



0 143424 320009

14-34-24-32

(62.3)



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 7 - 8

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

Олимпиада школьников Ломоносов

по Физике

Кашевой Олеся Глебовны

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

15.46

Дата

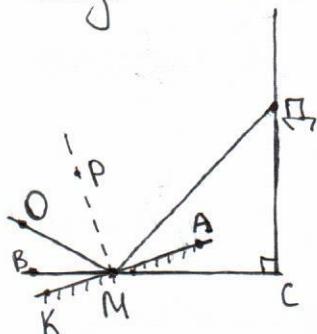
«21» ФЕВРАЛЯ 2020 года

Подпись участника

Кашев

Чистовик.

Задача 4.

Проведем  $PM \perp KA$ , т.к.  $KA$  - зеркальное $\Rightarrow \triangle MFB, C \times; \angle FCB = 90^\circ; MC = FC \Rightarrow$ 

$\Rightarrow \angle FMC = \angle MFC = 45^\circ$

Обозначим ~~угол~~ как  $B$ .По законам отражения  $\angle OMP = \angle PMF$ .т.к.  $PM \perp KA$ ,  $\angle KMP = 90^\circ \Rightarrow$ значит, ~~угол~~  $\angle KMB + \angle BMO + \angle OMP = 90^\circ$ т.к.  $\angle AMC = \angle BMC$  (как вертикальные), а  $\angle OMB$  по условию равен  $\alpha = 21^\circ$ , то  $\beta + \alpha + \angle OMP = 90^\circ \Rightarrow$ 

$\Rightarrow \angle OMP = 90 - \beta - \alpha$ .

$\angle BMO + \angle OMP + \angle PMF + \angle FMC = 180^\circ \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha + 2 \cdot (90 - \beta - \alpha) + 45 = 180^\circ \Rightarrow \alpha - 2\beta - 2\alpha + 45 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2\beta = 45 - \alpha \Rightarrow 2\beta = 45 - 21 \Rightarrow \beta = 12^\circ \Rightarrow$  угол между

зеркальным  $KA$  и горизонтом  $BC$  равен

$\angle AMC = \beta = 12^\circ$ .

**25 баллов**Ответ:  $12^\circ$ 

Задача 5.

$P = 8 \text{ кПа}$

$g = 8,92 \text{ см}^3$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

 $m = ?$ Обозначим сторону куба как  $a$ .

т.к.  $P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$ , а  $mg = a^3 \cdot g \cdot g$ , то

$P = \frac{a^3 \cdot g \cdot g}{a^2} \Rightarrow P = a \cdot gg \Rightarrow a = \frac{P}{gg}$ .

$m = a^3 \cdot g = \frac{P^3}{g^3 g^3} \cdot g = \frac{P^3}{g^2 g^3} = \frac{8 \cdot 10^9}{8,9^2 \cdot 10^9} = \frac{512}{8,9^2} =$

$= \frac{51200}{7921} \approx 6,5 \text{ кг.}$

**255**Ответ:  $6,5 \text{ кг}$

Задача 3.

Чистовик.

$$R = 16 \Omega$$

$$L = 20 \text{ см}$$

$$R_0 = 3 \Omega$$

$$x = ?$$

Сопротивление определяется по формуле

$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$ , где  $S$ -площадь сечения,  $L$ -длина,  $\rho$ -удельное сопротивление.

Т.к.  $\rho$  и  $S$  не меняются, то сопротивление зависит (пропорционально)

только от длины  $L$ . ~~тогда~~

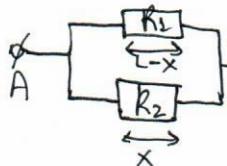
$$\cancel{R = \frac{\rho \cdot L}{S}}$$

$$\cancel{R_0 = \frac{\rho \cdot L}{S}}$$

$$\cancel{R = R_0 \cdot \frac{L}{L}} \Rightarrow \cancel{x = R_0 \cdot \cancel{\frac{L}{L}}} \cancel{R}$$

$$\cancel{x = R_0 \cdot \frac{L}{R}} \cancel{R} \cancel{R} \cancel{R} \cancel{R} \cancel{R} \cancel{R}$$

Схема соединения проводников такая:



Обозначим сопротивление проводника длиной  $x$  как  $R_2$ , а длиной

$L-x$ , как  $R_1$ . Тогда ~~по формуле~~ общее сопротивление при параллельном подключении резисторов  $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ . Так же нам известно, что

общее сопротивление при параллельном подключении резисторов  $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ .

