



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения г. Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

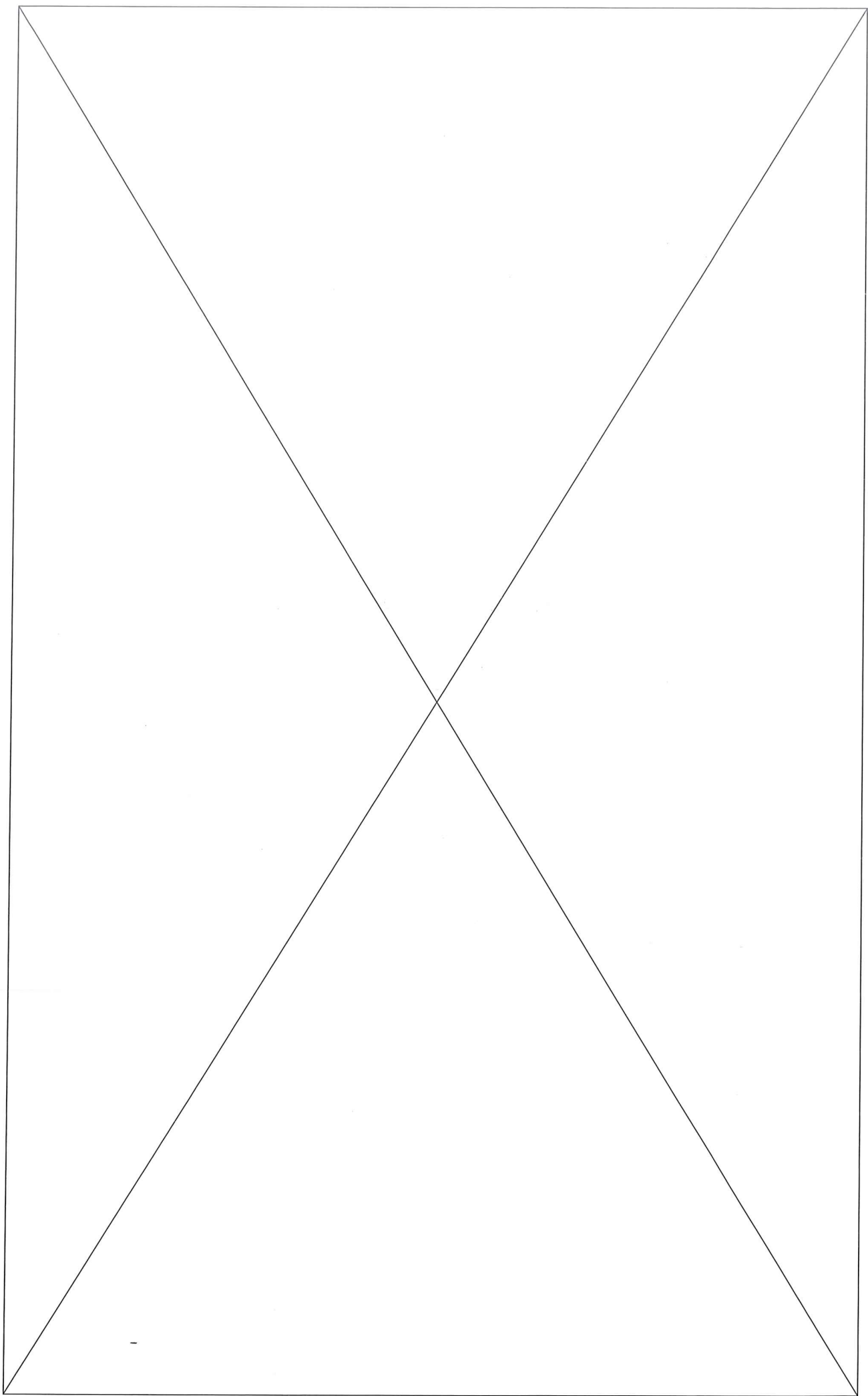
Олимпиада школьников „Талант“  
наименование олимпиады

