

Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
51	28.03.2023	Ежов Д.М.	

N5

Дано:

$$t = 0^\circ\text{C}$$

$$t_0 = 50^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 12^\circ\text{C}$$

Иск - ?

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_A = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$C_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$\lambda_1 = 330 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Решение:
1) F и q

Решение:

вода (1)

лёд

вода (2)

1	2	3	4	5
0	15	6	8	22

51

лёд и вода в кюветке начеваются совместно. В воде в сосуде, охлаждаясь отдаёт до температуры смеси t_1 , отдаёт свою энергию этой кюветке со льдом. лёд тает, нагревается до t_1 , и устанавливается температура t_1 .

Возьмем уравнение теплового баланса в этом случае:

$$Q_{B1} + Q_1 + Q_{B2} = 0$$

$$Q_1 = Q_{пл} + (Q_{нагр\text{еб}})_1$$

$$Q_{B1} = m_{B1} C_B (t_1 - t)$$

$$Q_{пл} = \lambda m_1 \quad (Q_{нагр\text{еб}})_1 = m_1 C_B (t_1 - t)$$

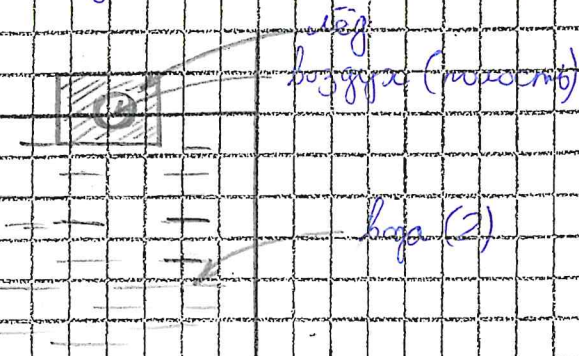
$$Q_{B2} = m_{B2} C_B (t_1 - t_0)$$

$$m_{B1} C_B (t_1 - t) + \lambda m_1 + m_1 C_B (t_1 - t) + m_{B2} C_B (t_1 - t_0) = 0$$

$$m_{B2} C_B (t_0 - t_1) = m_{B1} C_B (t_1 - t) + \lambda m_1 + m_1 C_B (t_1 - t)$$

$$m_{B2} = \frac{m_{B1} C_B (t_1 - t) + \lambda m_1 + m_1 C_B (t_1 - t)}{C_B (t_0 - t_1)} \quad (1)$$

2) 2-й случай



лёд поет нагревается до t_2 и устанавливается температура смеси t_2 . Т.е. температура воздуха внутри кубика льда мы пренебрегаем (по ус.) \Rightarrow на нагрев этого воздуха энергию тратить не нужно.

Уравнение теплового баланса в этом случае:

$$Q_{B2} + Q_m + (Q_{нагр\ \text{л}})_1 = 0$$

$$Q_{B2} = m_{B2} c_B (t_2 - t_0)$$

$$Q_m = \lambda m_m$$

$$(Q_{нагр\ \text{л}})_1 = m_1 c_B (t_2 - t)$$

$$m_{B2} c_B (t_2 - t_0) + \lambda m_m + m_1 c_B (t_2 - t) = 0$$

$$m_{B2} c_B (t_0 - t_2) = \lambda m_m + m_1 c_B (t_2 - t)$$

$$m_{B2} = m_1 \frac{\lambda + c_B (t_2 - t)}{c_B (t_0 - t_2)} \quad (2)$$

Таким образом мы выразили m_{B2} с другой стороны.

$$(1) = (2) \Rightarrow m_{B2} c_B (t_1 - t) + \lambda m_m + m_1 (t_2 - t) = \frac{m_1 (\lambda + c_B (t_2 - t))}{c_B (t_0 - t_2)}$$

$$= \frac{m_1 (\lambda + c_B (t_2 - t))}{c_B (t_0 - t_2)} \quad 5$$

В силу того что разделение у нас в уравнении верно
 (единица измерения в СИ и в правой левой частях
 у нас они все сокращаются) \Rightarrow найдем значение $\rho_{\text{ср}}$
 известное нам переменная: ρ

$$\frac{42000 \text{ мВд} + 330000 \text{ мВд} + 42000 \text{ мВд}}{40} = \frac{330000 \text{ мВд}}{38} + 50400 \text{ мВд}$$

$$1050 \text{ мВд} + 9300 \text{ мВд} = 10010, 526 \text{ мВд}$$

$$1050 \text{ мВд} = 710, 526 \text{ мВд}$$

$$\frac{m_1}{m_{\text{Вд}}} = \frac{1050}{710, 526} \approx 1, 48 \Rightarrow m_1 = 1, 48 m_{\text{Вд}}$$

