



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Рокеры Веребьевы горы»

по Физике

Петшица Александра Аркадьевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
« 4 » апрель 2025 года

Подпись участника

93-63-84-42
(114.3)

Числовик

№1

Вопрос:



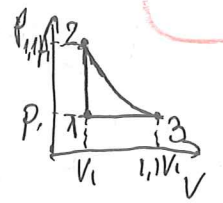
м. Ручка M - масса цилиндра, тогда
ЗСЭ: $MgH = \frac{Mv^2}{2} \Rightarrow$
 $\Rightarrow v = \sqrt{2gH}$

№2

Вопрос:

$\nu = \text{const}$
 $p_2 = 1,5 p_1$
 $p_3 = p_1$
 $Q_{12} = 333 \text{ Дж}$
 $Q_{23} = ?$
 $U_1 = U_2$
 $T_2 = T_3$

$pV = \nu RT$
 $p_1 V_1 = \nu RT_1$
 $p_2 V_2 = \nu RT_2$
 $1,5 p_1 V_1 = \nu RT_2 \Rightarrow T_2 = 1,5 T_1$
 $p_3 V_3 = \nu RT_3$
 $p_1 V_3 = \nu R \cdot 1,5 T_1 \Rightarrow V_3 = 1,5 V_1$



$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = Q_{12} = 333 \text{ Дж} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{1}{10} T_1$

$\Delta U_{23} = 0, \text{ т.к. } T = \text{const}$

$Q_{23} = A_{23}$

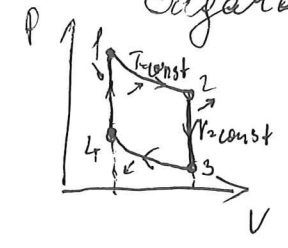
$p dV + V dp = \nu R dT = 0 \Rightarrow p dV = -V dp \Rightarrow dA = p dV \Rightarrow dA = -V dp$

$p = \frac{\nu RT}{V}$ (1)

(1) · (2) $dA = -\nu RT \frac{dp}{p}$

$A_{23} = \int_{p_2}^{p_3} -\nu RT \frac{dp}{p} = -\nu RT \ln \frac{p_3}{p_2} = \nu RT \ln \frac{p_2}{p_3} = 1,5 \nu RT_1 \ln 1,5 =$
 $= \frac{20}{3} Q_{12} \cdot \frac{11}{10} \cdot \ln 1,5 = \frac{22}{3} Q_{12} \cdot \ln 1,5 = 22 \cdot 111 \cdot \ln 1,5 = 2442 \cdot \ln 1,5 \text{ Дж.}$

Задача:



$a = \frac{Q_{41}}{A_{\text{цикл}}} = \text{const}$ $\eta_2 = ?$

$n_1 = 1,5 = \frac{T_1}{T_4}$ $\eta_1 = 0,2$ $T_1 = 1,5 T_4$

$n_2 = 1,8 = \frac{T_1'}{T_4}$ $T_1' = 1,8 T_4$

$A_{\text{цикл}} = A_{12} + A_{34} = \nu R T_1 \ln \frac{p_1}{p_2} + \nu R T_4 \ln \frac{p_3}{p_4}$

$Q_{41} = U_{41} = \nu C_V (T_1 - T_4)$

$a = \frac{C_V \cdot \frac{1}{2} T_1}{R T_1 (\frac{3}{2} \ln \frac{p_1}{p_2} + \ln \frac{p_3}{p_4})} = \frac{C_V}{R (3 \ln \frac{p_1}{p_2} + \ln \frac{p_3}{p_4})}$

Контрольные работы (Контр)

N	1	2	3	4
7	3	4	2	5
3	20	20	0	10

$\Sigma = 64$ (месседж)

