



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 03

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

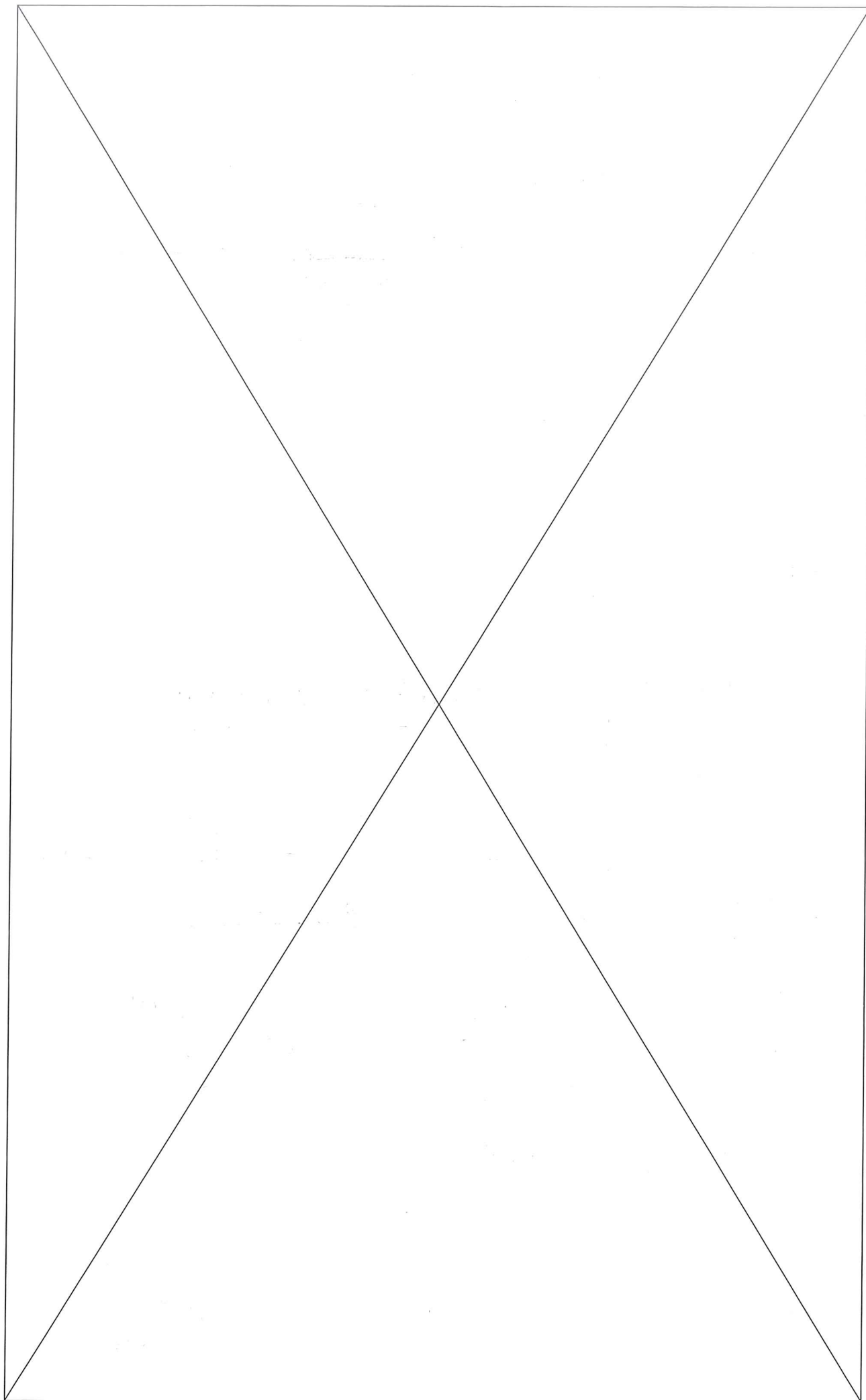
Олимпиада школьников Роборест
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