по Физике  
профиль олимпиады

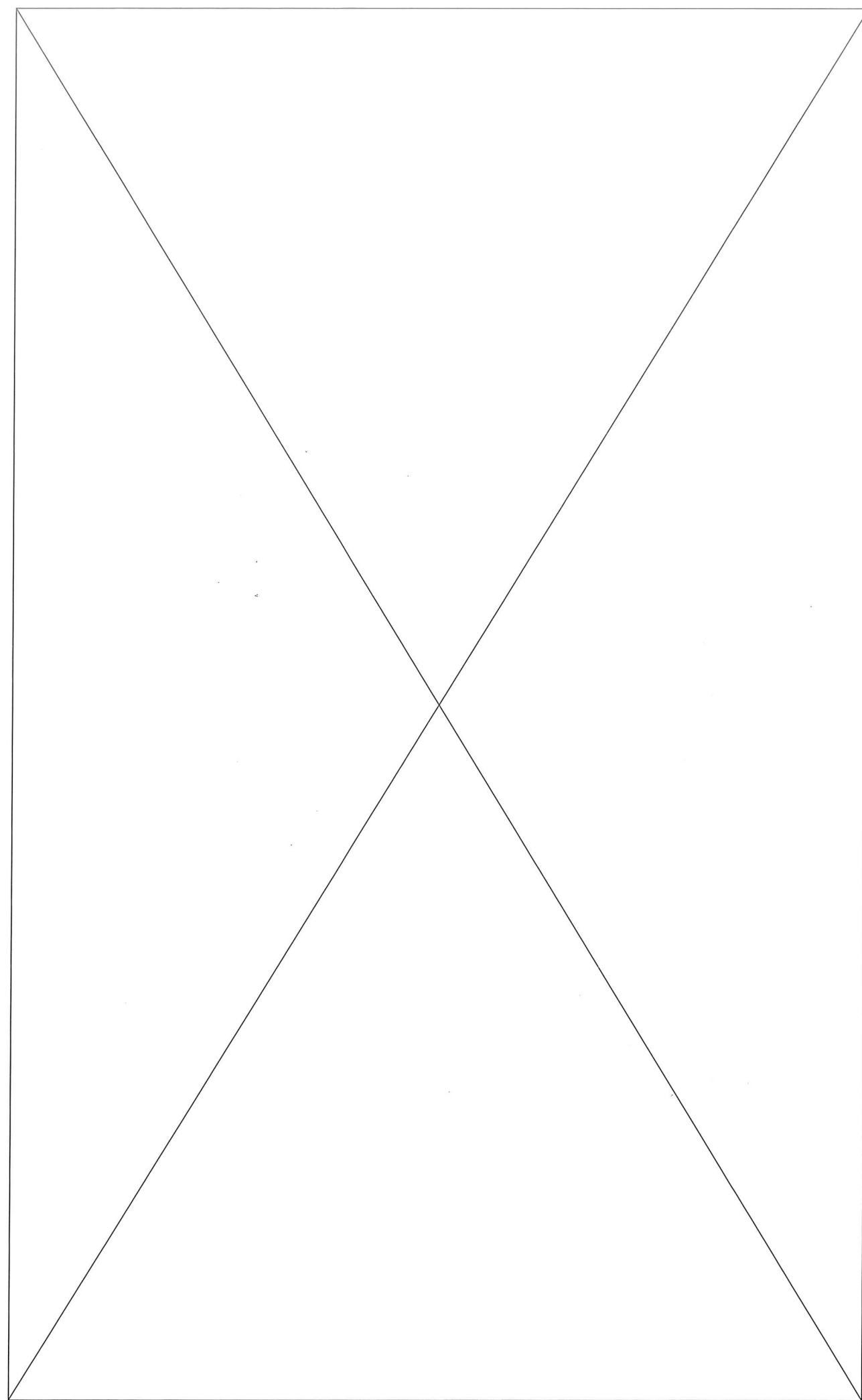
Караченевой Марии Игоревна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
« 4 » 04 2026 года

Подпись участника  
[Подпись]



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновики

1/1

$p(V): p = \text{const}$

$V = \text{const}$

$p = \alpha V$

$e = \frac{Q}{m} = \frac{Q}{\gamma \mu}$

$e \propto Q$   $A = 3 \text{ мм}^2$

$Q = \alpha l + A = A + \frac{3}{2} \gamma R \alpha T$

$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

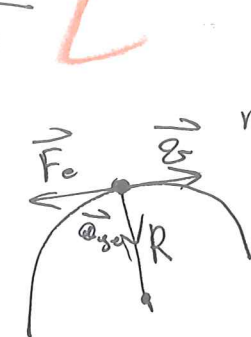
$Q = p \alpha V + \dots$

$p \alpha V + \frac{3}{2} \gamma R \alpha V$   
 $p \alpha V = \text{const}$   
 $Q = \text{const}$   
 $e = \text{const}$

$p \alpha V + \frac{3}{2} \gamma R \alpha V$   
 $Q = 0$   
 $e = \text{const}$

$\alpha V + \frac{3}{2} \gamma R \alpha V$   
 $Q \neq \text{const}$   
 $e \neq \text{const}$   
 $\eta = \frac{A}{Q}$   
 $Q = A + \frac{3}{2} \gamma R \alpha T$

$T_1 = \frac{p_0 V_0}{\gamma R}$   $T_2 = \frac{\gamma p_0 V_0}{\gamma R} = \gamma T_1$   $T_3 = \frac{\alpha p_0 V_0}{\gamma R} = \alpha T_1$



$m \vec{a}_{u.c.} + \vec{F}_c + \vec{F}_T = m \vec{a}_{u.c.}$   
 $\vec{F}_c + \vec{F}_T = 0 \Rightarrow F_c = F_T$   
 $F_c \parallel \vec{e}$   
 $F_T \parallel \vec{e}$   
 $p = \gamma \alpha V$

$\eta = \frac{p_0 V + p V_0 \alpha V}{p_0 V} = \frac{\gamma \alpha (x-1) V_0^2 + \gamma \alpha (x-1) V_0^3}{p_0 V}$

$\sin \alpha = 1.4 \sin \beta$   
 $\frac{1}{2} \alpha = 1.4 \sin \beta \Rightarrow \beta \approx 38.32^\circ$



$P_{in} = 4.2 \text{ Вт}, 4.8 \text{ Вт}$   
 $P = UI$

$I_2(u) = k u^2$   
 $I_1(u) = k + u$

$I_2(u) = 0.6 = 5.15k + b$   
 $I_1(u) = 1.1 = 7k + b$   
 $0.5 = 1.85k \Rightarrow k = 0.27 = \frac{10}{37}$   
 $b = -0.779$   
 $= 1.1 - \frac{7 \cdot 10}{37} = -0.79$