Чистовик

$$\eta_1 = \frac{A_{12,11}}{Q_1} = \frac{A_{12,11}}{A_{11} + A_{12}} = \frac{A_{12,11}}{A_{11} + A_{12}} = \frac{A_{12,11}}{A_{11} + RT \ln \frac{p_1}{p_2}}$$

$$\frac{1}{\eta_1} = a + \frac{2 \ln \frac{p_1}{p_2}}{2 \ln \frac{p_1}{p_2} + \ln \frac{p_3}{p_4}}$$

$$\frac{1}{\eta_2} = a + \frac{2 \ln \frac{p_1'}{p_2'}}{2 \ln \frac{p_1'}{p_2'} + \ln \frac{p_3'}{p_4'}}$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{T_1}{T_4} = \frac{p_1}{p_4} \text{ из } pV = \nu RT \text{ и } T_1 = T_2; T_3 = T_4$$

$$p_2 = \frac{T_2}{T_3} p_3 \quad p_1 = \frac{T_1}{T_4} p_4$$

Аналогично $p_2' = \frac{T_2'}{T_3'} p_3' \quad p_1' = \frac{T_1'}{T_4'} p_4'$

$$\frac{1}{\eta_1} = a + \frac{\ln \frac{p_4}{p_3} + \ln \frac{T_1}{T_4} \cdot \frac{T_3}{T_2}}{\ln \frac{p_4}{p_3} + \ln \frac{p_4}{p_3} + \ln \frac{T_1}{T_4} \cdot \frac{T_3}{T_2}} \quad \left. \begin{matrix} T_1 = T_2 \\ T_3 = T_4 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{1}{\eta_1} = a + \frac{1}{2}, \text{ т.к. } \ln 1 = 0$$

Аналогично

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_4}{p_3} \Rightarrow \ln \frac{p_1}{p_2} = \ln \frac{p_4}{p_3} \Rightarrow \ln \frac{p_1}{p_2} + \ln \frac{p_3}{p_4} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\eta_1} =$$