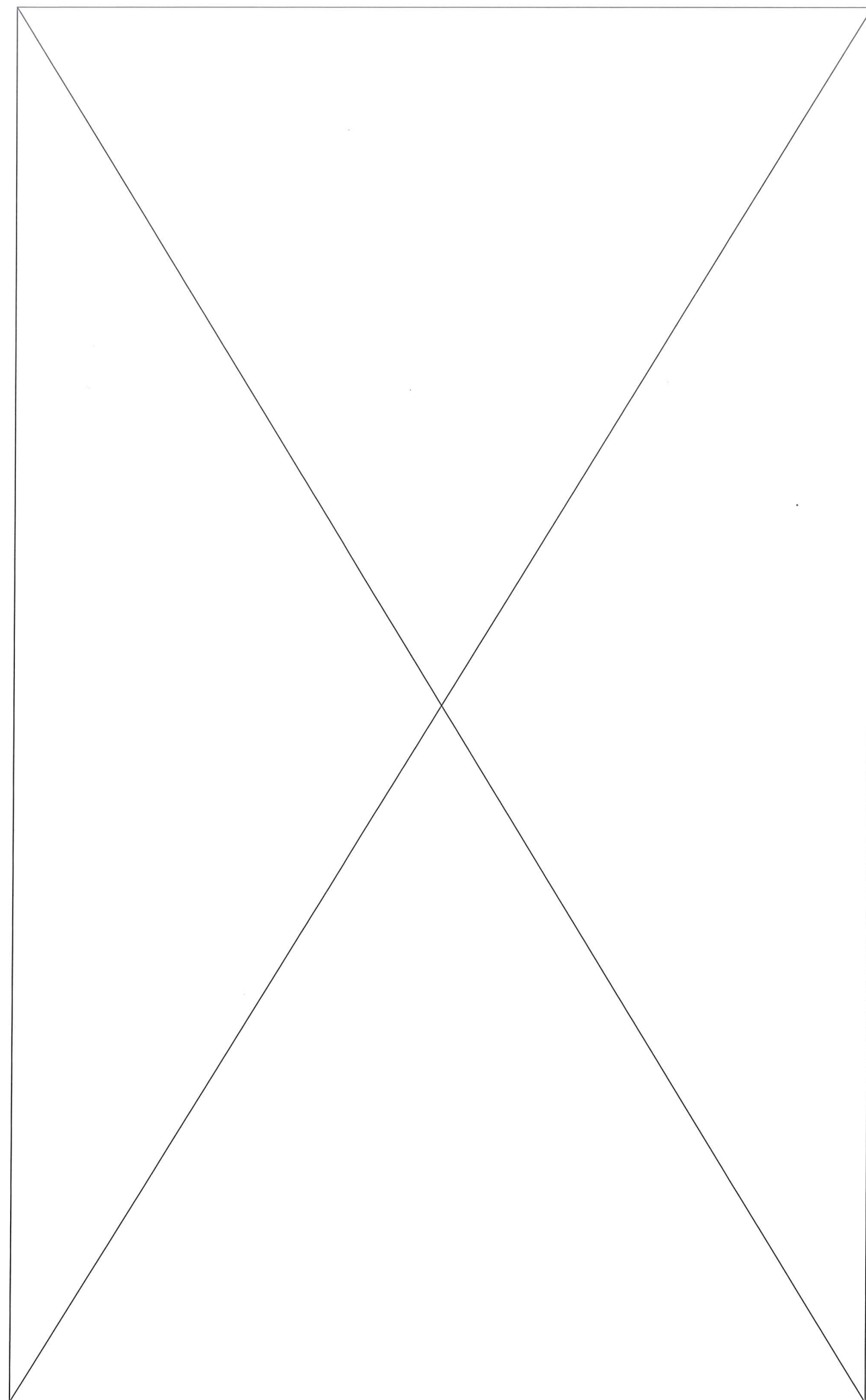
Задорцева Илья Петровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
« 4 » апреля 2026 года

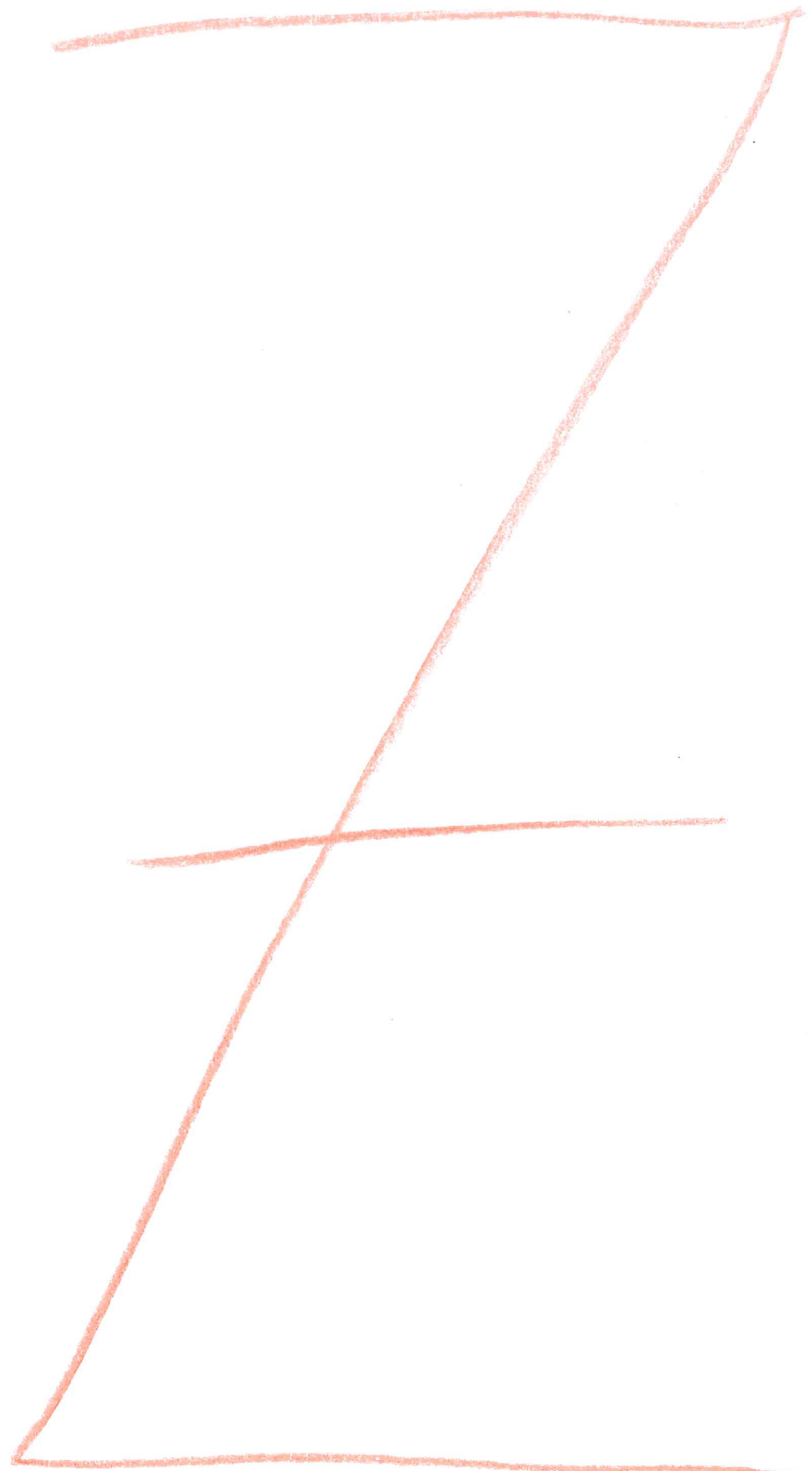
Подпись участника
Задорцев



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



37-40-28-46
(150.3)

