



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Екибаев Дамир Рустемович**

Класс: 9

Технический балл: **99**

Дата проведения: 24 февраля 2022 года

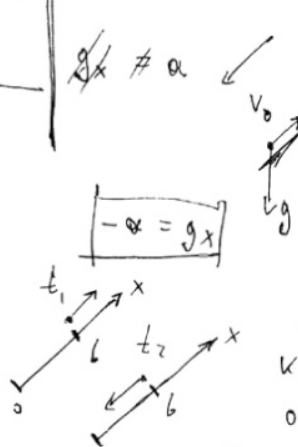
ШИФР РАБОТЫ 9276974

	1	2	3	4	Σ
Задача	25	25	25	24	99
Вопрос					

Числовик 1

1. $t_1 = 1e, t_2 = 2e$
 $b = 0,6M$
 $v_0 = ?$

Возьмем ось x вдоль н.к.л. плоск.



проекц. уек. в. пою. на данную ось < 0 поэтому ур. в.н.

ур. тела:

$$x(t) = v_{0x}t + a_x \frac{t^2}{2} = v_0 t - \frac{g_x t^2}{2}$$

коорд. в 2-х момент. врем. окказ. одинаковыми:

Решаем. елст. $x-x$ ур. в.:

$$\begin{cases} x_1(t) = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = b & (1) \\ x_2(t) = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = b & (2) \end{cases}$$

$$a = \frac{-b + v_0 t_1}{t_1^2} = \frac{-b + v_0 t_2}{t_2^2} \Rightarrow$$

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

находим $v_0 \rightarrow v_0 = b \frac{1 - \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2}{t_1 - \frac{t_1^2}{t_2}} = \frac{0,6M}{e} \frac{1 - \frac{1}{4}}{1 - \frac{1}{2}} =$

Ответ: $v_0 = 0,9 \frac{M}{e} = \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{2} \frac{M}{e} = \frac{9}{10} \frac{M}{e} = 0,9 \frac{M}{e}$

2. $t_0 = 0^\circ C, m_\lambda = 100g$
 $m_j = 5g, \rho_B = 1 \frac{g}{cm^3}$
 $\rho_\lambda = 0,9 \frac{g}{cm^3}, \lambda = 340 \frac{D_{ж}}{г}$
 $Q_{min} = ?$

$V_g \ll V_\lambda \rightarrow$

Условие ~~поплавания~~ для начала тонения:

$$(1) (m_j' + m_\lambda') g \leq F_A' = \rho_B (V_\lambda' + V_j') g$$

время претрем. объем. гроб.:

$$(m_j' + m_\lambda') \leq \rho_B V_\lambda'$$

$m_\lambda' = m_\lambda - \Delta m_\lambda$
 конеч. масса льда.

$m_j' = m_j$
 будем емит. что при min Q гроб. не расплавилась.

Задача 2

2. (продолжение)

уравн. теплоты: $Q = \Delta m_{\lambda} \lambda$ - лед при 0°C , поэтому сразу
 считает таять.

$$\Delta m_{\lambda} = \frac{Q}{\lambda}$$

по условию:

$$m_{\text{г}} + (m_{\lambda} - \Delta m_{\lambda}) \leq \rho_{\text{в}} V_{\lambda}^{\text{I}}$$

$$V_{\lambda}^{\text{I}} = \frac{m_{\lambda}^{\text{I}}}{\rho_{\lambda}} = \frac{m_{\lambda} - \Delta m_{\lambda}}{\rho_{\lambda}} \text{ - объем льда (конеч.)}$$

$$m_{\text{г}} + \left(m_{\lambda} - \frac{Q}{\lambda}\right) \leq \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\lambda}} (m_{\lambda} - \Delta m_{\lambda}) \Rightarrow$$

$$m_{\text{г}} + \left(m_{\lambda} - \frac{Q}{\lambda}\right) \leq \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\lambda}} \left(m_{\lambda} - \frac{Q}{\lambda}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{Q}{\lambda} \left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\lambda}} - 1\right) \leq m_{\lambda} \left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\lambda}} - 1\right) - m_{\text{г}}$$

$$Q \leq \frac{\lambda \left(m_{\lambda} \left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\lambda}} - 1\right) - m_{\text{г}}\right)}{\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\lambda}} - 1}$$

