



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения МОСКВА
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Суетина Святослава Константиновна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Черновик

№3.

$$\begin{aligned}
 & m \quad t_0 \\
 & t_1 \quad \tau_1 \\
 & \tau_2 \\
 & \tau_3 \\
 & g \\
 & \eta_1 \\
 & \eta_2 = ? \\
 & c
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{cases}
 c m (t_1 - t_0) = \eta_1 \rho \tau_1; \quad (1) \\
 c m (t_1 - t_0) - g \tau_2 = c m (t_1 - t_0 + \Delta t) \\
 t_0 + \Delta t - \text{мелк. шаг} \\
 c m (t_{100} - (t_0 + \Delta t)) = \eta_2 \rho \tau_3;
 \end{cases}$$

$$(1): \rho = \frac{c m (t_1 - t_0)}{\eta_1 \tau_1};$$

$$(2): \Delta t = \frac{c m (t_1 - t_0) - g \tau_2}{c m}$$

$$(3): c m (t_{100} - (t_0 + \frac{c m (t_1 - t_0) - g \tau_2}{c m})) = \eta_2 \rho \tau_3;$$

$$\eta_2 = \frac{c m (t_{100} - (t_0 + \Delta t))}{\rho \tau_3} =$$

$$= \frac{c m (t_{100} - t_0 - \frac{c m (t_1 - t_0) - g \tau_2}{c m})}{\rho \tau_3} =$$

$$= \frac{\eta_1 \tau_1 (t_{100} - t_0 - (t_1 - t_0 - \frac{g \tau_2}{c m}))}{\rho \tau_3 (t_1 - t_0)} =$$

$$= \frac{\eta_1 \tau_1 (t_{100} - t_0 - t_1 + t_0 + \frac{g \tau_2}{c m})}{\rho \tau_3 (t_1 - t_0)} = \frac{2400}{84} =$$

$$= \frac{1200}{42} = \frac{600}{21} =$$

$$= \frac{200}{7}$$

$$\frac{200}{7} + 40 = \frac{200 + 280}{7} = \frac{480}{7}$$

56-48-06-92

(5.4)

Чистовик

№1.

Дано:

$$\rho_1 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_2 = 1260 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$h = 174 \text{ мм}$$

$$H = 140 \text{ мм}$$

$$a = ?$$

Решение:

Кривизна сосуда 1
не имеет ни какого
значения, давление на
дне = $\rho_2 g a + \rho_1 g (H - a)$;

Давление на дне второго со-
суда = $\rho_2 h g$;

Система устойчива $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ давления равны;

$$\rho_2 h g = \rho_2 g a + \rho_1 g (H - a);$$

$$\rho_2 h = \rho_2 a + \rho_1 H - \rho_1 a;$$

$$\rho_2 h - \rho_1 H = a (\rho_2 - \rho_1);$$

$$a = \frac{\rho_2 h - \rho_1 H}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1260 \cdot 174 - 1000 \cdot 140}{1260 - 1000} =$$

$$= \frac{11364 - 140000}{26} = \frac{364}{26} = 14 \text{ мм};$$

Ответ: $a = 14 \text{ мм};$

а значит

97 (вероятно снос)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

Черновик

N2.

Дано:

$$m = 700 \text{ г}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$a = 1 \text{ см}$$