Оценка реф. зур. - 58
Шторовый Оушка - 98
(Девяносто
восемь)

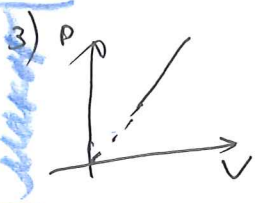
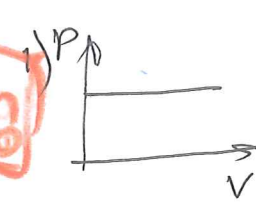
1 10 15 25
2 10 9 19
3 10 14 15
4 10 13 15
5 10 13 15

Задача 1

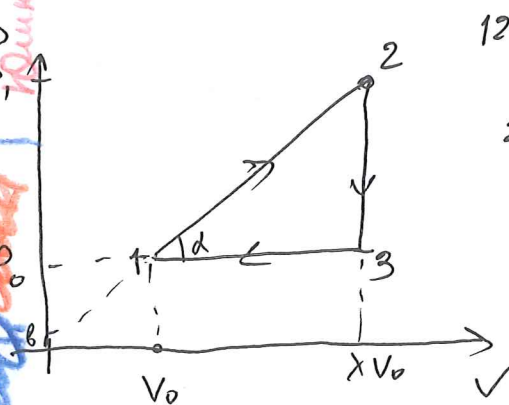
числовик ~~Z~~

Вопрос:

$C = const$ создаём уравнение полнотроны: $PV^x = const$
 $x = \frac{C_p - C}{C_v - C} \Rightarrow C = const$
 - Изобары: $P = const$
 - Изохоры: $V = const$
 - Адиабаты, проходящие через 0
 в P-V координатах



Задача 1



12: $P = V \operatorname{tg} \alpha + B$; $P_0 = V_0 \operatorname{tg} \alpha + B$
 23: $V = const$ $P_1 = x V_0 \operatorname{tg} \alpha + B$
 31: $P = const$ $P_1 - P_0 = x V_0 \operatorname{tg} \alpha - V_0 \operatorname{tg} \alpha$
 $\eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+} = \frac{A_y}{Q_+}$ $P_1 = P_0 + V_0 \operatorname{tg} \alpha (x-1)$
 $P_1 - P_0 = V_0 \operatorname{tg} \alpha (x-1)$
 $A_y = \frac{(P_1 - P_0)(xV_0 - V_0)}{2}$ Q_+

$Q_+ = Q_{12} = A + \Delta U =$
 $= \frac{P_0 + P_1}{2} (xV_0 - V_0) + \frac{i}{2} (P_1 x V_0 - P_0 V_0)$
 $\Delta U = \frac{i}{2} \Delta PV =$
 $\frac{P_0 + P_1}{2} (xV_0 - V_0) + \frac{i}{2} (P_1 x V_0 - P_0 V_0)$
 $= \frac{P_0 + P_1}{2} V_0 (x-1) + \frac{i}{2} V_0 (P_0 x + V_0 \operatorname{tg} \alpha (x-1)x - P_0)$
 $= \frac{V_0 \operatorname{tg} \alpha (x-1)^2}{2} + \frac{3}{2} P_0 x + \frac{3}{2} V_0 \operatorname{tg} \alpha (x-1)x - \frac{3}{2} P_0$
 $= \frac{V_0 \operatorname{tg} \alpha (x-1)^2}{2} + \frac{3}{2} P_0 (x-1) + \frac{3}{2} V_0 \operatorname{tg} \alpha (x-1)x - \frac{3}{2} P_0$

Зерновик

1) $\eta_1 = 12,5\% = 0,125$; $x_1 = 2,25$ 2) $\eta_2 = 20\% = 0,2$; $x_2 = 6$



$$1) 0,125 = \frac{V_0^k \operatorname{tg} \alpha (2,25 - 1) \cdot V_0^k / 2}{2P_0 + V_0 \operatorname{tg} \alpha (2,25 - 1) \cdot V_0 (2,25 - 1) + \frac{3}{2} P_0 V_0 \cdot 2,25 + \frac{3}{2} V_0^k \operatorname{tg} \alpha (2,25 - 1) \cdot \frac{3}{2} P_0 V_0}$$

$$= \frac{V_0^k \operatorname{tg} \alpha \cdot 1,5625 / 2}{1,25 P_0 V_0 + \frac{V_0^k}{2} \operatorname{tg} \alpha \cdot 1,5625 + 3,375 P_0 V_0 + 1,875 V_0^k \operatorname{tg} \alpha - 1,5 P_0 V_0}$$

$$= \frac{V_0^k \operatorname{tg} \alpha \cdot 1,5625 / 2}{3,125 P_0 V_0 + 2,65625 V_0^k \operatorname{tg} \alpha} \quad 0,390625 P_0 V_0 + 0,33263125 V_0^k \operatorname{tg} \alpha = V_0^k \operatorname{tg} \alpha \cdot 1,5625 / 2$$

