



Открытая региональная
межвузовская олимпиада

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
85	21.03.25	Евдокимов В.Н.	
Шифр			020277

Задача 3. продолжение 1/1.

Тогда $244,8 \text{ кДж}$ пошло на окл. всего груза:

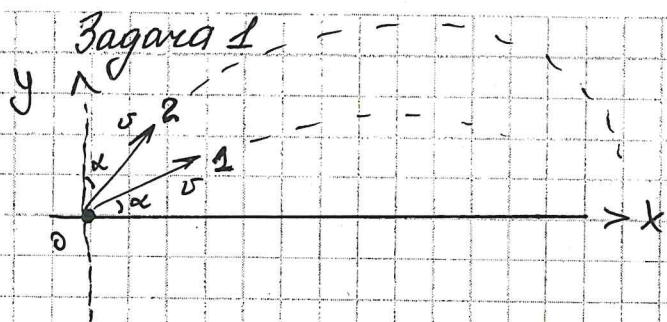
$$c_1 (m + N m_2) \cdot t_y = Q_3 = 244,8 \text{ кДж}.$$

$$t_y = t_{x3} = \frac{244,8 \text{ кДж}}{2100 (1 + 3 \cdot 0,8)}$$

1	2	3	4	5	Σ
10	15	20	20	10	85

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр 020277



1. Рассмотрим тело №1:



$$v_1 \sin \alpha = v_{1y}$$

$$v_1 \cos \alpha = v_{1x}$$

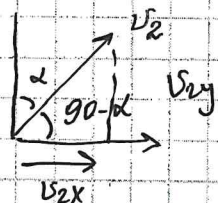
$$v_{1y} = gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_{1y}}{g}$$

$$h_1 = v_{1y} t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = v_{1y} \cdot \frac{v_{1y}}{g} - \frac{g(v_{1y})^2}{2g^2} = \frac{(v_{1y})^2}{2g} - \frac{(v_{1y})^2}{2g} = \frac{(v_{1y})^2}{2g} = \frac{v_1^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$S_1 = v_{1x} \cdot 2t_1 = \frac{2v_{1x} v_{1y}}{g} = \frac{2v_1 \cos \alpha v_1 \sin \alpha}{g} = \frac{v_1^2 2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$

$v_{1y} - gt = 0$ — верхняя точка полета
обеспечивает соответствующие
проекции тела по оси Oy.

2. Рассмотрим тело №2:



$$\sin(90-\alpha) = \frac{v_{2y}}{v_2} \Rightarrow v_{2y} = \sin(90-\alpha) v_2$$

$$v_{2x} = \cos(90-\alpha) v_2$$

$$v_{2y} - gt_2 = 0$$

$$v_{2y} = gt_2 \Rightarrow t_2 = \frac{v_{2y}}{g}$$

$$h_2 = v_{2y} t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = \dots = \frac{v_{2y}^2}{2g} = \frac{v_2^2 \sin^2(90-\alpha)}{2g}$$

$$S_2 = v_{2x} \cdot 2t_2 = v_{2x} \cdot 2 \frac{v_{2y}}{g} = \frac{2v_{2x} v_{2y}}{g} = \frac{2v_2^2 \sin(90-\alpha) \cos(90-\alpha)}{g}$$

Тогда $K = \frac{S_1}{S_2} = \frac{v_1^2 2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} \cdot \frac{g}{2v_2^2 \sin(90-\alpha) \cos(90-\alpha)} =$

$$= \frac{\cos \alpha \sin \alpha}{\sin(90-\alpha) \cos(90-\alpha)} = 1$$

~~при $\alpha < 45^\circ$ всегда~~

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\frac{v_1^2 \sin^2 \alpha}{2g}}{\frac{v_2^2 \sin^2(90-\alpha)}{2g}} = \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2(90-\alpha)} = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha$$

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

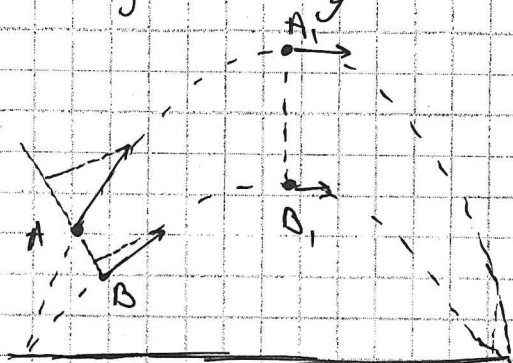
Задача 1. продолжение ①/1.

