

Шифр 129027  
(заполняется ответственным  
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Профессор Ксеновский  
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Максимов Даниил Андреевич

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Москва, №1580

Регистрационный номер 9

Вариант задания 3

Дата проведения «17» февраля 2019 г.

Подпись участника Д.А.М.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
10	10	15	15	25	25	20				100
						74				

Шифр

129027

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

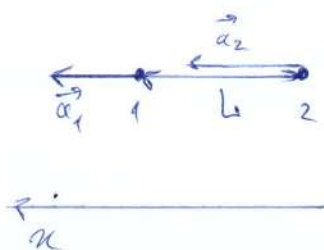
12077

Вариант № 3

№1

Выберем систему отсчёта:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{НСО - Земля} \\ \text{НСО - 1} \\ \text{тело - 2} \end{array} \right.$



Запишем  $g$ -н сложения ускорений:

$$\vec{a}_2 = \vec{a}_{1-2} + \vec{a}_1; \quad \vec{a}_{1-2} = \vec{a}_2 - \vec{a}_1$$

От:

$$a_{1-2} = a_2 - a_1$$

Перейдем в С.О., связанную с 1: тогда, будем двигаться только тело 2 с ускорением  $a_{1-2}$ .

За промежуток  $T$  в этой С.О. тело 2 должно пройти расстояние  $L$ . Из ур-я координат имеем:

$$L = \frac{a_{1-2} T^2}{2}$$

$$\frac{2L}{T^2} = a_{1-2} = a_2 - a_1 = a_2 - a$$

$$a_2 = \frac{2L}{T^2} + a$$

Так как это минимальный случай равно за время  $T$ ,

$$a_2 \geq \frac{2L}{T^2} + a$$

$$a_2 = \frac{2L}{T^2} + a$$



Дано:

$$m_x = 0,3 \text{ кг}$$

$$t_0 = 0^\circ \text{C}$$

$$V_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho_b = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_x = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$t_{\text{замораживания}} > 0 = \text{const}$$

$$\frac{V}{V_0} = ?$$

I



II



В I и смеси (1)  $V_0 = V_b + V_x$ , где  $V_x = \frac{m_x}{\rho_x}$

В II и смеси (2)  $V = V_b + V_b'$ , где

$V_b'$  - талая вода

$$m_b' = m_x$$

$$\rho_b V_b' = m_x$$

$$V_b' = \frac{m_x}{\rho_b}$$

Вычтем из (1) (2), получим:

$$V_0 - V = V_x - V_b'$$

$$V = V_0 - V_x + V_b' = V_0 - \frac{m_x}{\rho_x} + \frac{m_x}{\rho_b} = \frac{V_0 \rho_x \rho_b + m_x \rho_b + m_x \rho_x}{\rho_b \rho_x}$$

П.к. изначально в I и смеси был замочен весь сосуд, то  $V_0$  - объем этого сосуда.

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_0 \rho_x \rho_b + m_x \rho_b + m_x \rho_x}{V_0 \rho_b \rho_x} = \frac{10^{-3} \cdot 900 \cdot 1000 + 0,3 \cdot 1000 + 0,3 \cdot 900}{10^{-3} \cdot 1000 \cdot 900}$$

$$\approx 0,94$$

Ответ: вода будет занимать 0,94 (94%) исходного объема сосуда.

№3.

Дано:

$$m_b = 9822$$

$$t_0 = -2^\circ\text{C}$$

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

$$\lambda = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} =$$

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

$$m_x = ?$$

П.р. Бронен маленький кусочек льда, но его теплообмен с водой крайне мал.

Но его достаточно, чтобы начало происходить следующее: вода начала замерзать, отдавая ~~часть~~ ~~теплоты~~ ~~и~~ теплоту другой части первоначальной жидкости, пока она не нагреется до  $\theta = 0^\circ\text{C}$ .

