

№ _____
экзаменационного
листа



Шифр

3613110-0426



Петрова МаАл



№ 06
варианта

37-50-30-88
(133.4)

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет физический

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА НА ОЛИМПИАДЕ ШКОЛЬНИКОВ «РОБОФЕСТ»

по физике

(указать по какому предмету)

№ группы ЦФА

ПЕТРОВА МАРГАРИТА АЛЕКСАНДРОВНА

41 место Юшков

Дата проведения Олимпиады 10.03.18

Подпись участника

Пет

Никакие другие записи на титульном листе делать не разрешается



Чистовик

Понимать

② Вопрос. $Q \sim \Delta t$ и $Q \sim \frac{1}{L} \Rightarrow Q = \frac{\Delta t}{L}$ Поток тепла (Q) через каждую из стенок двойного слоя одинаков, поэтому:

$$\frac{t_1 - t_0}{L} = \frac{t_0 - t_2}{0,5L}$$

учёт площади где? где t_0 = температура между слоями.

оценка:

(27)

$$t_1 - t_0 = 2t_0 - 2t_2$$

$$3t_0 = t_1 + 2t_2$$

$$t_0 = \frac{t_1 + 2t_2}{3} = \frac{12 + 10}{3} = \frac{22}{3} = 7\frac{1}{3}^\circ\text{C} \approx 7,3^\circ\text{C}$$

Задача.

Дано:

$$\tau = 3 \text{ мин}$$

$$\Delta t = 0,3^\circ\text{C}$$

$$t_0 = 25^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 7^\circ\text{C}$$

$$t_0' = 27^\circ\text{C}$$

$$\Delta t' = 0,5^\circ\text{C}$$

$$\tau' = ?$$

Решение:

 $P \sim \Delta t$ (где P - поток тепла)

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = \frac{0,3}{0,5} = \frac{3}{5}$$

$$x = t_{\text{нач.}}$$

$$\frac{t_0 - x}{t_0' - t_1} = \frac{\tau}{\tau'}$$

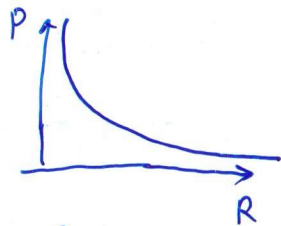
$$\frac{t_0 - x}{t_0' - t_1} = \frac{3}{5} = \frac{\Delta t}{\Delta t'}$$

$$x = \frac{\Delta t \cdot t_0' - \Delta t \cdot t_1 - \Delta t' \cdot t_0}{-\Delta t'}$$

$$\tau' = \frac{\tau(t_0' - t_1)}{t_0 - x} = \frac{\tau(t_0' - t_1)}{t_0 - \left(\frac{\Delta t \cdot t_0' - \Delta t \cdot t_1 - \Delta t' \cdot t_0}{-\Delta t'} \right)} = \frac{3 \cdot (27 - 7)}{25 - 13} = \frac{60}{12} = 5 \text{ мин}$$

Ответ: 5 мин

③ Вопрос: $\rho = \frac{U^2}{R}$; это функция вида $y = \frac{k}{x} \Rightarrow$ график - одна из ветвей гиперболы (второй кв. м.к. квадрат - положительное число)



Так схематично выглядит график зависимости ρ от R

Задача.

Дано:

$$t_1 = 25^\circ \text{C}$$

$$x_1 = 0,75$$

$$t_2 = 18^\circ \text{C}$$

$$x_2 = 0,5$$

$$t_3 = 9^\circ \text{C}$$

$$x_3 = ?$$

Решение:

$$\Delta t_1 = t_0 - t_1$$

$$U_1 = x_1 I R$$

$$\Delta t_2 = t_0 - t_2$$

$$U_2 = x_2 I R$$

$$\Delta t_3 = t_0 - t_3$$

$$U_3 = x_3 I R$$

$$\left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \Rightarrow \left(\frac{x_1}{x_2} \right)^2 = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$$

$$\left(\frac{x_2}{x_1} \right)^2 = \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} \Rightarrow t_0 = \frac{t_1 x_1 - t_2 x_2}{x_1^2 - x_2^2} = \frac{156}{5} = 31,2^\circ \text{C}$$

$$\left(\frac{x_3}{x_1} \right)^2 = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_3} \Rightarrow x_3 = \sqrt{\frac{x_1^2 \cdot \Delta t_1}{\Delta t_3}} = \sqrt{\frac{6,2 \cdot 0,75^2}{22,2}} \approx 0,4$$

