МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Романов Андрей Алексеевич**

Класс: 9

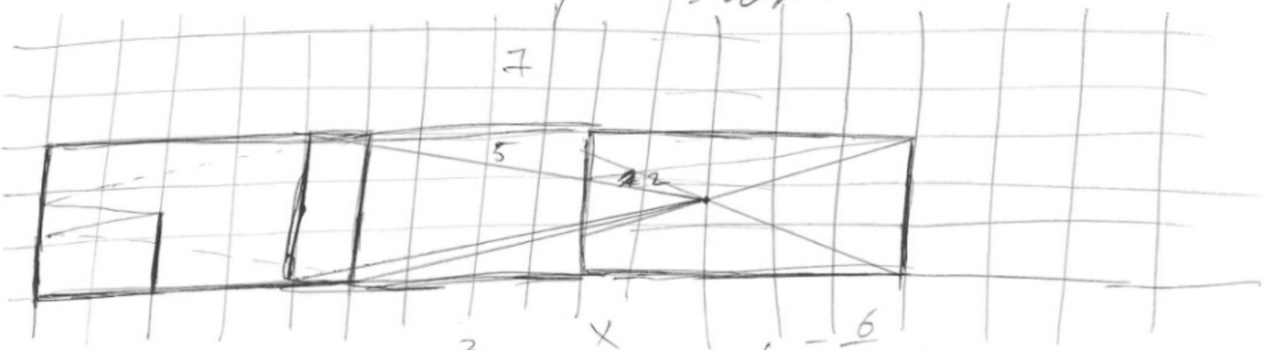
Технический балл: **100**

Дата проведения: 24 февраля 2022 года

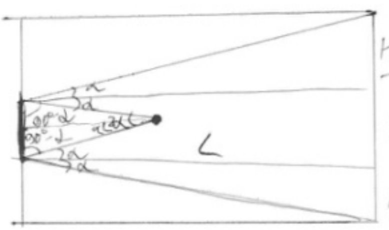
ШИФР РАБОТЫ 9928548

	1	2	3	4	∑
Задача	*25*	*25*	*25*	*25*	***100***
Вопрос					

ЧЕРНОВИК



$$\frac{3}{7}=\frac{x}{2} \qquad x=\frac{6}{7}$$



$$\sin\alpha=\frac{\frac{H-S}{2}}{\sqrt{L^2+\left(\frac{H-S}{2}\right)^2}}$$

$$\sin\alpha=\frac{0,5S}{L}$$

$180^\circ-90^\circ$

$$\frac{0,5S}{L}=\frac{H-S}{2\sqrt{L^2+\left(\frac{H-S}{2}\right)^2}}$$

$$\frac{0,5S}{\sqrt{0,25S^2+L^2}}=\frac{H-S}{2\sqrt{L^2+\left(\frac{H-S}{2}\right)^2}}$$

$0,5$

$$S\sqrt{L^2+\left(\frac{H-S}{2}\right)^2}=(H-S)\sqrt{0,25S^2+L^2}$$

$$L(H-S)=S\sqrt{L^2+\left(\frac{H-S}{2}\right)^2}\;\Big|\;^2$$

$$S^2\left(L^2+\frac{(H-S)^2}{4}\right)=(H-S)^2(0,25S^2+L^2)$$

$$L^2(H-S)^2=S^2\left(L^2+\left(\frac{H-S}{2}\right)^2\right)$$

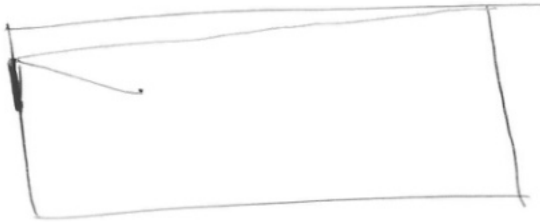
$$S^2L^2+\frac{S^2(H-S)^2}{4}$$

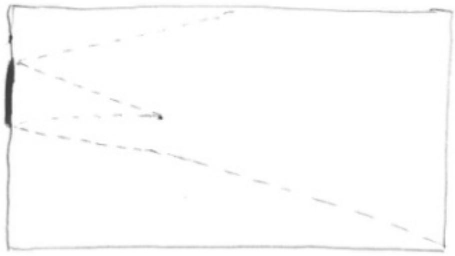
$$L^2(H^2-2HS+S^2)=S^2L^2+S^2\left(\frac{H-S}{2}\right)^2$$

