



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Бутронова Глеба Владимировича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Сдан 15-15-08-

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника
Г. Бутронов

Чертовик. 1 из 2

$$1260 - 1000 = 260$$

$$1000 \cdot 140 = 140000$$

$$\begin{array}{r} 1260 \\ 114 \\ \hline 1260 \\ 1260 \\ 5040 \\ \hline 143640 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 143640 \\ -140000 \\ \hline 3640 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3640 \mid 260 \\ -260 \\ \hline 1040 \\ -1040 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$5 + 7 = 12$$

$$\frac{7}{20} = \frac{7 \cdot 5}{20 \cdot 5} = \frac{35}{100} = 0,35$$

$$\frac{80}{2} \cdot \frac{2,5}{2} = \frac{80}{4} \cdot 2,5 = 20 \cdot 2,5 = 5$$

$$\frac{100-60}{60-20} = \frac{40}{40} = 1$$

$$\frac{4200 \cdot 2 \cdot 60}{4200 \cdot 2 \cdot 60} = \frac{60}{42 \cdot 2} = \frac{5}{7}$$

$$5\% \left(1 + \frac{5}{7}\right) =$$

$$= 5\% \cdot \frac{12}{7} = \frac{60}{7}\% = \left(8 + \frac{4}{7}\right)\%$$

$$1,25 = \frac{5}{4}$$

$$\begin{array}{r} 60 \mid 7 \\ -56 \\ \hline 40 \\ -35 \\ \hline 050 \\ -49 \\ \hline 10 \\ -7 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{4^{15}}{3} + \frac{4^{13}}{5} = \frac{20}{15} + \frac{12}{15} = \frac{32}{15}$$

$$\frac{4/3}{32/15} = \frac{4 \cdot 5}{32} = \frac{20}{32} = \frac{5}{8}$$

$$\frac{5}{8} \cdot 32 = \frac{5 \cdot 4 \cdot 8}{8} = 20$$

$$\frac{25}{32} \cdot \frac{10 \cdot 0,01 \cdot 5 \cdot 0,01 \cdot 10}{(10 \cdot 0,01 - 5 \cdot 0,01 \cdot 10)^2} = \frac{0,05}{0,5^2} \cdot \frac{25}{32} = \frac{5 \cdot 0,05 \cdot 25}{0,5^2 \cdot 32}$$

$$\frac{1}{32} = \frac{5}{32}$$

$$\frac{500}{32} = \frac{5 \cdot 25 \cdot 4}{4 \cdot 8} = \frac{125}{8} = 2,5^3$$

$$\begin{array}{r} 125 \mid 8 \\ -8 \\ \hline 45 \\ -40 \\ \hline 50 \\ -48 \\ \hline 20 \\ -16 \\ \hline 40 \\ -40 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$(114-14) \cdot 1260 = (140-14) \cdot 1000$$