Рассмотрим времена, пока тела упадут в воду.

$$t_1 = \frac{v_1 y}{g} = \frac{v_1 \sin \alpha}{g}$$

$$t_2 = \frac{v_2 y}{g} = \frac{v_2 \sin(\beta_0 - \alpha)}{g}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2 \sin(\beta_0 - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\sin(\beta_0 - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha.$$

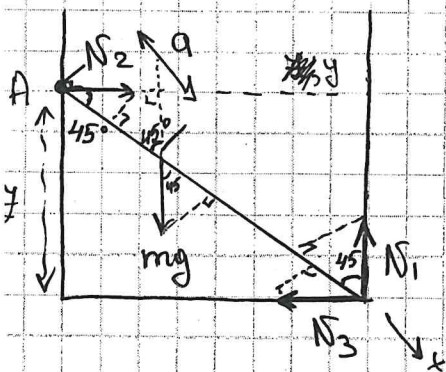


Рассмотрим две разные тел, их в любой момент времени можно соединить линией AB , причем $AB \rightarrow \max$, когда v_1 и v_2 не будут иметь проекций на данную линию (ось AB).

A, B , могла бы быть так, если $\frac{t_1}{t_2} = 1$, однако это не так.

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

Задача 2.



1. Во-первых палочка не сгибается, поэтому проекции сил реакции на палочку равны 0, т.к. тела недеформируемые.

$$\cos 45^\circ = \frac{N_2 x}{N_2} \Rightarrow N_2 x = N_2 \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{N_1 x}{N_1} \Rightarrow N_1 x = N_1 \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{N_3 x}{N_3} \Rightarrow N_3 x = N_3 \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$N_2 x = N_1 x + N_3 x$$

$$mg \frac{\sqrt{2}}{2} + N_2 \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} (N_1 + N_3)$$

$$N_2 + mg = N_1 + N_3 \quad (1)$$

Во-вторых можно заметить что

$$N_1 = mg \quad (2)$$

В третий момент воспользуемся моментом сил относительно т. А.

$$mg \cdot x + N_1 \cdot y = N_3 \cdot l$$

$$N_2 = N_3$$

$$\sin 45^\circ = \frac{x}{a} \Rightarrow x = a \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} a$$

$$\sin 45^\circ = \frac{y}{l} \Rightarrow y = l \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{l}{l} \Rightarrow l = l \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$mg \frac{\sqrt{2}}{2} a + N_1 \cdot l \frac{\sqrt{2}}{2} = N_3 \cdot l \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$mga + N_1 l = N_3 l \quad (3)$$

Используя (1)-(3): $N_3 l = mga + mg l = mg(a + l)$

$$N_3 = \frac{mg(a + l)}{l}$$

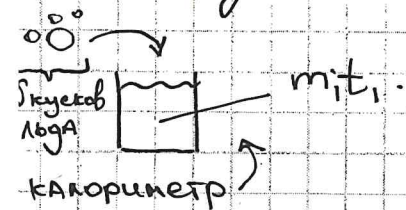
$$N_2 = mg + \frac{mg(a + l)}{l} = mg \left(1 + \frac{a + l}{l} \right) = mg \frac{l + a + l}{l} = mg \frac{2l + a}{l}$$

Ответ: $N_1 = mg$; $N_2 = mg \frac{2l + a}{l}$; $N_3 = \frac{mg(a + l)}{l}$.

15

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

Задача 3.



каждый кусок льда имеет m_2 и t_2 .

