



Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
54	28.03.2023	Ехов Д.И.	

№1

Туристический состав едет со скоростью  $v_1$  и имеет длину  $l_1$ , а пассажирский — со скоростью  $v_2$  и длиной  $l_2$ . Имеем:

$$\frac{l_2}{v_2} = \frac{l_1}{v_1} = t_1 \quad 2+2$$

$$\begin{array}{r} 112 \ 31 \ 415 \\ 115 \ 20 \ 015 \\ \hline \end{array}$$

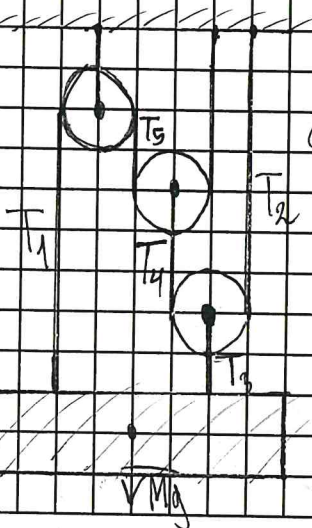
(54)

Минимальная во составе поезда проехал свою длину (минимальная) за время  $t_2 + \frac{l_2}{v_2 - v_1}$  ( $v_2 > v_1$ )  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow l_2 = t_2(v_2 - v_1)$ .

$$t_1 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{t_2(v_2 - v_1)}{v_2} \Rightarrow 1 - \frac{v_1}{v_2} = \frac{t_1}{t_2} \Rightarrow \frac{l_1}{l_2} = \frac{v_1}{v_2} = 1 - \frac{t_1}{t_2} = 1 - \frac{12}{16} = \frac{1}{4}.$$

$v_2 > v_1$ , потому что пассажирский поезд проехал длину состава, и следовательно, движется быстрее.  
 Ответ: пассажирский в 4 раза длиннее состава.

№2



Для равновесия блока нужно, чтобы сила натяжения нитей с обеих сторон была равна.

$$\begin{aligned} T_1 &= T_5 \\ T_4 &= 2T_3 = 2T_1 \\ T_2 &= T_4 = 2T_1 \end{aligned}$$

$$T_3 = T_4 + T_2 = 2T_2 = 4T_1$$



$$Mg = T_1 + T_3 = T_1 + 4T_1 = 5T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{Mg}{5} \text{ и } T_2 = 2T_1 = \frac{2}{5}Mg. (2T_2 = 4T_1 \Rightarrow T_2 = 2T_1)$$

Ответ:  $\frac{Mg}{5}$  и  $\frac{2}{5}Mg$ .

N3

Найдём эквивалентную жёсткость всей системы.

Жёсткость блока из трёх пружин равна  $3k$ , из двух —  $2k$  и одна пружина —  $k$ , т.к. жёсткость параллельно соединённых пружин равна сумме жёсткостей этих пружин.

$k_1 = k$ ,  $k_2 = 2k$ ,  $k_3 = 3k$ . Формула жёсткости последовательно соединённых пружин:

$$k_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}} = \frac{1}{\frac{1}{k} + \frac{1}{2k} + \frac{1}{3k}} = \frac{k}{1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = \frac{k}{\frac{6}{6} + \frac{3}{6} + \frac{2}{6}} = \frac{6}{11}k.$$

По Закону Гука  $F = k_{\text{ЭКВ}} \Delta x = \frac{11}{6}k \Delta x = 0,11 \text{ Мн} \cdot \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ Нс}} \cdot 100 \text{ Н/м} = 6 \text{ Н}$ .

Ответ: 6 Н.

N4

Пусть  $m$  — масса кольца,  $V$  — объём его ( $m = \rho_{\text{пл}} V$ ),  $V$  — объём погружённый под воду.

$$F_{\text{Арх}} = V \rho_{\text{в}} g, \quad mg = V \rho_{\text{пл}} g$$

$$F_{\text{Арх}} = mg, \quad V \rho_{\text{в}} g = V \rho_{\text{пл}} g \Rightarrow \frac{V}{V} = \frac{\rho_{\text{пл}}}{\rho_{\text{в}}} = 0,4, \text{ т.е. } 40\% \text{ объёма}$$

кольца находится под водой, и 40% высовится, т.к. материал везде одинаков.

$$V_{\text{кер}} = (1 - 0,4) V = 0,6 \text{ м}^3 = 0,6 \text{ м} \cdot 3,14 \cdot 100 \text{ см}^2 \approx 1,13 \text{ м}^3 - \text{объём керосина внутри кольца.}$$

$$m_{\text{кер}} = \rho_{\text{к}} V_{\text{кер}} = 0,7 \text{ кг/м}^3 \cdot 1,13 \text{ м}^3 \approx 0,8 \text{ кг}$$

Ответ: 800 г.