$$1260 \cdot 100 = 1,000 \cdot 126$$

$$126 = 126 \checkmark$$

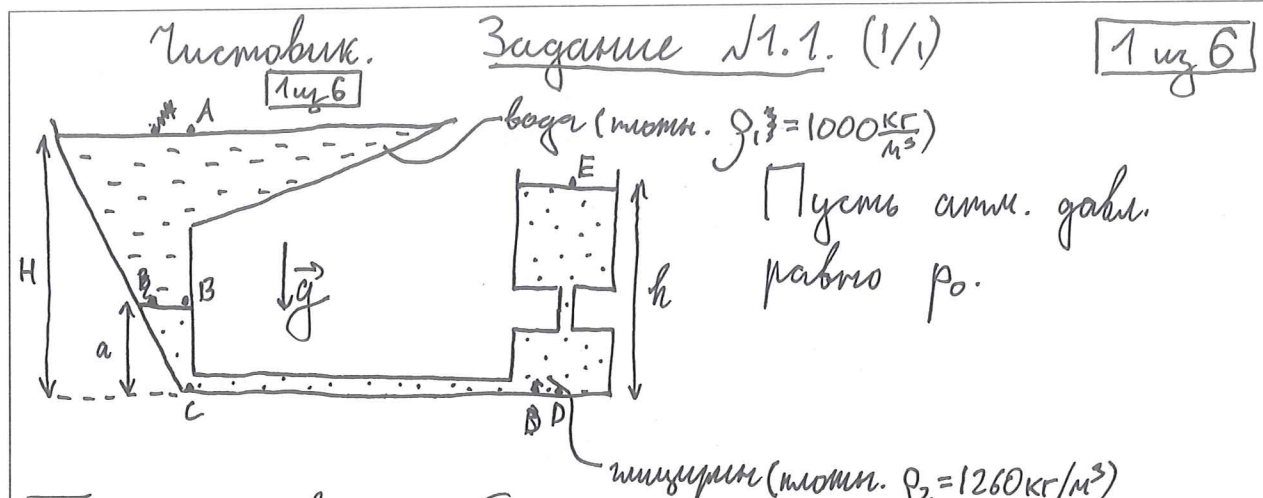
$$50 \cdot (1000 \cdot 850 \cdot 400 - 1000 \cdot 200) = 50 \cdot 1000$$

$$(340 \cdot 1000 - 200 \cdot 1000) = 50 \cdot 140 \cdot 1000$$

$$700 \cdot 10 = 7000 \checkmark$$

Задание 1.1. (1/1)

1 из 6



Т.к. жидк. в н. трубке макс. в равновесии, то $p_C = p_D$ (1);
Т.к. столб жидкости DE макс. в равновесии, то силу тяжести, действующую на него, уравновешивает сила давления, т.е.

$$p_D - p_E = \rho_2 g h \quad (2); \quad \text{т. А и т. Е макс. на гран. с атм.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_A = p_E = p_0 \quad (3); \quad \text{аналогично столб DE для столбов}$$

$$AB \text{ и } BC: \quad p_B - p_A = \rho_1 g (H-a) \quad (4), \quad p_C - p_B = \rho_2 g a \quad (5);$$

$$(2) \wedge (3) \Rightarrow p_D = p_0 + \rho_2 g h \Rightarrow \text{по (1)}, \quad p_C = p_0 + \rho_2 g h \Rightarrow \text{по (5)},$$

$$p_B + \rho_2 g a = p_0 + \rho_2 g h \Rightarrow \text{по (4)}, \quad p_A + \rho_1 g (H-a) + \rho_2 g a = p_0 +$$

$$+ \rho_2 g h \Rightarrow \text{по (3)}, \quad p_0 + \rho_1 g (H-a) + \rho_2 g a = p_0 + \rho_2 g h \quad | - p_0$$

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

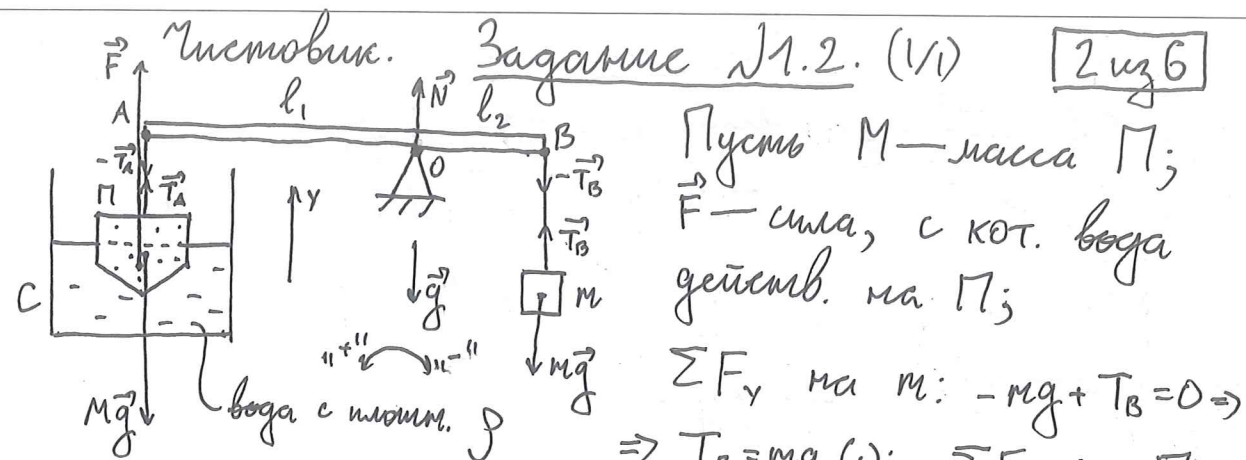
$$= \rho_2 h - \rho_1 H \Rightarrow \text{итак,} \quad a = \frac{\rho_2 h - \rho_1 H}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1260 \cdot 114 - 1000 \cdot 140}{1260 - 1000} \frac{\text{мм} \cdot \text{кг}}{\text{кг}}$$