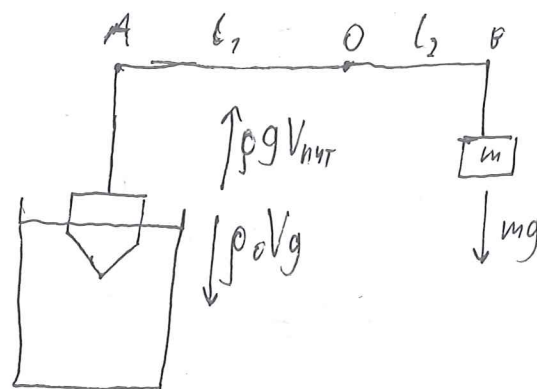
$$L = 10a$$

$$L_1 = 50 \text{ см}$$

$$L_2 = 10 \text{ см}$$

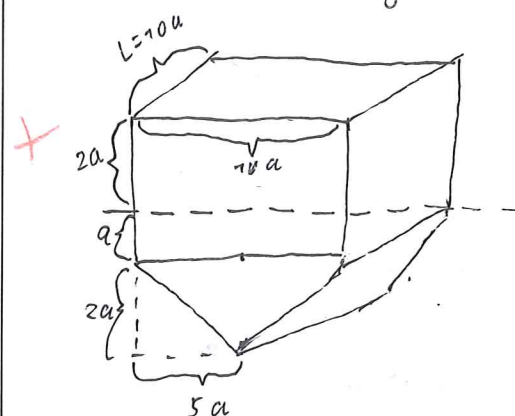
$$\rho_0 = ?$$

Решение:



рычаг в равновесии $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ моменты сил равны;

$$L_2 mg = L_1 (\rho_0 V g - \rho g V_{\text{нчт}});$$



$$V = 10a \cdot 10a \cdot 3a + 10a \cdot 5a \cdot 2a = 400a^3;$$

$$V_{\text{нчт}} = 10a \cdot 10a \cdot a + 10a \cdot 5a \cdot 2a = 200a^3;$$

$$L_2 m = L_1 (\rho_0 \cdot 400a^3 - \rho \cdot 200a^3);$$

$$L_2 m = 400a^3 L_1 \rho_0 - 200a^3 L_1 \rho;$$

$$\rho_0 = \frac{L_2 m + 200a^3 L_1 \rho}{400a^3 L_1} = \frac{L_2 m}{400a^3 L_1} + \frac{\rho}{2};$$

$$\rho_0 = \frac{0,1 \cdot 0,7}{400 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5} + \frac{1000}{2} = \frac{0,07 \cdot 10^6}{200} + 500 =$$

$$= \frac{0,07 \cdot 10^4}{2} + 500 = \frac{700}{2} + 500 = 350 + 500 = 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\text{Ответ: } \rho_0 = 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

20

Черновик

N1

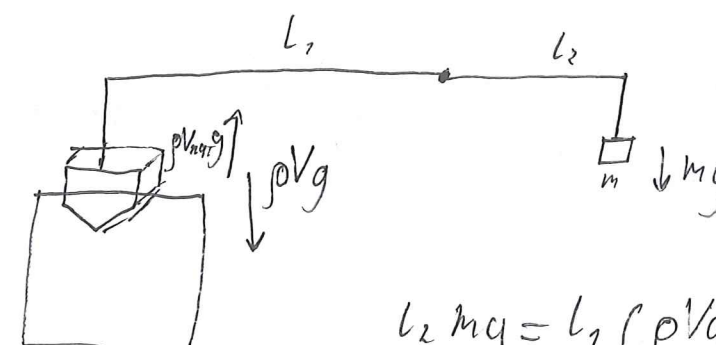
$$\rho_2 h g = \rho_2 g a + \rho_1 g (M - a);$$

$$\rho_2 g h = \rho_2 g a + \rho_1 g M - \rho_1 g a;$$

$$\rho_2 g h - \rho_1 g M = a(\rho_2 g - \rho_1 g);$$

$$a = \frac{\rho_2 g h - \rho_1 g M}{\rho_2 g - \rho_1 g} = \frac{\rho_2 h - \rho_1 M}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{126 \cdot 114 - 1000 \cdot 144}{26} =$$

