



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Блохина Анна Ганиславовна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

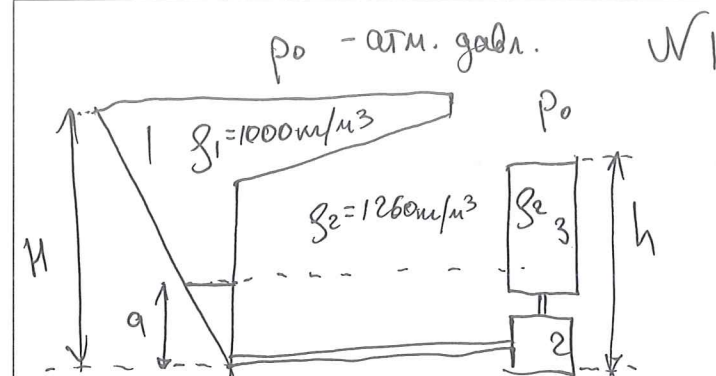
Сдел. работ : 15.11

Дата
« 14 » февраля 2025 года

Подпись участника

[Signature]

Черновик

04-81-44-41
(5.7)

Вода снизу не перетекает $\Rightarrow$ снизу в трубке везде одинак. давление (на 1 уровне).

Т.к. до уровня а жидкость и справа, и слева одинаковая, поднимаюсь снизу, на уровне а ρ будет одинак. давление.

Запишем это:

$$p_0 + \rho_1 g (H - a) = p_0 + \rho_2 g (h - a)$$

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

$$a = \frac{\rho_1 H - \rho_2 h}{\rho_1 - \rho_2} = \frac{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 140 \text{ мм} - 1260 \text{ кг/м}^3 \cdot 114 \text{ мм}}{1000 \text{ кг/м}^3 - 1260 \text{ кг/м}^3} =$$

$$= \frac{(140 - 1,26 \cdot 114) \cdot 10^2 \text{ мм}}{-260} = \frac{364 \text{ мм}}{26} = \frac{182 \text{ мм}}{13} = 14 \text{ мм}$$

Ответ: $a = \frac{\rho_1 H - \rho_2 h}{\rho_1 - \rho_2} = 14 \text{ мм}$

20

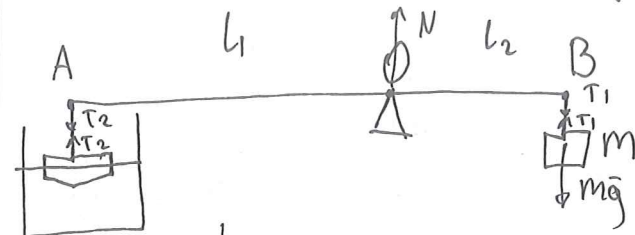
Σ	100
5	20
4	20
3	20
2	20
1	20

$$\begin{array}{r} \times 114 \\ 126 \\ \hline 1684 \\ + 228 \\ \hline 14364 \end{array}$$

14364

14364

Чистовик

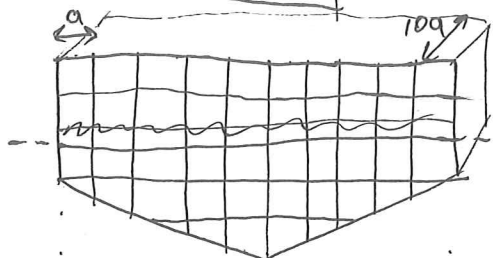
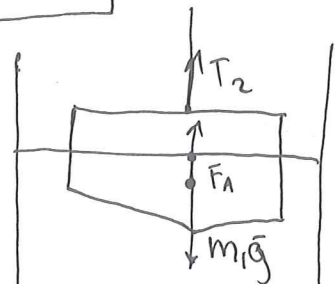
$\sqrt{2}$ 

Т.к. всё находится
в равновесии:

$$T_1 = mg$$

$$m_1 g = F_A + T_2$$

$$T_2 = m_1 g - F_A = \rho V g - \rho_0 V_{\text{нар}} g$$



20

~~Задача 5. Черновик~~ (размер в плоскости x равен $10a$)

$$V = 10a \cdot (3a \cdot 10a + \frac{2a \cdot 10a}{2}) = 400a^3$$

$$V_{\text{нар}} = V - 2a \cdot 10a \cdot 10a = 200a^3$$

Запишем правило мом-тов для рычага отн. точки O:

$$l_1 T_2 = l_2 T_1 \Leftrightarrow l_1 \rho (g \cdot 400a^3 - g_0 \cdot 200a^3) = l_2 mg$$

$$\rho = \frac{l_2 m + 200 l_1 g_0 a^3}{400 l_1 a^3} = \frac{10 \text{ см} \cdot 700 \text{ г} + 200 \cdot 50 \text{ см} \cdot 1 \text{ г/см}^3 \cdot 1 \text{ см}^3}{400 \cdot 50 \text{ см} \cdot 1 \text{ см}^3}$$

$$= 850 \text{ г/см}^3 = 850 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{Ответ: } \rho = \frac{l_2 m + 200 l_1 g_0 a^3}{400 l_1 a^3} = 850 \text{ кг/м}^3$$

