

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
100	12.03.2025	Елфимов Б.М.	
Шифр			913108

Задача 1.

Дано:

$$v_1 = 70 \text{ км/ч}$$

$$v_2 = 6 \text{ км/ч}$$

$$v_3 = 3 \text{ км/ч}$$

$$t_1 = t_2 + t_3$$

$$S_2 = S_3$$

$$v_{\text{ср}} = ?$$

Решение: Средняя скорость, это отношение пути, пройденного туристом за время к этому времени: $v_{\text{ср}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$. Путь, это расстояние, пройденное туристом.



$$t_{23} = t_2 + t_3, \quad t_2 = \frac{S_2}{v_2}; \quad t_3 = \frac{S_3}{v_3}.$$

Поскольку $t_1 = t_2 + t_3$, то оно равняется $\frac{S_2}{v_2} + \frac{S_3}{v_3}$ с одной

стороны, и $\frac{S_1}{v_1}$ с другой $\Rightarrow \frac{S_1}{v_1} = \frac{S_2}{v_2} + \frac{S_3}{v_3}$. П.к. $S_2 = S_3$,

обозначим их за S . $\Rightarrow \frac{S_1}{v_1} = \frac{S}{v_2} + \frac{S}{v_3}$. Тогда всё расстояние, которое пройдет турист это $S_1 + 2S$, а время равно $t_1 + t_2 + t_3 = \frac{S_1}{v_1} + \frac{S}{v_2} + \frac{S}{v_3}$. Тогда средняя

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_1 + 2S}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{S_1 + 2S}{\frac{S_1}{v_1} + \frac{S}{v_2} + \frac{S}{v_3}}. \quad (1)$$

$$\frac{S_1}{v_1} = \frac{S}{v_2} + \frac{S}{v_3} \Rightarrow S_1 = \frac{v_1 S (v_2 + v_3)}{v_2 v_3}. \quad (2)$$

$$\text{Поскольку } t_1 = t_2 + t_3, \text{ то } t_1 + t_2 + t_3 = 2(t_2 + t_3) = 2\left(\frac{S}{v_2} + \frac{S}{v_3}\right) = \frac{2S(v_2 + v_3)}{v_2 v_3}. \quad (3)$$

Подставим (2) и (3) в (1):

$$v_{\text{ср}} = \frac{\frac{v_1 S (v_2 + v_3)}{v_2 v_3} + 2S}{\frac{2S(v_2 + v_3)}{v_2 v_3}} = \frac{\left(\frac{v_1 (v_2 + v_3)}{v_2 v_3} + 2\right) \cdot \frac{v_2 v_3}{2(v_2 + v_3)}}{1} = \frac{v_1 (v_2 + v_3)}{2(v_2 + v_3)} + \frac{v_2 v_3}{v_2 + v_3} = \frac{v_1}{2} + \frac{v_2 v_3}{v_2 + v_3}.$$

$$\text{Найдем: } v_{\text{ср}} = \frac{v_1}{2} + \frac{v_2 v_3}{v_2 + v_3} = 7 \text{ км/ч.}$$

$$\text{Ответ: } v_{\text{ср}} = \frac{v_1}{2} + \frac{v_2 v_3}{v_2 + v_3} = 7 \text{ км/ч}$$

Задача 2.

Дано:

$$C_1 = 200 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$$

$$m = 0,75 \text{ кг}$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}; \quad t_K = 100^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$t_2 = 570^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 40^\circ\text{C}$$

$$C_0 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$C_2 = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$L = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$$\Delta m = ?$$

Решение: $\sum Q_i = 0$ - уравнение теплового баланса. Q - это теплота, т.е. кол-во энергии, которое потеряло/получило тело при тепловых явлениях. Уравнение теплового баланса - это закон сохранения энергии для случая тепловых явлений. Оно может быть использовано, если из системы тепло не преобразуется в другой вид энергии и оно нигде не уходит (система замкнута).

П.к. вода была температуры t_2 , а стала t_3 , то она выдала $Q_1 = m_2 C_2 (t_2 - t_3)$. Эта энергия пошла на нагревание всей системы (вода и кастрюля) до t_3 от t_1 . Оно равно $Q_2 = (C_0 + C_0 m) (t_3 - t_1) = 57000 \text{ Дж}$.

$$\begin{array}{r} 12345 \\ 1515151540 \\ \hline 15 \end{array}$$

100

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

91308

Задача 2. Продолжение.

$Q_1 = 243800 \text{ Дж}$. $Q_1 - Q_2 = 176800 \text{ Дж} = Q_3$ - это количество тепла, которое было потрачено сначала на нагревание ст. воды до $t_k = 100^\circ$, а потом её кипение.

