

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов“
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Абеленцева Германа Артуровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Выход с 12:54 - 12:57

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

67-73-96-65
(4.3)

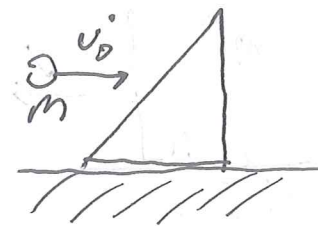
Чистовик

$m = 36 \text{ кг}$

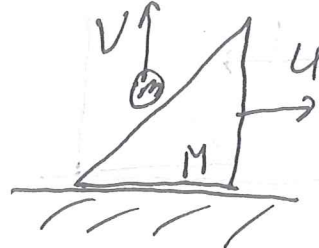
$M = 100 \text{ кг}$

$v_0 = 5 \text{ м/с}$

1)



=>



Лист 1

Т.к. на систему "шар + клин" внешние силы действуют вертикально ($N_{ст}; m_g; M_g$)
=> выполняется ЗСМ в проекции на x +

$mv_0 = Mu \Rightarrow u = \frac{m}{M} v_0 = 0,36 v_0 = 1,8 \text{ (м/с)}$

2) Т.к. удар абсолютно упругий выполняется

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$ +
или $mv_0^2 = M \cdot \frac{m^2}{M^2} \cdot v_0^2 + mv^2$

$v_0^2 = \frac{m}{M} v_0^2 + v^2$

$\Rightarrow v^2 = v_0^2 \cdot \frac{M-m}{M}$

$\Rightarrow v = v_0 \sqrt{\frac{M-m}{M}} = v_0 \sqrt{\frac{100-36}{100}} =$

$= v_0 \cdot 0,8 = 4 \text{ (м/с)}$

3) в какой-либо точке траектории скорость шарика 0.

Т.к. $v - g \tau = 0 \Rightarrow \tau = \frac{v}{g} =$

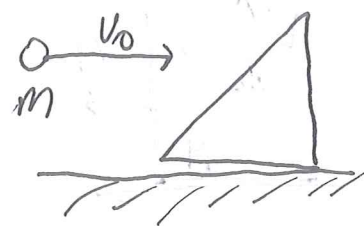
$= \frac{v_0}{g} \sqrt{\frac{M-m}{M}}$

4) время удара малое => за время удара клин не сместится

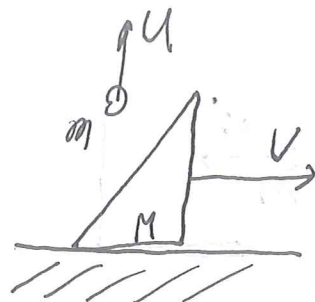
5) после удара клин движется с постоянной скоростью u . $\Rightarrow S = u \tau = \frac{m}{M} v_0 \cdot \frac{v_0}{g} \sqrt{\frac{M-m}{M}} =$

$= \frac{mv_0^2}{Mg} \sqrt{\frac{M-m}{M}} = 0,72 \text{ м}$ Ответ: $S = \frac{mv_0^2}{Mg} \sqrt{\frac{M-m}{M}} = 0,72 \text{ м} = 72 \text{ см!}$

Черно бак



=>



88-582
-63

499
582

$$m v_0 = M V \Rightarrow V = \frac{m}{M} v_0$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M V^2}{2} + \frac{m u^2}{2}$$

$$m v_0^2 = M V^2 + m u^2$$

$$m v_0^2 = M \cdot \frac{m^2}{M^2} v_0^2 + m u^2$$

$$v_0^2 = \frac{m}{M} v_0^2 + u^2$$

$$\Rightarrow u^2 = v_0^2 \frac{M-m}{M}$$

$$\Rightarrow u = v_0 \sqrt{\frac{M-m}{M}}$$

$$830 \overline{) 582}$$

$$-1 = -x \cdot 2$$

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

$$\Rightarrow p v^{\frac{1}{2}} = \text{const}$$

$$p^2 v = \text{const}$$

$$p T = \text{const}$$

$$+ 29,1$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 36 \\ \times 9 \\ \hline 180 \end{array}$$