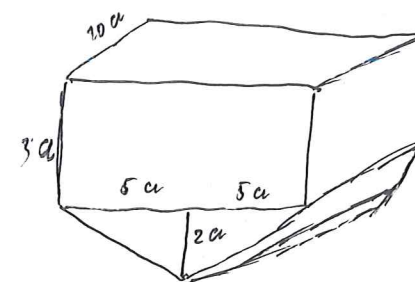
$$= \frac{14364 - 144000}{26} = \frac{364}{26} = \frac{182}{13} = 14 \text{ мм}$$



$$L_2 mg = L_1 (\rho' g - \rho V_{\text{нчт}} g)$$

$$L_2 m = L_1 (\rho' V - \rho V_{\text{нчт}});$$

$$L_2 m = L_1 \rho (V - V_{\text{нчт}}); \rho = \frac{L_2 m}{L_1 (V - V_{\text{нчт}})};$$



$$V = 10a \cdot 10a \cdot 3a + 10a \cdot 5a \cdot 2a = 400a^3;$$

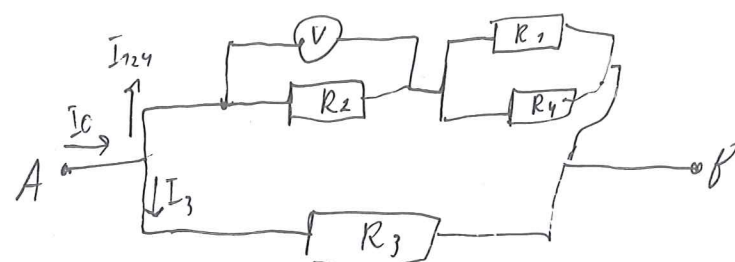
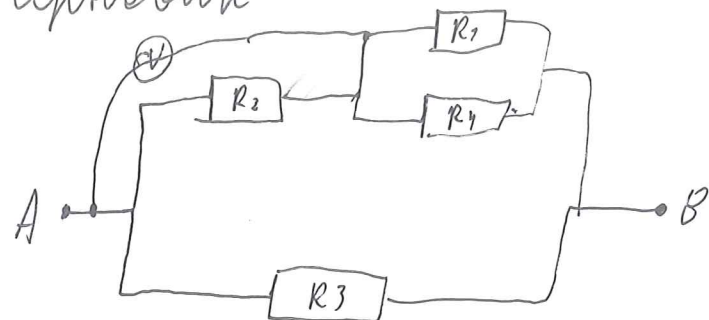
$$V_{\text{нчт}} = 10a \cdot 5a \cdot 2a + 10a \cdot 10a \cdot a = 200a^3;$$

$$\rho = \frac{L_2 m}{L_1 (V - V_{\text{нчт}})} = \frac{0,1 \cdot 0,7 \cdot 10^6}{200 \cdot 0,5} = \frac{0,07 \cdot 10^6}{100} = 700$$

$$\begin{array}{r} 126 \\ \times 114 \\ \hline 504 \\ 1260 \\ \hline 14364 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 26 \\ \hline 84 \\ 280 \\ \hline 364 \end{array}$$