миним. тепл.: $Q_{\text{min}} = \frac{\lambda \left(m_{\lambda} \left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\lambda}} - 1\right) - m_{\text{г}}\right)}{\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\lambda}} - 1}$

$$Q_{\text{min}} = \frac{340 \frac{\text{Дж}}{\text{г}} \left(100 \text{ г} \left(\frac{1}{0,9} - 1\right) - 5 \text{ г}\right)}{\frac{1}{0,9} - 1} =$$

$$= 340 \frac{100 \left(\frac{10}{9} - 1\right) - 5}{\frac{10}{9} - 1} \text{ Дж} =$$

$$= 340 \frac{100 \left(\frac{1}{9}\right) - 5}{\frac{1}{9}} \text{ Дж} = 340 (100 - 45) \text{ Дж} =$$

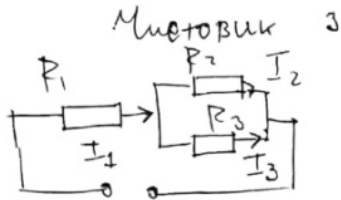
$$= 340 \cdot 55 \text{ Дж} =$$

$$= \underline{\underline{18700 \text{ Дж}}}$$

Ответ:

$$\underline{\underline{Q_{\text{min}} = 18700 \text{ Дж}}}$$

3.



Методик 3

$$R_1 = 1 \text{ Ом}, R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 2 \text{ Ом}, N_1 = 25 \text{ Вт}$$

$$N_2 = ?$$

R_2 и R_3 соединены параллельно. $\therefore (1) I_2 R_2 = I_3 R_3 \Rightarrow I_3 = I_2 \left(\frac{R_2}{R_3} \right)$

закон Кирхгофа: $(2) I_1 = I_2 + I_3$

определение мощности: $(3) N = I^2 R \Rightarrow N_1 = I_1^2 R_1$

$(4) N_2 = I_2^2 R_2$

Решим сист. из 4-х уравн.:

$$I_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}}, \quad I_2 = \sqrt{\frac{N_2}{R_2}} \Rightarrow$$

$$\sqrt{\frac{N_1}{R_1}} = \sqrt{\frac{N_2}{R_2}} + \sqrt{\frac{N_2}{R_2} \left(\frac{R_2}{R_3} \right)} = \left(\sqrt{\frac{N_2}{R_2}} \right) \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right)$$

$$\frac{N_1}{R_1} = \frac{N_2}{R_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right)^2 \Rightarrow N_2 = N_1 \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{\left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right)^2}$$

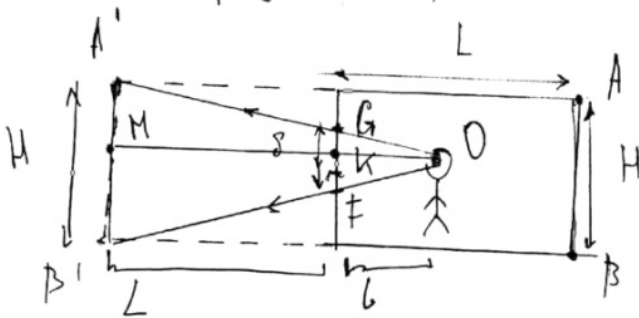
$$N_2 = 25 \text{ Вт} \frac{2}{1} \frac{1}{\left(1 + \frac{2}{2} \right)^2} = 50 \cdot \frac{1}{\left(\frac{5}{3} \right)^2} \text{ Вт} =$$

Ответ: $N_2 = 18 \text{ Вт}$.

$$= 50 \cdot \frac{9}{25} \text{ Вт} = 18 \text{ Вт}$$

4.

Нарисуем ход лучей.



$H = 3 \text{ м}, L = 5 \text{ м}$
 $b = 2 \text{ м}$

$s = ?$ (min)

A', B' - изобр. точек.
 A, B .