$$= 14 \text{ мм.}$$

ОТВЕТ: 14 мм.

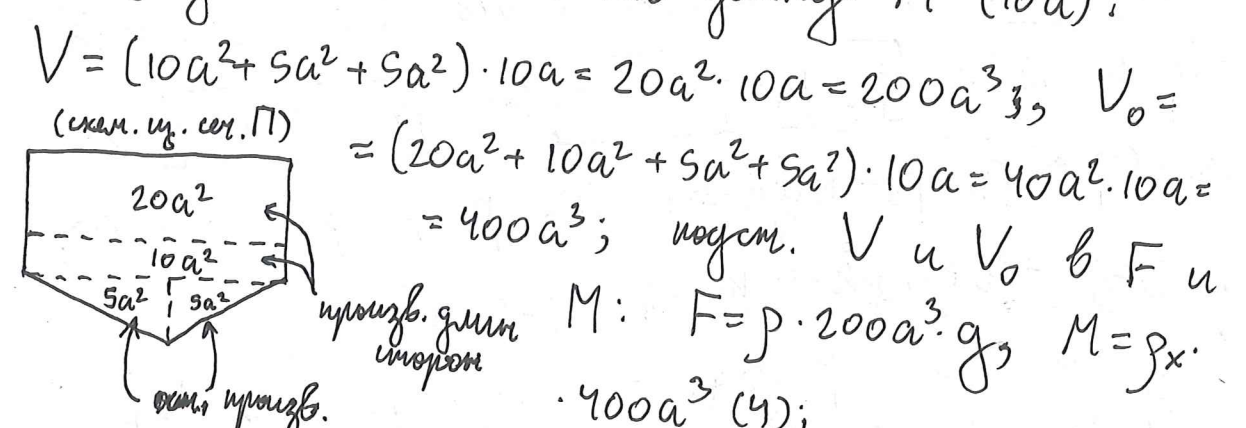
81-13-36-81
(5.9)

а) жидк. в н. трубке макс. в равновесии, то p_C = p_D (1);
б) жидк. в н. трубке макс. в равновесии, то силу тяжести, действующую на него, уравновешивает сила давления, т.е.
в) жидк. в н. трубке макс. в равновесии, то p_C = p_D (1);
г) жидк. в н. трубке макс. в равновесии, то силу тяжести, действующую на него, уравновешивает сила давления, т.е.



Чистовик. Задача 1.2. (1/1) 2 из 6
 Пусть M — масса Π ;
 $\vec{F}$ — сила, с кот. вода
 дейст. на Π ;
 $\sum F_y$ на m : $-mg + T_B = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow T_B = mg$ (1); $\sum F_y$ на Π :
 $-Mg + F + T_A = 0 \Rightarrow T_A = Mg - F$ (2); $\sum \vec{M}_F$ на AB отн.
 т. O : $N \cdot O - T_B l_2 + T_A l_1 = 0 \Rightarrow T_A = \frac{l_2}{l_1} T_B$ (3);

