

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
825		Червинец АС	Алекс
Шифр			041074

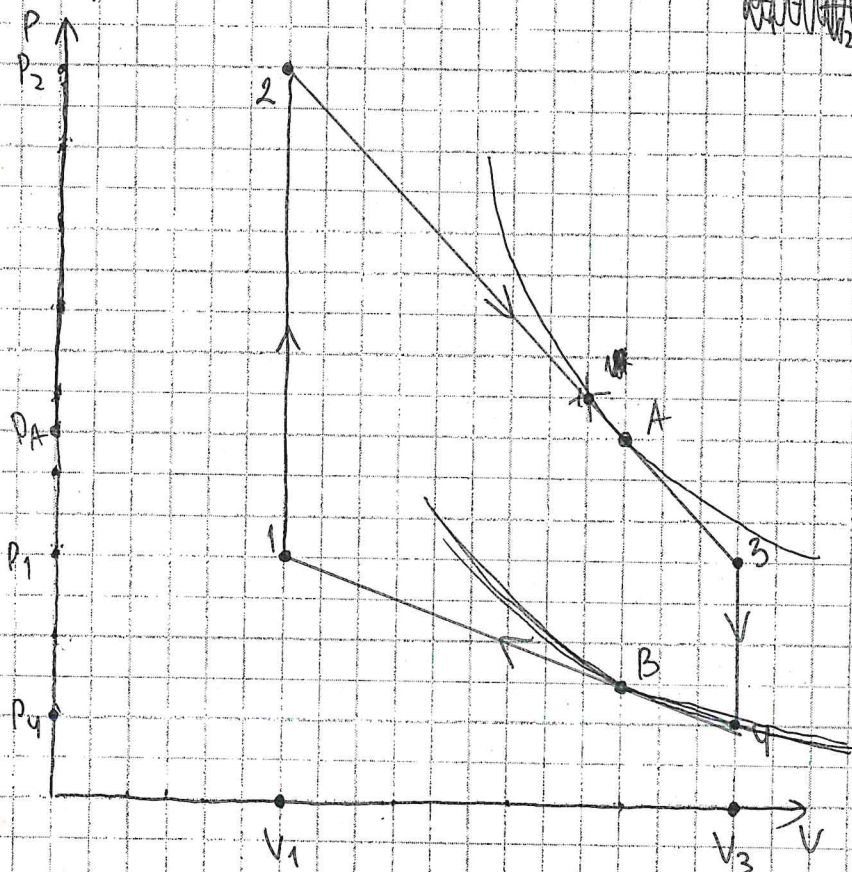
3.

$$\eta = \frac{A_{\text{т}}}{Q_{\text{т}}}$$

$i=3$

Все 4 процесса происходят так, что в течение каждого из них тепло либо только поступает из нагревателя, либо только отдается холодильнику. Т.е. у каждого процесса нет ни одной точки, где

Перестроим график в осях PV :



$$PV = \nu RT \Rightarrow V = \nu R \cdot \frac{T}{P}$$

$$\text{В м. 1 и м. 2} \left\{ \begin{array}{l} T_1 = T_2 \\ P_1 = P_2 \end{array} \Rightarrow V_1 = V_2 \right.$$

$$\text{В м. 4 и м. 3} \left\{ \begin{array}{l} T_4 = T_3 \\ P_4 = P_3 \end{array} \Rightarrow V_4 = V_3 \right.$$

$$T_1 = T_4$$

$$T_2 = T_3$$

$$\frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2}$$

$$\frac{T_1}{P_4} = \frac{T_2}{P_3}$$

используем
ис. формулы

$$V_1 = \frac{\nu RT_1}{P_1} = \nu R \cdot \frac{2}{3} \text{ (у.е.)}$$

$$V_3 = \frac{\nu RT_3}{P_3} = \nu R \cdot 2 \text{ (у.е.)}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = 3$$

$$P_2 = 3P_1$$

$$PV^\gamma = C_1$$

$$P = \frac{C_1}{V^\gamma}$$

Пусть есть м. A — точка касания адиабат.