$$A = p \Delta v$$

$$Q = p \Delta v + \frac{\gamma}{2} \Delta p \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{p \Delta v + v \Delta p}{p v} T$$

$$= \frac{p \Delta v + v \Delta p}{\Delta p}$$

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{1}{2} \frac{\Delta v}{v}$$

$$2 v \Delta p = p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

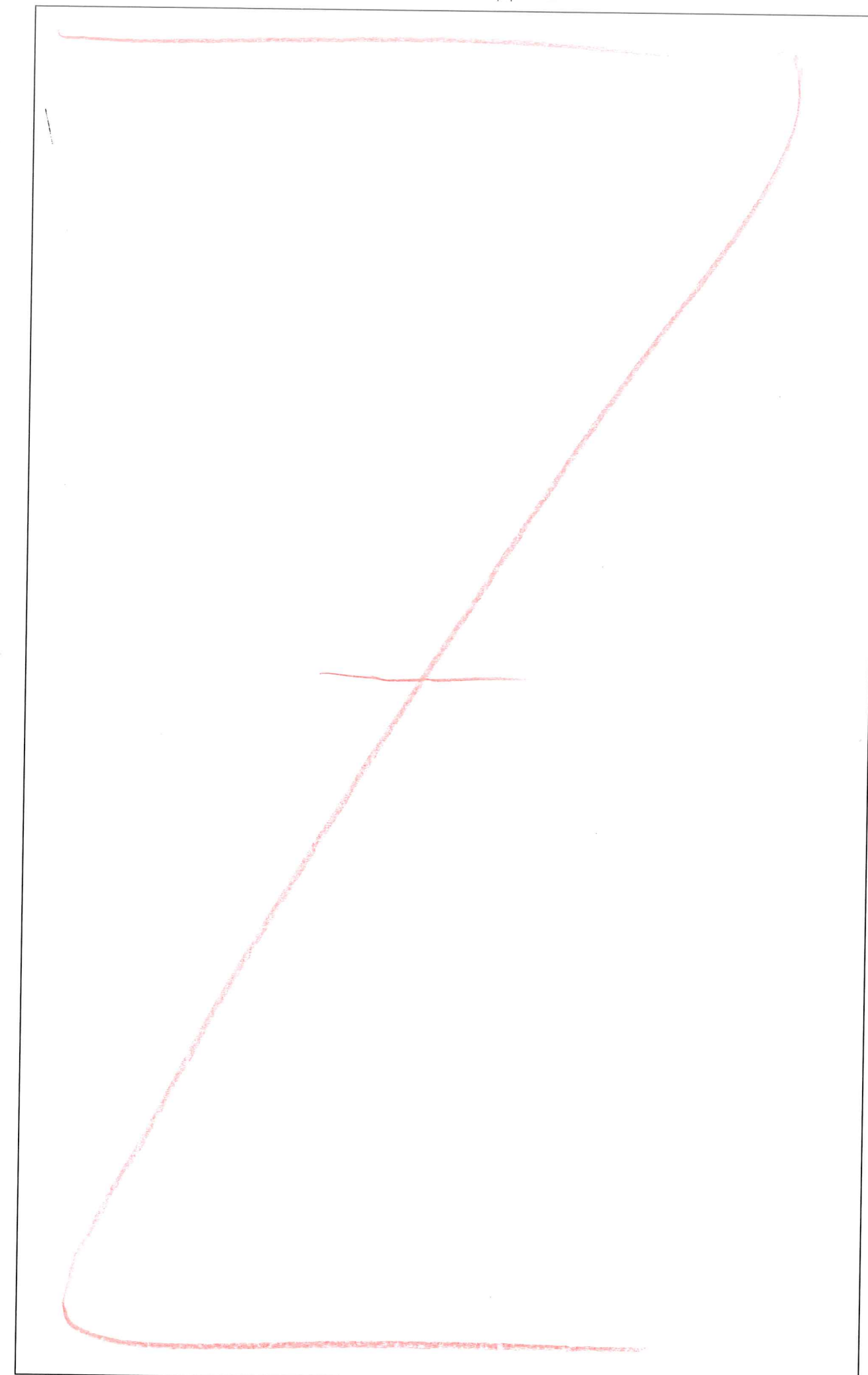
$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$