Ответ: $x = 0,4$

① Вопрос. У робота (автомобиль) есть определённая мощность, а его ускорение зависит от силы реакции опоры ($N = \mu mg$; $a = \mu g$), поэтому при каком-то коэффициенте трения автомобиль не сможет разогнаться быстрее. Это есть от максимальной мощности зависит и максимальные ускорение и скорость.

Нет проскальзывания
Нет сопротивления воздуха

Задача

Дано:

$$a_{\max} = 0,32 \text{ м/с}^2$$

$$v_{\max} = 1,5 \text{ м/с}$$

$$\tilde{v}_{\max} = 3 \text{ м/с}$$

$$\tilde{a}_{\max} = ?$$

Решение:

$$F_{\text{сопр.}} = \beta v^2 \quad F_{\text{пр.}} = \gamma v$$

$$1) \quad ma = \mu mg - \beta v^2$$

$$\text{при } a = 0$$

$$\mu mg = \beta v^2$$

$$2) \quad ma = \mu mg + \gamma \tilde{v} - \beta \tilde{v}^2$$

$$\text{при } a = 0$$

$$\mu mg + \gamma \tilde{v} = \beta \tilde{v}^2$$

см. в черновике

$$\tilde{a}_{\max} = a_{\max} \cdot \frac{3}{1,5} \cdot (1 + \sqrt{2}) = 0,32 \cdot 4,8 = 1,536 \text{ м/с}^2$$

$$\text{Ответ: } \tilde{a}_{\max} = 1,536 \text{ м/с}^2$$

④ Вопрос. Поток будет быстрее изменяться во 2 случае, т.к. при уменьшении расстояния в окошко датчика будет попадать свет от большей площади светящейся панели, то есть при приближении эта площадь меняется быстрее, чем интенсивность света лампочки.

Задача.

Дано:

$$I = I_1 + I_2$$

$$I_0 = 8 \text{ мА}$$

$$I_x = 19 \text{ мА}$$

x - ?

Решение:

$$I = \frac{a}{r^2} \quad (1) \quad r_1 = r_2 = 6 \text{ м} \Rightarrow I_1 = I_2 = 4 \text{ мА} \Rightarrow a = 6 \cdot 6 \cdot 4 = 144$$

$$\frac{a_1}{36} + \frac{a_2}{36} = 8 \quad | \cdot 36$$

$$a_1 + a_2 = 288$$

x - S от 1-го датчика до лампочки

$$\frac{a_1}{x} + \frac{a_2}{12-x} = 19$$

$$\frac{a_1}{x} + \frac{288 - a_1}{12 - x} = 19$$

$$a_1 + a_2 = 288$$

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{12-x} = \frac{288}{19}$$

$$\frac{12-x+x}{12x-x^2} = \frac{288}{19}$$

$$(12x - x^2) 288 = 228 \quad | : 288$$

$$x^2 - 12x + \frac{19}{24} = 0$$

$$D = 144 - 3 = 141 \quad \sqrt{D} \approx 11,5$$

$$x_1 = \frac{12 + 11,5}{2} \approx 11,25 \text{ м}$$

$$x_2 = \frac{12 - 11,5}{2} \approx 0,25 \text{ м}$$

Ответ: робот может находиться от датчика 1 как на расстоянии около 11,25 м, так и на расстоянии $\approx 0,25$.

Примечание: вычисления сделаны с погрешностью.



Черновик

① Ответ на вопрос: у ^{автомобиль} робота определённая мощность, но его ускорение зависит также от силы реакции опоры ($N = \mu mg$; $a = \mu g$), поэтому при каком-то коэффициенте трения автомобиль не сможет разогнаться быстрее. Это есть, дело в мощности, из-за которой существует как a_{\max} , так и \tilde{v}_{\max} , которые не зависят от коэффициента трения.