$I = \frac{E - U_1 - U_2}{R}$

$19I + U_1 + U_2 = E$

$I = I(U_1) = I(U_2)$

$0.27U_1 - 0.79 = 0.012U_2 + 0.508$

$0.57 = 5.2k + b$   
 $0.7 = 16k + b$   
 $0.13 = 10.8k$   
 $k \approx 0.012$   
 $b = 0.508$

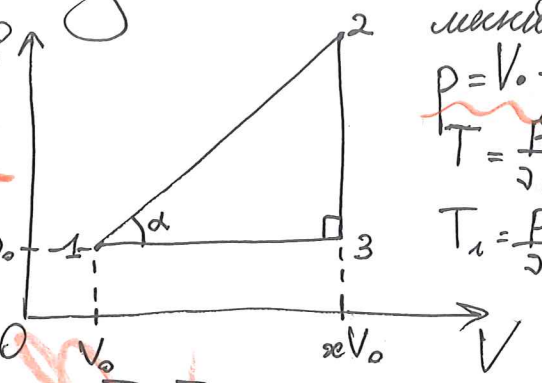
42-56-19-23 (1502)

1/1 Взаимодействие трех функций прямой на графике:  
 $p = \text{const}$  (горизонтальная),  $V = \text{const}$  (вертикальная),  $p = \alpha V$  (прямая под углом  $\alpha$  к оси  $V$ ).

$e = \frac{Q}{\gamma T}$  - темпемпература,  $pV = \gamma RT$  - уравнение Менделеева-Клапейрона  
 $p = \text{const}: \Delta T = \frac{\Delta V}{\gamma R}; \Delta T \propto \Delta V; Q = \text{const} \Rightarrow e = \frac{Q}{\Delta T} \propto \frac{Q}{\Delta V} = \text{const}$   
 $V = \text{const}: \Delta T = \frac{\Delta p}{\gamma R}; \Delta T \propto \Delta p; Q = \text{const} \Rightarrow e \propto \frac{Q}{\Delta p} = \text{const}$   
 $p = \alpha V: pV = \alpha V^2 = \gamma RT \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta V^2}{\gamma R} \Rightarrow \Delta T \propto \Delta V^2; Q = \text{const} \Rightarrow e \propto \frac{Q}{\Delta V^2}$  - темпемпература не постоянна

Объем: темпемпература при изобаре и изохоре

Задача



За единицу масштабирования принимаем минимальные значения  $p_0$  и  $V_0$ .

$p = V \cdot \tan \alpha$  (где  $V \in [V_0; \alpha V_0]$ )

$T = \frac{pV}{\gamma R}$  - из уравнения Менделеева-Клапейрона

$T_1 = \frac{p_0 V_0}{\gamma R} = \frac{V_0^2 \tan \alpha}{\gamma R}$   $T_2 = \frac{\alpha^2 V_0^2 \tan \alpha}{\gamma R} = \alpha^2 T_1$

$T_3 = \frac{\alpha V_0^2 \tan \alpha}{\gamma R} = \alpha T_1$

$\eta = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max}} \cdot 100\% = \dots$

$\Rightarrow \eta = T_1 (\alpha_1^2 - 1) = \frac{V_0^2 \tan \alpha}{\gamma R} (2.25^2 - 1) = 0.125$

$\eta_2 = T_1 (\alpha_2^2 - 1) = \frac{V_0^2 \tan \alpha}{\gamma R} (6^2 - 1) = 0.2$

$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{A}{A + \alpha V} = \frac{p_0 V_0}{p_0 (\alpha_1^2 - 1) V_0 + \frac{3}{2} \gamma R \alpha T_1}$

$\eta_1 = \frac{p_0}{p_0 (\alpha_1^2 - 1) + \frac{3}{2} \gamma R \frac{V_0^2 \tan \alpha}{\gamma R} (\alpha_1^2 - 1)} = \frac{p_0}{p_0 + \frac{3}{2} V_0 \tan \alpha (\alpha_1 + 1)} = 0.125$

$\eta_2 = \frac{p_0}{p_0 + \frac{3}{2} V_0 \tan \alpha (\alpha_2 + 1)} = 0.2$

$0.875 p_0 = 0.1875 V_0 \tan \alpha \cdot 3.35$

$0.8 p_0 = 0.3 V_0 \tan \alpha \cdot 7$

Оценки темпемпературы - 34  
 Угловое значение - 47  
 (Самое главное)

Чистовик

$$\eta(\omega) = k\omega + b$$

$$\eta = \frac{p_0 V}{k} + b = \frac{p_0 V}{k} + b$$

$$\eta = \frac{p_0 V}{V_0^2} = \frac{p_0 V_0}{V_0^2} = \frac{p_0 V_0}{V_0^2} \cdot (x^2 - 1) \cdot \frac{1}{V_0^2} = \frac{p_0 V_0}{V_0^2} (x^2 - 1)$$