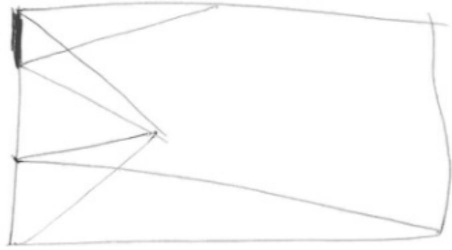
$$LH^2-2HSL+LS^2-S^2L^2-\frac{S^2(H-S)^2}{4}=0$$

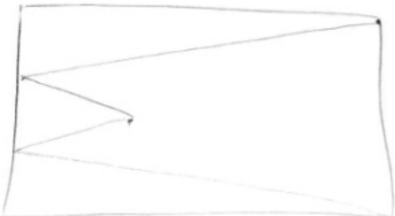
$$LH^2-2HSL+LS^2-S^2L^2-\frac{S^2(H^2-2HS+S^2)}{4}=0$$

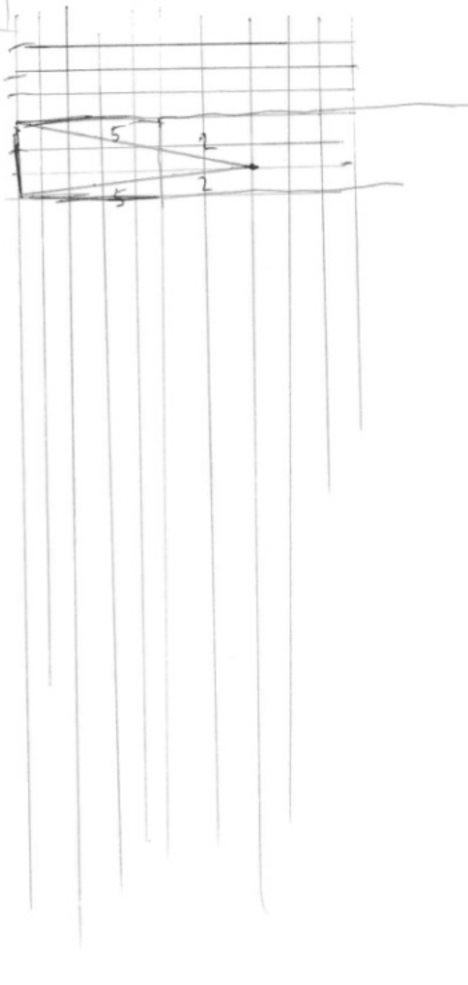
черновик



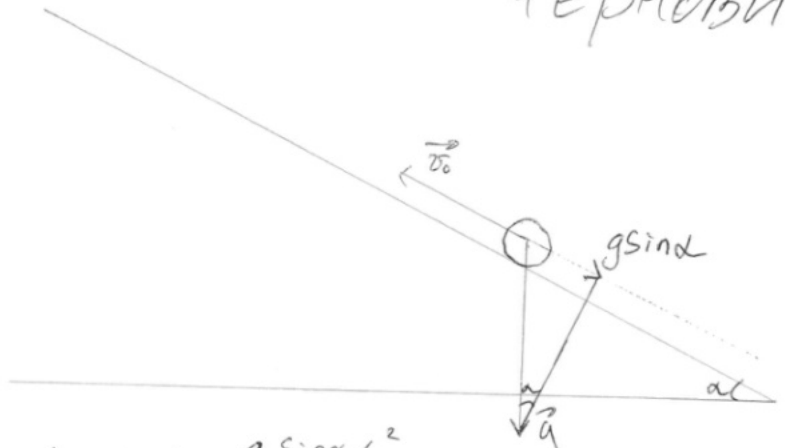








ЧЕРНОВИК



$$v = g\sin\alpha\, t_3 = 0{,}6\,\frac{м}{с^2}\cdot 1{,}5\,с = 0{,}9\,\frac{м}{с}$$

$$\frac{0{,}9\,\frac{м}{с}\cdot 1с - 0{,}6\,\frac{м}{с^2}\cdot 1с^2}{2} = 0{,}6\,м.$$

$$0{,}9\,\frac{м}{с}\cdot 1{,}5с - \frac{0{,}6\,\frac{м}{с^2}\cdot 2{,}25с^2}{2}\ \cancel{13,5м} -$$

$$1{,}35\,м - 1{,}35 = 0$$

$$0{,}675 - 0{,}75 = 0{,}6$$

$$2{,}25 \times 6 = 13{,}50$$

$$13{,}5 : 2 = 6{,}75$$

$$L = v_0 t_1 - \frac{g\sin\alpha\, t_1^2}{2} \Rightarrow v_0 t_1 = L + \frac{g\sin\alpha\, t_1^2}{2}$$

$$L_м = v_0 t_3 - \frac{g\sin\alpha\, t_3^2}{2} \qquad v_0 = \frac{2L + g\sin\alpha\, t_1^2}{2t_1}$$

$$L = v_0 t_3 - \frac{g\sin\alpha\, t_3^2}{2} - \frac{g\sin\alpha\,(t_2 - t_3)^2}{2}$$