Задача:

Дано: $a_{\max} = 0,32 \text{ м/с}^2$

$v_{\max} = 1,5 \text{ м/с}$

$\tilde{v}_{\max} = 3 \text{ м/с}$

$\tilde{a}_{\max} = ?$

Решение:

$F_{\text{сопр}} = \beta v^2$ $F_{\text{тяги}} = \gamma v$

1 случай, без антикрыла:

$ma = \mu mg - \beta v^2$; при $a = 0$ $\mu mg = \beta v^2$ (+)

2 случай, с антикрылом:

$ma = \mu mg + \gamma \tilde{v} - \beta \tilde{v}^2$; при $a = 0$ $\mu mg + \gamma \tilde{v} = \beta \tilde{v}^2$

и $\frac{\mu mg}{\mu mg + \gamma \tilde{v}} = \frac{\beta v^2}{\beta \tilde{v}^2}$

$\frac{v^2}{\tilde{v}^2} = \frac{\mu mg}{\mu mg + \gamma \tilde{v}} = \left(\frac{1,5}{3}\right)^2 = 0,25$

$a = \mu g$

$\frac{ma}{ma + \gamma \tilde{v}} = 0,25$

$ma = 0,25ma + 0,25\gamma \tilde{v}$

$a = \frac{0,25\gamma \tilde{v}}{0,75m} = \frac{0,25 \cdot 4}{4m} \approx 1,5 \text{ м/с}^2$

② Ответ на вопрос: Если $Q \sim \Delta t$ и $Q \sim \frac{1}{l}$, где Δt - разность температур и l - толщина стенки, то в нашем случае сквозь толстую стенку проходит в 2 раза меньше тепла, так как:

$$Q_1 = \frac{\Delta t}{l} \quad Q_2 = \frac{\Delta t}{\frac{l}{2}} = \frac{2\Delta t}{l} \Rightarrow 2Q_1 = Q_2. \text{ Составим уравнение:}$$

$$2 \cdot \left(\frac{\Delta t}{l} \right) = \frac{2\Delta t}{l}; \text{ но } t_0 \text{ - температура между слоями.}$$

Разности температур неодинаковы, а поток тепла сквозь двойной слой равен сумме потоков сквозь

каждую из этих стенок, поэтому:

$$\frac{t_1 - t_0}{l} + \frac{t_0 - t_2}{0,5l} = \frac{t_1 - t_2}{1,5l} \quad | \cdot 1,5 \quad | : l$$

$$1,5t_1 - 1,5t_0 + 3t_0 - 3t_2 = t_1 - t_2$$

$$1,5t_0 = t_1 - t_2 - 1,5t_1 + 3t_2$$

$$t_0 = \frac{2t_2 - 0,5t_1}{1,5} = \frac{2 \cdot 5 - 0,5 \cdot 12}{1,5} = \frac{4}{1,5} =$$

$$\left(\frac{0,75}{0,5}\right)^2 = \frac{10-25}{10-18} = 2,25$$

$$\frac{a}{36} + \frac{a}{36} = 8$$

$$\frac{a}{18} = 8 \quad a = 144$$

$$\frac{144}{x} + \frac{144}{12-x} = 19$$

$$\frac{144}{x} - \frac{144}{12-x} = 19$$

$$\frac{144 \cdot 12 - 144x + 144x}{12x - x^2} = 19$$

$$12 \cdot 19x - 19x^2 = 144 \cdot 12 - 144x + 144$$

$$19x^2 - 12 \cdot 19x + 144 \cdot 12 = 0$$

$$\Delta = 12 \cdot 19 \cdot 12 \cdot 19 - 4 \cdot 19 \cdot 144 \cdot 12 = 144 \cdot 19 (19 + 12 \cdot 4) \quad \sqrt{\Delta} = 12 \sqrt{19 \cdot 67}$$