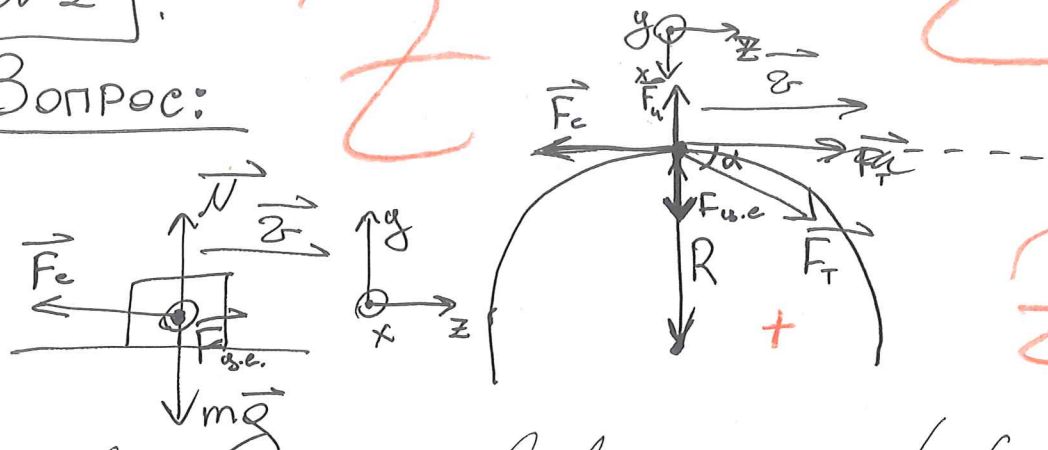
$$\eta_1 = \frac{p_0 V_0}{V_0^2} (2.25^2 - 1) = 4.0625 \frac{p_0 V_0}{V_0^2} = 0.125 \Rightarrow \frac{p_0 V_0}{V_0^2} = \frac{0.125}{4.0625} = \frac{2}{65}$$

$$\eta_3 = \frac{2}{65} (2^2 - 1) = \frac{6}{65} = 9.23\%$$

$$\eta_4 = \frac{2}{65} (8^2 - 1) = \frac{126}{65} = 93.85\%$$

№2

Вопрос:



Автомобиль движется по окружности, сила, меняющая направление скорости:  $F_{u.e.} = m a_{u.e.} = m \frac{v^2}{R}$

$m \vec{a}_{u.e.} = m \vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_c + \vec{F}_{u.e.} + \vec{F}_T$  - по 2 закону Ньютона

$\Sigma y: m g = N$  (нет приращенной силы)

$\Sigma z: m a_{u.e.} = F_c + F_T \cos \alpha$

$m a_{u.e.} = m a_{u.e.} + \mu N \cos \alpha \Rightarrow \mu N \cos \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow F_T \parallel \vec{v}$

$F_u = F_{u.e.} = m a_{u.e.} = m \frac{v^2}{R}$  - при переходе из КСО в ПСО, (удаляемся от движения по окружности)

$F_u + F_c + F_T = 0$   
 $- \gamma m v^2 + \mu m g \cos \alpha = 0$ ;  $m \frac{v^2}{R} - \mu m g \sin \alpha = 0$  (цистовик)

Черновик  $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{p_0 V}{Q}$

$\frac{p_0 V_0 (2.25^2 - 1)}{Q} = 0.125 \Rightarrow \frac{p_0 V_0}{Q} = \frac{0.125}{1.25} = 0.1 \Rightarrow Q = 10 p_0 V_0$

$\eta_2 = \frac{p_0 V_0}{10 p_0 V_0} = 0.1 = \frac{p_0 V_0}{Q_2} = \frac{0.2}{5} = 0.04 \Rightarrow Q_2 = 25 p_0 V_0$

$\eta(\omega) = kx + b$   
 $k \cdot 2.25 + b = 0.125$   
 $- k \cdot 6 + b = 0.2$   
 $3.75k = 0.075 \Rightarrow k = 0.02 \Rightarrow b = 0.08$

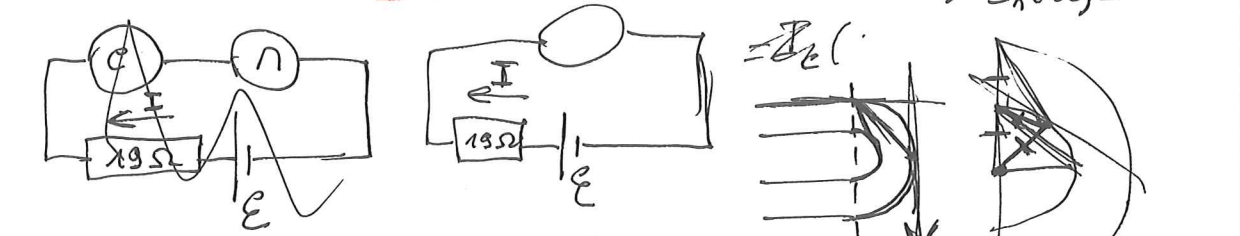
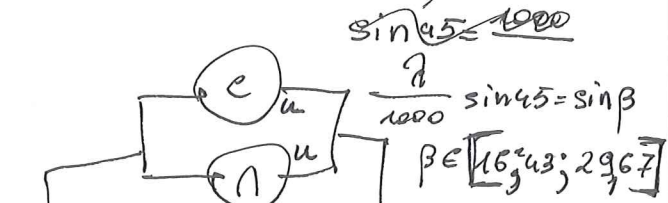
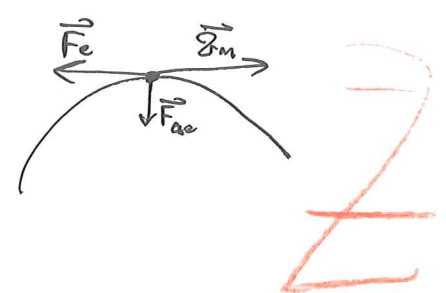
$\eta_3 = 0.02 \cdot 2 + 0.08 = 0.12$