Её координаты P_A, V_A .

Процесс 2-3:

$$\frac{V - V_1}{V_3 - V_1} = \frac{P - P_2}{P_1 - P_2}$$

$$\frac{V - V_1}{2V_1} = \frac{P - P_2}{2P_1}$$

$$\frac{V - V_1}{V_1} = \frac{P_2 - P}{P_1}$$

$$P_1 V - P_1 V_1 = P_2 V_1 - P_1 V$$

$$PV_1 = 4P_1 V_1 - P_1 V$$

$$P = 4P_1 - \frac{P_1 V}{V_1}$$

$$P' = -\frac{P_1}{V_1}$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{C_V + R}{C_V} = 1 + \frac{R}{C_V} = 1 + \frac{R}{\frac{5}{2}R} = 1 + \frac{2}{5} = \frac{7}{5}$$

В точке A:

$$P_A = 4P_1 - \frac{P_1 V_A}{V_1}$$

$$V_A = \frac{(4P_1 - P_A)V_1}{P_1}$$

$$P = \frac{C_1}{V^{\frac{7}{5}}} = C_1 V^{-\frac{7}{5}}$$

$$P' = -\frac{7}{5} C_1 V^{-\frac{12}{5}} = -\frac{7C_1}{5V^{\frac{12}{5}}}$$

$$= -\frac{7C_1}{5V_A^{\frac{12}{5}}} *$$

Продолжение на след. стр.

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

3. продолжение

$$P_A = \frac{C_1}{V_A^\gamma} \Rightarrow C_1 = P_A V_A^\gamma$$

$$\frac{5 P_A V_A^\gamma}{3 V_A^{\frac{8}{3}}} = \frac{5}{3} \frac{P_A V_A^{\frac{5}{3}}}{V_A^{\frac{8}{3}}} = \frac{5}{3} \frac{P_A}{V_A} = \frac{P_1}{V_1}$$

$$\frac{5}{3} \frac{P_A}{V_A} = \frac{P_1}{V_1}$$

$$\frac{5}{3} \frac{P_A}{(4P_1 - P_A)} = 1$$

$$V_A = 2.5 V_1$$

$$V_A = \left(4 - \frac{3}{2}\right) V_1 = 2.5 V_1$$

$$\frac{5}{3} \frac{P_A P_1}{(4P_1 - P_A) V_1} = \frac{P_1}{V_1}$$

$$5 P_A = 3(4P_1 - P_A)$$

$$5 P_A = 12 P_1 - 3 P_A$$

$$8 P_A = 12 P_1$$

$$2 P_A = 3 P_1$$

$$P_A = \frac{3}{2} P_1$$

Продолжение 41:

$$P_1 = 3 P_4$$

Продолжение есть м. В - точка касания адиабаты, её координаты P_B, V_B

$$\frac{U - V_1}{2 V_1} = \frac{P - P_1}{P_4 - P_1}$$

$$P = \frac{C_2}{V^\gamma} \quad P_B = \frac{C_2}{V_B^\gamma} \Rightarrow C_2 = P_B V_B^\gamma$$

$$\frac{U - V_1}{2 V_1} = \frac{P - 3 P_4}{2 P_4}$$

$$P' = \frac{\gamma P_B V_B^\gamma}{V^{\gamma+1}} = \frac{\gamma P_B V_B^\gamma}{V_B^{\gamma+1}} = \gamma \frac{P_B}{V_B}$$

$$\frac{U - V_1}{V_1} = \frac{3 P_4 - P}{P_4}$$

$$\gamma \frac{P_B}{V_B} = - \frac{P_4}{V_1}$$

$$V P_4 - P_4 V_1 = 3 P_4 V_1 - P V_1$$

$$\gamma \left(4 P_4 - \frac{P_4}{V_1} V_B \right) = \frac{P_4}{V_1}$$

$$P_B = P_4 \left(4 - \frac{5 V_1}{2 V_1} \right) = \frac{3}{2} P_4 = \frac{3}{2} \frac{P_1}{3} = \frac{P_1}{2}$$