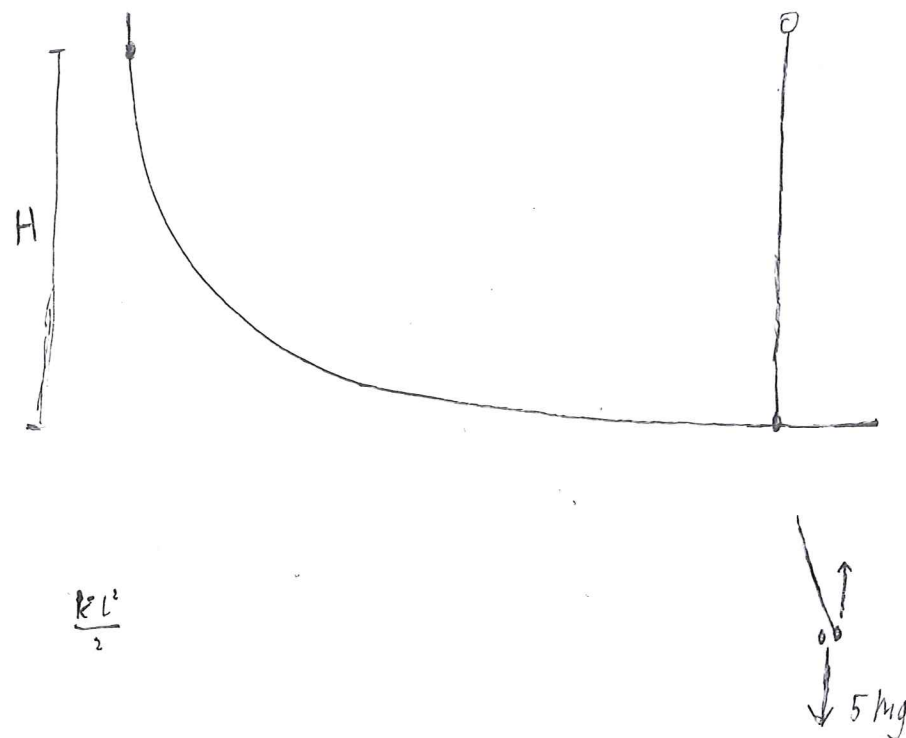
Черновик



$$\frac{1}{R_{14}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4}; \quad R_{14} = \frac{R_1 + R_4}{R_1 R_4}; \quad R_{24} = R_2 + \frac{R_1 + R_4}{R_1 R_4};$$

$$R_0 = \dots;$$

$$U_{\text{иск}} = R_2 I_{124};$$

56-48-06-92
(5.4)

итовик

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_0 = 20^\circ \text{C}$$

$$t_1 = 60^\circ \text{C}$$

$$\tau_1 = 2,5 \text{ мин}$$

$$\tau_2 = 10 \text{ мин}$$

$$P_2 = 2 P_1$$

$$\tau_3 = 2 \text{ мин}$$

$$q = 400 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

$$\eta_1 = 0,8$$

$$t_{100} = 100^\circ \text{C}$$

$$C = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$\eta_2 = ?$$

№3.

Решение:

Пусть P - мощность первого чайника, $2P$ - мощность второго;

$$cm(t_1 - t_0) = \eta_1 P \tau_1; \quad (1)$$

$$cm(t_1 - t_0) - q \tau_2 = cm \Delta t; \quad (2)$$

$t_0 + \Delta t$ - температура воды после вскипания;

$$cm(t_{100} - (t_0 + \Delta t)) = \eta_2 2P \tau_3; \quad (3)$$

$$(1): P = \frac{cm(t_1 - t_0)}{\eta_1 \tau_1};$$

$$(2): \Delta t = \frac{cm(t_1 - t_0) - q \tau_2}{cm};$$

$$(3): \eta_2 = \frac{cm(t_{100} - (t_0 + \Delta t))}{2P \tau_3} =$$

$$= \frac{cm(t_{100} - (t_0 + \frac{cm(t_1 - t_0) - q \tau_2}{cm}))}{2 \tau_3 \frac{cm(t_1 - t_0)}{\eta_1 \tau_1}} =$$

$$= \frac{\eta_1 \tau_1 (t_{100} - (t_0 + t_1 - t_0 - \frac{q \tau_2}{cm}))}{2 \tau_3 (t_1 - t_0)} =$$

$$= \frac{\eta_1 \tau_1 (t_{100} - t_1 + \frac{q \tau_2}{cm})}{2 \tau_3 (t_1 - t_0)} = \frac{0,8 \cdot 750 (100 - 60 + \frac{400 \cdot 600}{2 \cdot 4200})}{2 \cdot 120 \cdot (60 - 20)} =$$

$$= \frac{0,8 \cdot 750 \cdot (40 + \frac{2400}{84})}{240 \cdot 40} = \frac{0,8 \cdot 75 \cdot (40 + \frac{200}{7})}{480 \cdot 2} = \frac{8 \cdot 75 \cdot \frac{480}{7}}{960 \cdot 2} =$$

$$= \frac{4 \cdot 3 \cdot 480}{4 \cdot 480 \cdot 2} = \frac{6}{2} = 3;$$

$$\text{Ответ: } \eta_2 = \frac{600}{4} \%;$$

достигать 80%

19

мисловик

№4.

