



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Олимпиада Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Мамгарева Дмитрий Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

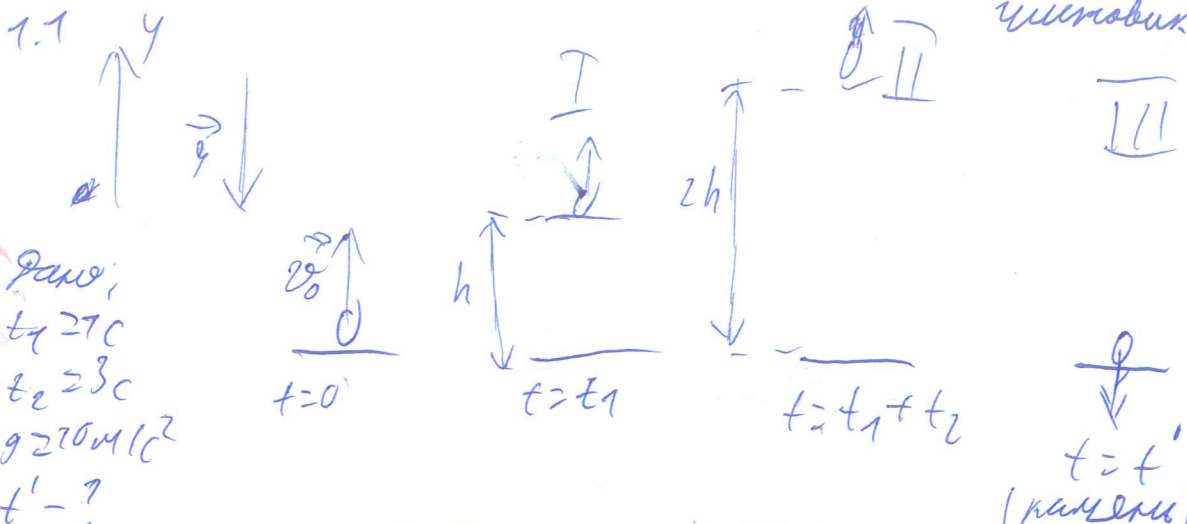
Работа дана 15¹⁹ Мам

Дата

«09» февраля 2024 года

Подпись участника

68-23-58-91
(1.6)



Дано:
 $t_1 = 2c$
 $t_2 = 3c$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $t' = ?$

Решение: 1) найти время падения камня v_0

$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$

I: ОУ: $s = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$

$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$

II: ОУ:

$2h = v_0 (t_1 + t_2) - \frac{g (t_1 + t_2)^2}{2}$

$$\begin{cases} h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} & (1) \\ 2h = v_0 (t_1 + t_2) - \frac{g (t_1 + t_2)^2}{2} & (2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2h = 2v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} & (1) \\ 2h = v_0 (t_1 + t_2) - \frac{g (t_1 + t_2)^2}{2} & (2) \end{cases}$$

Выведем (1) - (2):

$2h - 2h = 2v_0 t_1 - g t_1^2 - v_0 (t_1 + t_2) + \frac{g (t_1 + t_2)^2}{2}$

$v_0 (t_1 + t_2) - 2t_1 = g \left(\frac{(t_1 + t_2)^2}{2} - t_1^2 \right)$

$v_0 = \frac{g \left(\frac{t_1^2 + 2t_1 t_2 + t_2^2 - 2t_1^2}{2} \right)}{(t_1 + t_2) - 2t_1} = g \left(\frac{t_2^2 + 2t_1 t_2 - t_1^2}{2(t_2 - t_1)} \right) = +$

$= \frac{9c^2 + 6c^2 - 1c^2}{2(3c - 1c)} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = \frac{8c^2}{2 \cdot 2c} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 35 \text{ м/с}$

Используем

2) найдем время t_4 до остановки:

$$\vec{v} = a\vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$0 \text{ у: } v = v_0 - gt$$

$$v_4 = 0 \text{ (остановка)}$$

$$v = v_0 - gt_4$$

$$v_0 - gt_4 = 0$$

$$gt_4 = v_0 - v'$$

$$t_4 = \frac{v_0 - v'}{g} = \frac{35 \text{ м/с} - 0 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 3,5 \text{ с}$$

$$t_4 = \frac{v_0 - v'}{g} = \frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_2 - t_1)} +$$

3) найдем путь крайнего камня до остановки S' :