$$P V_1 = 4 P_4 V_1 - P_4 V_1$$

$$\frac{4 P_4}{V_B} - \frac{P_4}{V_1} = \frac{P_4}{V_1 \gamma}$$

$$P = 4 P_4 - \frac{P_4}{V_1} V$$

$$\frac{4 P_4}{V_B} = \frac{P_4}{V_1} \left(\frac{1}{\gamma} + 1 \right) = \frac{P_4 (1 + \gamma)}{V_1 \gamma}$$

$$P' = - \frac{P_4}{V_1}$$

$$P_B = 4 P_4 - \frac{P_4}{V_1} V_B$$

$$\frac{4}{V_B} = \frac{1 + \gamma}{5 V_1} \Rightarrow V_B = \frac{4 \cdot 5 V_1}{1 + \gamma} = \frac{4 \cdot 5 V_1}{3 + \frac{8}{3}} = \frac{5 V_1}{2}$$

Продолжение на след. листе.

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

3. упрощение

$$P_4 = \frac{1}{3}P_1$$

Тепло подводится на участках 1-2, 2-4, 4-В

Тепло отводится на участках А-3, 3-4, В-1

• Вычислим работу газа:

$$A_T = \frac{(P_1 - P_4 + P_2 - P_1)(V_3 - V_1)}{2} = \frac{(P_2 - P_4)(V_3 - V_1)}{2} = (P_2 - P_4)V_1 = 8P_4V_1 =$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 9$$

• Вычислим Q на первом этапе:

$$Q_H = \Delta U_{12} + \Delta U_{24} + A_{24} + \Delta U_{4B} + A_{4B} = \left(15,375 - \frac{5}{24}\right)P_1V_1 = \boxed{\frac{364}{24}P_1V_1}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}V_1(P_2 - P_1) = \boxed{3P_1V_1}$$

$$\Delta U_{24} = \frac{3}{2}(P_2V_4 - P_1V_1) = \frac{3}{2}\left(\frac{3}{2}P_1 \cdot \frac{5}{2}V_1 - P_1V_1\right) = \frac{3}{2}P_1V_1 \cdot \frac{13}{2} = P_1V_1 \cdot \frac{39}{4} = \boxed{9,75P_1V_1}$$

$$A_{24} = \frac{(P_2 - P_4 + P_2 - P_1)(V_4 - V_1)}{2} = \frac{\left(\frac{3}{2}P_1 - \frac{P_1}{2} + 2P_1\right)(1,5V_1)}{2} = \frac{3 \cdot 1,5P_1V_1}{2} = \boxed{2,25P_1V_1}$$

$$\Delta U_{4B} = \frac{3}{2}(P_4V_B - P_4V_3) = \frac{3}{2}\left(\frac{P_1}{3} \cdot \frac{5V_1}{2} - P_1V_1\right) = \frac{3}{2}P_1V_1\left(\frac{1}{4}\right) = \frac{3P_1V_1}{8} = \boxed{0,375P_1V_1}$$

$$P_4 = \frac{P_1}{3}$$

$$V_3 = 3V_1$$

$$\sim P_4V_3 = P_1V_1$$

$$A_{4B} = -\frac{(P_4 + P_3)(V_3 - V_B)}{2} = -\frac{\left(\frac{P_1}{3} + \frac{P_1}{2}\right)\left(3V_1 - \frac{5V_1}{2}\right)}{2} = -\frac{P_1V_1}{2} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{2} =$$