$M = \rho \times V_0$, $F = \rho V g$, где V_0 и V — полн. и погр.
 объём Π соотв.; найдём V_0 и V как произв.
 площади сеч. объёма на длину Π (10a):



$V = (10a^2 + 5a^2 + 5a^2) \cdot 10a = 20a^2 \cdot 10a = 200a^3$; $V_0 =$
 $(20a^2 + 10a^2 + 5a^2 + 5a^2) \cdot 10a = 40a^2 \cdot 10a = 400a^3$;
 подст. V и V_0 в F и M : $F = \rho \cdot 200a^3 \cdot g$, $M = \rho \cdot 400a^3$ (4);

Подст. (1) в (3): $T_A = \frac{l_2}{l_1} mg \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ по (2), $Mg - F = \frac{l_2}{l_1} mg \Rightarrow$ по (4), $\frac{l_2}{l_1} mg = 400\rho a^3 g -$
 $200\rho a^3 g \Rightarrow \frac{l_2}{l_1} m + 200\rho a^3 = 400\rho a^3 \Rightarrow$ подстав на
 $400a^3$: $\rho_x = \frac{\rho}{2} + \frac{m}{400a^3} \cdot \frac{l_2}{l_1} = \frac{1000 \text{ кг/м}^3}{2} + \frac{700 \text{ г}}{400 \cdot (1 \text{ м})^3}$

$\cdot \frac{10 \text{ м}}{50 \text{ м}} = 500 \text{ кг/м}^3 + \frac{7}{4} \cdot \frac{1}{5} \text{ г/м}^3 = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} + \frac{7}{20} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} + 0,35 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} =$
 $= 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

ОТВЕТ: $850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Черновик. 2 из 2

$$\frac{0,8 \cdot 1 \cdot 2,5}{0,8 \cdot 2 \cdot 2} = \frac{4200 \cdot 2 \cdot (60-20)}{4200 \cdot 2 \cdot (100-60) + 600 \cdot 10 \cdot 60} = \frac{84 \cdot 40}{84 \cdot 40 + 3600} = \frac{25}{9}$$

$$\frac{80}{2} \cdot \frac{2,5}{2} \left(1 + \frac{600 \cdot 10 \cdot 60}{4200 \cdot 2 \cdot 40} \right) = 20 \cdot 2,5 \cdot \left(1 + \frac{360}{42 \cdot 8} \right) = 5 \cdot \left(1 + \frac{60}{7 \cdot 8} \right) =$$

$$= 5 \cdot \left(1 + \frac{60}{56} \right) = 5 \cdot \left(1 + 1 + \frac{4}{56} \right) = 10 + \frac{20}{56} = 10 + \frac{5}{14}$$

$$\frac{0,8 \cdot 1 \cdot 2,5}{0,8 \cdot 2 \cdot 2} = 2 \cdot 2,5 = 5$$

$$1) \frac{4200 \cdot 2 \cdot 40}{0,8 \cdot 2,5 \cdot 60} = \frac{4200 \cdot 80}{8 \cdot 2,5} = \frac{42000 \cdot 2}{5} =$$

$$= \frac{42000 \cdot 4}{10} = 4200 \cdot 4 = 16800$$

$$2) \frac{4200 \cdot 2 \cdot (100-60) + 600 \cdot 10 \cdot 60}{0,8 \cdot 2 \cdot 60} = \frac{4200 \cdot 2 \cdot 40 + 240000}{1,2} = \frac{42 \cdot 8000 + 240000}{1,2} =$$

$$= \frac{336000 + 240000}{1,2} = \frac{576000}{1,2} = \frac{576}{1,2} \cdot 1000 = \frac{5760}{12} \cdot 1000 =$$

$$\frac{5760}{12} \cdot 1000 = 480 \cdot 1000 = 480000$$

$$\frac{80}{2} \cdot \frac{2,5}{2} \left(1 + \frac{600 \cdot 10 \cdot 60}{4200 \cdot 2 \cdot 40} \right) = 20 \cdot 2,5 \cdot \left(1 + \frac{60}{42 \cdot 2} \right) =$$