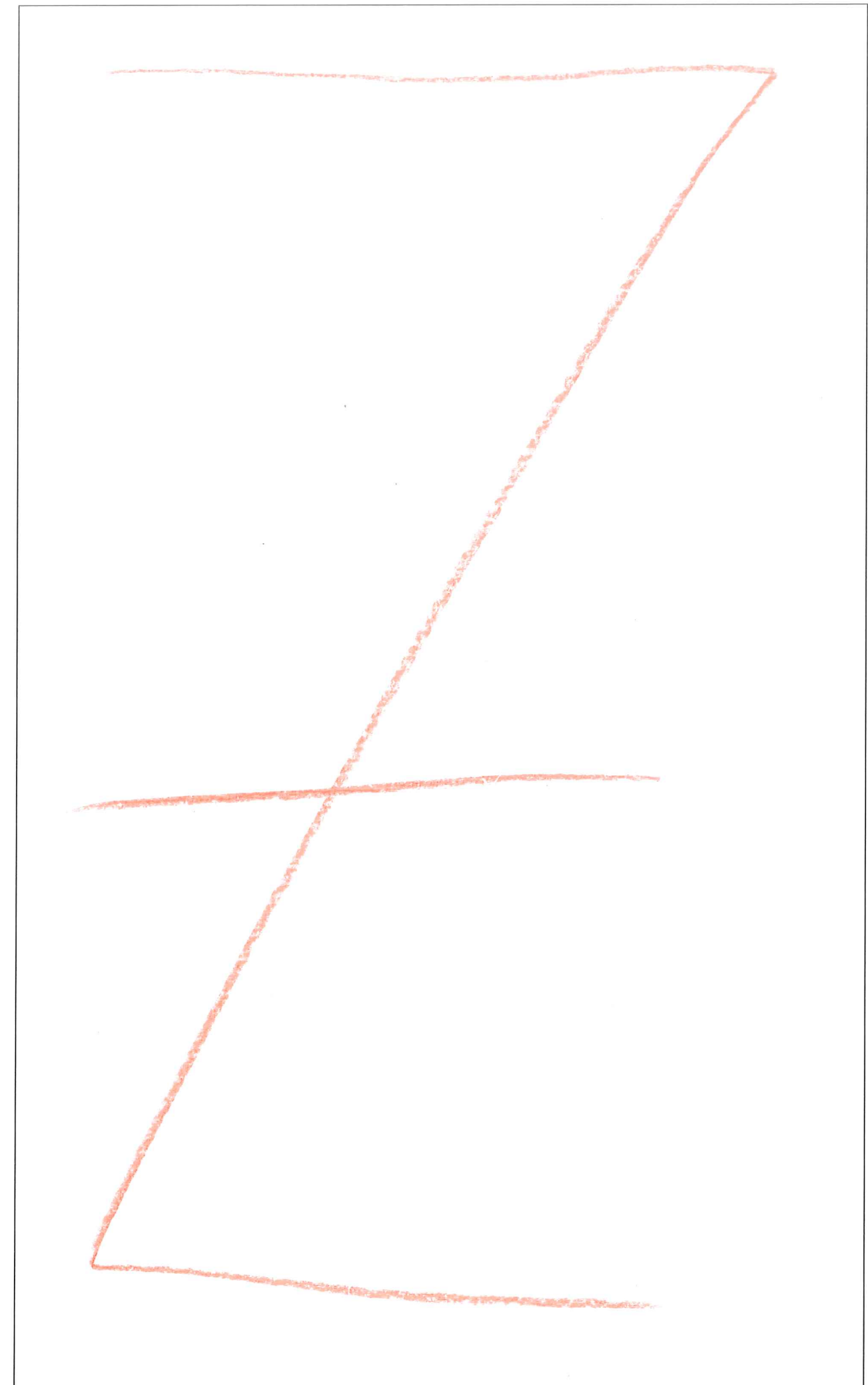
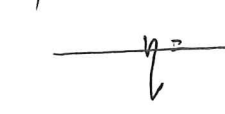
$$P_0 = \frac{V_0 \operatorname{tg} \alpha \cdot 1,5625}{0,390625} = 1,22421875 \quad = V_0 \operatorname{tg} \alpha \cdot 3,09 \cdot 1,15$$

$PV = JRT$
 $T = \frac{PV}{UR}$

2) $0,2 = \frac{V_0^k \operatorname{tg} \alpha \cdot 5^2}{2 V_0 \operatorname{tg} \alpha \cdot 3,09 + V_0 \operatorname{tg} \alpha \cdot 5 \cdot V_0 \cdot 5 + \frac{3}{2} V_0 \operatorname{tg} \alpha \cdot 3,09 + \frac{3}{2} V_0 \operatorname{tg} \alpha \cdot 5 \cdot \frac{3}{2} V_0 \operatorname{tg} \alpha \cdot 3,09}$

$$\eta = \frac{P_1 - P_0}{x V_0 - V_0} = \frac{P_0 \left(\frac{5}{2} x - \frac{3}{2} \right) + \eta V_0 \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{(x-1)^2 + 3(x-1)x}{2} \right) - V_0 \operatorname{tg} \alpha (x-1)}{x V_0 - V_0}$$

$$Q_1 = Q_{125} + Q_{31} = \frac{5}{2} \times V_0 (P_0 - P_1) + \frac{5}{2} V_0 x (P_0 (1-x))$$