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \Leftrightarrow \frac{\rho}{S} = \frac{R}{L}; \begin{cases} R_1 = (L-x) \cdot \frac{\rho}{S} \\ R_2 = x \cdot \frac{\rho}{S} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_1 = (L-x) \cdot \frac{R}{L} \\ R_2 = \frac{R}{L} \cdot x \end{cases}$$

Значит,  $R_0 = \frac{(L-x) \cdot \frac{R^2}{L^2} \cdot x}{\frac{R}{L}(L-x+x)} = \frac{(L-x) \frac{R}{L} \cdot x}{L}$  ~~тогда~~

$$R_0 = \frac{Lx - x^2}{L^2} \cdot R \Rightarrow \cancel{R_0 = \frac{Lx - x^2}{L^2} \cdot R}$$

$$\Rightarrow \cancel{R_0 = \frac{Lx - x^2}{L^2} \cdot R}$$

$$\Rightarrow \cancel{R_0 = \frac{Lx - x^2}{L^2} \cdot R} \Rightarrow \cancel{R_0 = \frac{Lx - x^2}{L^2} \cdot R}$$

Чистовик.

$$R_0 = \frac{Lx - x^2}{L^2} \cdot R = \frac{xR}{L} - \frac{x^2}{L^2} R.$$

$$x^2 \cdot \left(-\frac{R}{L^2}\right) + x \cdot \frac{R}{L} - R_0 = 0$$

$$\Delta = \frac{R^2}{L^2} - 4R_0 \cdot \frac{R}{L^2} = \frac{16^2}{20^2} - \frac{4 \cdot 3 \cdot 16}{20^2} = \frac{16}{25} - \frac{12}{25} = \frac{4}{25}$$

~~1~~ ~~2~~ ~~3~~

$$x_{1,2} = \frac{-\frac{4}{5} \pm \frac{2}{5}}{-2} \cdot 25 \Rightarrow$$

$$\begin{cases} x=5 \\ x=15 \end{cases}$$

Т.к нам нужно найти

наименьший  $x$ , то  $x=5$  см.

Ответ: 5 см

кег от леса  
6 дубок

24

Задача 2.

$$V = 2l$$

$$T_{A3} = -195^\circ C$$

$$T_{A3} = 242$$

$$m = 402$$

$$t_s = 0^\circ C$$

$$r = 198 \frac{\text{кал}}{\text{м}^2}$$

$$P = 0,82 \text{ кал/см}^3$$

$$\lambda = 0,33 \text{ ккал/м}^2/\text{с}$$

$$t_0 = 20^\circ C$$

$$T_n - ?$$

Обозначим за  $\alpha$  коэффициент пропорциональности скорости поступления тепла, а за  $N$ -мощность поступления тепла. Тогда тепло поступившее за время  $T$  равно  $N \cdot T$ . ~~где~~  $t$  - температура внутри сосуда.

Тогда можно составить уравнение

теплового баланса:

1. Для жидкого азота:

$$N T_{A3} = \frac{V \cdot Q \cdot r}{2} \Rightarrow J_{ad} \cdot (t_0 - T_{A3}) = \frac{V \cdot Q \cdot T}{2}$$

2. Для льда:

$$l(t_0 - t_s) \cdot T_n = m \cdot \lambda$$

Значит, поделив одно уравнение на другое, мы получим:

$$\frac{J_{A3} \cdot (t_0 - t_{A3})}{J_n \cdot (t_0 - t_s)} = \frac{V \cdot g \cdot r}{2m\lambda}$$

Выразим из этого уравнения  $J_n$ :

$$J_n \cdot (t_0 - t_s) \cdot V \cdot g \cdot r = J_{A3} \cdot (t_0 - t_{A3}) \cdot 2m\lambda$$

$$J_n = \frac{J_{A3} \cdot (t_0 - t_{A3}) \cdot 2m\lambda}{V \cdot g \cdot r \cdot (t_0 - t_s)} +$$

Подставив сюда ~~числа~~ числа, получим:

$$J_n = \frac{24 \text{ кг} \cdot 215^\circ\text{C} \cdot 2 \cdot 402 \cdot 330 \frac{\text{дис}}{2}}{2000 \text{ см}^3 \cdot 0,8 \frac{2}{\text{см}^3} \cdot 198 \cdot \frac{\text{дис}}{2} \cdot 20^\circ\text{C}} =$$

$$= \frac{3 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 43 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 11 \cdot 10 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 11 \cdot 20} \text{ кг} =$$

$$= \frac{43}{2} \text{ кг} = 21,5 \text{ кг}$$

(25)

Ответ: 21,5 кг

Черновик.

