



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Редина Александра Сергеевна**

Класс: 9

Технический балл: **100**

Дата проведения: 24 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9189458

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

## Числовик

 $\sqrt{1}$ 

Дано:

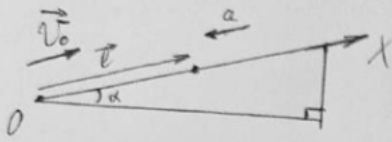
$l = 0,6 \text{ м}$

$t_1 = 1 \text{ с}$

$t_2 = 2 \text{ с}$

$v_0 = ?$

Решение



Ось  $x$  обозначена на рисунке  
 $a$  - ускорение шарика,  
 Оно будет направлено противоположно  
 $OX$  и постоянно

$$\begin{cases} \vec{l} = \vec{v}_0 t_1 + \frac{\vec{a} t_1^2}{2} \\ \vec{l} = \vec{v}_0 t_2 + \frac{\vec{a} t_2^2}{2} \end{cases}$$

$$OX: \begin{cases} l = v_0 t_1 - 0,5 a t_1^2 & (1) \\ l = v_0 t_2 - 0,5 a t_2^2 & (2) \end{cases}$$

$$l = v_0 t_2 - 0,5 a t_2^2 \quad (2)$$

$$\begin{cases} a \cdot \frac{t_1^2}{2} = v_0 t_1 - l & (1) \\ l = v_0 t_2 - 0,5 \cdot \frac{(v_0 t_1 - l)^2}{t_1^2} \cdot t_2^2 & (2) \end{cases}$$

$$l = v_0 t_2 - 0,5 \cdot \frac{(v_0 t_1 - l)^2}{t_1^2} \cdot t_2^2 \quad (2)$$

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

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

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

$$v_0 = \frac{l(1 - \frac{t_2^2}{t_1^2})}{t_2(1 - \frac{t_2}{t_1})}$$

$$v_0 = \frac{0,6 \text{ м} \cdot (1 - \frac{2^2 \text{ с}^2}{1^2 \text{ с}^2})}{2 \text{ с} (1 - \frac{2 \text{ с}}{1 \text{ с}})} = \frac{0,6 \cdot (-4) \text{ м}}{2(1-2) \text{ с}} = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

№2

Дано:

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

$m_1 = 100\text{ г}$

$m_2 = 5\text{ г}$

$\rho_B = 1\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$\rho_1 = 0,9\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$\lambda = 340\frac{\text{Дж}}{\text{г}}$

$Q_{\min} = ?$

Решение

Все тепло, сообщенное воде, будет сообщаться льду, поэтому будем считать, что тепло передается сразу льду



Лед будет таять пока его средняя плотность меньше плотности воды

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m_{\text{общ}}}{V_{\text{общ}}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} \approx \frac{m_1 + m_2}{V_1} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\rho_1}} = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \rho_1 = \rho_1 + \frac{m_2}{m_1} \rho_1$$

$m_1'$  - масса льда после его того, как ему сообщилось тепло

$\rho_{\text{ср}}' = \rho_B$

$\rho_{\text{ср}}' = \rho_1 + \frac{m_2}{m_1'} \rho_1$

$\rho_B = \rho_1 + \frac{m_2}{m_1'} \rho_1$

$m_1' = \frac{m_2 \rho_1}{\rho_B - \rho_1}$

$Q = m \lambda$

$Q = \lambda m$

Поскольку начальная температура системы нулевая, все тепло будет уходить в плавление льда

$Q_{\min} = \lambda (m_1 - m_1') = \lambda (m_1 - \frac{m_2 \rho_1}{\rho_B - \rho_1})$

$$Q_{\min} = 340 \frac{\text{Дж}}{\text{г}} (100\text{ г} - \frac{5\text{ г} \cdot 0,9\frac{\text{г}}{\text{см}^3}}{1\frac{\text{г}}{\text{см}^3} - 0,9\frac{\text{г}}{\text{см}^3}}) = 340 \frac{\text{Дж}}{\text{г}} (100\text{ г} - \frac{4,5\frac{\text{г}^2}{\text{см}^3}}{0,1\frac{\text{г}}{\text{см}^3}}) = 340 \frac{\text{Дж}}{\text{г}} (100\text{ г} - 45\text{ г}) =$$

$$= 340 \frac{\text{Дж}}{\text{г}} \cdot 55 = 340 \frac{\text{Дж}}{\text{г}} \cdot 55\text{ г} = 18700\text{ Дж} = 18,7\text{ кДж}$$