ОУ:

$$S' = v_0 t_4 - \frac{gt_4^2}{2} = \left(\frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_2 - t_1)} \right)^2 g - g \left(\frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_2 - t_1)} \right) =$$

$$= \frac{g}{2} \left(\frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_2 - t_1)} \right)^2 - \frac{g}{2} \left(\frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_2 - t_1)} \right) =$$

$$= \frac{g}{2} - \frac{49}{4} \text{ м} = \frac{245}{4} \text{ м} = 61,25 \text{ м}$$

4) найдем время t_5 до остановки камня у земли

$$S' = v't + \frac{a't^2}{2} = \frac{v't^2}{2}$$

$$0 \text{ у: } S' = \frac{gt_5^2}{2}$$

$$\frac{g}{2} \left(\frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_2 - t_1)} \right)^2 = \frac{gt_5^2}{2}$$

$$t_5 = \frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_2 - t_1)} \text{ (} t_5 \geq 0 \text{)}$$

$$t_4' = t_4 + t_5 = \frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{(t_2 - t_1)} = T_0$$

$$S = v_0 t' + \frac{a't'^2}{2}$$

$$0 = v_0 t' - \frac{gt'^2}{2}$$

$$t' (v_0 - \frac{gt'}{2}) = 0$$

$$t' = 0 \quad v_0 - \frac{gt'}{2} = 0$$

$$t' = \frac{v_0 \cdot 2}{g} =$$

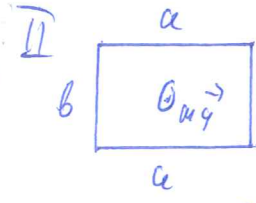
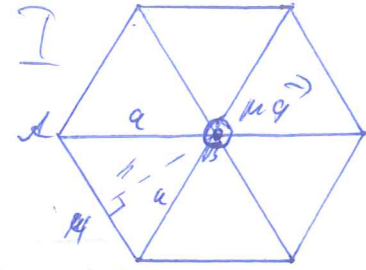
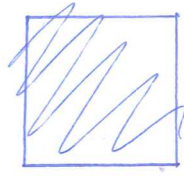
$$= \frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{t_2 - t_1} = T_0$$

Ответ: T_0 секунды.

68-23-58-91
(1.6)

н.л. дано:
 $m = 1 \text{ кг}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\rho_1 = 6\sqrt{3} \cdot 1000 \text{ Па}$
 $\rho_2 = 4080 \text{ Па}$

Учитывая
~~формула~~
~~для~~
~~плотности~~
 основание



$S_2 = a \cdot b$

1) Рассмотрим $\triangle ABC$, в нем BM - висс $AB=BC=AC=a$
 $\triangle ABC \text{ (р/с)} \Rightarrow \angle A = \angle B = \angle C = 60^\circ$
 $BM - \text{висс} - \text{сн} \Rightarrow \Rightarrow BM = BC \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} a$
 $S_D = \frac{a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a}{2} = \frac{\sqrt{3} a^2}{4}$
 $S_{\text{объ}} = b \cdot S_D = \frac{3\sqrt{3} a^2}{2} = S_4 \oplus$

2) $\vec{p} = \frac{\rho}{s}$

$\rho = \frac{\rho}{s}$ так как тело действует на горизонтальной плоскости только силой тяжести, то:

$\vec{p} = m \vec{g}$
 $\rho = \frac{mg}{s} \oplus$

3) найдем a :

$\rho_1 = \frac{mg}{s_1}$
 $s_1 = \frac{mg}{\rho_1}$
 $\frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 = \frac{mg}{\rho_1}$
 $a^2 = \frac{mg}{2\rho_1}$
 $a = \sqrt{\frac{3\sqrt{3} mg}{2\rho_1}} = \sqrt{\frac{3\sqrt{3} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{2 \cdot 6\sqrt{3} \cdot 1000 \text{ Па}}} = \sqrt{\frac{1}{600}} = \frac{1}{20} \text{ м}$

2) найдем v :