$$= 5 \cdot \left(1 + \frac{10}{7 \cdot 2} \right) = 5 \cdot \left(1 + \frac{5}{7} \right) = 5 \cdot \frac{12}{7} = \frac{60}{7} = 8 + \frac{4}{7} =$$

$$= 8,571 \approx 8,57$$

$\frac{0,8 \cdot 1 \cdot 2,5}{0,8 \cdot 2 \cdot 2} = \frac{25}{9}$

$\frac{22}{21} \cdot 3,1457 (1457)$

$\frac{10}{50} = 0,2$

$\frac{30}{28} = 1,07$

$\frac{40}{35} = 1,14$

$\frac{50}{49} = 1,02$

81-13-36-81
(5.9)

Чистовик. Задание №1.3. (1/1)

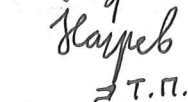
3 из 6



Считая, что чайник мощности P разв. полезную (идущую на нагрев) нагрев воды с учетом теплопотерь в окр. среду) мощность ηP , где η — его КПД, найдём КПД η_2 нового чайника.

Пусть старый чайник имеет мощность P_1 , а новый — $P_2 = 2P_1$. Рассм. кажд. отд. процесс, вход. в прил. чай:

1) ~~Нагрев~~ ^{Нагрев} воды старым чайником:



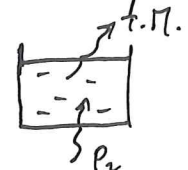
За время τ_1 вода в чайнике приобр. Q_1 тепла: $Q_1 = cm(t_1 - t_0) = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \tau_1$ (1);

2) Охлаждение воды:



За время τ_2 вода потеряла Q_2 тепла: $Q_2 = q \tau_2 = cm(t_1 - t_2)$, где t_2 — темп. воды в чайнике после оконч. ост. (2);

3) Нагрев воды новым чайником:



За время τ_3 вода приобр. Q_3 темп.: $Q_3 = cm(t_{100} - t_2) = P_2 \cdot \eta_2 \cdot \tau_3$ (3);

Теперь, выразим t_2 из (2) и подст. в (3):

$$\eta_2 P_2 \tau_3 = cm(t_{100} - (t_1 - \frac{q \tau_2}{cm})) = cm(t_{100} - t_1) + q \tau_2 \Rightarrow$$

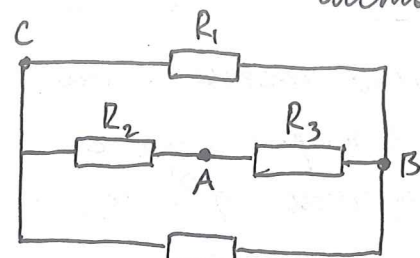
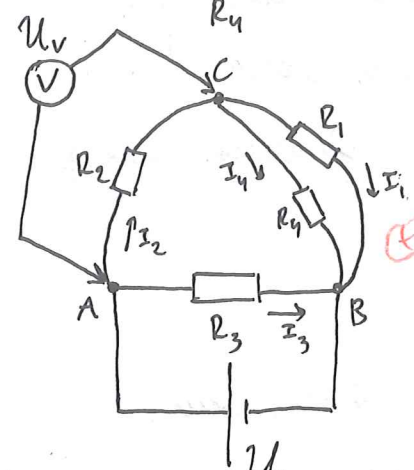
$$\Rightarrow \text{подстав на (1): } \frac{\eta_2 P_2 \tau_3}{\eta_1 P_1 \tau_1} = \frac{2 \eta_2 \tau_3}{\eta_1 \tau_1} = \frac{cm(t_{100} - t_1) + q \tau_2}{cm(t_1 - t_0)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta_2 = \frac{1}{2} \eta_1 \cdot \frac{\tau_1}{\tau_3} \left(\frac{t_{100} - t_1}{t_1 - t_0} + \frac{q \tau_2}{cm(t_1 - t_0)} \right) = \frac{80\%}{2} \cdot \frac{2,5 \text{ мин}}{2 \text{ мин}} \cdot \left(\frac{100^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}}{60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} + \frac{400 \text{ Вт} \cdot 10 \cdot 60 \text{ с}}{4200 \text{ Дж/кг} \cdot 2 \text{ кг} \cdot (60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})} \right) = \frac{60}{7} \% \approx 8,57\%$$