Листовки

Далее по условию после первого отражения мы можем заметить, что все пути сами состояли из пяти ЛВВ, но и дальше будут его использовать \Rightarrow не ~~2~~ % и есть то ково путей, которые прошли, а мощность распределена равномерно $\Rightarrow P = 0,25 P_0 = 3,75 \text{ Вт}$ $P = 4 P_0$

Волны от 400 до 500 нормально пройдут без условия $\frac{\lambda}{1000} < \sin 30 < \frac{\lambda}{2}$; когда λ больше 500 появляется разрыв

от 30° до $\arcsin(\frac{\lambda}{1000})$

По условию угол преломления от 30° до $90^\circ = 60^\circ$

для волны 700 всё это больше $44,4^\circ$ проходит для 500 всё это больше 30°

$\frac{44,4 + 30}{2} = 37,2$ (в среднем на $[500, 700]$ от этого угла)

600 в ср $600 - \sin$

$\left. \begin{matrix} 400 > 30 \\ 500 > 30 \\ 600 > 30 \\ 700 > 30 \end{matrix} \right\} \text{ в ср} > 37,2$ ~~мы теряем~~ $7,2^\circ = 8\%$

$P = P_0 + P_1 = 11,25 \cdot \frac{2,2}{3} + 3,75 = 14,1 \text{ Вт}$

15. ~~15~~

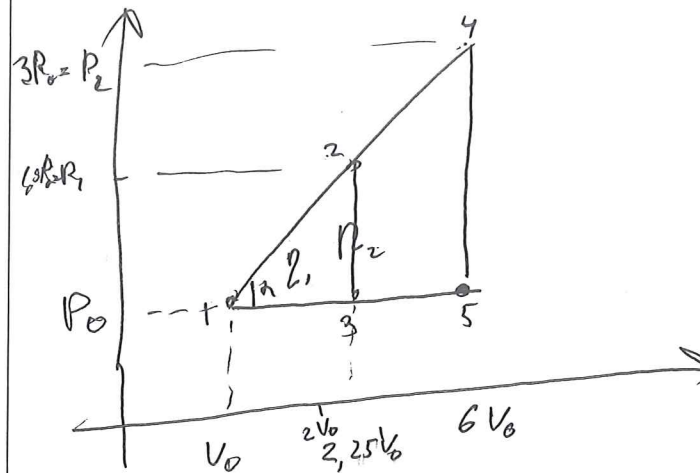
37-40-28-46
(150,3)

Листовки

2) $0,2 + 0,2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} + 0,2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{5}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{5}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{25}{2} = \frac{25}{4}$

$\frac{5,95}{1,25} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} + 23 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} = 25 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2}$

$\text{tg } \alpha = \frac{P_1 - P_0}{V_0(x-1)}$; $\text{tg } \alpha = \frac{P_1 - P_0}{1,25 V_0}$; $\text{tg } \alpha = \frac{P_2 - P_0}{5 V_0}$



$\eta = \frac{A_{\text{изл}}}{A_{\text{вх}}} = \frac{(P_1 - P_0) \cdot 1,25 V_0}{2 Q_{1,2}}$

$Q_{1,2} = A + aU = \frac{P_0 + P_1}{2} (x V_0 - V_0) + \frac{3}{2} (P_1 V_0 - P_0 V_0) =$

$= \frac{P_1 + P_0}{2} \cdot 1,25 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 1,25 V_0 (P_1 - P_0)$

$\eta = \frac{(P_1 - P_0) \cdot 1,25 V_0}{\frac{P_1 + P_0}{2} \cdot 1,25 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 1,25 V_0 (P_1 - P_0)} = \frac{1,25 P_1 - 1,25 P_0}{1,25 P_1 + 2,25 P_0 + 3,75 P_1 - 3,75 P_0} =$

$= \frac{1,25 P_1 - 1,25 P_0}{5 P_1 - 2,5 P_0} = \eta = 0,25 P_1 - 1,25 P_0 = 0,25 P_1 - 0,3125 P_0$

$0,25 P_1 = 0,9375 P_0$; $P_1 = 1,5 P_0$; $\text{tg } \alpha = \frac{0,5 P_0}{1,25 V_0} = 0,4 \frac{P_0}{V_0}$

$0,25 \eta = \frac{(P_2 - P_0) \cdot 5 V_0}{(P_2 + P_0) \cdot 5 V_0 + 3 \cdot 5 (P_2 - P_0) V_0}$; $P_2 + P_0 + 3 P_2 - 3 P_0 = 5 P_2 - 5 P_0$
 $P_0 - 3 P_0 + 5 P_0 = P_2 = 3 P_0$

$\text{tg } \alpha = \frac{3 P_0 - P_0}{6 V_0 - V_0} = \frac{2 P_0}{5 V_0} = 0,4 \frac{P_0}{V_0}$; $P_0 V_0 \cdot \text{tg } \alpha = P_1 = 1,4 P_0$

$\eta = \frac{0,4 P_0 \cdot V_0}{2,4 P_0 \cdot V_0 + 3 V_0 \cdot 0,4 P_0} = \frac{0,4}{2,4 + 1,2} = \frac{1}{9}$ ✓