$$\frac{2}{2} p \Delta v$$



Черновик

388

$$\begin{array}{r} 34 \\ 745 \\ \times 28 \\ \hline 15960 \\ + 14900 \\ \hline 20860 \end{array}$$

$$C_v \cdot M = 20,86$$

$$4R = 4 \cdot 8,3 = 33,2$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 8,3 \\ \times 4 \\ \hline 33,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 33,2 \\ 120,86 \\ \hline 54,06 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3880 \\ 2403 \\ \hline 1117 \\ 1117 \\ \hline 2234 \end{array}$$

$$\eta = \frac{33,2}{54,06} = \frac{16,6}{27,03} = \frac{16,6}{9,01 \cdot 3}$$

$$\begin{array}{r} 27,03 \\ 8,3 \cdot 2 \\ \hline 9,01 \cdot 3 \end{array} = \frac{8,3}{9,01} \cdot \frac{2}{3}$$

$$\begin{array}{r} 930 \\ 16600 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10^3 \\ - 16212 \\ \hline 3888 \end{array}$$

$$\eta = 61\%$$

$$\frac{3E}{5R} = \frac{3E}{4R} - \Delta T$$

$$E \left(\frac{3}{5R} - \frac{3}{4R} \right) = \Delta T$$

$$E \left(\frac{15-12}{20R} \right) = \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{3E}{20R} \Rightarrow R = \frac{3E}{20\Delta T}$$

Черновик

Лист 2

N2

$$\frac{\Delta V}{V} = n = 20\%$$

1) т.к. $n, k \ll 1$ будем считать

процесс малым

$$\frac{\Delta P}{P} = k = -1\%$$

2) в малом процессе выполняется:

$$C_v = 745 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$$

$$M = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$n + k = \frac{\Delta T}{T} \Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = 1\%$$

$$M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\text{пусть } \frac{\Delta T}{T} = f = 1\%$$

$$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

3) для малого процесса в-ся:

$$i = 5$$

$$\frac{\Delta P}{P} = -\varphi \cdot \frac{\Delta V}{V}; \text{ где } \varphi - \text{показатель политропы}$$

$$k = -\varphi n$$

$$\Rightarrow \varphi = -\frac{k}{n} = \frac{1}{2} \Rightarrow \text{в этом процессе } PV^{\frac{1}{2}} = \text{const}$$

$$PV^{\frac{1}{2}} = \text{const}; \frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{2} \frac{\Delta V}{V} \Rightarrow 2V \cdot \Delta P = P \Delta V$$

4) по первому началу термодинамики

$$Q = A + \Delta U \Rightarrow \eta = \frac{A}{Q} = \frac{Q - \Delta U}{Q} = 1 - \frac{\Delta U}{Q} = 1 - \frac{\frac{5}{2} R \Delta T}{Q}$$

$$= 1 - \frac{\frac{5}{2} R \Delta T}{C_p \cdot m \cdot \Delta T} = 1 - \frac{\frac{5}{2} \frac{m}{M} R \Delta T}{C_p \cdot m \cdot \Delta T} = 1 - \frac{5R}{2 \cdot C_p};$$

где C_p - удельная теплоемкость азота

в изобарном процессе

5) по второму началу термодинамики

$$C_p = C_v + \frac{R}{M} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{5R}{2(MC_v + R)}$$

Чистовик

Лист 3

N2 (продолжение)