Получим подобные треугольники ($\triangle A'O B'$) и ($\triangle GOF$)

из которых получим пропорции:

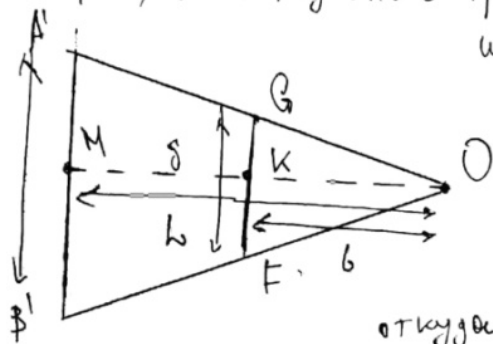
$$\frac{GF}{A'B'} = \frac{OK}{OM} \Rightarrow$$

$$\frac{s}{H} = \frac{b}{L}$$

откуда: $s = H \frac{b}{L} = 3 \cdot \left(\frac{2}{5} \right) \text{ м} = 1,2 \text{ м}$

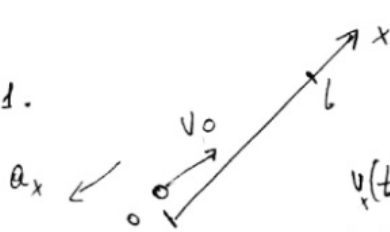
Ответ: $s = 1,2 \text{ м}$

H



Черновик 1

1.

 t_1, t_2, l $v_0 - ?$ $a_x = -a$ $t_1 = 1c, t_2 = 2c$ $l = 0,1 \text{ м}$

$$v(t) = v_0 - at$$

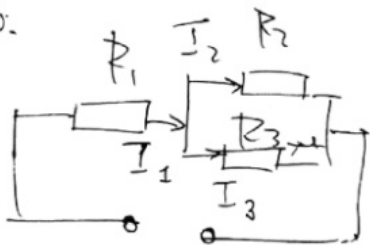
$$x(t) = v_0 t - \frac{at^2}{2} \Rightarrow$$

$$(1) \quad l = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} \Rightarrow$$

$$(2) \quad l = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2}$$

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

3.



$$P_1 = I_1^2 R_1, \quad P_2 = I_2^2 R_2, \quad P_3 = I_3^2 R_3, \quad N_1 = I_1^2 R_1$$

$$(1) \quad I_1 = I_2 + I_3$$

$$(2) \quad I_2 R_2 = I_3 R_3$$

$$(I_1 - I_2) R_3 = I_2 R_2$$

$$I_2 = \frac{I_1 R_3}{R_2 + R_3} \Rightarrow N_2 = \left(\frac{I_1 R_3}{R_2 + R_3} \right)^2 R_2 = \frac{I_1^2 R_3^2}{(R_2 + R_3)^2} R_2$$

$$I_1^2 = \frac{N_1}{R_1} \Rightarrow$$

$$N_2 = \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right)^2 R_2 \frac{N_1}{R_1}$$

$$N_2 = \left(\frac{3}{5} \right)^2 50 \text{ Вт} = 18 \text{ Вт}$$

$$N_1 = 25 \text{ Вт}$$

$$R_1 = 1 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 3 \text{ Ом}$$

$$(v_0 t_1 - l) t_2^2 = (v_0 t_2 - l) t_1^2$$

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

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

$$= \frac{1c + 2c}{2c^2} \cdot 0,1 \text{ м} =$$

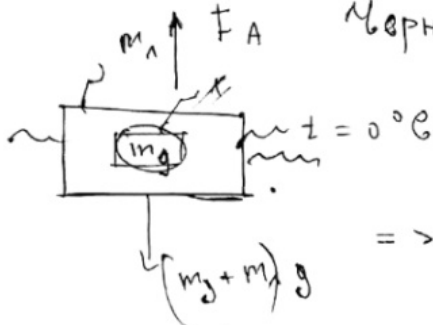
$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{5} \text{ м/с} = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$(3) \quad N_1 = I_1^2 R_1$$

$$(4) \quad N_2 = I_2^2 R_2 \neq$$

λ

2.