$x = 8$

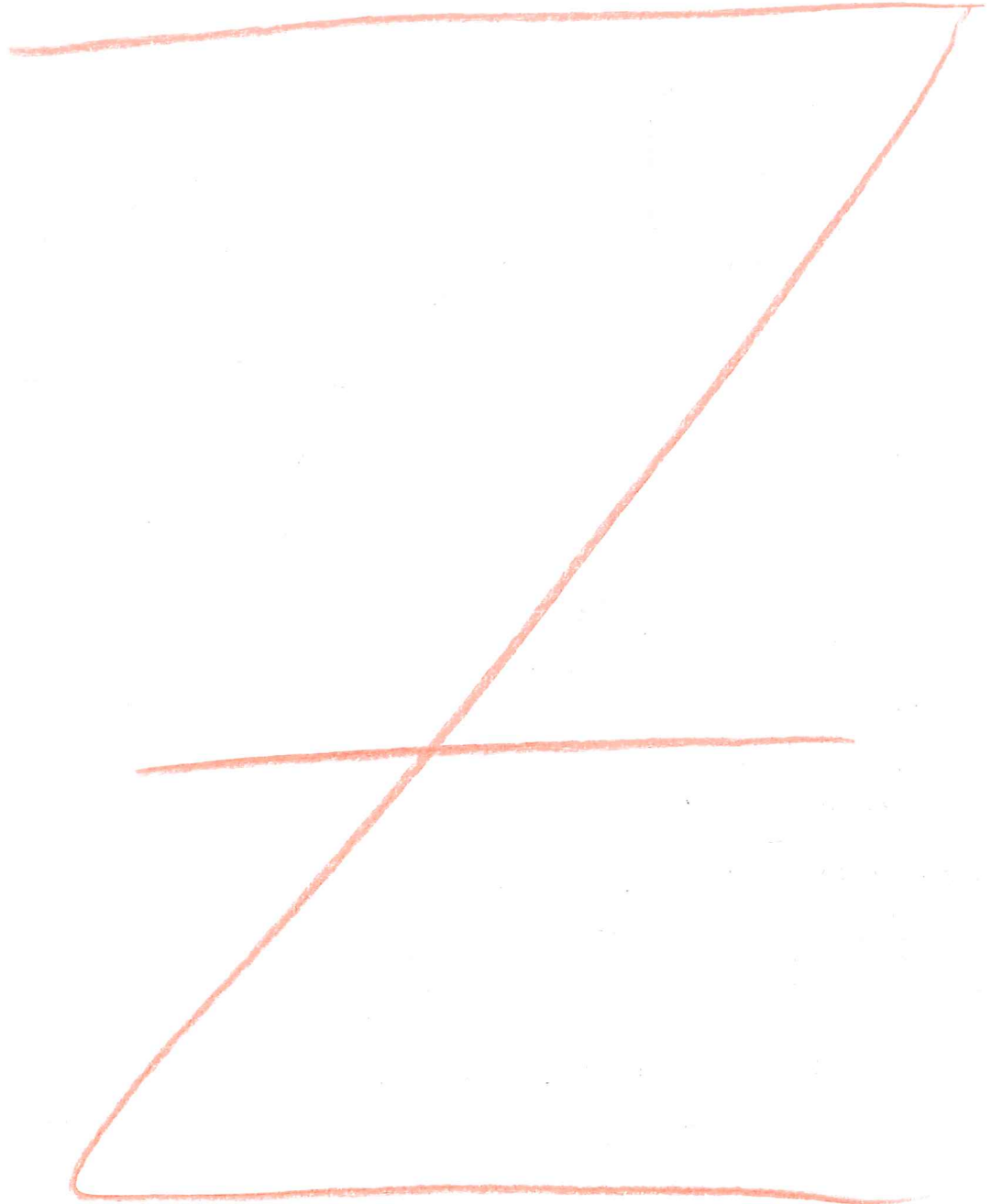
листовая

$$7V_0 \cdot \gamma_d + P_0 = P^1 = 3,8P_0$$

$$= \frac{2,8P_0 - 7P_0}{4,8P_0 \cdot 7\% + 3 \cdot 7 \cdot 2,8 \cdot P_0 \cdot 7\%}$$

$= \frac{21}{59}$

Ответ: $\alpha = 0,4 \frac{P_0}{V_0}$; η при $x=2$; $\eta = \frac{1}{3}$
 при $x=8$; $\eta = \frac{21}{59}$



W4

листовая

Вопрос:

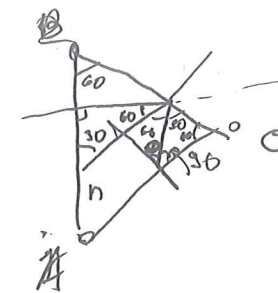
$n \cdot \sin \theta > 1$

$1,4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 1,21 > 1$

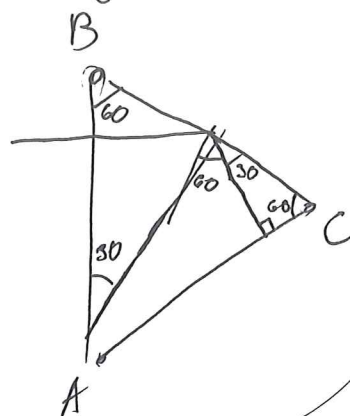
Полное внутр. отражение

$n \cdot \sin \theta < 1$; не будет полного внутреннего отражения

Рассмотрим не совсем корректно



Ответ: через точку AC



Задача

$\sin(\alpha_{min}) = \frac{r}{r+R} = \frac{r}{8r} = \frac{1}{8}$

$\alpha_{min} = 7,47^\circ$; $\alpha_{min} = 30^\circ$
 $n_{max} = \frac{1000}{400} = 2,5$