Чистовик

$$p_2 = \frac{mg}{S_2}$$

$$S_2 = \frac{mg}{p_2}$$

$$a \cdot v = \frac{mg}{p_2}$$

$$v = \frac{mg}{a \cdot p_2} = \frac{mg}{\frac{3\sqrt{3}mg}{2p_1} \cdot p_2} = \frac{\sqrt{mg}}{\frac{3\sqrt{3}}{2p_1} \cdot p_2}$$

$$= \frac{200}{4080} \text{ м} = \frac{5}{102} \text{ м}$$

$$v = \frac{mg}{a \cdot p_2} = \frac{mg}{\sqrt{\frac{2mg}{3\sqrt{3}p_1}} \cdot p_2} = \frac{\sqrt{mg}}{\sqrt{\frac{2}{3\sqrt{3}p_1}} \cdot p_2} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{\frac{1}{30\sqrt{3}} \cdot 4080 / \text{ка}} = \frac{30\sqrt{3} \text{ м}}{408} = \frac{5\sqrt{3}}{68} \text{ м}$$

3) найдем плотность ρ :

$$m = V \rho \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} \quad \left| \begin{array}{l} V = S_1 \cdot h \\ S_1 = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 \\ h = S_1 - v \\ S_1 = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 \end{array} \right. \Rightarrow \rho = \frac{m}{\frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 \cdot h} =$$

$$= \frac{m}{\frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 \cdot \frac{mg}{a \cdot p_2}} = \frac{2 \cdot p_2}{3\sqrt{3} a \cdot g} = \frac{2 \cdot p_2}{3\sqrt{3} g \cdot \sqrt{\frac{mg}{p_1}} \cdot \frac{2}{3\sqrt{3}}} = \frac{p_2}{g \sqrt{\frac{mg}{p_1}} \cdot \frac{3\sqrt{3}}{2}} =$$

$$= \frac{4080 \text{ ка}}{10 \text{ м/с}^2 \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{8\sqrt{3} \cdot 10000 \text{ ка}}} \cdot \frac{3\sqrt{3}}{2} \text{ м}} = 8760 \text{ кг/м}^3 \quad +$$

30б.

Ответ: $\rho = 8760 \text{ кг/м}^3 \quad +$

68-23-58-91
(1.6)

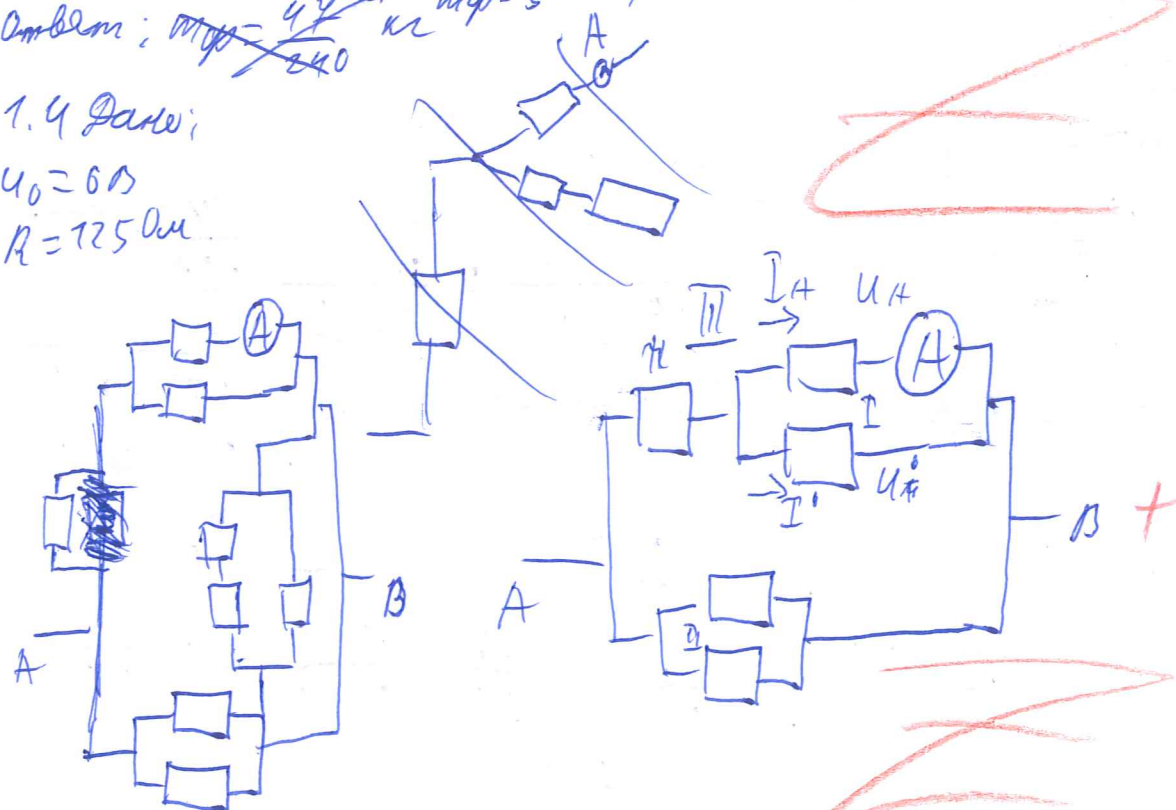
1.3 Дано: *чистовик*
 $m_B = 0,25 \text{ кг}$
 $m_C = 0,08 \text{ кг}$
 $m_3 = 0,05 \text{ кг}$
 $t_B = 100^\circ \text{C}$
 $t_{\text{сп}} = 33^\circ \text{C}$
 $t_1 = 20^\circ \text{C}$
 $t_k = 80^\circ \text{C}$
 $c_B = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}$
 $c_{\text{сп}} = 800 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}$
 $c_C = 250 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}$
 $c_3 = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}$ (заварка)
 $m_{\text{сп}} = ?$

