{не} = ?$
 $U_{л} = ?$

$P = UI \Rightarrow U = \frac{P}{I}$ т.е. $U(I) = \frac{P}{I}$

Найдем на графике ВЛХ такие точки где 2 устройства удобн $P_{кон} = U_n \cdot I_n$ для светодиода: для лампы:

$U_{не} = 6 В$ $U_{л} = 3 В$
 $I_{не} = 0,7 А$ $I_{л} = 0,6 А$

Ответ: 6В для светодиода и 3В для лампы

Задача:

Решение

Дано:
 ВЛХ
 $R = 19 Ом$
 $z, \epsilon = ?$

1) $\epsilon = (z + R) I_{не} + U_{не}$

2) $\epsilon = I_{л} (R + z) + U_{л}$

$\epsilon = 0,7(19 + z) + 6$

$\epsilon = 0,6(19 + z) + 8$

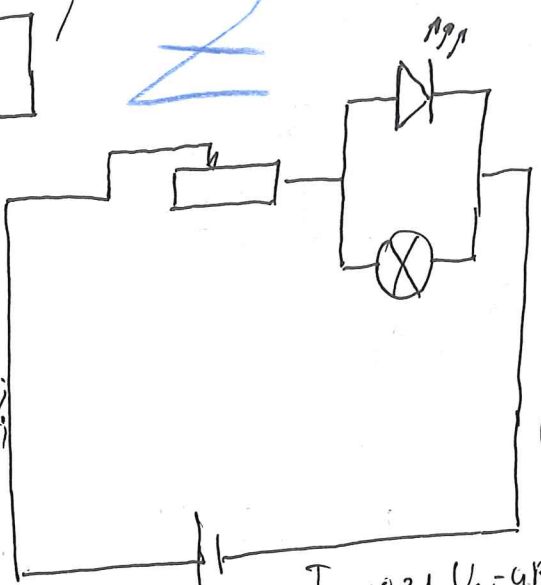
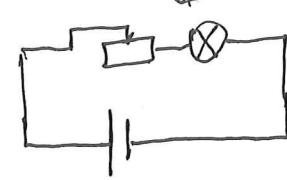
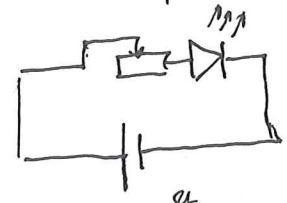
$0,7(19 + z) - 0,6(19 + z) = 2$

$0,1 \cdot z(19 + z) = 20$

$19 + z = 20$

$z = 1$

$\epsilon = 20$



Т.к. светодиод и лампа соединены параллельно $\Rightarrow U_d = U_c = U_{св}$

$I_0 = (I_c + I_d)$

$\epsilon = (I_c + I_d)(z + R) + U_{св}$

$\epsilon \cdot 20 = 20(I_c + I_d) + U_{св}$

получим

$\epsilon = (I_c + I_d)(z + R) + U_{св}$

$\epsilon \cdot 20 = 20(I_c + I_d) + U_{св}$

Ответ: $z = 1 Ом$
 $\epsilon = 20 В$, $P_c = 1,2 Вт$
 $P_d = 2 Вт$

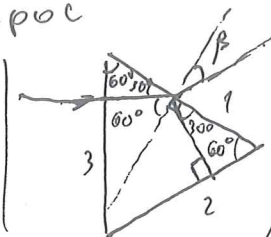
получим $I_c = 0,3 А$ $U_c = 4 В$ т.е. ищем точку на графике ВЛХ с одинаковым напряжением

Чистовик

W4 Вопрос

Решение

Дано
 $n = 1,4$
 номер стенки?



Заметим, что луч 2 пойдет по стенке 1

$\alpha_{крит} = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right) = \arcsin\left(\frac{1}{1,4}\right) \approx 45,6^\circ$

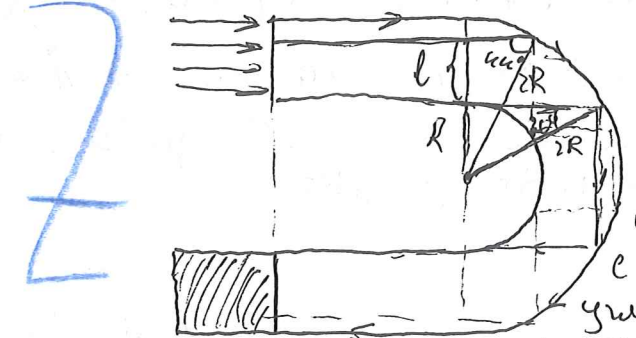
А угол падения луча α тем критический, значит он отразится, но ~~он может частично преломиться вна 1 стенку~~ дальше его угол падения на стенку 2 меньше тем критический то есть $0 < \alpha < \alpha_{крит}$ \Rightarrow луч не отразится и выйдет из призмы

Ответ: 2

Задача

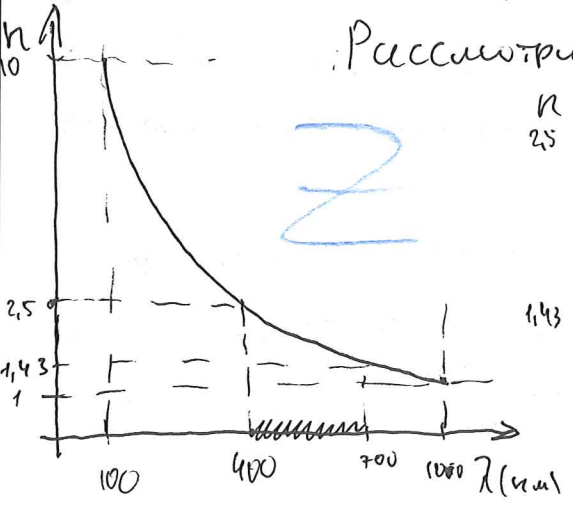
Решение

Дано
 $\lambda(400; 700) нм$
 $P_0 = 15 Вт$
 $R = 2 м$
 $n(\lambda) = \frac{a}{\lambda}$
 $a = 8000 нм$



Для начала рассмотрим крайний луч и заметим что самый верхний будет падать на поверхность световода с очень большим углом, а значит точно отразится

для другого угла найдем $\sin \alpha = \frac{R}{2R} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$ значит падательный луч α лежит в диапазоне $\alpha(30^\circ; 90^\circ)$ дальше рассмотрим ф-ю $n(\lambda) = \frac{a}{\lambda}$ т.е. $n(\lambda) = \frac{8000}{\lambda}$, это обратная обр. пропорциональность с графиком - гиперболой.



Рассмотрим участок как область $\lambda(400; 700)$ заметим, что при $\lambda(400; 700) \Rightarrow n(1,4286; 2,5) \Rightarrow \alpha_{кр.}(23,6; 41)$ т.е. до-возможный угол пад. при $\lambda = 400 нм$: $\alpha_B(41; 90)$ при $\lambda = 700 нм$: $\alpha_B(23,6; 90)$