N5

~~Р-ный X-ый случай. Пусть вода находится в сосуде  $m_B$  воды, и тепловая энергия равна  $m_B c_B t_0$  (если у воды  $0^\circ\text{C}$  принимаю энергию за ноль). Часть этой энергии направится на растопление льда (весь лёд растает, поэтому в воде энергии больше, чем требуется на растопление).~~

~~Пусть  $V_n$  - объем паров,  $V_1$  - объем кубика до появления паров. Тогда на растопление льда ушло  $\rho_1 (V_1 - V_n) \lambda$ . После установления темп. равн. энергия стала  $(m_B + \rho_1 (V_1 - V_n)) c_B t_2$ . Это равно  $m_B c_B t_0 - \rho_1 (V_1 - V_n) \lambda$ . Умножим:~~

$$(m_B + (V_1 - V_n) \rho_1) c_B t_2 = m_B c_B t_0 - \rho_1 (V_1 - V_n) \lambda \Rightarrow m_B c_B (t_0 - t_2) = \rho_1 (V_1 - V_n) (c_B t_2 + \lambda)$$

~~Во X-ом случае на растопление льда ушло также  $\rho_1 (V_1 - V_n) \lambda$ . И энергия в сосуде тоже  $m_B c_B t_0$ . Но энергия после уст. темп. равн. равна  $c_B t_2 (m_B + \rho_1 (V_1 - V_n) + \rho_B V_n)$ . Умножим:~~

$$(m_B + (V_1 - V_n) \rho_1) c_B t_0 - \rho_1 (V_1 - V_n) \lambda = (m_B + \rho_1 (V_1 - V_n) + \rho_B V_n) c_B t_2$$

~~В первом случае вода была положительной, во втором случае вода была отрицательной, все отрицательные значения вычеркнем.~~

$$\begin{cases} m_B c_B (t_0 - t_2) = \rho_1 (V_1 - V_n) (c_B t_2 + \lambda) = V_n (\rho_1 (1-r) (c_B t_2 + \lambda)) \\ m_B c_B (t_0 - t_2) = \rho_1 (V_1 - V_n) (c_B t_2 + \lambda) + \rho_B V_n c_B t_2 = V_n (\rho_1 (1-r) (c_B t_2 + \lambda) + \rho_B r c_B t_2) \end{cases}$$

где  $r = \frac{V_n}{V_1}$ . Поделим уравнения:

$$\frac{\rho_1 (c_B t_2 + \lambda) (1-r)}{\rho_1 (c_B t_2 + \lambda) + r (\rho_B c_B t_2 - \rho_1 (c_B t_2 + \lambda))} = \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} \Rightarrow a_1 (1-r) = k (a_2 + br), \text{ где}$$

$$a_1 = \rho_1 (c_B t_2 + \lambda), a_2 = \rho_1 (c_B t_2 + \lambda), b = \rho_B c_B t_2 - \rho_1 (c_B t_2 + \lambda), k = \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2}$$

$$a_1 + ak = r(a_1 + kb) \Rightarrow r = \frac{a_1 + ak}{a_1 + kb}$$



В случае, когда опускали <sup>№5</sup> куврик с водой, это все равно, что опустили куврик и получили  $t > 0^\circ\text{C}$ , и затем вылили воду  $10^\circ\text{C}$ , и следовательно получили  $t_2$  градус, кустай куврик во 2-м случае. Во 2-м случае энергия для растапливания льда равна  $\rho_1 V_1 (1-r)$ , энергия воды изначально равна  $m_B c_B t_0$ , а конечная энергия равна  $c_B t_2 (m_B + \rho_1 V_1 (1-r))$  или  $c_B t_1 (m_B + \rho_1 V_1 (1-r)) + \rho_B V_1 r$  — в 1-м случае.  $r$  — отношение объема паров к объему куврика ( $V_1$ ) до паровости,  $m_B$  — масса воды в сосуде до опускания льда.

$$\begin{cases} m_B c_B t_0 - \rho_1 V_1 (1-r) \lambda = c_B t_2 (m_B + \rho_1 V_1 (1-r)) \\ m_B c_B t_0 - \rho_1 V_1 (1-r) \lambda = c_B t_1 (m_B + \rho_1 V_1 (1-r)) + \rho_B V_1 r c_B t_1 \end{cases}$$

Поделим уравнения:

$$\frac{t_0 - t_2}{t_0 - t_1} = \frac{\lambda + c_B t_2}{\lambda + c_B t_1} + \frac{\rho_B c_B t_1}{\rho_1 (1-r) (\lambda + c_B t_2)}$$

$$\Rightarrow \frac{r}{1-r} = \left( \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} - \frac{\lambda + c_B t_1}{\lambda + c_B t_2} \right) \frac{\rho_1 (\lambda + c_B t_2)}{\rho_B c_B t_1} = \frac{40-4}{40-5} - \frac{330+4,2 \cdot 4}{330+4,2 \cdot 5} \cdot \frac{9,9 \cdot (330+4,2 \cdot 5)}{1,0 \cdot 4,2 \cdot 4} =$$

$$= \frac{36}{35} - \frac{346,8}{351} \cdot \frac{9,9 \cdot 351}{16,8} = 0,762246 \Rightarrow r = \frac{0,762246}{1,762246} = 0,4325 \approx 0,433$$

$$\rho_{cp} = \frac{m_{обл}}{V_{обл}} = \frac{\rho_1 V_1 (1-r)}{V_1} = \rho_1 (1-r) = 0,967 \cdot 0,567 = 0,547 \text{ кг/м}^3$$

Ответ: 510 кг/м<sup>3</sup>