$\eta_4 = 0.02 \cdot 8 + 0.08 = 0.24$

$k = 0.2$   
 $1.25k + b = 0.125$   
 $- 5k + b = 0.2$   
 $3.75k = 0.075 \Rightarrow k = 0.02 \Rightarrow b = 0.1$

$\eta_3 = 0.02 \cdot 1 + 0.1 = 0.12$

$\eta_4 = 0.02 \cdot 7 + 0.1 = 0.24$



$E = 19 R I + 8V, I = 0.7A \Rightarrow E = 19 \cdot 0.7 + 8 = 19.3$

$E = R I + 8V, I = 0.6A \Rightarrow E = 19 \cdot 0.6 + 8 = 19.4$

42-56-19-23  
(150.2)

№3 Вопрос:

цистовик

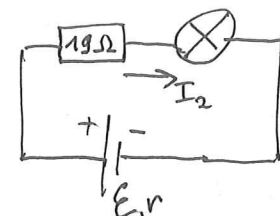
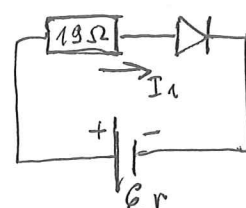
~~Идея решения задачи сводится к тому, что в цепи есть источник ЭДС, сопротивление лампы и сопротивление резистора. Выходные характеристики лампы и резистора можно найти на графике ВАХ.~~

Точки максимальной мощности — это точки, где  $P_{\text{н}} = U \cdot I$ , их можно найти на графике ВАХ подбором:

светодиод:  $P_{\text{н}} = 4,2 \text{ Вт} = 0,7 \text{ А} \cdot 6 \text{ В} \Rightarrow U_{\text{св}}^{\text{ном}} = 6 \text{ В}$

лампа:  $P_{\text{н}} = 4,8 \text{ Вт} = 0,6 \text{ А} \cdot 8 \text{ В} \Rightarrow U_{\text{л}}^{\text{ном}} = 8 \text{ В}$

ЗАДАЧА:



$$I_1(R+r) + 6 \text{ В} = \mathcal{E}$$

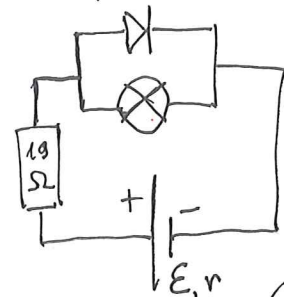
$$I_2(R+r) + 8 \text{ В} = \mathcal{E}$$

$$I_1 = 0,7 \text{ А}, I_2 = 0,6 \text{ А}$$

$$\begin{cases} I_1(19+r) + 6 \text{ В} = \mathcal{E} \\ I_2(19+r) + 8 \text{ В} = \mathcal{E} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,7(19+r) + 6 = \mathcal{E} \\ 0,6(19+r) + 8 = \mathcal{E} \end{cases} \Rightarrow 13,3 + 0,7r + 6 = 11,4 + 0,6r + 8 \Rightarrow$$

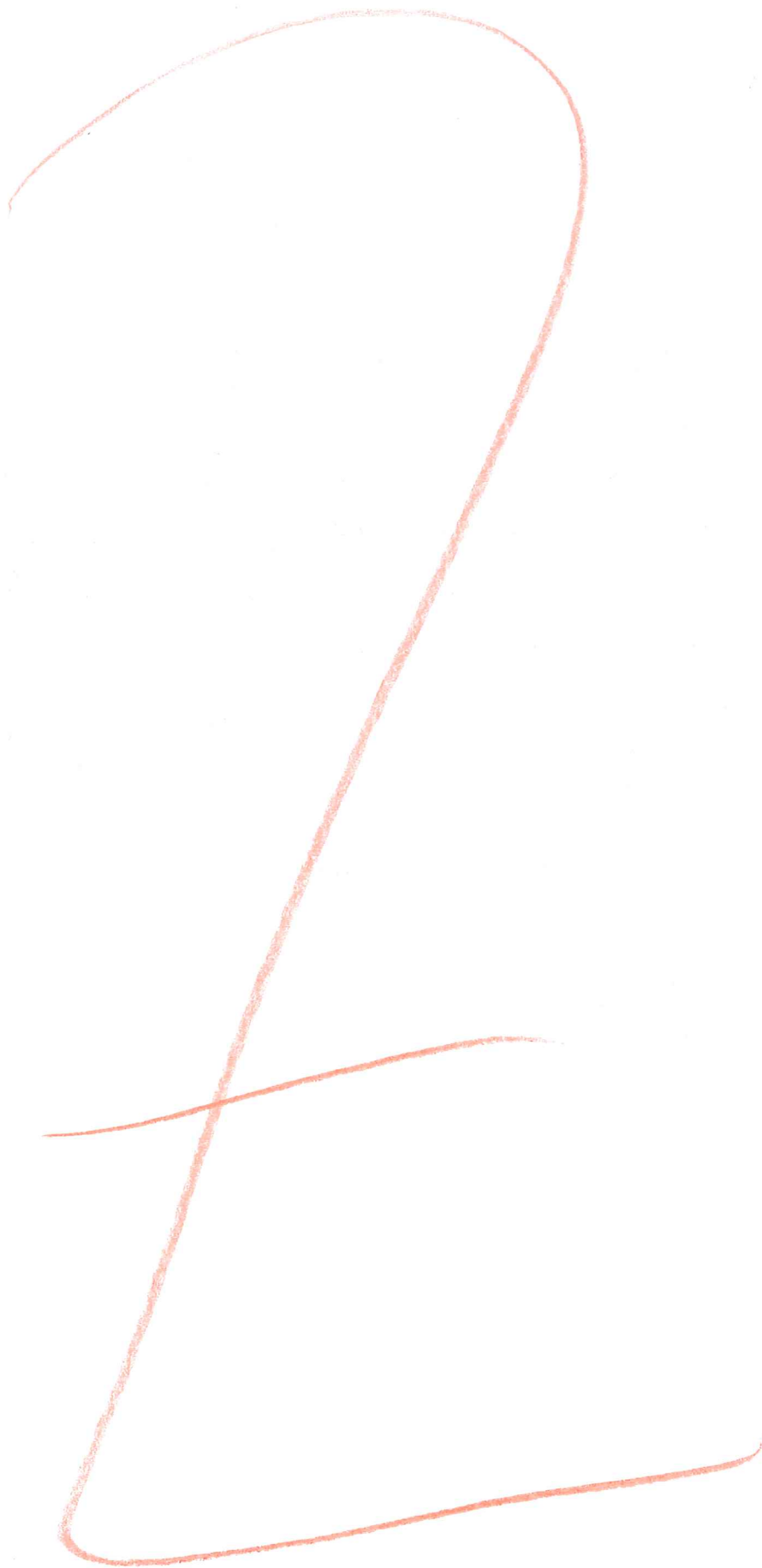
$$\Rightarrow 0,1r = 0,1 \Rightarrow r = 1 \Omega \Rightarrow \mathcal{E} = 0,6(19+1) + 8 = 20 \text{ В}$$