1) Условием отсутствия течи из воды во все, кроме крышки;
 $Q_C = m_C \cdot c_C \cdot (t_k - t_1) = 0,08 \text{ кг} \cdot 250 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C} \cdot (80^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C}) = 1200 \text{ Дж}$
 $Q_3 = m_3 \cdot c_3 \cdot (t_k - t_1) = 0,05 \text{ кг} \cdot 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C} \cdot (80^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C}) = 12600 \text{ Дж}$
 $Q_{C+3} = m_C (t_k - t_1) (m_C c_C + m_3 c_3) = 1380 \text{ Дж}$
 2) Найдем тепло, отданное крышкой;
 $Q_{C+3} + Q_{\text{сп}} = Q_B$
 $Q_{\text{сп}} = Q_B - Q_{C+3}$
 $Q_B = m_B \cdot c_B \cdot (t_B - t_k) = 0,25 \text{ кг} \cdot 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C} \cdot (100^\circ \text{C} - 80^\circ \text{C}) = 7200 \text{ Дж}$

$Q_{\text{сп}} = m_{\text{сп}} \cdot c_{\text{сп}} \cdot (t_k - t_{\text{сп}}) = 7200 \text{ Дж} - 1380 \text{ Дж} = 5820 \text{ Дж}$
 $m_{\text{сп}} = \frac{Q_{\text{сп}}}{c_{\text{сп}} \cdot (t_k - t_{\text{сп}})} = \frac{5820 \text{ Дж}}{800 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C} \cdot (80^\circ \text{C} - 33^\circ \text{C})} = \frac{47}{5} \text{ кг} = 9,4 \text{ кг}$

Ответ: $m_{\text{сп}} = 9,4 \text{ кг}$
 $m_{\text{сп}} = \frac{1}{5} \text{ кг} = 0,2 \text{ кг}$

1.4 Дано:
 $U_0 = 60 \text{ В}$
 $R = 125 \text{ Ом}$



18 баллов

рассчитаем сопротивление между ^{чистыми} клеммами

$$I \text{ и } II: \quad R_I = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2} = \frac{125 \text{ Ом}}{2} = 62,5 \text{ Ом}$$

$$R_{II} = R_I = \frac{R}{2} = 62,5 \text{ Ом}$$

*2) рассчитаем сопротивление на участке

$$III: \quad R_{III} = R + R_I = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2} = \frac{3}{2} \cdot 125 \text{ Ом} = 187,5 \text{ Ом}$$

3) рассчитаем общее сопротивление:

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_{III}} + \frac{1}{R_{II}}} = \frac{R_{III} \cdot R_{II}}{R_{III} + R_{II}} = \frac{\frac{3R}{2} \cdot \frac{R}{2}}{\frac{3R}{2} + \frac{R}{2}} = \frac{\frac{3R^2}{4}}{\frac{4R}{2}} = \frac{3R}{8}$$

$$= \frac{3 \cdot 125 \text{ Ом}}{8} = \frac{375}{8} \text{ Ом}$$

4) рассчитаем силу тока:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{8 \text{ В}}{\frac{375}{8} \text{ Ом}} = \frac{8 \cdot 8}{375} = \frac{64}{46,875} \approx \frac{76}{125} \text{ А}$$