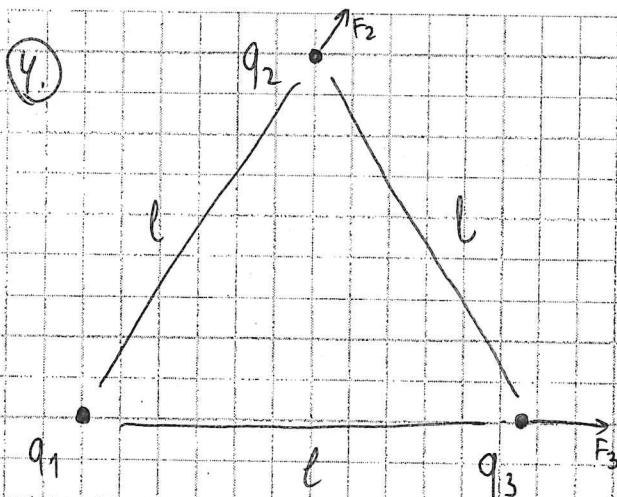
$$= \boxed{-P_1V_1 \cdot \frac{5}{24}}$$

$$\eta = \frac{A_T}{Q_H} = \frac{8 \cdot 24}{3 \cdot 364} = \frac{192}{1092} \approx 0,18 = \boxed{18\%}$$

140

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

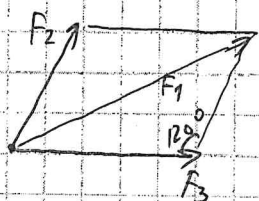
Шифр



$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{l} \Rightarrow q_1 = \frac{\varphi_1 l}{k}$$

$$\varphi_2 = \frac{kq_2}{l} \Rightarrow q_2 = \frac{\varphi_2 l}{k}$$

$$\varphi_3 = \frac{kq_3}{l} \Rightarrow q_3 = \frac{\varphi_3 l}{k}$$



$$F_2 = \frac{kq_1 q_2}{l^2} = \frac{k \cdot \frac{\varphi_1 l}{k} \cdot \frac{\varphi_2 l}{k}}{l^2} = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{k}$$

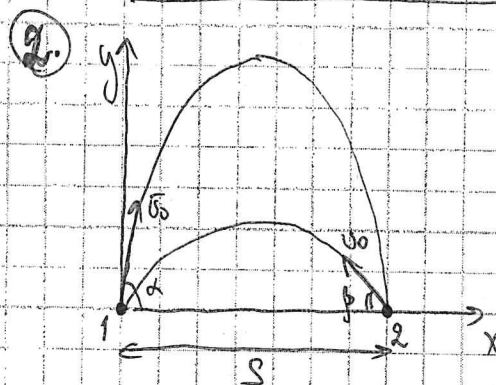
$$F_3 = \frac{kq_1 q_3}{l^2} = \frac{\varphi_1 \varphi_3}{k}$$

$$F_1^2 = F_2^2 + F_3^2 + 2F_2 F_3 \cos 120^\circ$$

$$F_1 = \sqrt{F_2^2 + F_3^2 + F_2 F_3} = \sqrt{\frac{\varphi_1^2 \varphi_2^2}{k^2} + \frac{\varphi_1^2 \varphi_3^2}{k^2} + \frac{\varphi_1^2 \varphi_2 \varphi_3}{k^2}} = \frac{\varphi_1}{k} \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \varphi_3}$$

$$= \boxed{4\pi\epsilon_0 \varphi_1 \sqrt{\varphi_2^2 + \varphi_3^2 + \varphi_2 \varphi_3}}$$

доо



вперед АО.

$$x_1 = v_0 \cos \alpha t$$

$$y_1 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_1 = 0:$$

$$2v_0 \sin \alpha = gt$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L_1 = \frac{2v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = S$$

$$x_2 = -v_0 \cos \beta t + S$$

$$y_2 = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_2 = 0:$$

$$2v_0 \sin \beta = gt$$

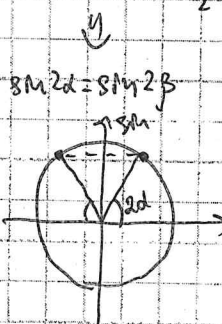
$$t = \frac{2v_0 \sin \beta}{g}$$

$$L_2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g} = S$$

$$L_1 = \frac{v_0^2}{g} \geq S$$

сравнение на S, ищите минимал
и догадывай

$$\sin^2 \alpha = \frac{gS}{v_0^2}$$



$$\sin^2 \alpha = \sin^2 \beta$$

$$2\beta = 180^\circ - 2\alpha$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

Предельный случай: $\beta = \alpha = 90^\circ$
 $\frac{90^\circ}{2} = 45^\circ$

Продолжение или след. стр.