$$x_1 =$$

$$\frac{a_1}{x} + \frac{288 - a_1}{12 - x} = 19$$

$$\frac{a_1}{x} + \frac{288 - a_1}{12 - x} = 19$$

$$\begin{array}{r} -288 \div 19 \\ 19 \overline{) 98} \\ \underline{95} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 12 \overline{) 108} \\ \underline{12} \\ 228 \end{array}$$

$$x^2 - 12x + 1 = 0$$

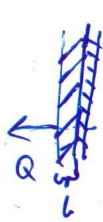
$$\Delta = 144 - 4 = 140$$

$$x_1 = \frac{12 + 11}{2} \quad 11 \quad 22 \overline{) 11}$$

$$\frac{114}{144} = \frac{57}{72} \quad x_1 = \frac{57 \div 3}{72 \div 3} = \frac{19}{24}$$

$$-0,25$$

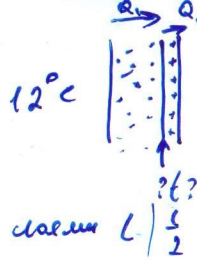
2



$$Q \sim \Delta t$$

$$Q \sim \frac{1}{L}$$

$t_0 - t$ между стеной $L/2$



$$Q = \frac{\Delta t}{L}$$

$$2Q_1 = Q_2$$

$$Q_1 = \frac{t_0 - 12}{L}$$

$$Q_2 = \frac{12 - t_0}{L}$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$12 - t_0 = 2t_0 - 12$$

$$3t_0 = 24$$

$$t_0 = 8$$

$$2Q_1 = Q_2$$

$$2 \left(\frac{t_1 - t_0}{L} \right) = \frac{t_0 - t_2}{0,5L}$$

$$\left(\frac{2t_1 - 2t_0}{L} = \frac{t_0 - t_2}{0,5L} \right) \cdot 0,5$$

$$t_1 - t_0 = t_0 - t_2$$

$$2t_0 = t_1 + t_2$$

$$t_0 = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{12 + 5}{2} = 8,5^\circ \text{C}$$

Ответ: температура между $t_0 = \frac{22}{3} = 7,33^\circ \text{C}$
 тепло будет равно среднему арифметическому температур на обеих сред.

Задача

$$\Delta t_1 = 0,3^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_2 = 0,5^\circ \text{C}$$

РАЗНИЦА ТЕМПЕРАТУР, $t_0 - t_c = 25 - t_c^\circ \text{C}$

РАЗНИЦА ТЕМПЕРАТУР, $27 - t = 20^\circ \text{C} = t_0' - t_1$

$$\frac{t_0 - t_c}{t_0' - t_1} = \frac{t_2}{t_1}$$

$$t_2 = \frac{t_1 (t_0 - t_c)}{t_0' - t_1} = \frac{3(25 - t_c)}{27 - 9} = \frac{25 - t_c}{9}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{0,3}{0,5} = \frac{3}{5}$$

$$P_2 = Q \sim \Delta t$$

$$\frac{t_0 - x}{t_0' - t_1} = \frac{3}{5}$$

$$5t_0 - 5x = 3t_0' - 3t_1 \quad x - \text{тем.}$$

$$t_0 - t_1 = \frac{t_0 - x}{t_0' - t_1}$$

$$t_2 = \frac{t_1 \left(\frac{t_0 - 3t_0' + 3t_1 - 5t_0}{-5} \right)}{t_0' - t_1}$$

$$x = \frac{3t_0' - 3t_1 - 5t_0}{-5}$$

$$= \frac{3 \left(25 - \frac{81 - 21 - 125}{-5} \right)}{27} = \frac{3 \cdot 12}{27} = \frac{4}{3} \text{ мин} = 1 \text{ мин } 20 \text{ с}$$

$$\frac{125}{-60} = \frac{65}{-5} \cdot \frac{5}{13}$$

$$\frac{5}{15}$$

$$\Delta t' t_0 - \Delta t' x = \Delta t t_0'$$

$$8,1 - 2,1 = 6$$

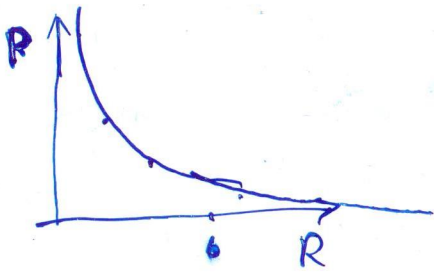
$$\frac{t_0 - x}{t_0' - t_1} = \frac{t_1}{t_2}$$