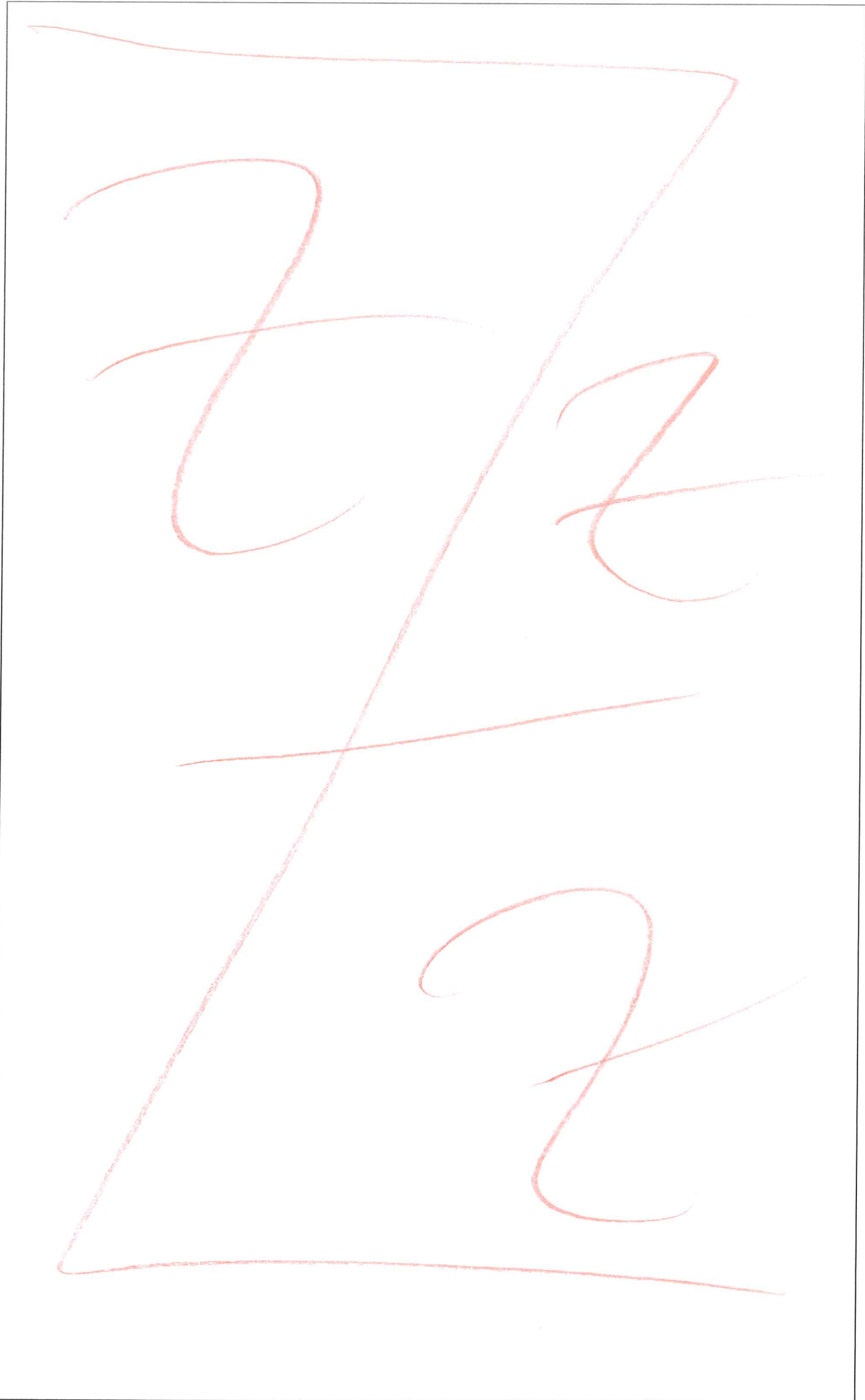
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_4}{p_3} \Rightarrow \ln \frac{p_1}{p_2} = \ln \frac{p_4}{p_3} \text{ или } \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{p_4'}{p_3'} \Rightarrow \ln \frac{p_1'}{p_2'} = \ln \frac{p_4'}{p_3'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} = 3 + a - a - \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{1}{\eta_1} - \frac{3}{4} = \frac{1}{\eta_2}$$

$$\frac{17}{4} = \frac{1}{\eta_2}$$

$$\eta_2 = \frac{4}{17} \oplus$$



93-63-84-42
(114.3)

Черновик

$$p dV + V dp = R dT$$

$$p dV = -V dp \quad dA = -V dp$$

$$-\frac{dV}{V} = \frac{dp}{p}$$

$$\ln \frac{p_3}{p_2} = -\ln \frac{V_3}{V_2}$$

$$p = \frac{RT}{V} \quad y = \frac{c}{x}$$

$$dA = -\frac{RT dp}{p}$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{p_4} = \frac{T_1}{T_4} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2}{p_3}$$

$$dE = \frac{kg}{(R+dR)^2} \quad dE = \frac{kg}{R^2}$$

$$E = \frac{2kg}{\epsilon n^2} = \frac{2kg}{\epsilon \frac{9}{4} R^2} - \frac{2kg}{\epsilon R} = \frac{10}{9} \frac{kg}{\epsilon R^2}$$