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

2. ~~продолжение~~

Пусть L - расстояние между точками.

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} = \sqrt{(v_0 t (\cos \alpha + \cos \beta) - S)^2 + (v_0 t (\sin \alpha - \sin \beta))^2} =$$

$$= \sqrt{(v_0 t (\sin \alpha + \cos \alpha) - S)^2 + (v_0 t (\sin \alpha - \cos \alpha))^2}$$

Положим $L = 0$, когда ~~уточнее~~ $u_{\text{точнее}}$

$$\begin{aligned} \sin \alpha + \cos \alpha &= c_1 & c_1^2 &= \sin^2 \alpha + 2 \sin \alpha \cos \alpha + \cos^2 \alpha = 1 + \sin 2\alpha \\ \sin \alpha - \cos \alpha &= c_2 & c_2^2 &= \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha \cos \alpha + \cos^2 \alpha = 1 - \sin 2\alpha \end{aligned} \Rightarrow c_1^2 + c_2^2 = 2$$

$$v_0^2 + c_1^2 - 2Sv_0 + c_1 + S^2 + v_0^2 + c_2^2 = v_0^2 + c_1^2 + c_2^2 - 2Sv_0 + c_1 + S^2 =$$

$$= 2v_0^2 + 2 - 2Sv_0 + c_1 + S^2$$

$$L = \sqrt{2v_0^2 + 2 - 2Sv_0 + c_1 + S^2} = (2v_0^2 + 2 - 2Sv_0 + c_1 + S^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$L' = \frac{1}{2} (2v_0^2 + 2 - 2Sv_0 + c_1 + S^2)^{-\frac{1}{2}} (4v_0 - 2Sv_0) = \frac{2v_0(2 - S)}{\sqrt{2v_0^2 + 2 - 2Sv_0 + c_1 + S^2}}$$

$$L' = 0 \text{ когда } 2 - S = 0$$

$$t_0 = \frac{S}{2}$$

$$L_{\min} = \sqrt{2v_0^2 + 2 - 2Sv_0 + c_1 + S^2} = \sqrt{2v_0^2 + 2 - 2Sv_0 + \frac{S^2 c_1^2}{4} - 2Sv_0 \frac{S}{2} + S^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{v_0 S^2 c_1^2}{2} - v_0 S^2 c_1^2 + S^2} = S \sqrt{1 - \frac{v_0 c_1^2}{2}} = S \sqrt{1 - \frac{v_0 (1 + \sin 2\alpha)}{2}} =$$

$$= S \sqrt{1 - \frac{v_0}{2} (1 + \frac{gS}{v_0^2})} = S \sqrt{1 - \frac{v_0}{2} - \frac{gS}{2v_0}} \quad ?$$

168.

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

1. Пусть ускорение Анимона a_1 , ускорение Бориса a_2 .

$$\frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{S}{3}$$

$$\text{Время Анимона: } 2t_1 + t_2 = \frac{4S}{3v} + \frac{S}{3v} = \frac{5S}{3v}$$

$$a_1 t_1 = v \Rightarrow a_1 = \frac{v}{t_1} \Rightarrow \frac{v t_1}{2} = \frac{S}{3} \Rightarrow t_1 = \frac{2S}{3v}$$

$$v t_2 = \frac{S}{3} \Rightarrow t_2 = \frac{S}{3v}$$

$$\text{Время Бориса: } 3t_3 = \frac{3S}{2v}$$

$$S = \frac{a_2 t_3^2}{2} + v t_3$$

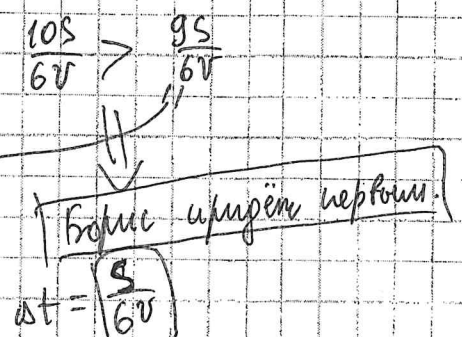
$$a_2 t_3 = v \Rightarrow a_2 = \frac{v}{t_3}$$