$2,5 \cdot \frac{1}{3} < 1$

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

$\sin \alpha \cdot n(\lambda) > 1$

$\frac{a}{\lambda} \cdot \sin \alpha > 1$; $\frac{a}{\lambda} \geq \frac{1}{\sin \alpha}$

Крайний случай: $\lambda < a \sin \alpha$

$\frac{a}{\lambda} = \frac{1}{\sin \alpha}$
 $\sin \alpha = \frac{\lambda}{a}$

$\lambda = a \cdot \sin \alpha$
 $[400, 700]$ $[0, 1]$

$\frac{700}{1000} = \sin \alpha$; $\alpha \approx 44,4^\circ$

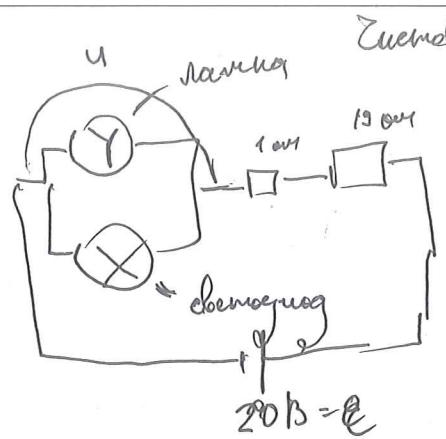
$\frac{400}{1000} = \sin \alpha$; $\alpha = 23,57^\circ$

Если $\alpha < 23,57^\circ$
 $\lambda < 400$ не успевает

$\alpha > 23,57^\circ$

$44,4 > \alpha \geq 23,57$
 $\frac{44,4 - 23,57}{90} \approx 23\%$

$\lambda < a \sin \alpha$
 $\sin \alpha < \frac{\lambda}{a}$
 $\alpha < \arcsin(\frac{\lambda}{a})$
 $\alpha = \frac{\lambda}{90} = \frac{\lambda}{90}$



При одном и том же напряжении токи складываются по закону

$$U = E - I(r + R) = E - I(u)(R + r)$$

$$u = 20 - 20I(u)$$

$$P = u \cdot I(u)$$

$$u = 20 - 20 \cdot 0,8$$

$$u = 4; I(u) = 0,8$$

$$P = 3,2 \text{ В}$$

Это одна мощность

$$(I_1 + I_c)u = 3,2$$

$$I_1 + I_c = 0,8$$

$$I_1 = 0,5$$

$$I_c = 0,3$$

$$P_c = I_c \cdot u = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ Вт}$$

$$P_1 = I_1 \cdot u = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ Вт}$$

Эти с и л по предельным значениям, P нулю, тогда ток на с и л один одинаковый

$$2I(u) \cdot u = P$$

$$u = 20 - 2I(u)(R + 1) \quad u = 20 - 2I(u)(R + 1)$$

$$2 \cdot 0,8 \cdot 4 = P = 3,2 \text{ В}$$

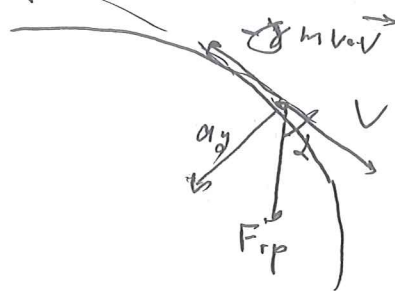
$$u = 20 - 2 \cdot 0,8 \cdot R - 2 \cdot 0,8$$

$$R = 20 - 2 \cdot 0,8 - 2 = 19,2$$

37-40-28-46 (1503)

Элементарная задача 2

Вопрос



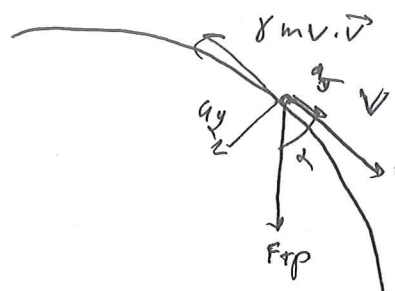
$$F_{тр} \cdot \cos \alpha = \gamma m v^2 \quad (v = \text{const})$$

$$F_{тр} \cdot \sin \alpha = \frac{m v^2}{R} = m a_y$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{\frac{m v^2}{R}}{\gamma m v^2} = \frac{\gamma}{R}$$

$$d = \text{arc tg } \frac{\gamma}{R}$$

Задача



$$F_{тр} \cdot \cos \alpha - \gamma m v^2 = m a_y$$

$$F_{тр} \sin \alpha = \frac{m v^2}{R}$$

$$F_{тр} = \mu m g$$

$$\mu m g \cos \alpha - \gamma m v^2 = m a_y$$

$$\mu m g \sin \alpha = \frac{m v^2}{R}$$

$$\text{ctg } \alpha = \frac{\gamma v^2 + \mu g R \cos \alpha}{\mu g R \sin \alpha}$$

$$R = 300 \text{ м}; v_{\text{max}} = 34 \text{ км/ч} = \frac{235}{3,6} \text{ м/с}$$

$$\gamma = \frac{1}{R^2}; 1 + \frac{1}{R^4} = \frac{R^4 + 1}{R^4}$$

$$R' = 100 \text{ м}$$

v - максимальна, a_y = 0

$$\text{tg } \alpha = \mu \text{ ctg } \frac{\gamma}{R} = \frac{\mu \gamma}{R} \quad \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{R^2} \quad \sin \alpha = \frac{1}{R^2} \cos \alpha$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{\cos^2 \alpha}{R^4} = \frac{1 - \sin^2 \alpha}{R^4} = \frac{1}{R^4} - \frac{\sin^2 \alpha}{R^4}$$

$$\sin^2 \alpha \left(1 + \frac{1}{R^4}\right) = \frac{1}{R^4}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{1}{R^4 + 1} \cdot \left(1 + \frac{1}{R^4}\right)} = \sqrt{\frac{1}{R^4} \cdot \frac{R^4 + 1}{R^4}} = \sqrt{\frac{1}{R^4} \cdot \frac{R^4 + 1}{R^4}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{R^4 + 1}} \cdot \frac{\mu m g \sin \alpha}{\sqrt{\frac{1}{R^4 + 1}}} = \frac{\mu m g \sin \alpha}{R} = \frac{v_{\text{max}}^2}{R \cdot g \cdot \sqrt{\frac{R^4 + 1}{R^4}}}$$