Дано:

$R_1 = R;$

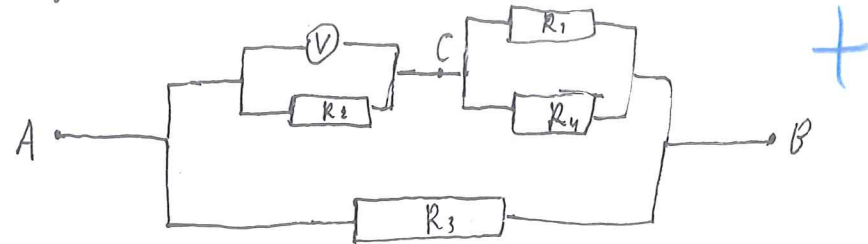
$R_2 = 1,25 R;$

$R_3 = R_4 = 3 R;$

$U = 32 \text{ В};$

$U_0 = ?$

Решение:



$$R_{14} = \frac{R_1 + R_4}{R_1 R_4};$$

$$R_{1234} = \frac{R_{124} + R_3}{R_{124} R_3};$$

$$R_{124} = R_2 + R_{14}; \quad R_{14} = \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4};$$

$$U = R_{1234} \cdot I_{1234};$$

$$I_{1234} = \frac{U}{R_{1234}}; \quad R_{1234} = \frac{R_{124} R_3}{R_{124} + R_3};$$

$$(I_3 + I_{124} = I_{1234} \Rightarrow I_3 = I_{1234} - I_{124};$$

$$R_3 I_3 = R_{124} I_{124}$$

$$R_3 (I_{1234} - I_{124}) = R_{124} I_{124}; \quad R_3 I_{1234} - R_3 I_{124} = R_{124} I_{124};$$

$$R_3 I_{1234} = I_{124} (R_{124} + R_3); \quad I_{124} = \frac{R_3 I_{1234}}{R_{124} + R_3};$$

$$U_0 = R_2 I_{124} = R_2 \cdot \frac{R_3 I_{1234}}{R_{124} + R_3} = \frac{1,25 R \cdot 3 R \cdot \frac{U}{R_{1234}}}{R_{124} + R_3} =$$

$$= \frac{1,25 R \cdot 3 R \cdot \frac{U R_{124} R_3}{R_{124} + R_3}}{3 R + 1,25 R + \frac{R_2 + R_4}{R_1 R_4}} = \frac{1,25 R \cdot 3 R \cdot \frac{U \cdot (R_2 + R_4) 3 R}{R_2 + R_4 + 3 R}}{4,25 R + \frac{4 R}{R \cdot 3 R}} =$$

$$= \frac{3,75 R^2 \cdot \frac{U (1,25 R + \frac{R_2 + R_4}{R_1 R_4}) 3 R}{4,25 R + \frac{R_2 + R_4}{R_1 R_4}}}{4,25 R + \frac{4}{3 R}} = \frac{3,75 R^2 \cdot \frac{U (1,25 R + \frac{4 R}{3 R^2}) 3 R}{4,25 R + \frac{4 R}{3 R^2}}}{4,25 R + \frac{4}{3 R}} =$$

$$= \frac{3,75 R^2 \cdot \frac{U (3,75 R^2 + 4)}{4,25 R + \frac{4}{3 R}}}{4,25 R + \frac{4}{3 R}} = \frac{3,75 R^3 \cdot \frac{U (3,75 R^2 + 4) 3 R}{12,75 R^2 + 4}}{12,75 R^2 + 4} =$$

