



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Азнагулов Мурад Ильгамович**

Класс: 9

Технический балл: **100**

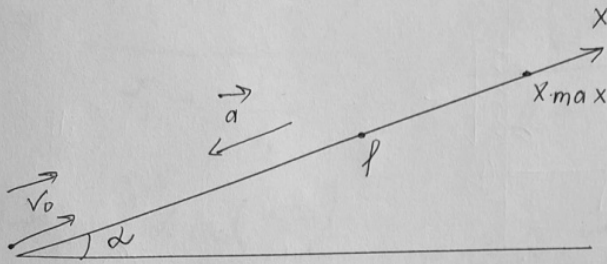
Дата проведения: 24 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9136394

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	25	25	25	25	<b><i>100</i></b>
Вопрос					

N 1

Чисто вик



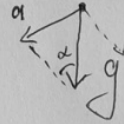
$$l = 0,6 \text{ м}$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$t_2 = 2 \text{ с}$$

$$v_0 = ?$$

1. Угол между накл. доской и горизонтом =  $\alpha$
2. На шарик будет действовать ускорение  $\vec{a}$   
( $|\vec{a}| = g \cdot \sin \alpha = \text{const}$ )



$$3. x = v_0 t - \frac{at^2}{2}, \text{ тогда}$$

$$\begin{cases} l = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} & (1) \\ l = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2} & (2) \end{cases}$$

$$4. \text{ Выразим } a \text{ из (1): } a = \frac{2(v_0 t_1 - l)}{t_1^2} - u$$

подставим во (2):

$$l = v_0 t_2 - \frac{2(v_0 t_1 - l)t_2^2}{t_1^2} \Leftrightarrow$$

$$v_0 t_2 - \frac{v_0 t_2^2}{t_1} + \frac{2l t_2^2}{t_1^2} = l$$

①

$$v_0 \left( t_2 - \frac{t_2^2}{t_1} \right) = f \left( 1 - \frac{t_2^2}{t_1^2} \right)$$

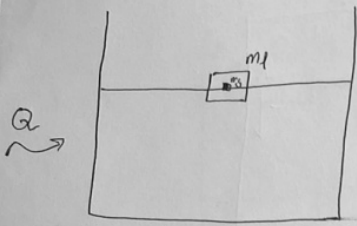
$$v_0 = \frac{f \left( 1 - \frac{t_2^2}{t_1^2} \right)}{t_2 - \frac{t_2^2}{t_1}} = \frac{0,6 \left( 1 - \frac{4}{1} \right)}{2 - \frac{4}{1}} =$$

$$= \frac{0,3 \cdot 0,6 \cdot (1-4)}{(1-2)} = 0,9 \text{ м/с}$$

Ответ:  $v_0 = 0,9 \text{ м/с}$ .

№2

Чистовик

 $Q_{min} - ?$ 

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

$$m_1 = 0,1 \text{ кг}$$

$$m_g = 0,005 \text{ кг}$$

$$\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_l = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$\lambda_l = 340 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$$V_g \ll V_l$$

Решение:

1. Рассмотрим условия, при которых лед и пробирка начинают тонуть:

$$F_A < (m_1 + m_g)g$$

$$\rho_v V_l < \rho_l V_l + m_g$$

$$V_l < \frac{m_g}{\rho_v - \rho_l}$$

2. Теперь найдем объем льда в начале:

$$V_{l_0} = \frac{m_1}{\rho_l}; \text{ (проверим } V_{l_0} > V_l)$$

Т.е. кол-во теплоты  $Q$ , которое необходимо передать телу равно:

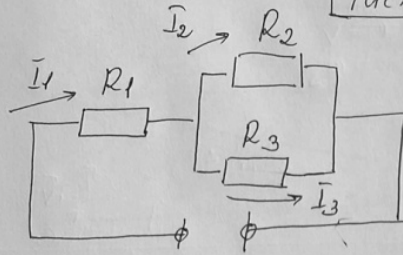
$$Q > \left(m_1 - \frac{m_g}{\rho_v - \rho_l} \rho_l\right) \lambda_l$$

$$\lambda_l \left(m_1 - \frac{m_g}{\rho_v - \rho_l} \rho_l\right) = 340 \cdot 10^3 \cdot \left(0,1 - \frac{0,005}{100} \cdot 900\right) =$$

$$\text{Ответ: } Q_{min} \approx 18700 \text{ Дж} \quad \text{③} \quad 18700 \text{ Дж, т.е. } Q > 18700 \text{ Дж}$$