ОТВЕТ: $\sim 8,57\%$

ошибка в порядке

Листовик. Задача 1.4. (1/1) 7 из 6

Перерисуем схему отн. R_3 :

Вольтметр V ид. $\Rightarrow$ его вн. сопр. $R_v \rightarrow \infty$ (другими словами, $R_v \gg R$); он покажет $U_v = \varphi_C - \varphi_A$;
 $\varphi_A - \varphi_B = U$; отсюда найдем $\varphi_C - \varphi_B = U - U_v \Rightarrow$ по з. Ома: $I_1 = \frac{U - U_v}{R_1}$;

$I_4 = \frac{U - U_v}{R_4} \Rightarrow$ по I прав. Кирхгофа:

$$I_2 = I_1 + I_4 = (U - U_v) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} \right) \Rightarrow \text{по з.}$$

Ома: $\varphi_C - \varphi_A = I_2 R_2 = (U - U_v) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} \right) R_2 =$

$$= U_v \Rightarrow U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} \right) = U_v \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} \right) \Rightarrow U_v = \frac{R_1^{-1} + R_4^{-1}}{R_1^{-1} + R_2^{-1} + R_4^{-1}} U =$$

$$= \frac{R^{-1} + (3R)^{-1}}{R^{-1} + (1,25R)^{-1} + (3R)^{-1}} U = \frac{1 + \frac{1}{3}}{1 + \frac{4}{5} + \frac{1}{3}} U = \frac{5}{8} U = \frac{5}{8} \cdot 32 \text{ В} = 20 \text{ В.}$$

ОТВЕТ: 20 В.

Чистовик. Задание №1.5. (1/2) 5 из 6

Для начала покажем, что силы реакции в этой системе сов. нулевую работу:

$$\Delta A_N = \vec{N} \cdot \Delta \vec{S} = N \Delta S \cos \angle(\vec{N}, \Delta \vec{S}) = N \Delta S \cos 90^\circ = 0.$$

$$\Delta A_{F_{тр}} = 0, \text{ т.к. } F_{тр} = 0.$$

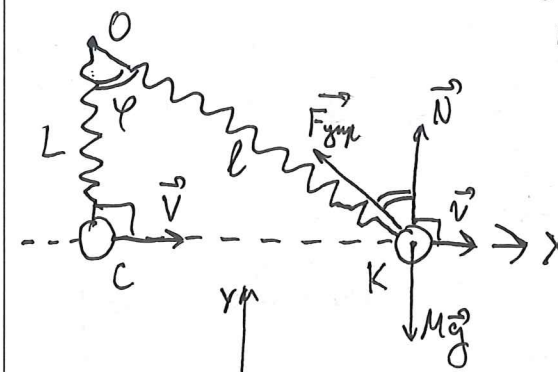
Итак, в этой системе работу сов. только силы (упругости и тяжести) $\Rightarrow$ справедлив ЗСЭ (для всех ил. кроме абс. неупр. уд. — возм. уд. силы).

При переходе из сост. А в сост. В: $\Delta E_{полн. мех.} = 0 = \Delta E_k + \Delta E_{п.} = \frac{4m V_0^2}{2} - 4mgH \Rightarrow \boxed{V_0^2 = 2gH} \quad (1);$

Во время абс. неупр. уд. по III з. Нютона возм. ударные силы компенсируются друг другом $\Rightarrow$ вдоль оси X на сист. "m+5m" не действ. сил $\Rightarrow$ справедлив ЗСИ (в проекции на ось X).