Ответ: 18,7 кДж

Чистовик

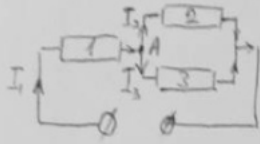
Чистовик

№3

Дано  
 $R_1 = 10 \text{ Ом}$   
 $R_2 = 20 \text{ Ом}$   
 $R_3 = 30 \text{ Ом}$   
 $N_1 = 25 \text{ Вт}$

 $N_2 = ?$ 

Решение



$I_2 + I_3 = I_1$  (по закону Кирхгофа для точки A)  
 $U_2 = U_3$  (параллельное соединение)  
 $I_2 R_2 = I_3 R_3$

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2}$$

$$N = UI = I^2 R$$

$$N_1 = I_1^2 R_1$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}}$$

$$\begin{cases} \frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2} \\ I_2 + I_3 = I_1 \end{cases}$$

$$I_3 = \frac{I_2 R_2}{R_3}$$

$$I_2 + \frac{I_2 R_2}{R_3} = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}}$$

$$I_2 = \frac{\sqrt{\frac{N_1}{R_1}}}{1 + \frac{R_2}{R_3}}$$

$$N_2 = I_2^2 R_2 = \left( \frac{\sqrt{\frac{N_1}{R_1}}}{1 + \frac{R_2}{R_3}} \right)^2 \cdot R_2 = \frac{N_1 R_2}{\left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)^2 R_1}$$

$$N_2 = \frac{25 \text{ Вт} \cdot 20 \text{ Ом}}{\left(1 + \frac{20 \text{ Ом}}{30 \text{ Ом}}\right)^2 \cdot 10 \text{ Ом}} = \frac{50 \text{ Вт}}{\left(\frac{5}{3}\right)^2} = \frac{50 \cdot 9 \text{ Вт}}{25} = 18 \text{ Вт}$$

Ответ: 18 Вт

№4

Дано:

$L = 5\text{ м}$

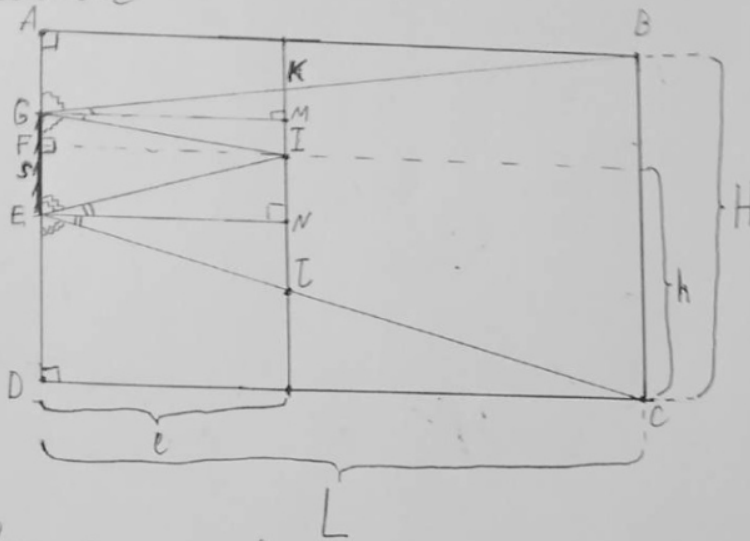
$H = 3\text{ м}$

$l = 2\text{ м}$

$S_{\min} = ?$

Решение

Чистовик



$h$  - уровень глаз человека

Все буквы, которые будут использоваться в задаче, введены на рисунке

Угол падения равен углу отражения

Наименьшей будет такая ~~длина~~ <sup>высота</sup> зеркала, при которой нижний край стены будет ~~виден~~ <sup>виден</sup> из нижнего края зеркала, а верхний из верхнего, ~~ведь~~ <sup>ведь</sup> если зеркало больше этой ~~длины~~ <sup>длины</sup>, этого размера, его ~~длина~~ <sup>высота</sup> не будет минимальной, а если меньше, ее не хватит, чтобы ~~обозреть~~ <sup>обозреть</sup> всю стену

Таким образом на рисунке ~~длина~~ <sup>высота</sup> зеркала  $s$  равна длине отрезка  $GE$