Рассмотрим $N=1$, тогда $cm(t_1 - t_{x1}) =$
 $= \lambda N m_2 (0 - t_2) + \lambda N m_2 + c N m_2 (t_{x1} - 0)$
 Важно заметить что в нек. N возможно
 неполное или отсутствие плавления льда.

$$cm t_1 - cm t_{x1} = \lambda N m_2 + c N m_2 t_2 + c N m_2 t_{x1}$$

$$cm t_1 - \lambda N m_2 + c N m_2 t_2 = t_{x1} (c N m_2 + cm)$$

$$t_{x1} = \frac{cm t_1 - \lambda N m_2 + c N m_2 t_2}{c N m_2 + cm} = \frac{990}{133} = 7,44^\circ$$

В данном случае вес составляющая калориметра — неучит.
 Подставив в формулу выше $N=2$ получим -22° что означает
 окажется неверным тк. мы не учли обратный переход
 системы в тв. состояние.

$N=2$: $cm(t_1 - 0) = cm t_1 = 378 \text{ кДж}$ — кол-во энергии ро. обледенения воды
 в калориметр ро. нуля.

$c N m_2 t_2 = -37,8 \text{ кДж}$ — аналогич. соед. для кубиков льда.

$|c N m_2 t_2| < 378 \text{ кДж} \Rightarrow$ значения пока вода не имеет алр. соед.

$\lambda N m_2 = 599,4 \text{ кДж} \Rightarrow$ значение что вода в кал. начнет
 замерзать, если энергии льда обратится в тепло
 то в калориметре будет смесь льда и
 воды при 0°C .

$$\lambda m = 333 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{льда}} = 599,4 \text{ кДж} + 37,8 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{в.}} = 378 \text{ кДж} + 333 \text{ кДж}$$

$Q_{\text{в.}} > Q_{\text{льда}} \rightarrow$ смесь
 не замерзнет! $t_{x2} = 0^\circ\text{C}$.

$N=3$. Если $|c N m_2 t_2| > \lambda m_2$ то вода замерзнет и будет
 нулевой t .

$$56700 \text{ кДж} / 4 / 740000 \text{ кДж}$$

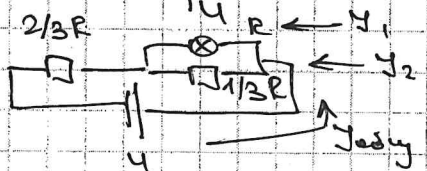
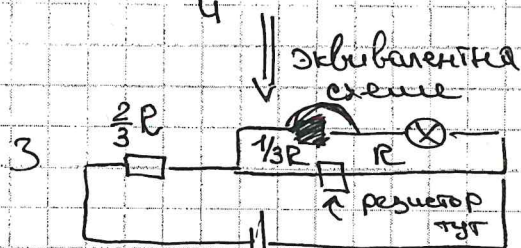
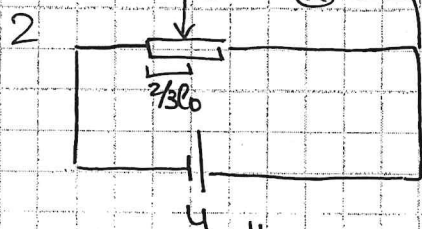
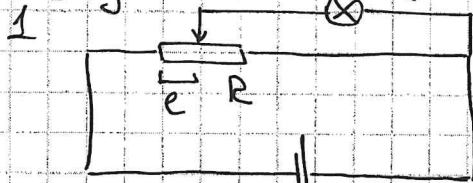
Проверим аналогич. исс. как для $N=2$.

$$cm t_1 + \lambda m - |c N m_2 t_2| - \lambda N m_2 = 378 \text{ кДж} + 333 \text{ кДж} - 56,7 \text{ кДж} - 389,1 \text{ кДж}$$

$$= -244,8 \text{ кДж}$$

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

Задача 5.