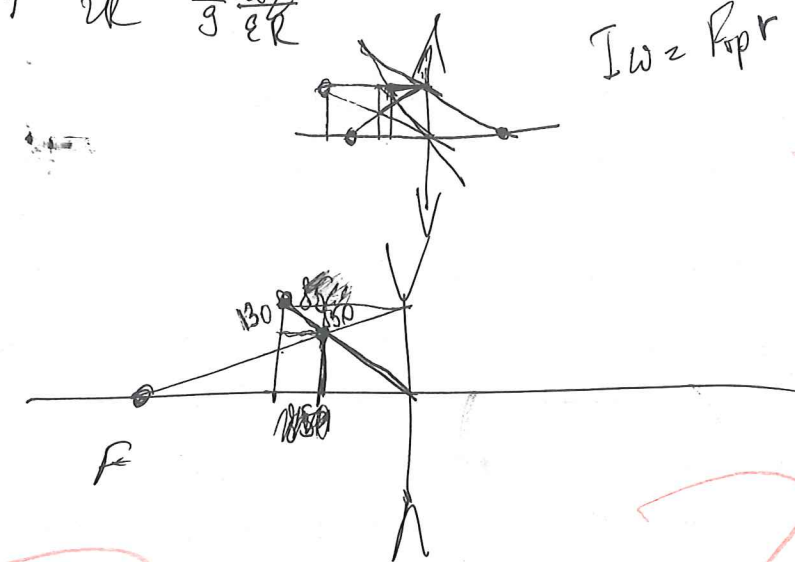
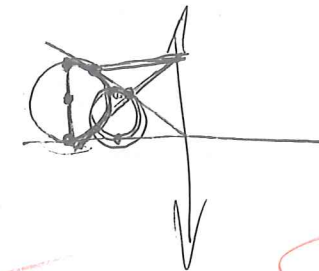
$$\Delta \varphi = E d = \frac{5}{9} \frac{kg}{\epsilon R}$$

$$y = \frac{kg}{2R} - \frac{5}{9} \frac{kg}{\epsilon R}$$

$$I = mr^2$$

$$I \omega = R p r$$

- 1 ✓
- 2 ✓
- 3 ✓
- 4 ✓



Чистовик

№3 | Вопрос:



Поле, которое создается внутри сферы = 0.

В пространстве между сферами поле однородное.

В любой точке внутри сферы радиусом R потенциал $\varphi_R = \frac{kq}{R}$, создаваемый малой сферой

Потенциал на внешней границе

Потенциал внутри сферы R будет $\frac{kq}{R} - \frac{kq}{2R} = \frac{kq}{2R}$?

Напряженность между сферами $E = \frac{kq}{r^2}$, где r - расстояние от центра сфер.

$$dE = \frac{kq}{\epsilon_0 r^2}$$

$$E = \frac{2kq}{\epsilon_0 r} \Big|_R^{2R} = \frac{2kq}{\epsilon_0 R^2} - \frac{2kq}{\epsilon_0 R^2} = -\frac{10kq}{\epsilon_0 R^2}$$

$$\Delta\varphi = E \cdot dr = -\frac{5kq}{3R^2} dr$$

$$\varphi_{2R} = \frac{kq}{2R} - \frac{5kq}{9\epsilon_0 R} = \frac{kq}{R} \left(\frac{1}{2} - \frac{5}{9\epsilon_0} \right)$$