$$\rho_1 V_1 = 1, 48 \rho_2 V_{\text{полюс}} \quad |||$$

$$\frac{V_1}{V_{\text{полюс}}} = \frac{1, 48 \rho_2}{\rho_1} = \frac{1, 48 \cdot 1000}{900} \approx 1, 64$$

$$V_{\text{полюс}} = \frac{V_1}{1, 64} \approx 0, 6 V_1$$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m_1}{V} \quad V = V_1 + V_{\text{полюс}} = 1, 6 V_1$$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m_1}{1, 6 V_1} \approx 0, 625 \rho_1$$

$$\rho_{\text{ср}} = 0, 625 \rho_1$$

$$\rho_{\text{ср}} = 0, 625 \cdot 900 \text{ кг/м}^3 = 562, 5 \text{ кг/м}^3$$

Ответ: $562, 5 \text{ кг/м}^3$

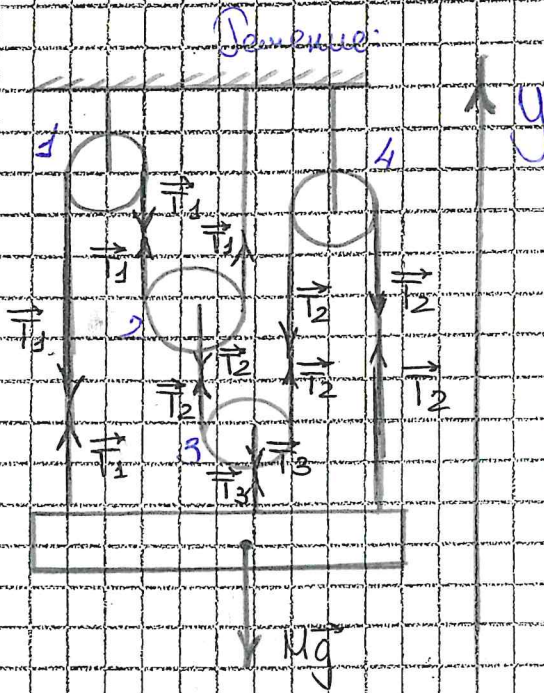


№2

Дано:

M

$T_1 = ?$
 $T_2 = ?$



1) Запишем уравнение Ньютона для 2 блока:
(2-й закон Ньютона)

$$T_2 = 2T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{2}$$

2) Запишем уравнение Ньютона для 3 блока:

$$T_3 = 2T_2$$

3) Запишем уравнение Ньютона для банки массы M:

$$Mg = T_1 + T_2 + T_3$$

$$Mg = \frac{T_2}{2} + T_2 + 2T_2$$

$$Mg = 3 \frac{T_2}{2} + T_2 = \frac{6T_2 + 2T_2}{2} = \frac{8T_2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2Mg = 8T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{2}{7} Mg$$

$$T_1 = \frac{T_2}{2} = \frac{\frac{2}{7} Mg}{2} = \frac{Mg}{7} = \frac{1}{7} Mg$$

$$T_1 = \frac{1}{7} Mg$$

Ответ: $T_1 = \frac{1}{7} Mg$; $T_2 = \frac{2}{7} Mg$.



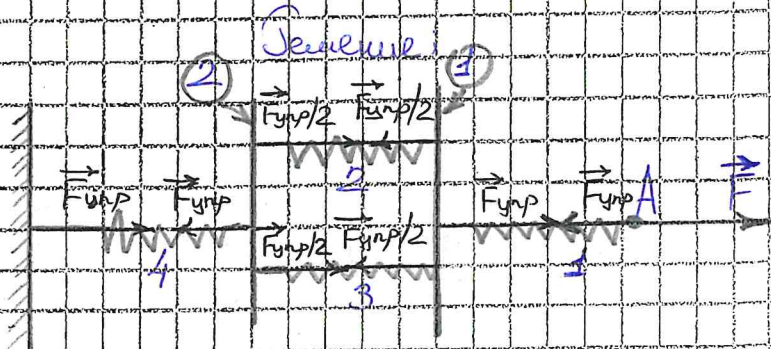
13

Зако:

$$\Delta x = 11 \text{ см} = 0,11 \text{ м}$$

$$k = 100 \text{ Н/м}$$

F = ?



Когда мы тянем пружину 1 за точку А с силой F, это вызывает $F_{упр}$, равно по модулю силе F (3-й закон Ньютона), тогда эта же пружина действует на точку 1 с той же силой по модулю $F_{упр}$. Тогда обе другие пружины (2 и 3) должны растянуться так, чтобы уравновесит силу $F_{упр}$.

Запишем уравнение Ньютона для точки 1:

$$F_{упр} = 2 F_{упр2} \Rightarrow F_{упр2} = \frac{F_{упр}}{2}$$

Когда на точку 2 действуют $2 F_{упр2}$ и с другой стороны на эту точку должна действовать такая же сила $F_{упр}$, чтобы уравновесит эти $2 F_{упр2}$.