Угол падения равен углу отражения, значит  $\angle KGM = \angle MGI$  и  $\angle IEN = \angle NEI$ , а также  $\angle KGA = 90^\circ - \angle KGM = 90^\circ - \angle MGI = \angle IGF$  и  $\angle IEF = 90^\circ - \angle NEI = 90^\circ - \angle NEI = \angle IED$

$$\left. \begin{array}{l} \angle KGA = \angle IGF \\ \angle BAG = 90^\circ = \angle IFG \end{array} \right\} \Rightarrow \triangle BAG \sim \triangle IFG \text{ (по 2-м углам)} \Rightarrow \frac{IF}{FG} = \frac{BA}{AG}$$

$$AG + FG = H - h$$

Аналогично докажем

$$\left. \begin{array}{l} \angle IEF = \angle IED \\ \angle EFI = 90^\circ = \angle CDE \end{array} \right\} \Rightarrow \triangle IFE \sim \triangle CDE \text{ (по 2-м углам)} \Rightarrow \frac{IF}{FE} = \frac{CD}{DE}$$

$$FE + ED = h$$

Человек

$$\begin{aligned} AG &= y \\ FG &= s_y \\ ED &= x \\ EF &= s_x \\ IF &= l \\ AB &= DC = H \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{IF}{FG} &= \frac{BA}{AG} \\ AG + FG &= H - h \\ \frac{IF}{FE} &= \frac{CD}{DE} \\ FE + ED &= h \\ GF + FE &= s \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{l}{s_y} &= \frac{l}{y} \\ y + s_y &= H - h \\ \frac{l}{s_x} &= \frac{l}{x} \\ s_x + x &= h \\ s &= s_y + s_x \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} y &= \frac{s_y l}{l} \\ s_y + s_y \frac{l}{l} &= H - h \\ x &= \frac{s_x l}{l} \\ s_x + s_x \frac{l}{l} &= h \\ s &= \frac{H-h}{1+\frac{l}{l}} + \frac{h}{1+\frac{l}{l}} \end{aligned} \right.$$

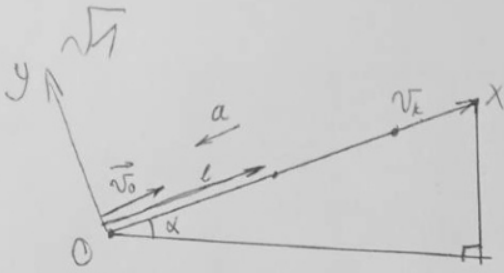
$$s = \frac{H-h+h}{1+\frac{l}{l}} = \frac{H}{1+\frac{l}{l}}$$

как видно, высота зеркала, от уровня глаз человека не зависит.

$$s = \frac{3\text{ м}}{1+\frac{5\text{ м}}{2\text{ м}}} = \frac{3}{3,5} \text{ м} = \frac{6}{7} \text{ м}$$

Ответ:  $\frac{6}{7} \text{ м}$

# Черновик



$$\begin{cases} l = v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2} \\ l = v_0 t_2 + \frac{a t_2^2}{2} \end{cases}$$

OX:  $l = v_0 t_1 - a t_1^2$   
 $l = v_0 t_2 - a t_2^2$

$$\begin{cases} l = v_0 t_1 - 0,5 a t_1^2 \\ l = v_0 t_2 - 0,5 a t_2^2 \end{cases}$$

$$a = \frac{v_0 t_1 - l}{0,5 t_1^2}$$

$$l = v_0 t_2 - 0,5 \cdot \frac{v_0 t_1 - l}{0,5 t_1^2} \cdot t_2^2$$

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

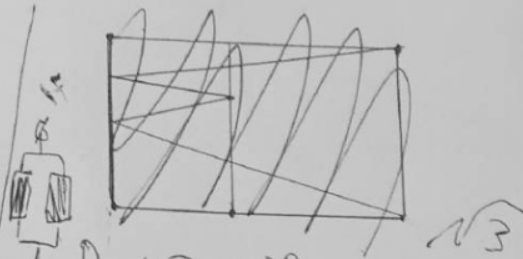
$$l = v_0 t_2 - v_0 \cdot \frac{t_2^2}{t_1^2} + l \cdot \frac{t_2^2}{t_1^2}$$

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

$$v_0 = \frac{l (1 - \frac{t_2^2}{t_1^2})}{t_2 (1 - \frac{t_2}{t_1})}$$

$$v_0 = \frac{0,6 \text{ m} (1 - \frac{2^2}{1^2})}{2 \text{ c} (1 - \frac{2}{1})} = \frac{0,6 \text{ m} \cdot (-3)}{2 \text{ c} \cdot (-1)} = \frac{1,8 \text{ m}}{2 \text{ c}} = 0,9 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$\frac{0,6 (1 - \frac{4}{1})}{2 (1 - \frac{2}{1})} = \frac{0,6 (1 - 4)}{2 (1 - 2)} = \frac{0,6 (-3)}{2 (-1)} = \frac{1,8}{2} = 0,9$$



$$P = UI = I^2 R$$

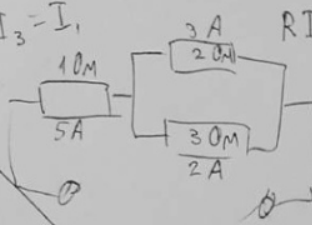
$$N_1 = I_1^2 R_1$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}} = \sqrt{\frac{25 \text{ Вт}}{10 \text{ М}}} = 5 \text{ А}$$