$$L = \frac{t_3(2L + g\sin\alpha\, t_1^2)}{2t_1} - \frac{g\sin\alpha\, t_3^2}{2}\,\Big|\cdot t_1 - \frac{g\sin\alpha\,(t_2 - t_3)^2}{2}\,\Big|\cdot t_1$$

$$L = \frac{t_3(2L + g\sin\alpha\, t_1^2) - g\,t_3^2 t_1 \sin\alpha - g t_1 (t_2 - t_3)^2 \sin\alpha}{2t_1}$$

$$t_3(2L + g\sin\alpha\, t_1^2) - g t_3^2 t_1 \sin\alpha - g t_1 (t_2 - t_3)^2 \sin\alpha = 2L t_1.$$

$$2L t_3 + g t_1^2 t_3 \sin\alpha - g t_3^2 t_1 \sin\alpha - g t_1 (t_2 - t_3)^2 \sin\alpha = 2L t_1$$

$$g\sin\alpha\,(t_1^2 t_3 - t_3^2 t_1 - t_1(t_2 - t_3)^2) + 2L t_3 = 2L t_1$$

$$g\sin\alpha = \frac{2L t_1 - 2L t_3}{t_1^2 t_3 - t_3^2 t_1 - t_1(t_2 - t_3)} =$$

$$= \frac{2\cdot 0{,}6м\cdot 1с - 2\cdot 0{,}6м\cdot 1{,}5с}{1с^2\cdot 1{,}5с - 2{,}25с^2\cdot 1с - 1с\cdot 0{,}25с^2} =$$

$$= \frac{1{,}2\,м\cdot с - 1{,}8\,м\cdot с}{1{,}5с^3 - 2{,}25с^3 - 0{,}25с^3} = -\frac{0{,}6\,м\cdot с}{1\,с^3} = 0{,}6\,\frac{м}{с^2}$$

тонет $\Rightarrow F_m = F_A$ ЧЕРНОВИК

$F_m = V_л \cdot \rho_л \cdot g + m_g \cdot g$.

$F_A = \rho_в V_л g$.