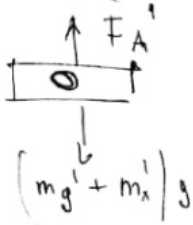


Черновик 2

Q - ? (min)

 $J_B, J_A, \lambda, m_g, m_\lambda$

$$\Rightarrow (m_g + m_\lambda)g = F_A \text{ (мод.р.) (1)}$$



$$(m_g' + m_\lambda')g \geq F_A'$$

$$t_A' = J_B \left(\frac{m_\lambda}{J_A} \right) g \neq m$$

$$Q = \cancel{e} t + \lambda m \Rightarrow$$

$$Q_{\min} = \lambda \Delta m_\lambda \Rightarrow \Delta m_\lambda = \frac{Q_{\min}}{\lambda}$$

$$m_\lambda' = m_\lambda - \Delta m_\lambda = m_\lambda - \frac{Q_{\min}}{\lambda} \neq m$$

$$F_A' = J_B (V_A' + V_g')g = J_B \left(\frac{m_\lambda'}{J_A} + \frac{m_g'}{J_g} \right) g \Rightarrow$$

$$(m_g' + m_\lambda')g = (m_g + (m_\lambda - \Delta m_\lambda))g \neq m$$

$$(m_g + (m_\lambda - \Delta m_\lambda))g \geq J_B \left(\frac{m_\lambda'}{J_A} + \frac{m_g'}{J_g} \right)g$$

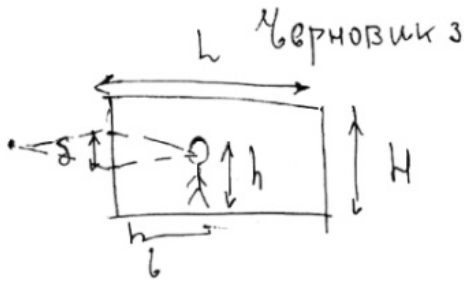
$$m_g + (m_\lambda - \frac{Q_{\min}}{\lambda}) \geq \frac{J_B}{J_A} (m_\lambda - \frac{Q_{\min}}{\lambda}) + \frac{m_g}{J_g} J_B (2)$$

$$(m_g + m_\lambda)g = J_B \left(\frac{J m_\lambda}{J_A} + \frac{m_g}{J_g} \right)g \quad (1)$$

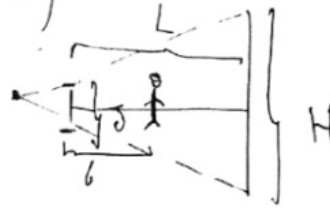
$$m_g \left(1 - \frac{J_B}{J_g} \right) = m_\lambda \left(\frac{J_B}{J_A} - 1 \right) \quad (1')$$

$$\cancel{m_g} + (m_\lambda - \frac{Q_{\min}}{\lambda}) + m_g \left(1 - \frac{J_B}{J_g} \right) = \frac{J_B}{J_A} (m_\lambda - \frac{Q_{\min}}{\lambda})$$

$$m_g \left(1 - \frac{J_B}{J_g} \right) = \left(m_\lambda - \frac{Q_{\min}}{\lambda} \right) \left(\frac{J_B}{J_A} - 1 \right)$$



$\delta - ? (\text{min})$



2. $V_g \ll V_A \Rightarrow$

топ.: $(m_g + m_A)g \geq m_A \rho_B (V_A + V_g)g \Rightarrow$

$Q = \lambda \Delta m_A \Rightarrow$
 $\Delta m_A = \frac{Q}{\lambda}$

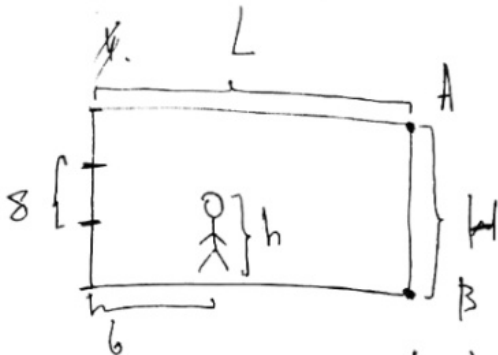
$m_g + (m_A - \Delta m_A) \geq \rho_B \frac{m_A - \Delta m_A}{\rho_A} \Rightarrow$

$\Delta m_A \left(\frac{\rho_B}{\rho_A} - 1 \right) \geq m_A \left(\frac{\rho_B}{\rho_A} - 1 \right) - m_g$

$\frac{Q}{\lambda} = \Delta m_A \geq \frac{m_A \left(\frac{\rho_B}{\rho_A} - 1 \right) - m_g}{\frac{\rho_B}{\rho_A} - 1} \neq \frac{Q}{\lambda}$

$Q_{\text{min}} = \frac{m_A \left(\frac{\rho_B}{\rho_A} - 1 \right) - m_g}{\left(\frac{\rho_B}{\rho_A} - 1 \right)} \lambda =$

4.