$Q_1 = -\lambda m_x$  - замерзание части воды

$Q_2 = c_b m_b (\theta - t_0)$  - нагрев до  $0^\circ\text{C}$

Составим ур-е теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 = 0,$$

$$-\lambda m_x + c_b m_b (\theta - t_0) = 0$$

$$m_x = \frac{c_b m_b (\theta - t_0)}{\lambda} = \frac{4200 \cdot 9822 \cdot (0 - (-2))}{330 \cdot 10^3} \approx 252$$

Ответ:  $m$  образовавшегося льда  $\approx 252$ .





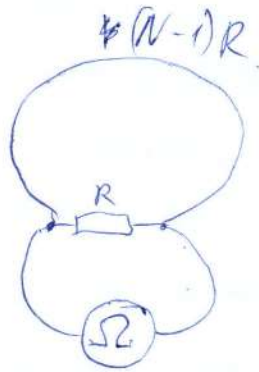
Дано:

$$R_1 = 64 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 63 \text{ Ом}$$

$$R = ?$$

I



$$R_1 = \frac{(N-1)R \cdot R}{(N-1)R + R}$$

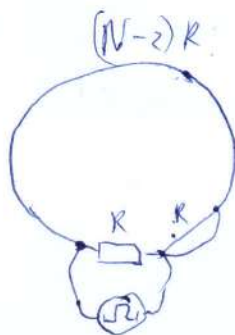
$$= \frac{(N-1)R}{N} - \text{показание}$$

Омметра в 1-м случае.

~~Atz~~ (N-1)

$$\textcircled{1} R = \frac{R_1 N}{N-1}$$

II



П.к. мы замыкаем 1 резистор, то ток через него не пойдет  $\Rightarrow$  не учитывается в общем сопротивлении — показании омметра в 2-м случае.

$$R_2 = \frac{(N-2)R^2}{(N-1)R}$$

$$\textcircled{2} R_2 = \frac{(N-2)R}{N-1}$$

Подставим  $\textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2}$

$$R_2 = \frac{(N-2)R_1 N}{(N-1)^2}$$

$$R_2(N^2 - 2N + 1) = R_1 N^2 - 2R_1 N$$

$$N^2(R_1 - R_2) - 2N(R_1 - R_2) - R_2 = 0$$

$$\Delta/4 = (R_1 - R_2)^2 + (R_1 - R_2)R_2 = R_1(R_1 - R_2)$$

$$N = \frac{R_1 - R_2 + \sqrt{R_1(R_1 - R_2)}}{R_1 - R_2}$$

- 2й корень не имеет физ. смысла

$$N = \frac{64 - 63 + \sqrt{64(64 - 63)}}{64 - 63} = 8$$

$$R = \frac{64 \cdot 8}{8} = 64 \text{ Ом}$$

Ответ:  $R = 64 \text{ Ом}$



Лист 2 из 2

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 129027

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

Дано:

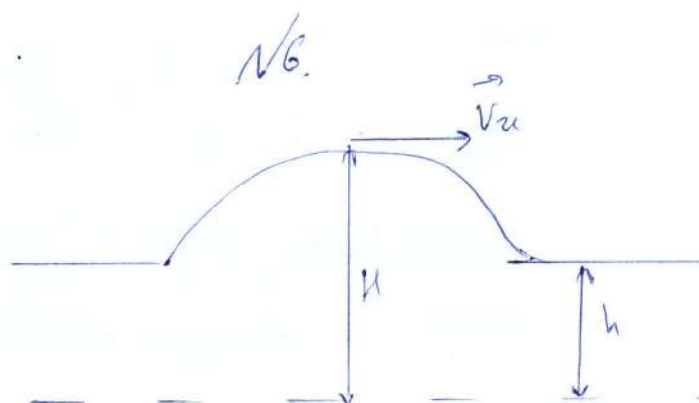
$$h = 5 \text{ м}$$

$$H = 30 \text{ м}$$

$$v_2 = 20 \text{ км/с} = v_{\min}$$

$$g = 10 \text{ км/с}^2$$

$$v_{\max} = ?$$



работаем

П.к. сопровождающая движение не, то в данной системе  
З.С. 4.