Светодиод и лампа подключены в параллельные ветви цепи, так что напряжение на них одинаково,  $U_{\text{с}} = U_{\text{л}} = U$

$$\begin{cases} \mathcal{E} = IR + Ir + U \\ I = I_{\text{с}} + I_{\text{л}} = I_{\text{с}}(U) + I_{\text{л}}(U) \end{cases} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \begin{cases} 20 = 20I + U \\ I = I_{\text{с}} + I_{\text{л}} \end{cases}$ . Точки удовлетворяющие уравнению, можно найти подбором.



При  $U = 4$  В сила тока равна  $I_c = 0,3$  А;  $I_n = 0,5$  А,  
тогда  $I = 0,8$  А — общий ток в цепи

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

$$P_n = U_n \cdot I_n = U \cdot I_n = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ Вт} +$$

Поскольку  $U_c = U_n = U$  — всегда  
Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = I(R+r) + U \\ I = I_c + I_n \\ UI_c = UI_n \end{cases}$$

$$\begin{cases} I = I_c + I_n \\ UI_c = UI_n \end{cases}$$

$UI_c = UI_n \Rightarrow I_c = I_n \Rightarrow \frac{U_c}{I_c} = \frac{U_n}{I_n}$  — условие достигается только в точке пересечения ВАХ,

тогда  $U = 5,5$  В,  $I = 0,55$  А

$$P = UI = 5,5 \cdot 0,55 = 3,025 \text{ Вт}$$

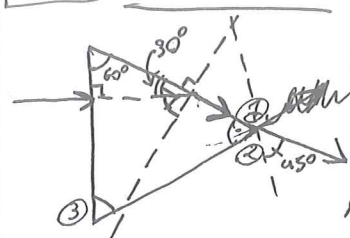
$$\mathcal{E} = I(R+r) + U$$

$$20 = 0,55(R+r) + 5,5 \Rightarrow R = \frac{20 - 5,5}{0,55} - r = 25,36 \Omega -$$

необходимое сопротивление резистора.

Исотовик

ИЧ ВОПРОС:



Все углы призма равны  $60^\circ$ ,  
луч падает перпендикулярно грани 3,  
так что пройдет её без изменений  
(не меняя здесь). +

При падении луча на грань 1 его угол с нормалью  
к грани составляет  $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ , тогда

$$1,4 \cdot \sin 60^\circ = \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha \approx 0,99 \Rightarrow \alpha \approx 90^\circ - \text{луч испытывает полное внутреннее отражение!}$$

На грань 2 луч падает под углом  $30^\circ$  к нормали, тогда преломится и выйдет под углом  $\arcsin(1,4 \cdot \sin 30^\circ) = \arcsin(0,7) \approx 45^\circ$   
Поэтому луч выйдет верхней из граней 2.

ЗАДАЧА:

$$\text{Закон Снеллиуса: } n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

Исотовик

С антиматерией:

$$F_n \propto v^2, \vec{F}_n \uparrow \uparrow mg; F_{\text{тяж}} = \text{const} = mg$$

$$v = v_m = 34 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 26,11 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$F_n = 0,25 \cdot mg = \alpha \cdot v_m^2 \Rightarrow \alpha = \frac{0,25mg}{26,11^2} = 9,57 \cdot 10^{-3} mg$$

Прокрутим уравнения на все оси:

$$Oy: N = mg + F_n = mg + 9,57 \cdot 10^{-3} mg \cdot v^2 = mg(1 + 0,01v^2)$$

$$\begin{cases} \mu mg v^2 = F_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha \\ m \frac{v^2}{R} = F_{\text{тр}} \cdot \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mu mg v^2 = \mu mg(1 + 0,01v^2) \cdot \cos \alpha \\ m \frac{v^2}{R} = \mu mg(1 + 0,01v^2) \sin \alpha \end{cases}$$