$$a_2 t_3^2 + v t_3 - S = 0$$

$$2v t_3 - S = 0$$

$$2v t_3 = S$$

$$t_3 = \frac{S}{2v}$$



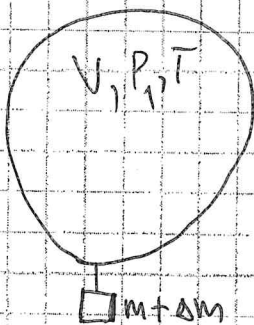
5.

$$\frac{P}{P_{\text{н.п.}}} = \frac{P_{\text{н.п.}}}{P_{\text{н.п.}}}$$

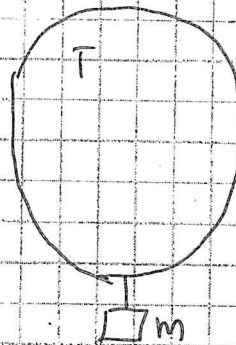
$$P_{\text{н.п.}} = \frac{v R T}{P}$$

$$P_{\text{н.п.}} = 9000 \text{ Па}$$

$$T, \beta_1, P_0 + P_{\text{н.п.}} = P_3$$



$$\Delta P = \frac{P_1}{R_1} + \frac{P_2}{R_2} = \frac{2P_1}{R_1} = P_0 + P_{\text{н.п.}} - P_1$$



$$\beta_2, T, P_0 + P_{\text{н.п.}} = P_4$$

$$\Delta P = \frac{P_2}{R_2} = P_0 + P_{\text{н.п.}} - P_2$$

Если бы я правильно понял условие, давление на шар входит в первоначальное значение атмосферного п.к. шар, вероятно, не из тонкой пленки, $\theta \neq \text{const}$ в зависимости от R шара, что в итоге неизвестно.

$$F_{A1} = \rho \beta_1 \cdot g \cdot V$$

$$F_{A2} = \rho \beta_2 \cdot g \cdot V$$

Примем, что V шара в обеих ситуациях одинаковой, иначе задача не имеет аналитического решения при заданных условиях.

$$\begin{cases} \rho \beta_1 g V = (m + \Delta m) g \\ \rho \beta_2 g V = m g \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \rho \beta_1 g V = m g + \Delta m g \Rightarrow \Delta m = \rho \beta_1 V - m = V(\rho \beta_1 - \rho \beta_2) \\ m = \rho \beta_2 V \end{cases}$$

Используем из соед. сил.

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

$$p = \frac{m}{V}$$

$$p_a + p_{n1} = p_3 = 100 \text{ кПа}$$

$$p_n = \beta_{\text{som}} \cdot p_{n.n.}$$

$$p_{n1} = \beta_{\text{som1}} \cdot p_{n.n.} = 0,1 \cdot 9000 = 900 \text{ Па}$$

$$p_{n2} = \beta_{\text{som2}} \cdot p_{n.n.} = 0,9 \cdot 9000 = 8100 \text{ Па}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow \frac{m}{V} = \left(\frac{pM}{RT} = p \right)$$

$$p = \frac{m}{V}$$

$$\Delta m = V(p_{b1} - p_{b2}) = V \left(\frac{p_3 M}{RT} - \frac{p_4 M}{RT} \right) = \frac{VM}{RT} (p_3 - p_4) =$$

$$= \frac{VM}{RT} (p_{n1} - p_{n2}) = \frac{7200 \text{ Па} \cdot 5000 \text{ м}^3 \cdot 28 \frac{\text{г}}{14000}}{8,31 \cdot 316 \text{ К}} = \boxed{-383,9 \text{ кг}}$$

125

100