$= \frac{100 \left(\frac{1}{0,9} - 1 \right) - 5}{\frac{1}{0,9} - 1} \cdot 340 \text{ Вт} =$

$= \frac{100 \left(\frac{10}{9} - 1 \right) - 5}{\frac{10}{9} - 1} \cdot 340 \text{ Вт} =$

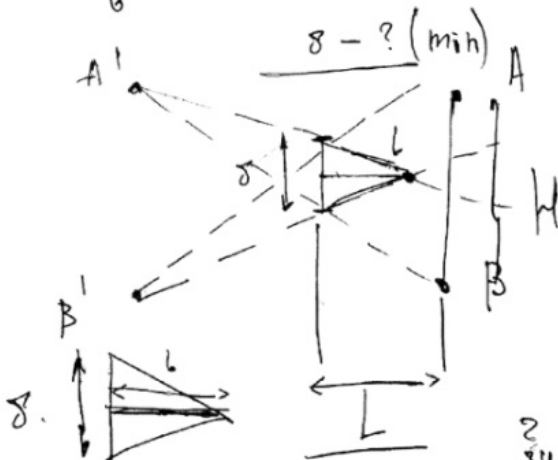
$= \frac{100 - \frac{1}{9} - 5}{\frac{1}{9}} \cdot 340 \text{ Вт} =$

$= (100 - 45) \cdot 340 \text{ Вт} =$
 $= 55 \cdot 340 \text{ Вт} =$

$= 10 \cdot 34 (50 + 5) =$

$= 10 (1400 + 170) =$

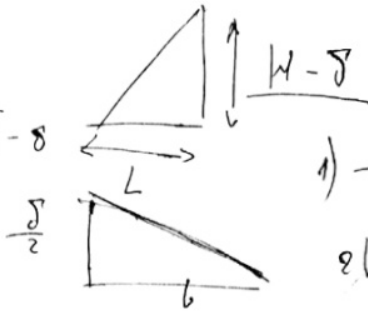
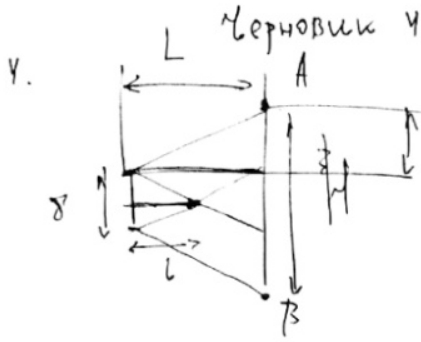
$= 18400 \text{ Вт}$



2
 34
 x 55

 140
 140

 1840



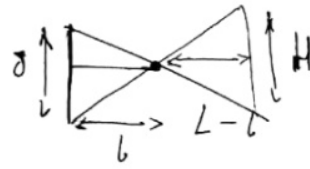
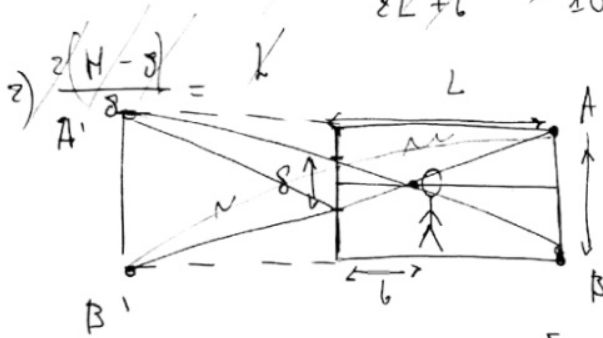
$$1) \frac{H - \delta}{b} = \frac{\delta}{2L} \Rightarrow$$

$$2L(H - \delta) = b\delta \Rightarrow$$

$$\delta = \frac{2LH}{b + 2L}$$

$$2L(H - \delta) = b\delta$$

$$\delta = \frac{2LH}{2L + b} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 3}{10 + 2} \quad H = \frac{30}{12} H = \frac{15}{6} H = 2,5 H$$



$$\frac{\delta}{H} = \frac{L}{b} \Rightarrow \delta = \left(\frac{b}{L}\right)H = \frac{2}{5} \cdot 3 = 1,2 H$$