Это-пределаю  $\sin \alpha = \cos \alpha \Rightarrow \alpha = 45^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{m v^2}{R} = \mu mg \frac{\sqrt{2}}{2} + \mu mg v^2 \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0,01 \Rightarrow$$

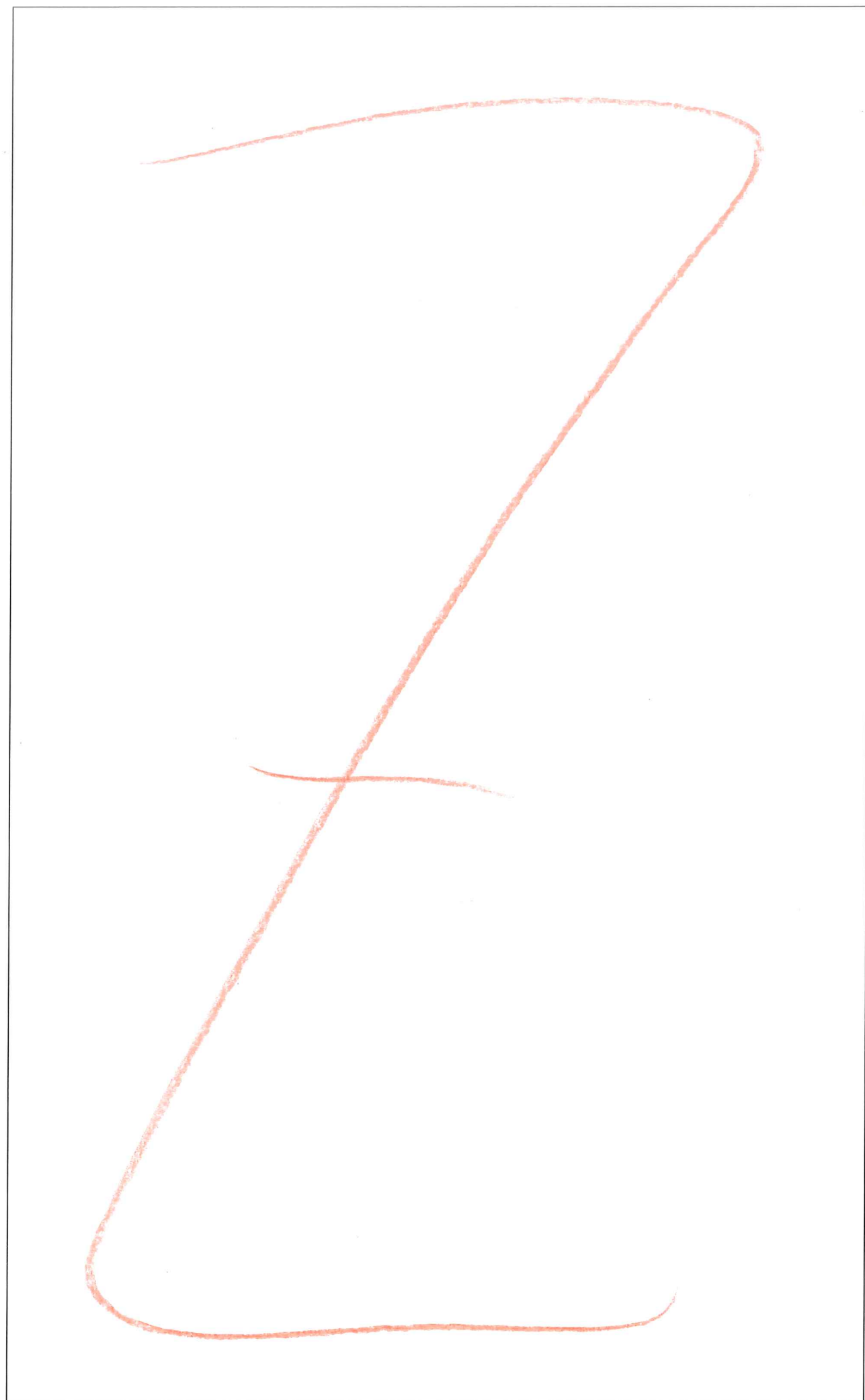
$$\Rightarrow v^2 \left( \frac{1}{R} - \frac{\sqrt{2}}{0,02} \mu g \right) = \mu g \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