$$I_{total} = \frac{U}{R_{total}} = \frac{U}{R \cdot \frac{11}{12}} = \frac{U}{R} \cdot \frac{12}{11} = \frac{12U}{11R}$$

1. $Q = I^2 R \Delta t$

Q - выделяющаяся теплота на резисторе [Дж]

I^2 - ток через резистор [A^2]

R - сопротивление резистора (его материала)

Δt - момент времени [с] [Ом]

2. Знаю как устроены потенциометры посмотрю схему 2, 3. В этих случаях потенциометр разбивается на 2 резистора в соотв с пропорцией длины.

$$l = \frac{2}{3} l_0$$

$$\frac{2}{3} R$$

$$\frac{1}{3} R$$

Рассу схему 3 вычтем так:

$$R_{total} = \frac{2}{3} R + \frac{R \cdot \frac{1}{3} R}{\frac{1}{3} R + R} = \frac{1}{3} R \cdot \frac{8}{4} + \frac{2}{3} R = R \left(\frac{1}{4} + \frac{2}{3} \right) = R \cdot \frac{11}{12}$$

На катушку идет ток I_1 , а на резистор $\frac{1}{3} R \rightarrow I_2$.

$$I_1 + I_2 = I_{total}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = 3, \text{ тк. на нем зафикс. резистор имеет наибольший ток.}$$

$$I_2 = 3 I_1$$

$$I_{total} = 4 I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{I_{total}}{4} = \frac{12U}{11R \cdot 4} = \frac{3U}{11R}$$

Тогда по закону Джоуля - Ленца $W_{th} \Delta t \rightarrow 0$

$$P = I^2 R = I_1^2 \cdot R = \frac{(3U)^2}{(11R)^2} \cdot R = \frac{9U^2}{121R^2} \cdot R = \frac{9U^2}{121R}$$

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

Задача 5. Прогнозирование. 1/2

$$3. \eta = \frac{P_{\text{лампы}}}{P_{\text{улам}} + P_{\text{резист}_1} + P_{\text{рез}_2}}$$

$$P_{\text{лампы}} = I_{\text{лампы}}^2 \cdot R, \text{ где } R = \text{const.}$$

Возражения в н. 2

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R \cdot l_0}{R(l_0 - l)} \Rightarrow I_2 = \frac{R I_1 l_0}{R(l_0 - l)} = \frac{I_1 \cdot l_0}{l_0 - l}, \quad I_2 + I_1 = I_{\text{доу}}.$$

$$I_{\text{лампы}} + \frac{I_{\text{лампы}} l_0}{l_0 - l} = I_{\text{доу}} = \frac{U}{R_{\text{доу}}} = \frac{U}{R \cdot \frac{l}{l_0} + \frac{R \cdot \frac{l_0 - l}{l_0} R}{R(1 + \frac{l_0 - l}{l_0})}} = \frac{U}{R \frac{l}{l_0} + \frac{R \frac{l_0 - l}{l_0}}{1 + \frac{l_0 - l}{l_0}}}$$

$$= \frac{U}{R \frac{l}{l_0} + \frac{R(l_0 - l)}{2l_0 - l}} = \frac{U}{R \frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{2l_0 - l}} = \frac{U}{R \frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0(2l_0 - l)}}$$

$$I_{\text{лампы}} \left(\frac{l_0 - l + l_0}{l_0 - l} \right) = \frac{U}{R \frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0(2l_0 - l)}}$$

$$I_{\text{лампы}} = \frac{U}{R \frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0(2l_0 - l)}} \cdot \frac{l_0 - l}{2l_0 - l} = \frac{U(l_0 - l)}{R \cdot \frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0}}$$

$$P_{\text{лампы}} = \frac{U^2(l_0 - l)^2}{R \cdot \frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0} \cdot (l l_0 + l_0^2 - l^2)^2} = \frac{U^2(l_0 - l)^2}{R \cdot (l l_0 + l_0^2 - l^2)^2} \cdot l_0$$