Запишем уравнение Ньютона для 2 точки:

$$F_{упр2} = \frac{2 F_{упр}}{2} = F_{упр} \Rightarrow \text{сила с которой мы тянем первую пружину равна по модулю } F_{упр} \text{ в пружине и той же силой } F_{упр} \text{ в 4 пружине.}$$



Теперь определим насколько растянутся все системы:

1) 1 пружина:

$$F_{\text{упр}} = F$$

$$k \Delta x_1 = F \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{F}{k}$$

2) 2 и 3 пружины:

$$2 F_{\text{упр}} = F_{\text{упр}} = F$$

$$2 F_{\text{упр}} = F \Rightarrow k \Delta x_{2 \text{ и } 3} = F \Rightarrow \Delta x_{2 \text{ и } 3} = \frac{F}{k}, \text{ т.е. все равно}$$

3) 2 и наконец 4 пружины:

$$F_{\text{упр}2} = F_{\text{упр}} = F$$

$$k \Delta x_3 = F \Rightarrow \Delta x_3 = \frac{F}{k}$$

В сумме система из четырех пружин должна растянуться

$$\text{на } \Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 \Rightarrow \Delta x = \frac{3F}{k} \quad | \cdot k \Rightarrow k \Delta x = 3F$$

$$\Delta x = 3 \frac{F}{k}$$

$$F = \frac{k \Delta x}{3}$$

$$F = \frac{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0,1 \text{ м}}{3} \approx 3,3 \text{ Н}$$

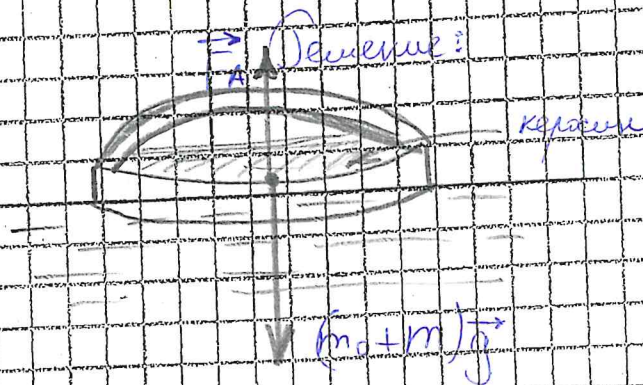
Ответ: 3,3 Н.


 Δh

Дано:

$$R = 12 \text{ см}$$

$$h = 5 \text{ см}$$

 $m_0 = ?$


$$(m_0 + m)g = F_A$$

$$V = V_{\text{стенок}} + V_{\text{полость}} \quad V_{\text{полость}} = \frac{4}{3}\pi R^2 h$$

$$V_{\text{стенок}} = V - V_{\text{полость}} = V - \frac{4}{3}\pi R^2 h$$

$$\frac{m}{\rho_{\text{ст}}} = V - \frac{4}{3}\pi R^2 h \cdot \rho_{\text{ст}}$$

$$m = \rho_{\text{ст}} (V - \frac{4}{3}\pi R^2 h)$$

 ~~$F_{A0} = V_{\text{полость}}$~~

$$F_{A \text{ max}} (\text{при условии, что капюшон не тонет}) = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{стенок}} =$$

$$= \rho_{\text{ж}} g \frac{m}{\rho_{\text{ст}}}$$

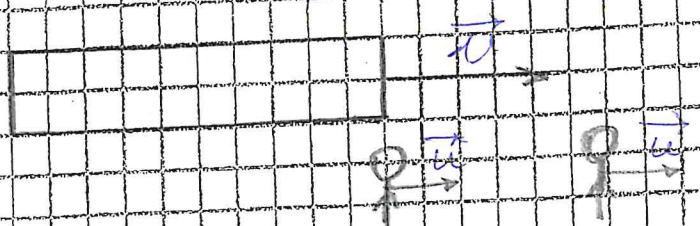
$$= \rho_{\text{ж}} g \frac{m}{\rho_{\text{ст}}} \quad \text{Именно тогда корпус не будет выталкиваться из воды}$$

$$\rho_{\text{ж}} g \frac{m}{\rho_{\text{ст}}} = (m_0 + \rho_{\text{ст}} (V - \frac{4}{3}\pi R^2 h)) g$$

$$\frac{\rho_{\text{ж}} m}{\rho_{\text{ст}}} = (m_0 + \rho_{\text{ст}} (\rho_{\text{ст}} m + \rho_{\text{ж}} R^2 h - \frac{4}{3}\pi R^2 h))$$



N 3



$t_{\Sigma} = \frac{S+L}{c}$ (время света между линией первой и последней катушки)

$t_0 = \frac{L}{c}$ (время света между линией первой и последней катушки)