4) изменяем давления при расчёте

работы можно пренебречь $\Rightarrow A = p \Delta V$

5) $Q = \Delta U + A$ ✓

если давл
изм
то можно

в изобаре $Q^* = c_v \cdot m \cdot \Delta T = \Delta U;$

$\Rightarrow Q = c_v \cdot m \cdot \Delta T + p \Delta V$

6) из п.1 $\Rightarrow p \Delta \frac{V}{V} + \frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta T}{T} \Rightarrow \frac{p \Delta V + V \Delta p}{pV} T = \Delta T$

$\Rightarrow \Delta T = \frac{\frac{3}{2} p \Delta V}{\frac{3}{2} p} T = \frac{\frac{3}{2} p \Delta V}{\frac{3}{2} p} = \frac{3 p \Delta V \cdot m}{2 m R}$

$\Rightarrow Q = c_v \cdot m \cdot \frac{3 p \Delta V \cdot m}{2 m R} + \frac{3}{2} p \Delta V = \frac{3}{2} \frac{c_v \cdot m}{2 R} \cdot p \Delta V + p \Delta V =$

7) $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{p \Delta V}{\frac{3}{2} \frac{c_v \cdot m}{2 R} \cdot p \Delta V + p \Delta V} = \frac{1}{\frac{3}{2} \frac{c_v \cdot m}{2 R} + 1} = \frac{4 R}{3 c_v \cdot m + 4 R}$

$= \frac{4 R}{3 c_v \cdot m + 4 R} = \frac{4 R}{c_v \cdot m + 4 R} \approx 61\%$

Ответ: $\eta = \frac{4 R}{3 c_v \cdot m + 4 R} \approx 55\%$ Ответ: $\eta = \frac{4 R}{c_v \cdot m + 4 R} \approx 61\%$

Чистовик

Лист 6

N4 (продолжение)

3) широко известно, что для собирающей

линзы при $d > F$ $U^{**} = U^* \cdot \gamma$ т.к. $U^* \neq 100$

$$U^{**} = U^* \cdot \frac{E}{d-F} = U \cdot \frac{F}{d-F} = U \cdot \frac{F}{9+1-F} = 12 \text{ мВ} \quad (+)$$

Ответ: $U^{**} = U \cdot \frac{F}{9+1-F} = 12 \text{ мВ} \quad (+)$

N5

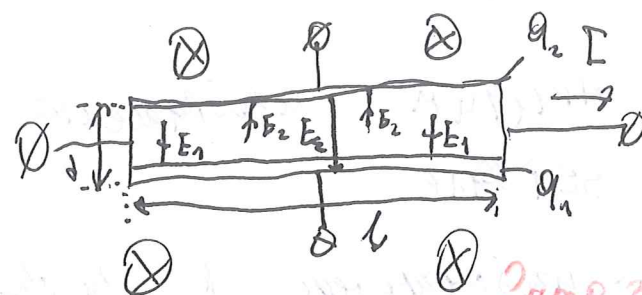
$$I = 8 \text{ нА}$$

$$d = 0,1 \text{ Тл}$$

$$u = 4 \text{ нВ}$$

$$d = 5 \text{ мм}$$

$$L = 4 \cdot 10^{-19}$$



$$1) E_1 = \frac{q_1}{\epsilon_0 l b} \quad E_2 = \frac{q_2}{\epsilon_0 l b}$$

$$E_2 = \frac{q_1 - q_2}{\epsilon_0 l b} \quad E_2 d = U$$

$$\frac{q_1 - q_2}{\epsilon_0 l b} \cdot d = U$$

$$2) I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = I dt$$

$$3) F_A = qIL$$

нет необходимости
показаний, сформулировать
не все законы, требующиеся для решения