5) найдем силу тока на III участке:

$$U_{III} = U_{II}$$

$$\begin{cases} I_{III} R_{III} = I_{II} R_{II} \\ I_{III} + I_{II} = I_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{III} R_{III} = I_0 R_{II} - I_{III} R_{II} \\ I_{III} = \frac{I_0 R_{II}}{R_{III} + R_{II}} = \frac{\frac{8 \text{ В}}{\frac{375}{8}} \cdot \frac{R}{2}}{\frac{3R}{2} + \frac{R}{2}} = \frac{\frac{4U_0}{375} \cdot \frac{R}{2}}{\frac{4R}{2}} = \frac{2U_0}{375} = \frac{2 \cdot 8 \text{ В}}{375} = \frac{16}{46,875} \approx \frac{40}{125} \text{ А} \end{cases}$$

найдем силу тока на амперметре:

$$I_{III} = I_I$$

$$I_I = I_H + I'$$

$$U_H = U'$$

$$R I_H = R I' \Rightarrow I_H = I'$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_I = 2I_H \Rightarrow I_H = \frac{I_I}{2} \\ \frac{2U_0}{375} = \frac{U_0}{3R} = \frac{8 \text{ В}}{3 \cdot 125 \text{ Ом}} = \frac{2}{125} \text{ А} \end{cases}$$

ответ: $\frac{2}{125} \text{ А}$

Умножить

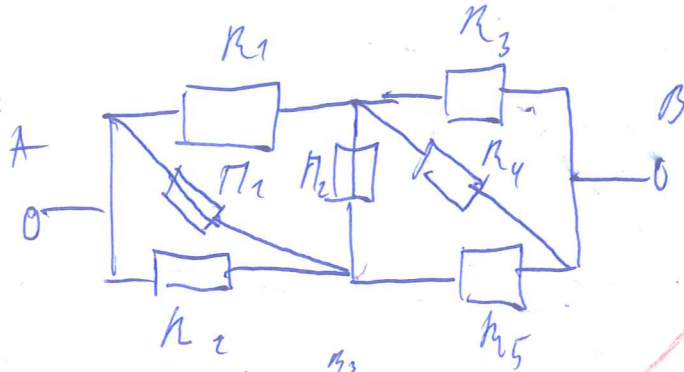
1.5 дано:

$\alpha_0 \Rightarrow R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 120 \text{ Ом}$

$U(t) = a \cdot t$

$a = 4 \text{ В/мин} = \frac{1}{60} \text{ В/с}$

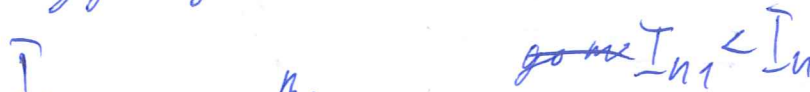
$I_n = 1 \text{ А}$



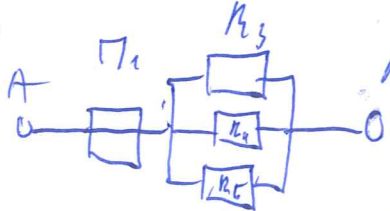
$I_{n1} < I_n \quad I_{n2} < I_n$

из рис II) видно, что $I_{n1} = I_{n2} + I_5 \Rightarrow$

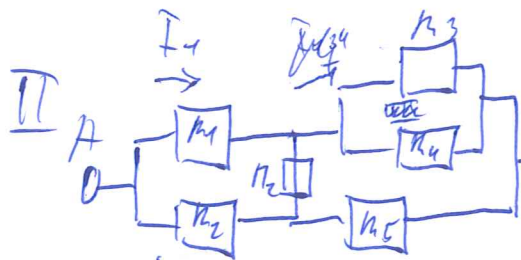
$\Rightarrow I_{n1} > I_{n2}$ на основе этого настраиваем следующие схемы (I_{n2} пересаритнос!)



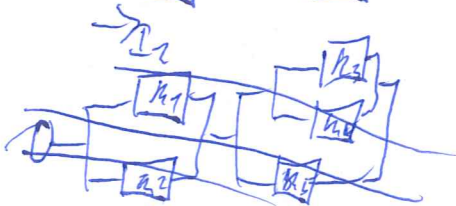
дома $I_{n1} < I_n$



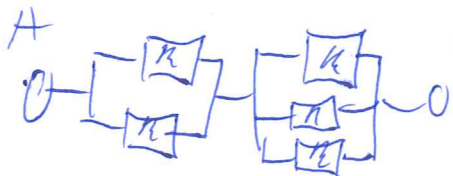
(I_{n2} пересаритнос! Π_1 , как что здесь мы ~~настроили~~ $R_{n2} = 0$)