№3

Чистовик



$$R_1 = 1 \text{ Ом} ; N_1 = 25 \text{ Вт}$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом} ; N_2 = ?$$

$$R_3 = 3 \text{ Ом}$$

Решение:  $\bar{I} = \frac{U}{R}$

$$N = \bar{I} U = \bar{I}^2 R$$

$$N_1 = \bar{I}_1^2 \cdot R_1 ; \bar{I}_1 = \sqrt{N_1 / R_1}$$

$$\bar{I}_2 + \bar{I}_3 = \bar{I}_1, U_2 = U_3 \text{ (резисторы } R_2 \text{ и } R_3 \text{ параллельны)}$$

$$\left. \begin{array}{l} U_2 = \bar{I}_2 R_2 \\ U_3 = \bar{I}_3 R_3 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \underline{\bar{I}_2 R_2 = \bar{I}_3 R_3}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_3 = \frac{\bar{I}_2 R_2}{R_3} \\ \bar{I}_3 = \bar{I}_1 - \bar{I}_2 \end{array} \right. \Leftrightarrow$$

$$\bar{I}_1 - \bar{I}_2 = \frac{\bar{I}_2 R_2}{R_3}$$

$$\bar{I}_2 (R_2 + R_3) = \bar{I}_1 R_3$$

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{I}_1 R_3}{R_2 + R_3} =$$

$$= \sqrt{\frac{N_1}{R_1}} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3};$$

$$N_2 = \bar{I}_2^2 \cdot R_2 = \frac{N_1}{R_1} \cdot \frac{R_3^2}{(R_2 + R_3)^2} \cdot R_2 = \frac{25 \text{ Вт}}{1 \text{ Ом}} \cdot \frac{9 \text{ Ом}^2}{(2+3)^2 \text{ Ом}^2} \cdot 2 \text{ Ом}$$

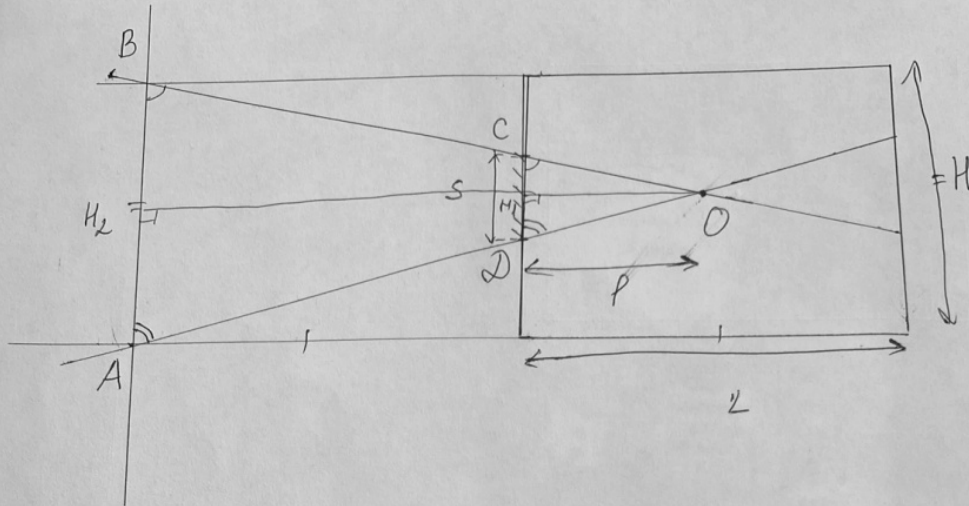
$$= \frac{25 \cdot 9 \cdot 2}{25} = 18 \text{ Вт}$$

ответ: 18 Вт

(4)

№4

Чистовик



$$\left. \begin{array}{l} H = 3 \text{ м} \\ L = 5 \text{ м} \\ l = 2 \text{ м} \end{array} \right\} s = ?$$

Решение:

1. Построим лишнее изображение при съемке (отч. точки O)
2. Рассмотрим подобные треугольники: AOB и COD (по двум углам:  $AB \parallel CD$ )

$$\frac{CD}{AB} = \frac{OH_1}{OH_2}, \text{ т.е.}$$

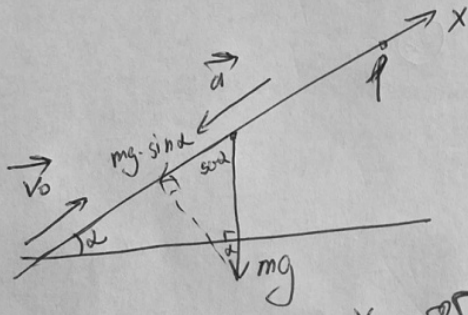
$$\frac{s}{H} = \frac{l}{L+l}; \quad s = \frac{l}{L+l} \cdot H = \frac{2}{5+2} \cdot 3 \text{ м} =$$

$$= \frac{6}{7} \text{ м}$$

Ответ:  $\frac{6}{7}$  м.