Чистовик

N3

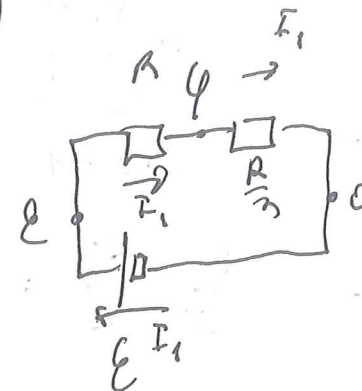
$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$$

$$P = 30 \text{ Вт}$$

$$\Delta U = 2 \text{ В}$$

$$E = ?$$

1)



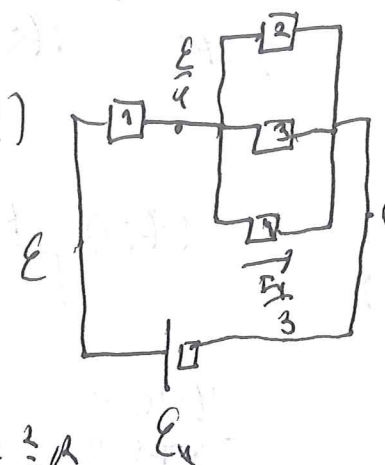
$$\frac{E - \varphi}{R} = \frac{3\varphi}{R} +$$

$$E - \varphi = 3\varphi$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{E}{4}$$

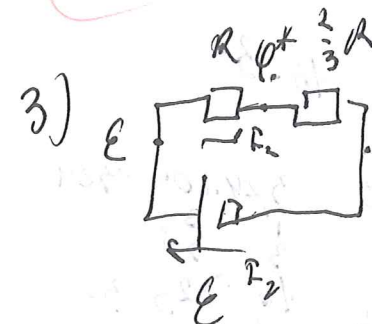
$$\Rightarrow R_1 = \frac{3E}{4R} +$$

2)



$$\Rightarrow P = \frac{E_1}{3} \cdot \frac{E}{4} = \frac{E E_1}{12} = \frac{3E^2}{12 \cdot 4 \cdot R} =$$

$$= \frac{E^2}{16R}$$



$$\frac{E - \varphi^*}{R} = \frac{3\varphi^*}{2R}$$

$$2E - 2\varphi^* = 3\varphi^* \Rightarrow \varphi^* = \frac{2}{5}E$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{3E}{5R} +$$

$$4) I_2 = I_1 - \Delta I$$

$$\frac{3E}{5R} = \frac{3E}{4R} - \Delta I \Rightarrow 12E = 15E - 20\Delta I R$$

$$\Rightarrow 20\Delta I R = 3E$$

$$\Rightarrow R = \frac{3E}{20\Delta I}$$

$$5) P = \frac{E^2}{16R} = \frac{E^2}{16 \cdot \frac{3E}{20\Delta I}} = \frac{E \Delta I}{12} = \frac{5}{12} E \Delta I$$

$$\Rightarrow E = \frac{12P}{5\Delta I} = 36 \text{ В} \quad \text{Ответ: } E = \frac{12P}{5\Delta I} = 36 \text{ В} \quad (+)$$

Черновик

$$\begin{array}{r} 34 \\ \times 45 \\ \hline 170 \\ 1360 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 344 \\ \times 3 \\ \hline 1032 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 344 \\ \times 3 \\ \hline 1032 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23945 \\ \times 3 \\ \hline 71835 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 333 \\ \times 4 \\ \hline 1332 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17156 \\ \times 3 \\ \hline 51468 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16600 \\ \times 3 \\ \hline 49800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16600 \\ \times 3 \\ \hline 49800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16600 \\ \times 3 \\ \hline 49800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16600 \\ \times 3 \\ \hline 49800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16600 \\ \times 3 \\ \hline 49800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16600 \\ \times 3 \\ \hline 49800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16600 \\ \times 3 \\ \hline 49800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16600 \\ \times 3 \\ \hline 49800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 8,3 \\ \times 4 \\ \hline 33,2 \end{array}$$