Тогда $Q_3 = \Delta m c_v (t_k - t_3) + \Delta m L = \Delta m (c_v (t_k - t_3) + L) \Rightarrow \Delta m = \frac{Q_3}{c_v (t_k - t_3) + L}$

$\Rightarrow \Delta m = \frac{m_2 c_2 (t_2 - t_3) - (c_1 + c_v m) (t_3 - t_1)}{c_v (t_k - t_3) + L} = 0,07 \text{ кг}$

Ответ: $\Delta m = \frac{m_2 c_2 (t_2 - t_3) - (c_1 + c_v m) (t_3 - t_1)}{c_v (t_k - t_3) + L} = 0,07 \text{ кг}$

Задача 3.

Дано:

Равно:

$l_1 = 20 \text{ см}$

$l_2 = 30 \text{ см}$

$\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$

$\rho_2 = 700 \text{ кг/м}^3$

$\rho_3 = ?$

Решение. П.к. у погруженного тела ускорение $= 0$, то и равнодействующая всех сил равна 0. $\Rightarrow F_m + N = F_{A1} + F_{A2}$



где F_m - сила тяжести, $F_{A1,2}$ - силы архимеда, действующие на 2 погруженных отрезка, а N - сила реакции опоры, которая появляется при соприкосновении двух жидкостей.

Сила архимеда приложена к центру тяжести погруженной части тела, а значит, что моменты сил $F_{A1}, M_{A1} = F_{A1} \cdot \frac{l_1}{2}$, а $F_{A2}, M_{A2} = F_{A2} \cdot \frac{l_2}{2}$. У сил тяжести расстояние до шарнира равно $\frac{l_2 - l_1}{2}$ (м.к. она находится по центру отрезка), а её момент $M_m = \frac{l_2 - l_1}{2} F_m$. Нулевой момент в шарнире $\Rightarrow$ её момент $M_N = 0$.

(повернем запись для шарнира). Уравнение моментов: $F_{A1} \cdot \frac{l_1}{2} + M_m = M_{A2}$. Пусть S - площадь сечения стержня. Тогда объем части в воде $= l_1 S = V_1$, а в масле $l_2 S = V_2$. Тогда сила архимеда $F_{A1} = V_1 \rho_1 g = l_1 S \rho_1 g$, а $F_{A2} = V_2 \rho_2 g = l_2 S \rho_2 g$. Объем всего стержня равен $(l_1 + l_2) S = V$, а $F_m = V \rho_3 g = (l_1 + l_2) S \rho_3 g$. Тогда решим уравнение моментов:

$$\frac{l_2 - l_1}{2} (l_1 + l_2) S \rho_3 g + \frac{l_1}{2} l_1 S \rho_1 g = \frac{l_2}{2} l_2 S \rho_2 g \quad | : g S$$

$$\frac{l_2 - l_1}{2} (l_1 + l_2) \rho_3 + \frac{l_1}{2} l_1 \rho_1 = \frac{l_2}{2} l_2 \rho_2$$

$$\Rightarrow \rho_3 = \frac{\frac{l_2 - l_1}{2} (l_1 + l_2) \rho_2 + \frac{l_1}{2} l_1 \rho_1}{\frac{l_2}{2} l_2} = \frac{(l_2^2 - l_1^2) \rho_2 + l_1^2 \rho_1}{l_2^2} = \rho_2 - \frac{l_1^2}{l_2^2} \rho_2 + \frac{l_1^2}{l_2^2} \rho_1 =$$

$$= 833 \frac{1}{3} \text{ кг/м}^3 \approx 833,33 \text{ кг/м}^3$$

Ответ: $\rho_3 = \rho_2 - \frac{l_1^2}{l_2^2} \rho_2 + \frac{l_1^2}{l_2^2} \rho_1 = 833 \frac{1}{3} \text{ кг/м}^3 \approx 833,33 \text{ кг/м}^3$

Задача 4.1

Равно:

x_1, x_2, x_3, ρ

$\rho_1, \rho_2 = ?$

Решение. Закон Гука: $F_{упр} = k \Delta x$, он говорит о том, что при упругих деформациях сила упругости пропорциональна величине деформации. Пусть V - объем груза. Тогда запишем уравнение баланса:

$$\begin{cases} F_{упр1} = F_m \\ F_{упр2} + F_{A1} = F_m \\ F_{упр3} + F_{A2} = F_m \end{cases} \quad \begin{cases} F_m = mg = V \rho g \\ F_{A1} = V \rho_1 g \\ F_{A2} = V \rho_2 g \end{cases} \quad \begin{cases} F_{упр1} = x_1 k \\ F_{упр2} = x_2 k \\ F_{упр3} = x_3 k \end{cases}$$