~~N · J<sub>A3</sub>~~

$$(t_0 - t_{A3}) \cdot l \cdot J_{A3} = \frac{m \cdot m_{A3}}{2} \cdot \frac{g \cdot U}{2}$$

~~$$l \cdot (t_0 - t_{A3}) \cdot J_2 = m \cdot \lambda$$~~

~~$$l \cdot (t_0 - t_0) \cdot l \cdot J_2 = m \cdot \lambda$$~~

$$\frac{l \cdot (t_0 - t_{A3}) \cdot J_{A3}}{l \cdot t_0 \cdot J_2} = \frac{198}{2m\lambda}$$

$$\frac{198}{11} \left| \begin{array}{r} 11 \\ 18 \\ -11 \\ \hline 88 \end{array} \right.$$

$$2m\lambda(t_0 - t_{A3})J_{A3} = t_0 J_2 \cdot m \cdot g \cdot U$$

$$J_2 = \frac{2m\lambda(t_0 - t_{A3})J_{A3}}{t_0 \cdot g \cdot U} = \frac{2000}{20 \cdot 198 \cdot 2000 \cdot 0,8}$$

$$\frac{40}{100\%} = 0,04$$

$$\frac{198}{18} \left| \begin{array}{r} 2 \\ 18 \\ -18 \\ \hline 0 \end{array} \right.$$

$$\frac{20}{20} \left| \begin{array}{r} 5 \\ 43 \\ -20 \\ \hline 23 \end{array} \right. = \frac{2 \cdot 40 \cdot 330 \cdot 215 \cdot 24}{20 \cdot 198 \cdot 2000 \cdot 0,8} =$$

$$198 + 20 = 218$$

$$\frac{2}{2000 \cdot 8} = \frac{4 \cdot 330 \cdot 215 \cdot 24}{1600 \cdot 198} =$$

$$= \frac{18 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 13 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 2}{4 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 8} = \frac{11}{4 \cdot 4 \cdot 1000}$$

$$\frac{24 \cdot 215 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 330}{0,8 \cdot 2000 \cdot 198 \cdot 20} =$$

~~$$= \frac{2}{5} = 0,4 \text{ часа}$$~~

$$= \frac{3 \cdot 8 \cdot 43 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 3 \cdot 10}{8 \cdot 200 \cdot 198} = \frac{43}{8 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 2}$$

## Черновик.

$$x^2 \cdot \left(\frac{R}{L}\right) + xR - R_0 = 0$$

~~$$x^2 \cdot \left(-\frac{16}{20}\right) + x \cdot 16 - 3 = 0$$~~

~~$$-\frac{4}{5}x^2 + 16x - 3 = 0$$~~

$$\begin{array}{r} +3 \\ \cancel{16} \\ \cancel{16} \\ + \cancel{96} \\ \hline 16 \\ \hline 256 \end{array}$$

~~$$\Delta = \cancel{16^2} - 4 \cdot 3 \cdot \frac{4}{5}$$~~

$$256 - \frac{48}{5} = \frac{1232}{5}$$

$$16 \cdot 3 = 30 + 18 = 48$$

$$\begin{array}{r} +3 \\ \cancel{256} \\ \cancel{256} \\ - \cancel{5} \\ \hline 1280 \\ \hline 1232 \end{array}$$

~~$$\frac{R \pm \sqrt{R^2 - 4 \cdot R_0 \cdot \frac{R}{L}}}{-2 \frac{R}{L}}$$~~

~~$$\frac{(L-x) \cdot d \cdot d \cdot x}{d(L-x+x)} = \frac{(Lx - x^2)d}{d \cdot L}$$~~

$$\frac{Lx - x^2}{L} = x \cancel{\frac{x^2}{L}} \cdot \cancel{\frac{d}{L}} = \cancel{x} \frac{\cancel{x^2}}{\cancel{L}} = \cancel{x} \frac{\cancel{x}}{\cancel{L}}$$

$$x^2 \cdot \left(\frac{R}{L^2}\right) + x \cdot \frac{R}{L} - R_0 = 0$$

$$a = -\frac{16}{20^2} = -\frac{1}{25} \quad D = \frac{16^2}{20^2} - 4 \cdot 3 \cdot \frac{16}{20^2} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 44}{44 \cdot 5 \cdot 5} - \frac{4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4}{44 \cdot 5 \cdot 5} =$$

$$x_{1,2} = \frac{-\frac{16}{20} \pm \frac{4}{5}}{-2} \cdot 25 =$$

$$= \frac{44}{5 \cdot 5} - \frac{4 \cdot 3}{5 \cdot 5} = \frac{16 - 12}{25} = \frac{4}{25}$$

$$\frac{16}{20} = \frac{4}{5}$$

Черновик.