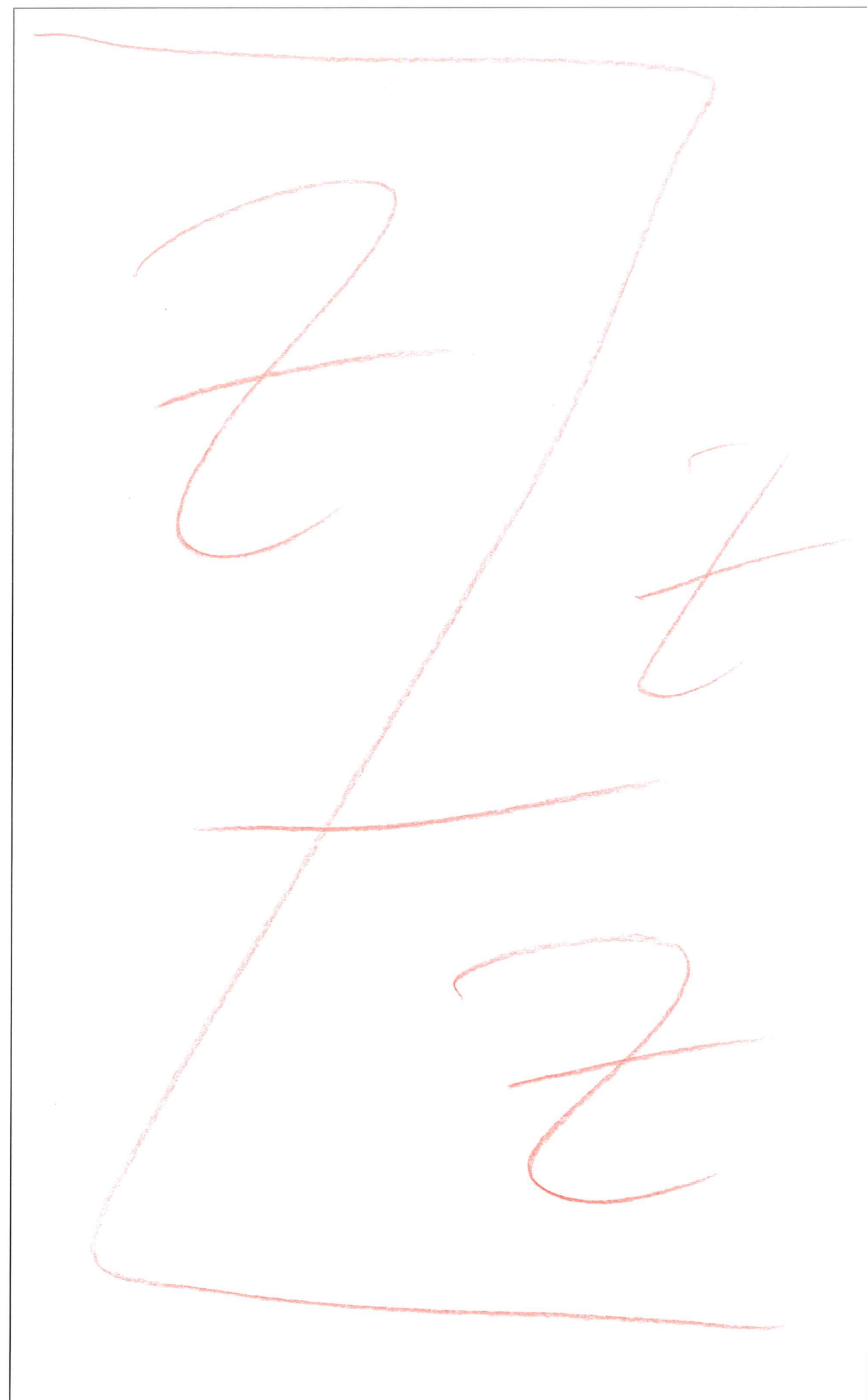
№4 | Вопрос:

Собирающая линза может иметь как прямое

(или) изображение, так и перевернутое \Rightarrow знаки изображения увеличенные могут быть как "+", так и "-". В случае рассеивающей линзы изображение всегда прямое (или), т.е. со знаком "+". \Rightarrow если знак "-", то это собирающая линза.

При этом изображение в рассеивающей линзе всегда меньше предмета, а изображение или же перевернутое изображение в собирающей линзе всегда больше предмета \Rightarrow если значение $\epsilon \in (0; 1)$, то линза рассеивающая, а если $\epsilon \in (1; +\infty)$, то линза собирающая.

Ответ: да можно



93-63-84-42
(114.3)

Чистовик

№4) Задача:

$d_1 = 2 \text{ мм}$

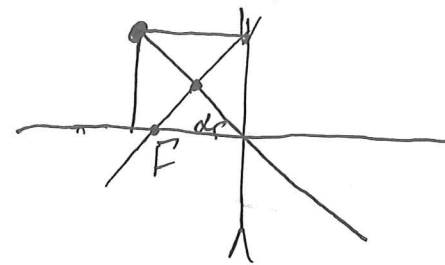
~~$d_2 = 1,2 \text{ мм}$~~

$d = \arcsin\left(\frac{13}{85}\right) \Rightarrow \sin d = \frac{13}{85}$

$L = 85 \text{ см}$

Отрезок не пересекает ~~плоскость~~ плоскость линзы \Rightarrow изображение мнимое и прямое.