(5)

Чертавик

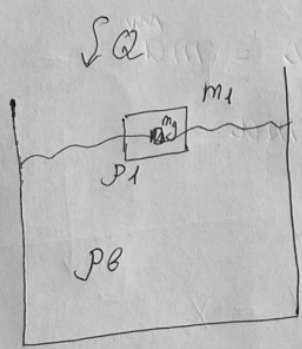
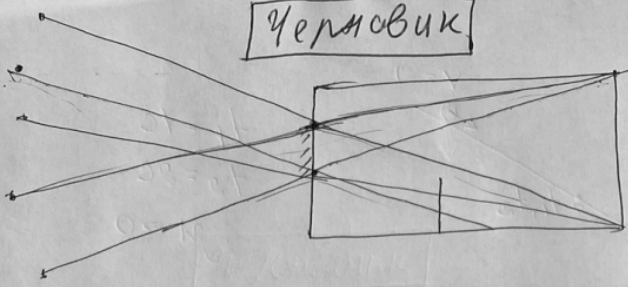


$$a = g \cdot \sin \alpha$$

$$x = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$$



Черновик



$t_0 = 0^\circ\text{C}$   
 $c_в$   
 $\lambda_{11} = 340 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$   
 $\rho_1 = 0,9 \text{ г/см}^3$

$v_g \rightarrow 0$

$$F_A = \rho_2 g V_1$$

$m_1$

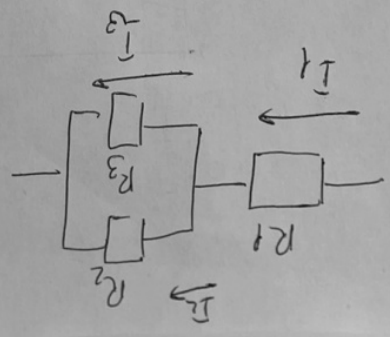
$$\rho_2 g V_1 = (m_1 + m_g) g$$

$$\rho_2 V_1 \leq m_1 + m_g$$

$$V_1 (\rho_2 - \rho_1) < m_g$$

$$Q = V_1 \rho_1 \lambda_1$$

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 + I_3 = I_4 \\ I_2 R_2 &= I_3 R_3 \\ \frac{I_2}{I_3} &= \frac{R_3}{R_2} \end{aligned}$$



$$\frac{1}{10} - \frac{9.5 \cdot 10^{-2} \text{ (Черновик)}}{1000} = \frac{1 - 45 \cdot 10^{-2}}{10}$$

$$\frac{340 \cdot 2x}{2 \cdot 1} = 1000$$

$$\frac{1 - 0,45}{10} \cdot 340 \cdot 10^3$$

$$0,55 \cdot \frac{55}{100} \cdot 34 \cdot 10^2$$

$$\begin{array}{r} 1 \quad 2 \quad 100 \\ \times 55 \\ \hline 55 \\ 220 \\ \hline 165 \\ \hline 1870 \end{array} \quad 18700$$

$$340 \cdot 10^2 - 340 \cdot 5$$

$$340 \left( \frac{100 - 5}{05} \right)$$

$$\frac{100 - 45}{55} \cdot 340$$

$$\begin{array}{r} 3 \quad 2 \\ \times 340 \\ \hline 1360 \\ \times 95 \\ \hline 1700 \\ \hline 306 \\ \hline 42300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \quad ? \\ \times 340 \\ \hline 1700 \\ 170 \\ \hline 18700 \end{array} \quad 18700$$

$$\boxed{340 \cdot 10^2 \cdot \frac{000}{10}} \cdot \frac{000}{10}$$

$$V_1 < 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

$$Q_2 < 240 \cdot 10^3 \cdot 900 \cdot 5 \cdot 10^{-5}$$

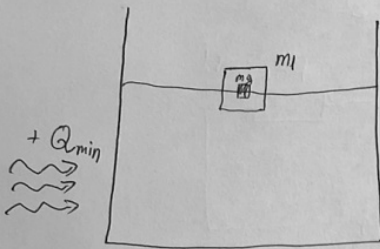
$$Q_{\text{ж}} > \rho \cdot V_1 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot e$$

$$V_1 < \frac{100}{9005} \text{ м}^3$$

← ⇒ 2.4 и 7.4

N 2

Черновик

 $Q_{\min} = ?$ 

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

$$m_l = 0,1 \text{ кг}$$

$$m_g = 0,005 \text{ кг}$$

$$\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_l = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$\lambda_l = 340 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

$$V_g \ll V_l$$

Решение:

1. Рассмотрим условия, при которых кусок льда и дробишка начали тонуть:

$$F_A < (m_l + m_g)g$$

$$\rho_v g V_l < (m_l + m_g)g$$

$$\rho_v V_l < \rho_l V_l + m_g$$

$$V_l (\rho_v - \rho_l) < m_g$$

$$V_l < \frac{m_g}{\rho_v - \rho_l}$$

2. Если бы мы передали нек-ое количество теплоты  $Q$ :

$$Q_{\text{нуж}} = c_v m_v (t_k - 0) + m_l \lambda_l + c_v m_l (t_k - 0)$$

Но  $Q = \min$ , поэтому

$$Q_{\min} \leq \lambda_l \rho_l V_l$$

$$V_l \geq \frac{Q}{\lambda_l \rho_l}$$