$V_л \rho_л g + m_g g = \rho_в V_л g$.

$V_л \rho_л + m_g = \rho_в V_л$.

~~100г.~~

$\rho_в V_л - V_л \rho_л = m_g$

$\rho = \frac{m}{V}$, $\Rightarrow$

$V_л (\rho_в - \rho_л) = m_g$

$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100г}{0,9 г/см^3} = \frac{1000}{9} см^3$.

$V_л = \frac{m_g}{\rho_в - \rho_л}$

$V_л = \frac{5г}{0,1 \frac{г}{см^3}} = 50 см^3$. $\left(\frac{1000}{9} - 50\right) \cdot \rho_л =$

$= \left(\frac{1000}{9} - \frac{450}{9}\right) \cdot \rho_л = \frac{550}{9} \cdot 0,9 \frac{г}{см^3} = \frac{55}{0,9} см^3 \cdot 0,9 \frac{г}{см^3} =$

$= 55 г$. $\frac{550}{9} г = \frac{550}{9000} кг$

$340 \times 55 = 1700 + 170 = 18700$

~~Q~~ $Q = \lambda m$, $\Rightarrow$

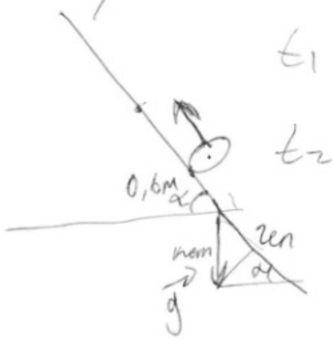
$Q = 340 \frac{Дж}{г} \cdot 55 г = 18700 Дж$

$34 \times 55 = 170 + 170 = 1870$

$\frac{45}{900000} = \frac{55}{900000} м^3$.

9928548

ЧЕРНОВИК

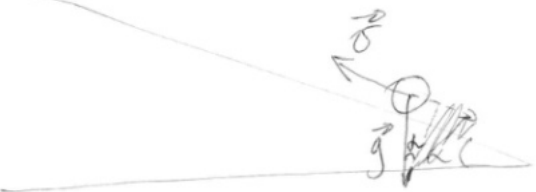


$t_1 = 1c$

$t_2 = 2c$

~~кат / гел~~

~~кат = кат / гел = кат - гел / кат гел~~



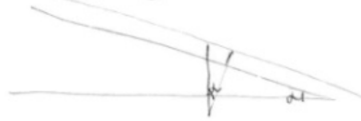
$g \cdot \cancel{\cos}\,\sin\alpha$

$t_3 = 1,5c$.

$\upsilon = \upsilon_0 - g\cos\alpha \cdot t$

$\upsilon_0 = g\cos\alpha\, t_3$.

$\upsilon_0 = \frac{600}{925} \cdot 1,5 = \frac{900}{925} = \frac{36\text{м}}{37\text{с}}$



$l = \cancel{0,6м}$ $\upsilon_0 t_1 = g t_1^2 \cancel{\cos}\,\sin\alpha$

$l = \frac{g t_3^2 \cancel{\cos}\,\sin\alpha}{2} - \frac{g(t_2 - t_3)^2 \cancel{\cos}\,\sin\alpha}{2}$

$\begin{cases} \upsilon_0 t_1 - \frac{g t_1^2 \cos\alpha}{2} = l \\ \frac{g t_3^2 \cos\alpha}{2} - \frac{g(t_2 - t_3)^2 \cos\alpha}{2} = l \end{cases}$

$g(t_2 - t_3)^2$

$\begin{array}{r} 2,25 \\ \times\ 5 \\ \hline 11,25 \end{array}$ $- 2 = 9,25$

$\sin\alpha = \frac{0,6}{9,25} = \frac{60}{925}$

$l = \upsilon_0 t_1 -$

$g\cos\alpha t_3^2 -$

$l = \sin\alpha\left(\frac{g t_3^2}{2} - \frac{g(t_2 - t_3)^2}{2}\right)$.