Известно: $\sin \alpha' = \frac{R}{R'} \cdot \frac{1}{k}$; $\sin \alpha' = \sqrt{\frac{1}{R'^2 + 1}} \approx \frac{1}{R'}$ $\sin \alpha' = \sin 87,5^\circ \approx 0,998$

$\mu mg \sin \alpha' = \frac{m V_m^2}{R'}$; $V_m = \sqrt{\mu g \sin \alpha' \cdot R'}$

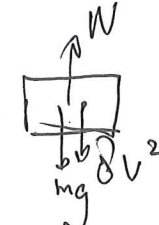
$= \sqrt{\frac{V_m^2}{R' g \cdot \frac{1}{k^2 + 1}} \cdot g \cdot R' \cdot \sqrt{\frac{1}{R'^2 + 1}}} = V_m \sqrt{\frac{R'}{R} \cdot \frac{R^2 + 1}{R'^2 + 1}} \approx$

$\sqrt{\frac{1}{R'^2 + 1}} \approx V_m \sqrt{\frac{R'}{R}} = V_m \sqrt{\frac{R}{k^2}} \approx 162,8 \text{ м/с}$

$\mu = \frac{V_m^2}{R g \cdot \frac{1}{k^2}} = \frac{\sqrt{2} V_m^2}{R g} = 0,32$

$\approx 45,2 \text{ м/с} = 162,8 \text{ м/с}$

$V_m' = \sqrt{\mu g \sin \alpha' \cdot R'} = \sqrt{\frac{\sqrt{2} V_m^2}{R} \cdot R' g} = 0,9482 \approx 3 \text{ м/с}$



$\frac{m V_0^2}{R'} = \mu mg (1 + 0,25 \frac{V_0^2}{V_m^2}) \sin \alpha'$

$\delta V_m^2 = 0,25 g V_0^2$ $V_0^2 = R' \mu g + 0,25 \frac{R' \mu g V_0^2}{V_m^2} \sin \alpha'$

$V_0^2 (1 - \frac{R' \mu g V_0^2}{V_m^2} \sin \alpha') = R' \mu g$

$V_0 = \sqrt{\frac{R' \mu g V_m^2}{V_m^2 - R' \mu g \sin \alpha'}} = \sqrt{\frac{218172}{378,2}} \approx 24 \text{ м/с}$

$= 86 \text{ м/с}$

$R' = 100 \text{ м}$
 Ответы: до скорости 62 м/с; с актирылом до скорости = 86 м/с

Задача 13

Известно

Вопрос: $P = U(I) \cdot U = 4,2 \text{ В}$ (Светодиод; синий)

$P = I(U) \cdot U = 4,8 \text{ В}$ (лампа; красный)

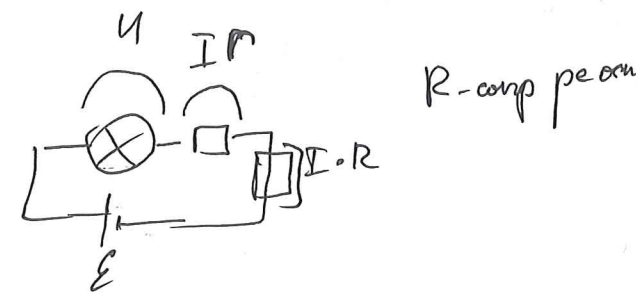
Передача - максимизируем. \Rightarrow точки пересек. графиков
 Сини красн - максимизируем возр.

1) Светодиод $I(U) = 0,7 \text{ А}$ $\rightarrow I(U) \cdot U = 4,2 \text{ Вт}$; $U_{\text{ном}} = 6 \text{ В}$
 $U = 6 \text{ В}$

2) Лампа $I(U) = 0,6 \text{ А}$ $\rightarrow I(U) \cdot U = 4,8 \text{ Вт}$; $U_{\text{ном}} = 8 \text{ В}$
 $U = 8 \text{ В}$

Ответ: светодиод - 6 В; лампа накалив - 8 В

Задача
 Из



$\begin{cases} 6 = E - 0,7r \\ 8 = E - 0,6r \end{cases}$

$E = U + I(r+R)$
 $U = E - I(r+R)$

$8 = E - 0,6 \cdot \frac{E-6}{0,7}$

Светодиод $6 = E - 0,7(r+R)$
 Лампа $8 = E - 0,6(r+R)$ $r+R = t$

$= E - \frac{6}{7} E + \frac{36}{7} = \frac{1}{7} E + \frac{36}{7}$

$8 = \frac{1}{7} E + \frac{36}{7}$; $56 = E + 36$
 $E = 20 \text{ В}$

$t = \frac{20-6}{0,7} = \frac{14}{0,7} = 20 = r+R = 19+r$
 $r = 1 \text{ м}$