Числитель

$$= \frac{9,25 R^2 \cdot U \cdot (3,25 R^2 + 4)}{(12,25 R^2 + 4)^2} = \dots ;$$

$$U_0 = R_2 \cdot I_{124} = 1,25 R \cdot I_{124} = 1,25 R \cdot \frac{U}{2R} = \frac{5}{4} \frac{U}{2} = \frac{5 \cdot 32}{8} = 20 \text{ В};$$

$$I_{124} = \frac{R_3 I_{1234}}{R_{124} + R_3} = \frac{3R \cdot I_{1234}}{R_{124} + 3R} = \frac{3R \cdot \frac{5U}{6R}}{5R} = \frac{U}{2R};$$

$$R_{124} = R_2 + R_{14} = 1,25 R + R_{14} = 1,25 R + 0,75 R = 2R;$$

$$R_{14} = \frac{R_1 + R_4}{\frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4}} = \frac{4R}{\frac{3R^2}{4R}} = \frac{3R^2}{4R} = \frac{3}{4} R;$$

$$I_{1234} = \frac{U}{R_{1234}} = \frac{5 \cdot U}{6 \cdot R} = \frac{5 \cdot U}{6 \cdot R};$$

$$R_{1234} = \frac{R_{124} R_3}{R_{124} + R_3} = \frac{6R^2}{2R + 3R} = \frac{6}{5} R;$$

Ответ: $U_0 = 20 \text{ В};$

N5.

Дано:

$$m = 0,01 \text{ кг}$$

$$k = 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$L = 0,1 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$H = ?$$

Решение:

Абсолютно неупругое соударение $\Rightarrow$ бусинки «склеились»;

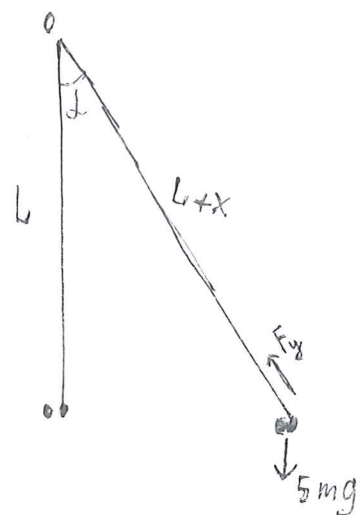
$$4mgH = \frac{4mv^2}{2}; \quad v = \sqrt{2gH} - \text{скорость}$$

перед ударом;

$$V_1 (m + 4m) = 4mv; \quad v_1 = \frac{4}{5} v - \text{скорость после удара;}$$

когда суммы остатков равны: *чистовик*

$$\frac{5m V_1^2}{2} = \frac{kx^2}{2}; \quad x = \sqrt{\frac{5m}{k}} \cdot V_1;$$



$$\cos \alpha = \frac{L}{L+x};$$

$$5mg = F_y \cdot \cos \alpha;$$

$$F_y = kx;$$

$$5mg = kx \cdot \frac{L}{L+x};$$

$$5mg(L+x) = kxL; \quad 5mgL + 5mgx - kLx = 0;$$

$$x(Lk - 5mg) = 5mgL;$$

$$\sqrt{\frac{5m}{k}} V_1 = \frac{5mgL}{Lk - 5mg}; \quad \sqrt{\frac{5m}{k}} \cdot \frac{4}{5} V = \frac{5mgL}{Lk - 5mg};$$

$$\frac{4}{5} \sqrt{\frac{5m}{k}} \cdot \sqrt{2gM} = \frac{5mgL}{Lk - 5mg}; \quad ?$$

$$\frac{16}{25} \cdot \frac{5 \cdot 25M}{k} = \frac{25m^2 g^2 L^2}{(Lk - 5mg)^2}; \quad H = \frac{25mgL^2 k \cdot 25}{5 \cdot 16 (Lk - 5mg)^2} =$$

$$= \frac{125mgkL^2}{16(Lk - 5mg)^2} = \frac{125 \cdot 0,01 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,1^2}{16(0,1 \cdot 10 - 5 \cdot 0,01 \cdot 10)^2} = \frac{125 \cdot 0,01}{16 \cdot 0,25} =$$

$$= \frac{125}{400} = \frac{25}{80} = \frac{5}{16} \text{ м} = 31,25 \text{ см};$$

ответ: $H = 31,25 \text{ см};$