$l = \sin\alpha\left(\frac{10\frac{м}{с^2} \cdot 2,25\frac{м}{с^2}}{2} - \frac{10\frac{м}{с^2} \cdot 0,25\frac{м}{с^2}}{2}\right) = \sin\alpha$.

Черновик

$P = I^2 R$

$N = I^2 R$, $\Rightarrow$

$I = \sqrt{\frac{N}{R}} = 5A$ $\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$, $\Rightarrow$

$R_{23} = \frac{6}{5} = 1,2$ Ом.

А, Ом, В.

$\cancel{U = \frac{I}{R} = \frac{5}{1,2} = \frac{50}{12} = \frac{25}{6} B}$

$I = \frac{U}{R}$, $\Rightarrow U = IR = 6B$.

$I_2 = \frac{6B}{2Om} = 3A$.

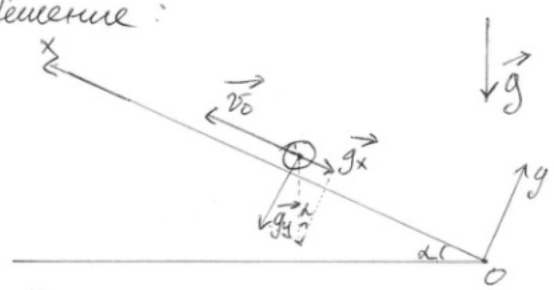
$N_2 = I_2^2 R_2 = (3A)^2 \cdot 2Om = 9A^2 \cdot 2OM = 18Bm$.

чистовик №1.

Дано:
$l = 0,6 м$
$t_1 = 1 с$
$t_2 = 2 с$

v_0 - ?

Решение:



Пусть α - угол между наклонной плоскостью и горизонтом, ось x направлена вдоль доски, а ось y - перпендикуляр к ней, $\Rightarrow g_x = g\sin\alpha$, $g_y = g\cos\alpha$.
Шарик движется только вдоль оси x, поэтому рассматривать движение вдоль Oy не имеет смысла.

1) Пусть t_3 - время, когда шарик находится на наибольшем расстоянии от старта, то есть его скорость равна 0.
Шарик прошёл точку в момент t_1 когда он катился вверх, затем ~~он~~ в момент t_3 он остановился, а в момент t_2 вновь прошёл эту точку. Так как ускорение для шарика постоянно, то $t_3 - t_1 = t_2 - t_3$, то есть $t_3 = \frac{t_1+t_2}{2}$; $t_3 = \frac{1с + 2с}{2} = 1,5с$.

2) В момент t_1:

$\cancel{l = v_0 t_1 - g\sin\alpha}$ $\quad l = v_0 t_1 - \frac{g_x t_1^2}{2}$, $\Rightarrow v_0 = \frac{2l + g_x t_1^2}{2t_1}$

В момент t_3:

$l_м = v_0 t_3 - \frac{g_x t_3^2}{2}$; $\cancel{v}$ $0 = v_0 - g_x t_3$, $\Rightarrow v_0 = g_x t_3$

В момент t_2:

$l = l_м - \frac{g_x (t_2 - t_3)^2}{2}$, $\Rightarrow l = v_0 t_3 - \frac{g_x t_3^2}{2} - \frac{g_x (t_2 - t_3)^2}{2}$

$$l = \frac{t_3(2l + g_x t_1^2)}{2t_1} - \frac{g_x t_3^2}{2} \, |\cdot t_1 - \frac{g_x (t_2 - t_3)^2}{2} \, |\cdot t_1$$