$$T_2 = \frac{t_1 (t_0' - 3t_0' - 3t_1 - 5t_0)}{-5}$$

$$T_2 = \frac{t_1 (t_0' - t_1)}{t_0 - \frac{3t_0' - 3t_1 - 5t_0}{-5}}$$

$$T_2 = \frac{3 \cdot 20}{124} = 5 \text{ мин}$$

3



$$P = I U = \frac{U^2}{R}$$

Резистор $U = 6$

P	36	18	6	1	2
R	1	2	6	36	18

$$t_0 X_1^2 - t_1 X_1 = t_0 X_2^2 - t_2 X_2$$

$$t_0 (X_1^2 - X_2^2) = t_1 X_1 - t_2 X_2$$

$$t_0 = \frac{X_1^2 - X_2^2}{\frac{t_1 X_1 - t_2 X_2}{X_1 X_2}}$$

$$t_0 = \frac{1^2 - 2^2}{\frac{1 \cdot 1 - 2 \cdot 2}{1 \cdot 2}} = \frac{-3}{\frac{-3}{2}} = 2$$

Задача.

t_0 - температурная гравитация.

$$\Delta t_1 = t_0 - t_1 = t_0 - 25$$

$$\Delta t_2 = t_0 - t_2 = t_0 - 18$$

$$\Delta t_3 = t_0 - t_3 = t_0 - 9$$

$$U = IR$$

$$U_1 = 0,75 IR$$

$$U_2 = 0,5 IR$$

$$U_3 = X IR$$

$$\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{t_0 - 25}{t_0 - 18}$$

$$\left(\frac{0,75 IR}{0,5 IR}\right)^2 = \frac{t_0 - 25}{t_0 - 18}$$

$$1,5^2 = \frac{t_0 - 25}{t_0 - 18}$$

$$x_3 = \sqrt{\frac{x_1^2 \cdot \Delta t_3}{\Delta t_1}}$$

$$\left(\frac{x_3}{x_1}\right)^2 = \frac{\Delta t_3}{\Delta t_1}$$

$$\frac{t_0 - 18}{t_0 - 25} = 2,25$$

$$2,25 t_0 - 56,25 = t_0 - 18 \Rightarrow 1,25 t_0 = 38,25 \Rightarrow t_0 = 30,6$$

$$1,25 t_0 = 38,25$$

$$t_0 = \frac{38,25}{1,25} = \frac{153}{5} = 30,6$$

$$t_0 = 30,6^\circ \text{C}$$

$$\left(\frac{x_3}{x_1}\right)^2 = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_3}$$

$$\frac{62}{222} = \frac{31}{111} \Rightarrow \frac{t_0 - 25}{t_0 - 18} = 2,25$$

$$2,25 t_0 - 40,5 = t_0 - 18 \Rightarrow 1,25 t_0 = 15,5 \Rightarrow t_0 = 12,4$$

$$t_0 = \frac{15,5}{1,25} = 12,4$$

$$\sqrt{\frac{56}{216}} = \sqrt{\frac{14 \cdot 4}{54 \cdot 4}} = \sqrt{\frac{7 \cdot 2}{27 \cdot 2}} = \sqrt{\frac{7}{27}}$$

$$\sqrt{\frac{7 \cdot 8}{27 \cdot 8}} = \sqrt{\frac{7}{27}}$$

$$x_3 = \sqrt{\frac{x_1^2 \cdot \Delta t_1}{\Delta t_3}} = \sqrt{\frac{0,75 \cdot 0,75 \cdot 5,6}{21,6}} = 0,75 \sqrt{\frac{56}{216}}$$

$$= \frac{\sqrt{7}}{4\sqrt{3}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \cdot 7 \cdot 3}{4 \cdot 27 \cdot 4}} = \sqrt{\frac{7}{48}}$$