$$P_{\text{резист}_1} \left(\frac{2}{3} R \right) = P_{\text{резист}_1} \cdot I_{\text{резист}_1}^2 = I_{\text{доу}}^2 \cdot P_{\text{резист}_1} \cdot \frac{R}{l_0^2}$$

$$P_{\text{резист}_1} = R \cdot \frac{l}{l_0}$$

$$I_{\text{доу}} = \frac{U}{R \frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0(2l_0 - l)}} \quad \text{из формулы прогнозирования}$$

$$P_{\text{резист}_1} = R \cdot \frac{l}{l_0} \cdot \frac{U^2}{R^2 \left(\frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0(2l_0 - l)} \right)^2} = \frac{U^2 l}{R l_0 \left(\frac{l l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0(2l_0 - l)} \right)^2} = \frac{U^2 l \cdot l_0^2 (2l_0 - l)^2}{R l_0 (l l_0 + l_0^2 - l^2)^2}$$

$$P_{\text{резист}_2} = P_{\text{резист}_2} \cdot I_{\text{резист}_2}^2 = \frac{U^2 l (2l_0 - l)^2 \cdot l_0}{R (l l_0 + l_0^2 - l^2)^2}$$

$$P_{\text{резист}_2} = R \left(\frac{l_0 - l}{l_0} \right)$$

$$I_{\text{резист}_2} = \frac{R \cdot l_0}{R(l_0 - l)} \cdot (I_{\text{доу}} - I_{\text{резист}_1}) = I_{\text{доу}} \frac{R l_0}{R(l_0 - l)} - I_{\text{резист}_1} \frac{R l_0}{R(l_0 - l)}$$

$$I_{\text{резист}_2} + I_{\text{резист}_1} \frac{l_0}{l_0 - l} = I_{\text{доу}} \frac{l_0}{l_0 - l}$$

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

Задача 5 Углубленная 2/2

$$I_{резист_2} \left(1 + \frac{l_0}{l_0 - l}\right) = \frac{U}{R \frac{l_0 + l_0^2 - l^2}{l_0(2l_0 - l)}} \cdot \frac{l_0}{l_0 - l}$$

$$I_{резист_2} \left(\frac{l_0 - l + l_0}{l_0 - l}\right) = \frac{U l_0}{R \frac{(l_0 - l)(l_0 + l_0^2 - l^2)}{l_0(2l_0 - l)}}$$

$$I_{резист_2} = \frac{U l_0 (l_0 - l)}{R \cdot \frac{(l_0 - l)(l_0 + l_0^2 - l^2)(2l_0 - l)}{l_0(2l_0 - l)}} = \frac{U l_0^2}{R(l_0 + l_0^2 - l^2)}$$

$$P_{резист_2} = R \frac{(l_0 - l)}{l_0} \cdot \frac{U^2 l_0^4}{R^2 (l_0 + l_0^2 - l^2)^2} = \frac{U^2 (l_0 - l) l_0^3}{R (l_0 + l_0^2 - l^2)^2}$$

$$\eta = \frac{P_{нагрузки}}{P_{нагрузки} + P_{резист_1} + P_{резист_2}} = \frac{\frac{U^2 (l_0 - l)^2 l_0^2}{R (l_0 + l_0^2 - l^2)^2}}{\frac{U^2 (l_0 - l)^2 l_0^2}{R (l_0 + l_0^2 - l^2)^2} + \frac{U^2 l_0 (2l_0 - l)^2}{R (l_0 + l_0^2 - l^2)^2} + \frac{U^2 (l_0 - l) l_0^3}{R (l_0 + l_0^2 - l^2)^2}}$$