Итак, $\Delta P_x = 0 = P_{mx} - P_{4mx} - P_{mx} = MV - 4m V_0 - 0 \Rightarrow MV = 4m V_0 \Rightarrow V = \frac{4m}{M} V_0 \Rightarrow$ т.к. $M = m + 4m = 5m$, то $\boxed{V = \frac{4}{5} V_0} \quad (2).$

После удара также справ. ЗСЭ:



при переходе из сост. С в сост. К:

$$\Delta E_{мех.} = 0 = \Delta E_{п.} + \Delta E_k = \left(\frac{k(l-L)^2}{2} - 0 \right) + \left(\frac{Mv^2}{2} - \frac{MV^2}{2} \right) = 0 \Rightarrow$$

$$Mv^2 = MV^2 - k(l-L)^2 \Rightarrow \boxed{V^2 = v^2 - \frac{k}{M}(l-L)^2} \quad (3).$$

Числовик. 6 из 6 Задание N1.5. (2/2) 6 из 6

ΣF_y на M в соот. К: $-Mg + N + F_{\text{упр}} \cos \varphi = 0$ — по оси Y мало не гв. $\Rightarrow N = Mg - F_{\text{упр}} \cos \varphi$ (4).

$\triangle OCK$ — прямоугольн. ($\angle OKC = 90^\circ$) $\Rightarrow \frac{|OK|}{|OK|} = \cos \angle COK$, т.е.

$\frac{L}{l} = \cos \varphi$ (5). Подст. (5) в (4) и заменив $F_{\text{упр}}$ на $k(l-L)$ (по з. Гюка), получим: $N = Mg - \frac{k(l-L)L}{l} = Mg - kL(1 - \frac{L}{l})$ (6).

Если $\exists l: N=0$, то $\exists \frac{L}{l}$ по (6): $Mg - kL(1 - \frac{L}{l}) = 0$, т.е. $\frac{L}{l} = 1 - \frac{Mg}{kL} \Rightarrow$ если сила норм. реакции опоры может принимать нулевое значение (что равносильно обнулению силы давления M на стержень по III з. Ньютона), то M может удаляться от т. O

на хотя бы $l = L(1 - \frac{Mg}{kL})^{-1} \Rightarrow$ выражая v^2 для этого мом. из (3), получ.: $v^2 = V^2 - \frac{kL^2}{M}(\frac{l}{L} - 1)^2 \geq 0$, т.к. квадрат вел. скор. V не может быть отриц. $\Rightarrow$

$\Rightarrow V^2 \geq \frac{kL^2}{M}(\frac{1}{1 - \frac{Mg}{kL}} - 1)^2 \Rightarrow$ подст. V из (2): $(\frac{4}{5}V_0)^2 \geq$

$\geq \frac{kL^2}{M}(\frac{kL}{kL - Mg} - 1)^2 \Rightarrow$ подст. V_0 из (1): $\frac{16}{25} \cdot 2gH \geq$

$\geq \frac{kL^2}{M}(\frac{Mg}{kL - Mg})^2 \Rightarrow$ найм. зм. H : $H_{\min} = \frac{25}{32} \cdot \frac{kL^2}{Mg} (\frac{Mg}{kL - Mg})^2$

Подст. $M = 5 \text{ м}$: $H_{\min} = \frac{25}{32} \cdot \frac{kL^2 \cdot 5 \text{ м}}{(kL - 5 \text{ м})^2} = \frac{25}{32} \cdot \frac{10 \text{ Н/м} \cdot (0,1 \text{ м})^2}{(10 \text{ Н/м} \cdot 0,1 \text{ м} -$

$\cdot 5 \cdot 0,01 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг})^2} = \frac{5}{32} \text{ м} = \{15,625 \text{ см}\}$

ОТВЕТ: мин. высота, при которой такое возможно, равно $0,15625 \text{ м} \approx 15,6 \text{ см}$.