П.к. нужно, чтобы водитель в наивысшей точке  
лишь почувствовал невесомость, то скорость в верхней  
точке равна  $v_n = v_{\min} = 20 \text{ км/с}$

З.С. 7:



$$mgh + \frac{mv_n^2}{2} = mgH + \frac{mv_{\min}^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_n^2 = 2g(H-h) + v_{\min}^2$$

$$v_n = \sqrt{2g(H-h) + v_{\min}^2} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot (30-5) + 20^2} = 30 \text{ км/с}$$

Ответ: 30 км/с

Дано:

$$F_{\text{вг}} = C_y S_{\text{кр}} \frac{\rho v^2}{2}$$

$$m = 1000 \text{ кг}$$

$$V = 0,55 \text{ м}^3$$

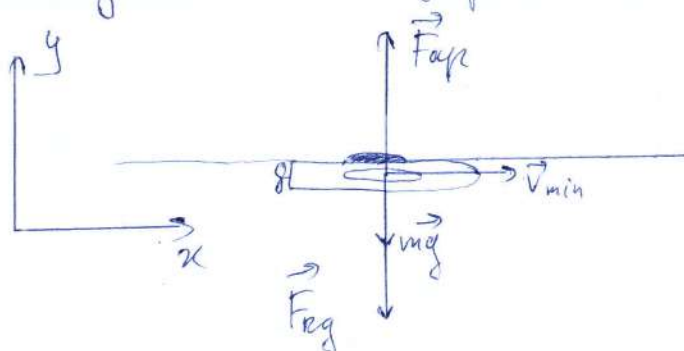
$$V_{\text{воз}} = 0,05 \text{ м}^3$$

$$S_{\text{кр}} = 0,1 \text{ м}^2$$

$$C_y = 0,8; \rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$v = ?$$

Синхронная задача



Минимальная необходимая скорость

достигается тогда, когда

$$\vec{F}_{\text{вг}} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{ар}} = 0, \text{ (из } y\text{-го ур-я получаем)}$$

где  $F_{\text{ар}} = \rho V (V - V_{\text{воз}}) g$ , т.к. при погружении воздуха вытесняет

из:

$$\rho V (V - V_{\text{воз}}) g - mg - C_y S_{\text{кр}} \frac{\rho v_{\text{min}}^2}{2} = 0$$

$$2g (\rho V (V - V_{\text{воз}}) - m)$$

20

$$F_{\text{тяж}} = mg = 1000 \cdot 10 = 10^5 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{ар}} = \rho V (V - V_{\text{воз}}) g = 1000 (0,55 - 0,05) \cdot 10 = 5000 \text{ Н.}$$

$F_{\text{тяж}} > F_{\text{ар}}$ , но по условию сказано, что аппарат и плавучий  $\Rightarrow$  противоречие.

Ответ: аппарат уже изначально тонет, невозможно.

Дано:

$\tau = 8 \text{ мин}$

$\eta = 0,2$

Не загро-  
мится ли  
пиджак?

N5

Рассмотрим промежуток  $t \in [n-1; n]$ .

На момент начала переноса, тело обладает как минимум следующей кал-вой теплоты:

$Q_0 = q C_m (t_0 - t_k)$ , где  $t_0$  - начальная температура,  
а  $t_k$  - температура замерзания.

Тогда,  $Q_{n-1} = C_m (t_{n-1} - t_k)$ .

$$\begin{aligned} Q_n &= Q_{n-1} + \eta \cdot C_m (t_k - t_{n-1}) = \\ &= C_m (t_{n-1} - t_k) (1 - \eta) = Q_{n-1} (1 - \eta) \end{aligned}$$

$Q_n = Q_{n-1} (1 - \eta)$  - рекурсивная формула

остаточной теплоты.

Стоит заметить, что эта формула может быть описана как геометрическая:

$$Q_n = Q_0 (1 - \eta)^n$$

Т.е., т.к.  $Q_0 > 0$  (0 - момент начала кристаллизации)

то соприкосновения успеет достичь соед. за 8 минут.

Ответ: успеет.