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2}$$

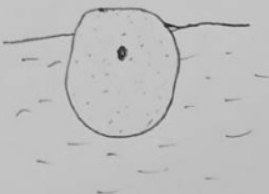
$$I_2 + I_3 = I_1$$

$$RI^2 = 2 \cdot 3^2 = 18 \text{ Вт}$$



$$\begin{array}{r} 105 \\ \times 0,9 \\ \hline 0,945 \end{array}$$

√2



$$V = \frac{m_n}{\rho_n}$$

$$\rho_{cp} = \frac{m_n + m_g}{m_n / \rho_n} = \frac{(m_n + m_g) \rho_n}{m_n} = \rho_n + \frac{m_g}{m_n} \rho_n = \rho_n$$

$$\frac{m_g}{m_n} \rho_n = \rho_B - \rho_n$$

$$m_n' = \frac{m_g \rho_n}{\rho_B - \rho_n} = \frac{5 \cdot 0,9}{1 - 0,9} = \frac{4,5}{0,1} = 45 \text{ г}$$

$$0,9 + \frac{5}{100} \cdot 0,9 = 0,9 (1 + 0,05)$$

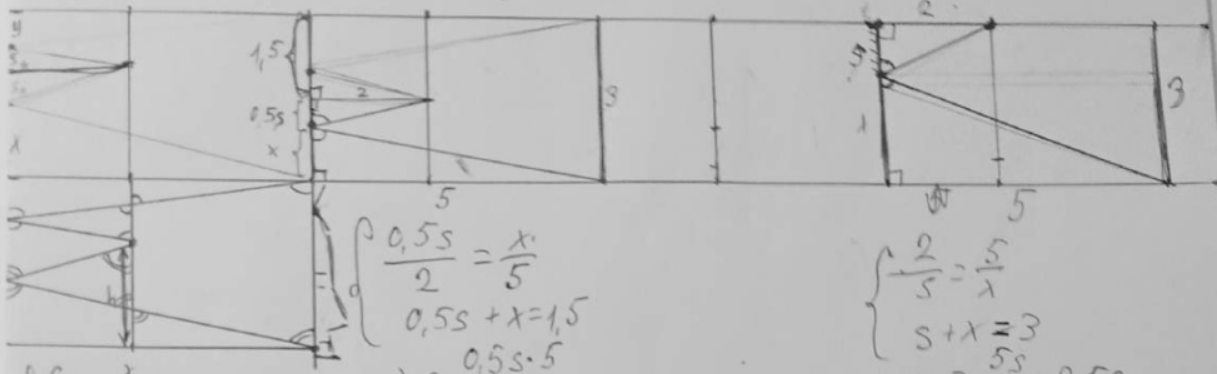
$$0,9 + \frac{5}{45} \cdot 0,9 = \frac{9}{10} (1 + \frac{1}{9}) = 1$$

$$\begin{array}{r} 348 \\ \times 55 \\ \hline 1700 \\ 1700 \\ \hline 18480 \end{array}$$

6/7



# Черновик



$$\begin{cases} \frac{S_x}{2} = \frac{x}{5} \\ S_x + x = h \\ \frac{S_y}{2} = \frac{y}{5} \\ S_y + y = 3 - h \\ S = S_x + S_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{0,5S}{2} = \frac{x}{5} \\ 0,5S + x = 1,5 \\ x = \frac{0,5S \cdot 5}{2} \\ 0,5S + 2,5 \cdot 0,5S = 1,5 \cdot 2 \\ S + 2,5S = 3 \\ S = \frac{6}{7} \text{ M} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{2}{5} = \frac{5}{x} \\ S + x = 3 \\ x = \frac{5S}{2} = 2,5S \\ S + 2,5S = 3 \\ 3,5S = 3 \\ S = \frac{3}{3,5} = \frac{6}{7} \text{ M} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} x &= 2,5 S_x \\ S_x + 2,5 S_x &= h \\ S_y + 2,5 S_y &= 3 - h \\ S &= \frac{h}{3,5} + \frac{3-h}{3,5} = \frac{h}{3,5} + \frac{3}{3,5} - \frac{h}{3,5} = \frac{3}{3,5} \end{aligned}$$

~~$$\alpha + \beta + (180^\circ - 2\alpha) + \alpha + 180^\circ + \beta + (180^\circ - \beta) = 720^\circ$$~~

$\alpha \quad \alpha \quad \alpha \quad \alpha$