$$\frac{12}{5} \cdot \frac{30}{2} = \frac{6 \cdot 30}{5} = 36$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

$$\frac{3320}{7548} = \frac{1660}{4789}$$

Чистовик

ЛЧ

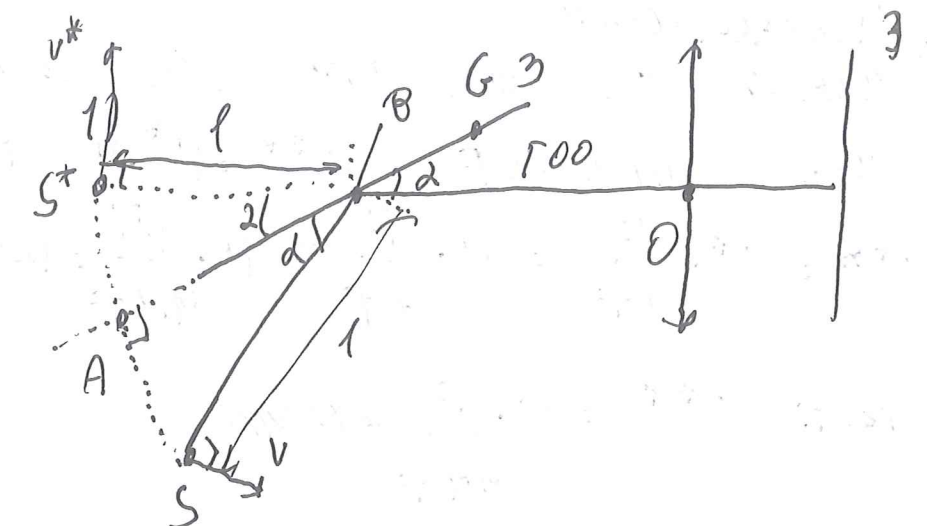
$$\alpha = 30^\circ$$

$$a = 10 \text{ см}$$

$$F = 30 \text{ см}$$

$$l = 25 \text{ см}$$

$$v = 20 \text{ см/с}$$

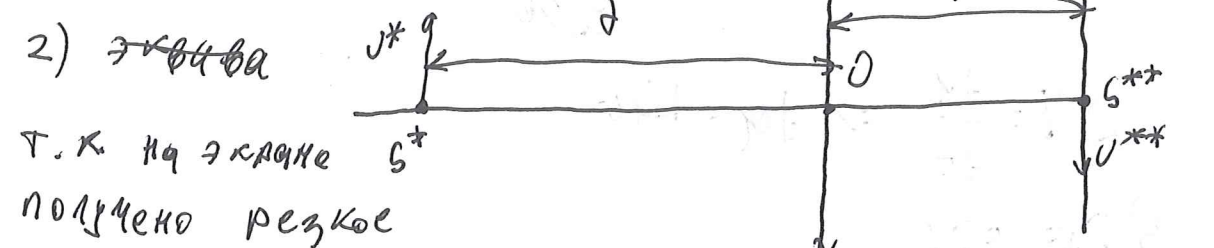


получим изображение мухи в зеркале

1.1. т.к. S^* - изображение в зеркале $\Rightarrow \angle AOS = \angle AOS^* \Rightarrow \angle S^*OA = \angle SOA = \alpha$

1.2. $\angle OOG = \angle S^*OA \Rightarrow$ эти углы вертикальные (т.к. AOB - прямая) $\Rightarrow S^*O$ - прямая $\Rightarrow S^* \in \Gamma O$; $\oplus$

$v^* = v$ т.к. зеркало неподвижно $v^* \perp \Gamma O$



т.к. на экране S^* получено резкое изображение $\Rightarrow$ расстояние между экраном и линзой Γ

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F} \oplus; d = a + l > F \Rightarrow \text{для } S^{**} - \text{реальное}$$

$$\Rightarrow F = \frac{dF}{d-F} \Rightarrow \Gamma = \frac{F}{d-F}$$