$$l = \frac{t_3(2l + g_x t_1^2) - g_x t_1 t_3^2 - g_x t_1 (t_2 - t_3)^2}{2t_1}$$

$$t_3(2l + g_x t_1^2) - g_x t_1 t_3^2 - g_x t_1 (t_2 - t_3)^2$$

$$2l t_3 + g_x t_3 t_1^2 - g_x t_1 t_3^2 - g_x t_1 (t_2 - t_3)^2 = 2l t_1$$

$$g_x (t_3 t_1^2 - t_1 t_3^2 - t_1 (t_2 - t_3)^2) + 2l t_3 = 2l t_1$$

$$g_x = \frac{2l(t_1 - t_3)}{t_3 t_1^2 - t_1 t_3^2 - t_1 (t_2 - t_3)^2}$$

$$g_x = \frac{2 \cdot 0,6м \cdot (1с - 1,5с)}{1,5с \cdot 1с^2 - 1с \cdot (1,5с)^2 - 1с \cancel{\cdot 1,5с} \cdot (2с - 1,5с)^2} = \frac{-0,6 м \cdot с}{-1с^3} = 0,6 \frac{м}{с^2}$$

3) $v_0 = g_x t_3$, $\Rightarrow$ $v_0 = 0,6 \frac{м}{с^2} \cdot 1,5с = 0,9 \frac{м}{с}$

Ответ: $0,9 \frac{м}{с}$

чистовик

№2

Дано:

$t = 0°C$

$m_л = 100\,г = 0{,}1\,кг$

$m_д = 5\,г = 0{,}005\,кг$

$\rho_в = 1\,\frac{г}{см^3} = 1000\,\frac{кг}{м^3}$

$\rho_л = 0{,}9\,\frac{г}{см^3} = 900\,\frac{кг}{м^3}$

$\lambda = 340\,\frac{Дж}{г} = 340000\,\frac{Дж}{кг}$

$Q - ?$

Решение:

1) Найдём объём льда, при котором льдинка начнёт тонуть ($V_л$):

По условию, объёмом дробинки можно пренебречь,

$\Rightarrow V_д = 0$

Льдинка начинает тонуть, если $F_{тяж} = F_A$:

$F_{тяж} = V_л \rho_л g + m_д g$;

$F_A = \rho_в V_л g$, $\Rightarrow$

$V_л \rho_л g + m_д g = \rho_в V_л g$

$V_л \rho_л + m_д = \rho_в V_л$

$\rho_в V_л - V_л \rho_л = m_д$

$V_л(\rho_в - \rho_л) = m_д$

$V_л = \frac{m_д}{\rho_в - \rho_л}$; $\Rightarrow V_л = \frac{0{,}005\,кг}{1000\,\frac{кг}{м^3} - 900\,\frac{кг}{м^3}} = 0{,}00005\,м^3$

2) Найдём объём льда, который надо растопить для получения $V_л$:

$V_{пл} = V - V_л$; $\Rightarrow V_{пл} = \frac{m_л}{\rho_л}\cancel{m_л \rho_л} - V_л$;

$\cancel{V_{пл} = 0{,}1\,кг\ \frac{0{,}1\,кг}{900\,\frac{кг}{м^3}} = \frac{1}{9000}\,м^3}$

$\cancel{V_{пл} = \frac{0{,}1\,кг}{900\,\frac{кг}{м^3}} - 0{,}00005\,м^3 = \frac{1}{9000}\,м^3 - \frac{55}{}}$

$V_{пл} = \frac{0{,}1\,кг}{900\,\frac{кг}{м^3}} - 0{,}00005\,м^3 = \frac{1}{9000}\,м^3 - \frac{5}{100000}\,м^3 = \frac{55}{900000}\,м^3$

3) Найдём массу льда, который надо растопить:

$m_{пл} = V_{пл} \cdot \rho_л$; $m_{пл} = \frac{55}{900000}\,м^3 \cdot 900\,\frac{кг}{м^3} = 0{,}055\,кг$

4) $Q = \lambda m_{пл}$, $\Rightarrow Q = 340000\,\frac{Дж}{кг} \cdot 0{,}055\,кг = 340 \cdot 55\,Дж = 18700\,Дж$

Ответ: $Q = 18700\,Дж$

чистовик

№3.