Пусть $\alpha = R(l_0 + l_0^2 - l^2)^2$, тогда

$$\eta = \frac{U^2 (l_0 - l)^2 l_0^2}{\alpha}$$

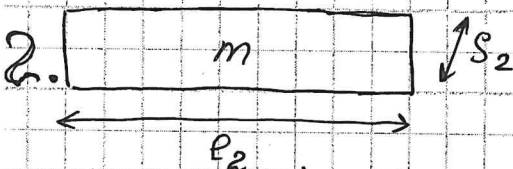
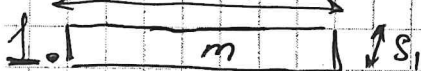
$$\begin{aligned} &= \frac{\frac{U^2 (l_0 - l)^2 l_0^2}{\alpha} + \frac{U^2 l_0 (2l_0 - l)^2}{\alpha} + \frac{U^2 (l_0 - l) l_0^3}{\alpha}}{\frac{U^2 (l_0 - l)^2 l_0^2}{\alpha} + \frac{U^2 l_0 (2l_0 - l)^2}{\alpha} + \frac{U^2 (l_0 - l) l_0^3}{\alpha}} = \frac{U^2 l_0^2 (l_0 - l)^2}{U^2 (l_0 - l)^2 l_0^2 + U^2 l_0 (2l_0 - l)^2 + U^2 (l_0 - l) l_0^3} \\ &= \frac{l_0 (l_0 - l)^2}{(l_0 (l_0 - l)^2 + l (2l_0 - l)^2 + l_0^2 (l_0 - l))} = \frac{l_0 (l_0 - l)^2}{2l_0^3 + l_0^2 l - 3l^2 l_0 + l^3} \end{aligned}$$

$$\eta(l) = \frac{l_0 (l_0 - l)^2}{2l_0^3 + l_0^2 l - 3l^2 l_0 + l^3}$$

Отвечая: $Q = I^2 R_{\Delta} t$, $P = \frac{9U^2}{12 + R}$, $\eta(l) = \frac{l_0 (l_0 - l)^2}{2l_0^3 + l_0^2 l - 3l^2 l_0 + l^3}$

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

Задача 4.



$$S_2 = 2S_1 \quad (5)$$



$$m = \rho_M V_M = \rho_M l_1 S_1 \Rightarrow l_1 = \frac{m}{\rho_M S_1} \quad (1)$$

$$m = \rho_M l_2 S_2 \Rightarrow l_2 = \frac{m}{\rho_M S_2} \quad (2)$$

$$1. R_1 = k \frac{l_1}{S_1} = k \frac{m}{\rho_M S_1^2} \quad (3)$$

$$2. R_2 = k \frac{l_2}{S_2} = k \frac{m}{\rho_M S_2^2} \quad \text{где } k \quad (4)$$

— уг. коэффициент сопротивл. проволоки.

Если температуры установились, то мощность
и тепло за фиксированный промежуток времени
выделяемая на проволоке (6)
по формуле

$$1. P_{\text{пров. ст}} = P_1$$

$$U^2 \cdot R_1 = \alpha S_1 (t_1 - t_2)$$

$$\frac{U^2}{(R_1 + R_2)^2} \cdot R_1 = \alpha S_1 t_1$$

$$t_1 = \frac{U^2 R_1}{(R_1 + R_2)^2 \alpha S_1} = \frac{U^2 k m}{\rho_M S_1^2 \left(\left(\frac{k m}{\rho_M S_1^2} + \frac{k m}{\rho_M S_2^2} \right)^2 \alpha S_1 \right)}$$

$$= \frac{U^2 k m}{\rho_M S_1^3 \alpha \left(\frac{k m}{\rho_M} \left(\frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} \right) \right)^2}$$

Аналогично $t_2 = \frac{U^2 k m}{\rho_M S_2^3 \alpha \left(\frac{k m}{\rho_M} \left(\frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} \right) \right)^2}$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{U^2 k m}{\rho_M S_1^3 \alpha \left(\frac{k m}{\rho_M} \left(\frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} \right) \right)^2} \cdot \frac{\rho_M S_2^3 \alpha \left(\frac{k m}{\rho_M} \left(\frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} \right) \right)^2}{U^2 k m}$$

$$= \frac{S_2^3}{S_1^3} = \frac{(2S_1)^3}{S_1^3} = 2^3 = 8$$

Ответ: 8.