(Π_1 пересаритнос! и через него ток не течёт)



Соединяем вычисленные общего сопротивления на II



Найдём сопротивление системы! *Используем*

$$R_{II} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{R}{3}$$

Найдём I_{II} при том же напряжении

$$I_{II} = \frac{U_{II}}{R_{II}} = \frac{3U_{II}}{R} = \frac{3U_{II}(t)}{R}$$

R_{II} :

~~$I_{II} = I_{II}$~~

$$U_{II} = \frac{I_{II} R}{3}$$

~~$I_{II} = I_{II}$~~

$$I_{II} = \frac{I_{II} R}{3a} = \frac{7H \cdot 720\Omega}{3 \cdot 10^3 \text{ мм}} = 1680 \text{ мм} = 168 \text{ см}$$

$$I_{II} = \frac{3U_{II}(t)}{R}$$

$$U(t) = \frac{I_{II} R}{3}$$

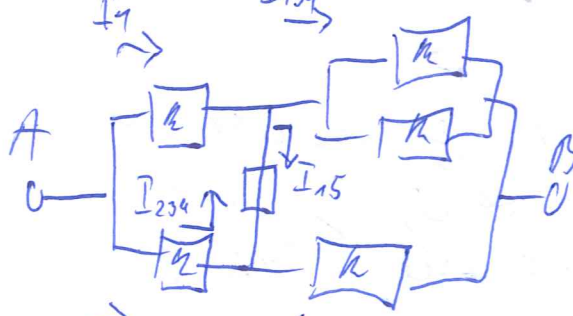
Найдём сопротивление на схеме II!

~~$R_{III} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{R}{2}$~~

$$R_{III} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{R}{2}} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}}}} = \frac{R}{2} + \frac{R}{3} = \frac{5R}{6}$$

$$I_{III} = \frac{U(t)}{R_{III}} = \frac{6U(t)}{5R}$$

схема тока на II



$$\begin{cases} I_{15} + I_{234} \\ I_1 + I_2 = I_{III} \\ I_1 R = I_2 R \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I_{III} \\ I_1 = I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{I_{III}}{2} \\ I_2 = \frac{I_{III}}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{134} + I_{15} = I_1 \\ U_{134} = U_{15} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{134} + I_{15} = I_1 \\ I_{134} \cdot \frac{R}{2} = I_{15} \cdot R \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{134} = I_1 - I_{15} \\ I_{134} = 2I_{15} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{15} = \frac{I_1}{3} \\ I_{134} = \frac{2I_1}{3} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{234} + I_{25} = I_2 \\ U_{234} = U_{25} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{234} + I_{25} = I_2 \\ I_{234} \cdot \frac{R}{2} = I_{25} \cdot R \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{234} = \frac{2I_2}{3} \\ I_{25} = \frac{I_2}{3} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_{234} = \frac{I_{III} \cdot 2}{2 \cdot 3} \\ I_{25} = \frac{I_{III} \cdot 2}{2 \cdot 3 \cdot 2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{234} = \frac{I_{III}}{3} \\ I_{25} = \frac{I_{III}}{6} \end{cases}$$

$$I_{n2} = I_{234} - I_{15} = \frac{I_{III}}{3} - \frac{I_{III}}{6} = \frac{I_{III}}{6} = \frac{64(A)}{5R}$$

$U(t_2) =$ наименьшее t_2 , при котором пересорит второй конденсатор Π_2 ($t_2 > t_1$):

$$\begin{cases} I_{n2} = I_n \\ I_{n2} = \frac{64(t_2)}{5R} \end{cases} \Rightarrow \frac{64(t_2)}{5R} = I_n \oplus$$

$$U(t_2) = \frac{I_n \cdot 5R}{6}$$

$$at_2 = \frac{I_n \cdot 5R}{6}$$

$$t_2 = \frac{I_n \cdot 5R}{6a} = \frac{7A \cdot 5 \cdot 12 \text{ Ом}}{6 \cdot \frac{1}{60} \text{ В/с}} = \frac{60^2}{6} \text{ с} = 600 \text{ с}$$

$$600 \text{ с} > 240 \text{ с}$$

$t_2 > t_1$ (верно)

Ответ: предохранитель сгорит через 600с
 $600 \text{ с} \cdot 6 = 3600 \text{ с} = 1 \text{ ч}$