Дано:
$R_1 = 1\,Ом$
$R_2 = 2\,Ом$
$R_3 = 3\,Ом$
$N_1 = 25\,Вт$

N_2 - ?

Решение:

1) $N_1 = I_1^2 R_1$, =>

$I_1^2 = \frac{N_1}{R_1}$, => $I_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}}$.

$I_1 = \sqrt{\frac{25\,Вт}{1\,Ом}} = 5\,А$

2) R_1 и R_{23} - последовательное соединение, =>

$I_1 = I_{23} = I = 5\,А$

3) R_2 и R_3 - параллельное соединение, =>

$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$, => $R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$;

$R_{23} = \frac{2\,Ом \cdot 3\,Ом}{\cancel{2/} 3\,Ом + 2\,Ом} = 1{,}2\,Ом$

4) $I_{23} = \frac{U_{23}}{R_{23}}$, => $U_{23} = I_{23} \cdot R_{23}$;

$U_{23} = 5\,А \cdot 1{,}2\,Ом = 6\,В$

$U_{23} = U_2 = U_3$, т.к. параллельное соединение.

5) $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$, => $I_2 = \frac{6\,В}{2\,Ом} = 3\,А$.

$N_2 = I_2^2 R_2$, => $N_2 = (3А)^2 \cdot 2\,Ом = 18\,Вт$

Ответ: $N_2 = 18\,Вт$.

человек м.

Дано:

$L = 5$ м

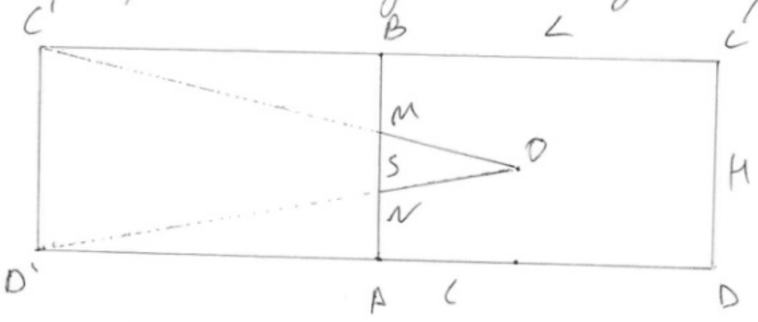
$H = 3$ м

$l = 2$ м

$S - ?$

Решение:

Начертим рисунок, отобразив также мнимое изображение зеркала. Чтобы S было минимальным, смотря в край зеркала мы должны видеть край задней стены:



O - наблюдатель, C' - видимый в зеркале верхний край комнаты, D' - видимый в нижний край комнаты, $\Rightarrow$

$$\left.\begin{array}{l} OC' \cap AB = M \\ OD' \cap AB = N \end{array}\right\} \text{Края зеркала}, \Rightarrow MN = S.$$

Так как параллельные прямые отсекают от угла подобные треугольники, $\Rightarrow \Delta OMN \sim \Delta OC'D'$

Коэффициент подобия равен отношению высот, проведенных из соответствующих вершин, $\Rightarrow$ высота $\Delta OMN = l$, высота ~~м~~ $\Delta OC'D' = L + l$, $\Rightarrow$

$$K = \frac{l}{L+l} = \frac{2м}{5м+2м} = \cancel{2м}\ \frac{2}{7}, \Rightarrow \frac{MN}{C'D'} = \frac{2}{7}, \Rightarrow MN = S = \frac{2C'D'}{7}.$$

$C'D' = CD = H = 3$ м, $\Rightarrow$

$$S = \frac{2 \cdot 3м}{7} = \frac{6}{7} м$$

Ответ: $S = \frac{6}{7}$ м