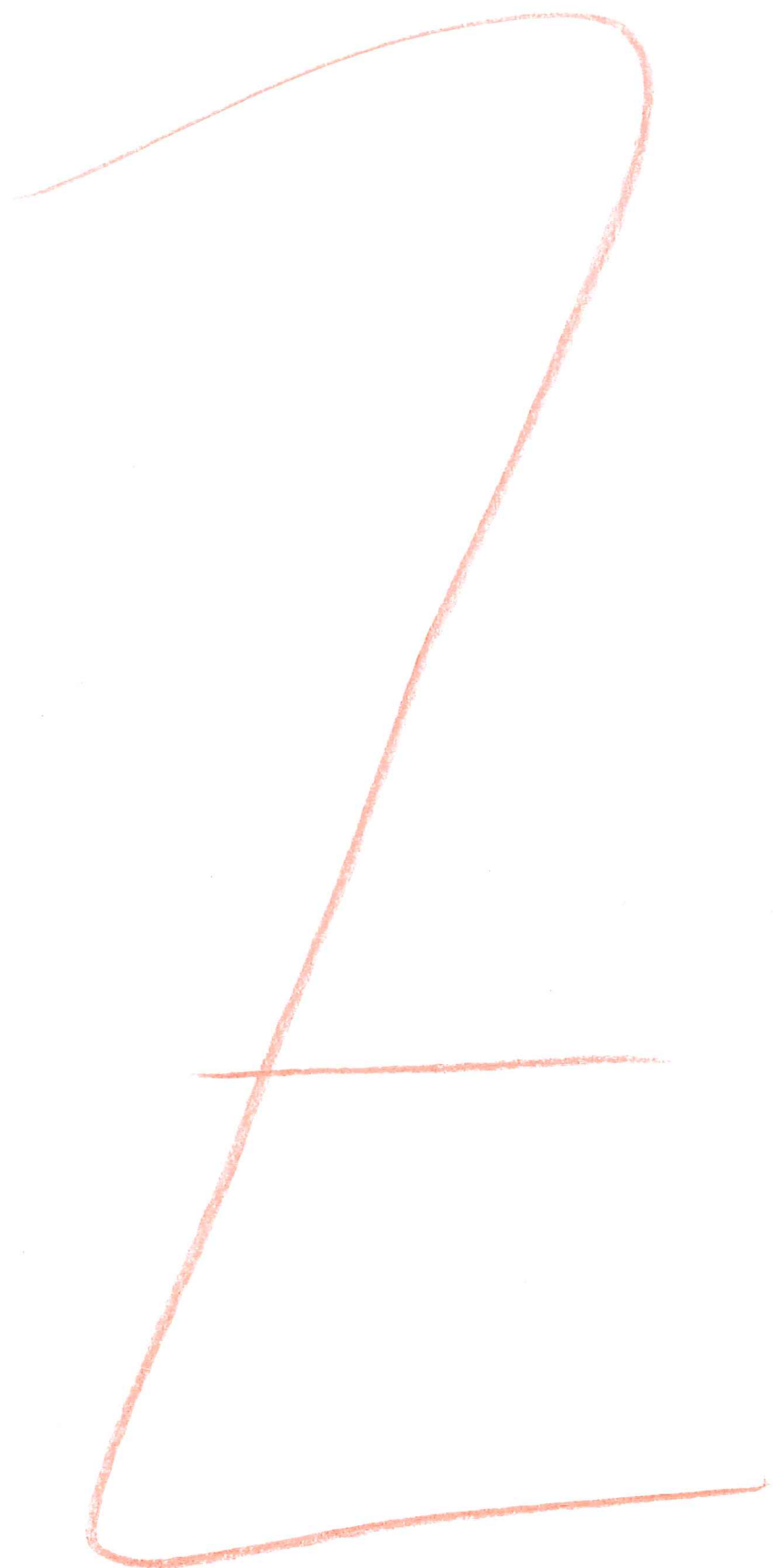
$$\Rightarrow v = \sqrt{\left( \frac{1}{100} - \frac{\sqrt{2}}{0,02} \cdot 0,32 \cdot 10 \right) \cdot 0,32 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{226,26}{2,2624}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2

цетовик





ЧИСТОВИК

42-56-19-23  
(50.)

ЗАДАЧА:

$m_0 = N$  (нет нормальной силы)  
 $F_T = F_T^{\max} = \mu N$ ;  $F_{c.f.} = \gamma m_0 \cdot z \Rightarrow \frac{1}{R} m_0 z^2 = \mu m_0 g$   
 $F_{a.c.} = m a_{a.c.} =$

$$\begin{cases} -\gamma m z^2 + \mu m g \cos \alpha = 0 \\ -m \frac{z^2}{R} + \mu m g \sin \alpha = 0 \end{cases} : m$$

$$\begin{cases} \gamma z^2 = \mu g \cos \alpha \quad (1) \\ \frac{1}{R} z^2 = \mu g \sin \alpha \quad (2) \end{cases}$$

$$\frac{(2)}{(1)}: \frac{1/R z^2}{\gamma z^2} = \frac{\mu g \sin \alpha}{\mu g \cos \alpha} \Rightarrow \frac{1}{R \gamma} = \tan \alpha \Rightarrow \alpha = \arctan \left( \frac{1}{R \gamma} \right)$$

угол между  $F_T$  и  $z$

ЗАДАЧА:

$D_0 = m_0 = d$   
 $F_T = F_T^{\max} = \mu N = \mu m_0 g$

$$\begin{cases} -\frac{1}{R} m z^2 + \mu m g \cos \alpha = 0 \\ -m \frac{z^2}{R} + \mu m g \sin \alpha = 0 \end{cases} \Rightarrow \cos \alpha = \sin \alpha = \frac{z^2}{R \mu g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = 45^\circ \Rightarrow \sin \alpha = \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \frac{(94/3,6)^2 (\mu/c)^2}{300 \cdot \mu \cdot 10} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{681,79 \cdot 2}{300 \cdot 10 \cdot \sqrt{2}} = 0,32$$

Для  $R' = 100 \mu$ :

$$\begin{cases} -\frac{1}{R'} m z_1^2 + \mu m g \cos \alpha = 0 \\ -m \frac{z_1^2}{R'} + \mu m g \sin \alpha = 0 \end{cases} \Rightarrow \sin \alpha = \cos \alpha = \frac{z_1^2}{R' \mu g} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow z_1 = z_1 = \sqrt{\frac{R' \mu g \cdot \sqrt{2}}{2}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 0,32 \cdot 10}{\sqrt{2}}} = 15,04 \frac{m}{c} = 54,14 \frac{m}{c}$$