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

Задача 4. Продолжение:

Перепишем уравнение баланса:

$$X_1 k = V p_1 g \quad (1)$$

$$X_2 k + V p_2 g = V p_1 g \quad (2) \Rightarrow X_2 k = V g (p_1 - p_2) \quad (2)$$

$$X_3 k + V p_3 g = V p_1 g \quad (3) \Rightarrow X_3 k = V g (p_1 - p_3) \quad (3)$$

Разделим (1) на (2)

$$\frac{X_1 k}{X_2 k} = \frac{V g p_1}{V g (p_1 - p_2)} \Rightarrow \frac{X_1}{X_2} = \frac{p_1}{p_1 - p_2} \Rightarrow X_1 p_1 - X_1 p_2 = p_1 X_2 \Rightarrow p_1 (X_1 - X_2) = X_1 p_2$$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{X_1 p_2}{X_1 - X_2}$$

Разделим (2) на (3)

$$\frac{X_2 k}{X_3 k} = \frac{V g (p_1 - p_2)}{V g (p_1 - p_3)} \Rightarrow \frac{X_2}{X_3} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_3} \Rightarrow X_2 p_1 - X_2 p_2 = X_3 p_1 - p_1 X_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{X_2 p_1 - X_3 p_1 + p_1 X_3}{X_2} = \frac{(X_2 - X_3) p_1 + p_1 X_3}{X_2}$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{(X_2 - X_3) \frac{X_1 p_2}{X_1 - X_2} + p_1 X_3}{X_2} = \frac{X_1 p_2 + p_1 X_3}{X_2} = \frac{(X_2 - X_3) p_1 X_1}{(X_1 - X_2) X_2} + \frac{p_1 X_3}{X_2}$$

Откуда: $p_1 = \frac{X_1 p_2}{X_1 - X_2}$; $p_2 = \frac{X_1 (X_2 - X_3) p_1}{X_2 (X_1 - X_2)} + \frac{p_1 X_3}{X_2}$

Задача 5.

Дано:
 m, K, g

T_A, T_B, T_C

M_{min}, X_1, X_2

$E_{пот1}, E_{пот2}$

Решение: Чтобы система была в равновесии грузы массой M должны уравновесить грузы массами $m, m, 2m$. т.к. неподвижный блок не меняет модуль сил, то $mg + mg + 2mg = M_{min}g \Rightarrow M_{min} = 4mg \Rightarrow M_{min} = 4m$ - это значение минимального M , т.к. при нём левая часть не упадёт из-за её перевеса над правой частью.

Запишем уравнение баланса, которое должно выполняться, так как система неподвижна по всей длине.

$$\begin{cases} Mg = 2T \text{ где } T \text{ — сила } 4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = 2mg + T_1 \text{ где } T_1 \text{ — сила груза 1. } \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2mg + T_1 = KX \text{ где } X \text{ — груз 2 } \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = 2mg + KX \text{ где } X \text{ — груз 3 } \end{cases}$$

$$T_A = Mg = M_{min}g = 4mg \text{ — где точка А.}$$

$$T_B = T = \frac{M_{min}g}{2} = 2mg \text{ — где точка В.}$$

$$T_C = T_1 = T - 2mg = 0 \text{ — где точка С.}$$

(Все выведено из системы уравнений баланса).

Потом из уравнения баланса для 2-го груза: $KX_1 = mg \Rightarrow$

$$\Rightarrow X_1 = \frac{mg}{K} \text{ и } E_{пот1} = \frac{K X_1^2}{2} = \frac{m^2 g^2}{2K}$$

Потом $M = 2 M_{min}$: из уравнений баланса: $T = \frac{2 M_{min}g}{2} = 4mg$, а $T_1 = T - 2mg = 2mg$.

Потом из уравнения для 3-го груза: $KX_2 = 3mg \Rightarrow X_2 = \frac{3mg}{K}$ и $E_{пот2} = \frac{K X_2^2}{2} = \frac{9 m^2 g^2}{2K}$

Потом $\frac{E_{пот2}}{E_{пот1}} = 9$. Откуда: $T_A = 4mg$; $T_B = 2mg$; $T_C = 0$; $M_{min} = 4m$; $X_1 = \frac{mg}{K}$; $X_2 = \frac{3mg}{K}$; $\frac{E_{пот2}}{E_{пот1}} = 9$.