№1.



$$\alpha^2 \cdot P = mg$$

$$\alpha^2 P = \alpha^3 \cdot g \cdot g$$

$$\alpha = \frac{P}{gg} = \frac{8000}{8900 \cdot 10} = \frac{8}{89}$$

$$mg = 10 \cdot \frac{8^3}{89^3} \cdot 8900 = \frac{10 \cdot 8^3 \cdot 100}{89^2}$$

$$\begin{array}{r} +7 \\ \times 8 \\ \hline 89 \\ \cdot 89 \\ \hline 801 \\ \begin{array}{r} +7 \\ \times 12 \\ \hline 712 \\ \hline 7921 \end{array} \end{array}$$

$$= \frac{64 \cdot 8^2}{89^2} \cdot N_{\text{норм}} = 2 \cdot S. = 15$$

$$m = \alpha^3 \cdot g =$$

$$= \frac{P^3}{g^2 g^3} \cdot g^3 =$$

$$\frac{36}{10} \cdot 25 =$$

$$\frac{P^3}{g^2 g^3} \cdot \frac{8 \cdot 10^8}{8,9 \cdot 10^6 \cdot 10^3} =$$

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\alpha^3 \cdot g \cdot g}{\alpha^2} = \frac{gg}{\alpha} =$$

$$m = \alpha^3 g = \frac{P^3}{g^2 g^3} = \frac{(8 \cdot 10^8)^3}{(8,9 \cdot 10^6) \cdot 10^3} \Rightarrow \alpha = \frac{P}{gg}$$

$$= \frac{8 \cdot 10^8}{8,9 \cdot 10^6 \cdot 10^3} = \frac{8^3}{8,9^2} = \frac{512}{79,21} = \frac{51200}{7921} = \frac{2}{10} \cdot 25 =$$

$$\begin{array}{r} 36740 \\ -31684 \\ \hline 50560 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36740 \\ -31684 \\ \hline 50560 \\ \begin{array}{r} +7 \\ \times 8 \\ \hline 801 \\ \begin{array}{r} +7 \\ \times 12 \\ \hline 712 \\ \hline 7921 \end{array} \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 51200 \\ -47526 \\ \hline 648 \\ \begin{array}{r} +7 \\ \times 3 \\ \hline 21 \\ \hline 648 \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3674 \\ -3674 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7921 \\ \cdot 6 \\ \hline 7921 \end{array}$$

$$R = \frac{gl}{s}$$

$$\begin{array}{l} s = \text{const} \\ g = \text{const} \end{array}$$

$$R_0 = 1652$$

$$R_0 = 3$$

$$\underline{2 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 13 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 3}$$

$$\underline{2 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 11 \cdot 20}$$

$$= \frac{80}{5} =$$

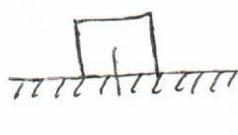
## Черновик.

№1

$$p = 8 \text{ кПа}$$

$$\rho = 8,92 \text{ г/см}^3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

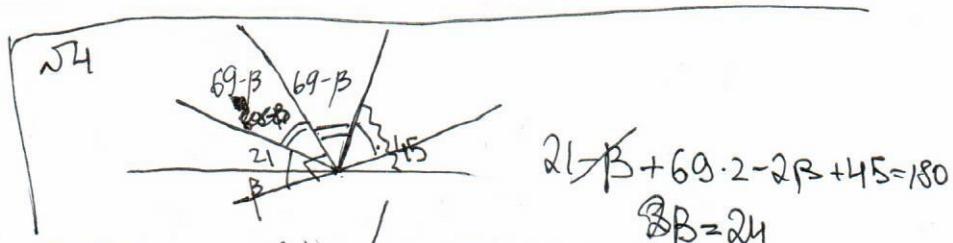


№2

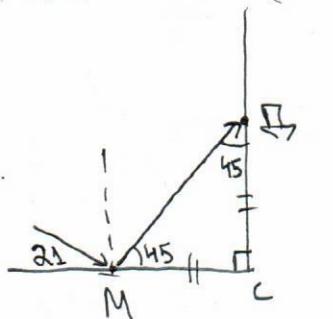
$$V = 2 \text{ л}$$

$$t_{A3} = -195^\circ\text{C}$$

$$T_{A3} = 24 \text{ кг}$$



№4



$$69 + 69 + 21 + 45 =$$

$$\alpha = 21 \\ \beta = 45 - 21 = 24^\circ$$

$$21 - \beta + 69 \cdot 2 - 2\beta + 45 = 180$$

$$8\beta = 24$$

$$\beta = 3$$

$$90 - 21 = 69$$

$$69 \cdot 2 = 138$$

$$21 + 138 + 45 = 159 + 45 = \\ = 190 + 14 = 204$$

$$69 - \beta$$

$$90 - (21 - \beta) - 2$$

$$90 - 21 - \beta = 69 - \beta$$