Поперечное увеличение $\in (0; 1) \Rightarrow$ линза рассеивающая из предыдущего пункта.



Пусть фокусное расстояние F . Рассмотрим случай, когда $F <$ расстояние от предмета до линзы. Тогда изображение будет меньше предмета более чем в два раза, что противоречит условию.

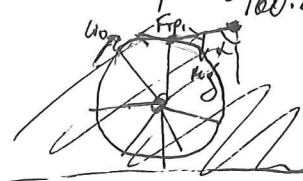
№1) Задача

~~№1~~ I-мачета и керемш тонкостенною кольца.

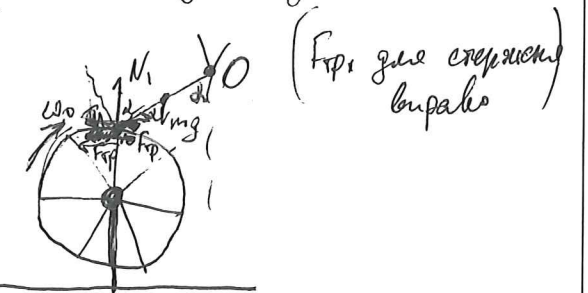
~~№1~~ Пусть радиус кольца R

$A_{\text{кр}} = F_{\text{кр}} \cdot 160 \cdot 2\pi R = E_{\text{кр}}$, где $E_{\text{кр}}$ - энергия кольца

$E_{\text{кр}} = \frac{1}{2} I \omega^2$
 $F_{\text{кр}} = \frac{1}{160 \cdot 4\pi R}$



Расставим силы, действующие на стержень.



Из правила моментов отн. т. O:

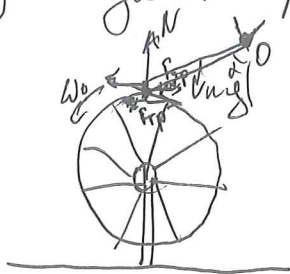
$mg l \sin d = (N_1 \sin d + N_2 \cos d) 2l$

$mg \frac{\sqrt{3}}{2} = N_1 \sqrt{3} + N_2 \frac{1}{\sqrt{3}}$

$mg = \frac{2}{3} N_1 \Rightarrow N_1 = \frac{3}{4} mg \Rightarrow F_{\text{кр}} = \frac{\sqrt{3}}{4} mg$

Чистовик

№1) Задача (продолжение)



(дел стержня F_{T2} влево)
 по правилу моментов от точки O_1

$$mg \cdot r \sin \alpha = (N_2 \sin \alpha + N_2 \cos \alpha) r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_2 = mg \frac{\sqrt{3}}{2} = N_2 \left(\sqrt{3} + \frac{1}{\sqrt{3}} \right)$$

$$mg = 2 N_2 \left(1 + \frac{1}{3} \right) = N_2 \cdot \frac{8}{3}$$

$$N_2 = \frac{3}{8} mg \Rightarrow F_{T2} = \frac{\sqrt{3}}{8} mg$$

$$E_k = F_{T1} \cdot 160 \cdot \sin \alpha = F_{T2} \cdot n_2 \cdot \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F_{T1}}{F_{T2}} = \frac{n_2}{160}$$

$$\frac{\frac{\sqrt{3}}{4} mg}{\frac{\sqrt{3}}{8} mg} = \frac{n_2}{160}$$

$$n_2 = 2 \cdot 160 = 320$$

Отв: 320 оборотов