Черновик

$$5. (850 \cdot 400 \cdot 10 - 1000 \cdot 200 \cdot 10) = \text{Черновик}$$

$$5. (0,85 \cdot 400 \cdot 10 - 1 \cdot 200 \cdot 10) = 700$$

$$\rho_1 = \frac{4200 \cdot 2 \cdot 40}{0,8 \cdot 2,5 \cdot 60} = 2800 \text{ БТ}$$

$$t_2 = \frac{4200 \cdot 2 \cdot 60 - 400 \cdot 10 \cdot 60}{4200 \cdot 2} = 60 - \frac{200}{7}$$

$$4200 \cdot 2 \cdot (40 + \frac{200}{7}) = 2 \cdot 2800 \cdot 0,86 \cdot 2 \cdot 60$$

Запишем ур. тем. баланса. $\sqrt{3}$
 $\rho_1 \gamma_1 \tau_1 = cm(t_1 - t_0)$, где ρ_1 - мощность старого чайника.
 $cm(t_1 - t_2) = q \tau_2$, где t_2 - температура, до которой
 остыла вода, ~~в~~ пока зима была
 $cm(t_{100} - t_2) = 2\rho_1 \gamma_2 \tau_3$ в магазин.

$$\rho_1 = \frac{cm(t_1 - t_0)}{\gamma_1 \tau_1}$$

$$t_2 = \frac{cm t_1 - q \tau_2}{cm}$$

$$\gamma_2 = \frac{cm(t_{100} - t_2)}{2\rho_1 \tau_3} = \frac{cm(t_{100} - \frac{cm t_1 - q \tau_2}{cm})}{2 \cdot \frac{cm(t_1 - t_0)}{\gamma_1 \tau_1} \cdot \tau_3} =$$

$$= \frac{(cm t_{100} - cm t_1 + q \tau_2) \gamma_1 \tau_1}{2 cm \tau_3 (t_1 - t_0)} =$$

$$= \frac{(4200 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C} \cdot 200 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C} (100^\circ C - 60^\circ C) + 400 \frac{Дж}{с} \cdot 10 \cdot 60) \cdot 0,8 \cdot 2,5 \text{ мин}}{2 \cdot 4200 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C} \cdot 200 \cdot 2 \text{ мин} \cdot (60^\circ C - 20^\circ C)} =$$

$$= \frac{(336000 + 240000) \text{ Дж}}{4200 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 40} = \frac{576000}{67200} = \frac{86}{100} = 0,86$$

$$\frac{60}{86} \overline{) 0,857}$$

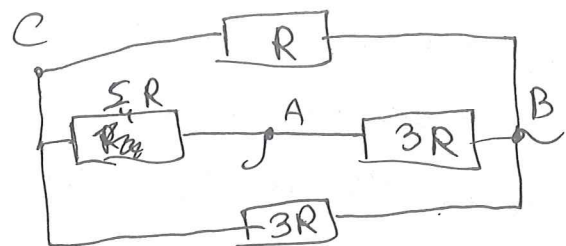
$$\begin{array}{r} 60 \\ 86 \\ \hline 40 \\ 35 \\ \hline 50 \\ 49 \\ \hline 1 \dots \end{array}$$

Ответ: $\gamma_2 = \frac{\gamma_1 \tau_1 (cm t_{100} - cm t_1 + q \tau_2)}{2 cm \tau_3 (t_1 - t_0)} = 0,86.$

Чистовик

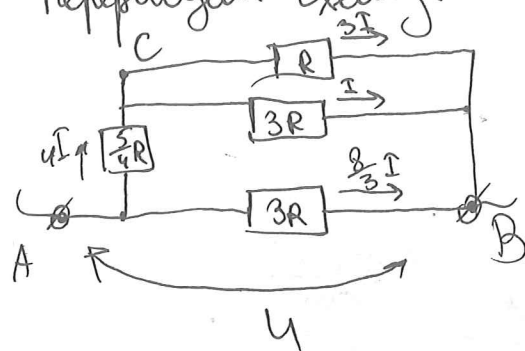
№4

Чистовик



20

Перерисуем схему:



Расставим точки

$$4I \cdot \frac{5}{4}R + 3IR = I \cdot 3R \Rightarrow I = \frac{8}{3}I$$

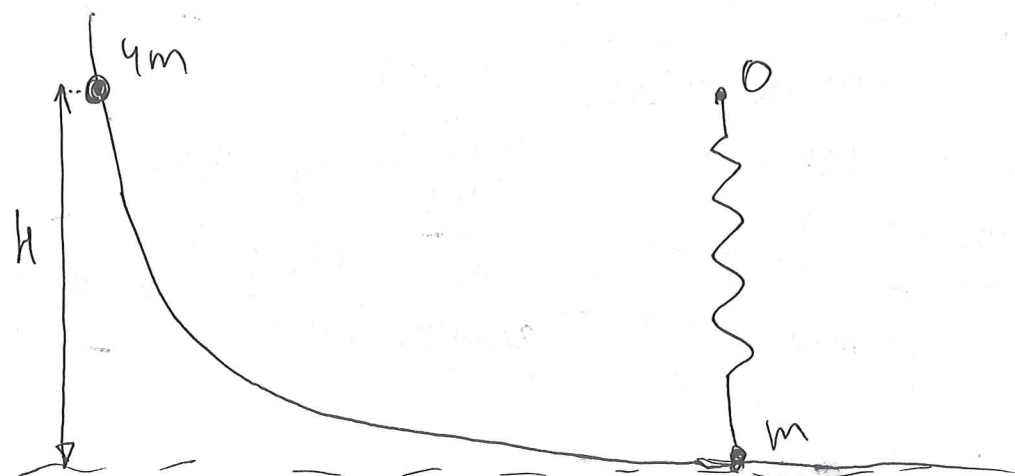
$$U = 3R \cdot \frac{8}{3}I = 8IR$$

$$U_{AC} = 4I \cdot \frac{5}{4}R = 5IR$$

$$\frac{U_{AC}}{U} = \frac{5}{8} \Rightarrow U_{AC} = \frac{5}{8}U = 20В$$

Ответ

№5



Бусинка доедет вниз до бусинки массой m и дальше они поедут вместе. В какой момент, когда сила упругости = 0: Т.к. мы ищем минимум.

0 высота это будет момент, когда

$$N_1 = 4mg = \text{const}$$

$$N_2 + mg = F_{\text{уп}} \sin \alpha$$

$$N_1 = N_2 \Rightarrow 4mg = F_{\text{уп}} \sin \alpha - mg$$

$$5mg = kx \sin \alpha$$



04-81-44-41
(5.7)

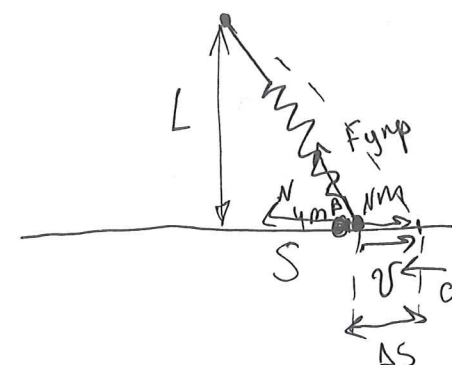
Чтобы найти скорость полета в точке столкновения запиши ЗСЭ:

$$4mgH = \frac{4mV_{a1}^2}{2} \Rightarrow V_{a1} = \sqrt{2gH} \quad \checkmark$$

Через ЗСЭ найд. скорость 2-й бусинки после столкновения: (и 1-й, т.к. удар абсолют. не упруг.).

$$4mV_{a1} = 5mV_0$$

$$V_0 = \frac{4\sqrt{2gH}}{5} \quad \checkmark$$



Рассмотрим малый промежуток времени, за который сила не успевает измениться.

$$\Delta S = \frac{V_{x1}^2 - V_{x0}^2}{-2a}$$

$$4ma = N$$

$$F_{\text{упр}} \cos \beta - N = ma \Rightarrow F_{\text{упр}} \cos \beta = 5ma$$

$$a = \frac{F_{\text{упр}} \cos \beta}{5m}$$

$$\Delta S = \frac{V_{x1}^2 - V_{x0}^2}{-2a} = \frac{(V_{x0}^2 - V_{x1}^2) \cdot 5m}{2F_{\text{упр}} \cos \beta}$$

$$\cos \beta = \frac{S}{\sqrt{S^2 + L^2}}$$

$$F_{\text{упр}} = (\sqrt{S^2 + L^2} - L)k$$

$$V_{x0}^2 - V_{x1}^2 = \frac{2\Delta S}{5m} \cdot \frac{Sk(\sqrt{S^2 + L^2} - L)}{\sqrt{S^2 + L^2}}$$

Проинтегрируем где S от 0 до S_{конеч}

$$-(V_{x0}^2 - V_{x1}^2 + V_{x1}^2 - V_{x2}^2 + \dots + V_{x2}^2 - V_{x1}^2 + V_{x1}^2 - V_{x0}^2) = \int_0^{S_{\text{конеч}}} \frac{2}{5m} \cdot \frac{Sk(\sqrt{S^2 + L^2} - L)}{\sqrt{S^2 + L^2}} dS$$

$$V_0^2 = \int_0^{S_{\text{конеч}}} \frac{2Sk(\sqrt{S^2 + L^2} - L)}{5m\sqrt{S^2 + L^2}} dS = s(S)$$

устойчиво

Найдем $S_{\min}$:

Чистовик

$$kx \sin \alpha = smg$$

$$\sin \alpha = \frac{l}{\sqrt{s_u^2 + l^2}}$$

$$x = \sqrt{s_u^2 + l^2} - l$$

$$\frac{k(\sqrt{s_u^2 + l^2} - l)l}{\sqrt{s_u^2 + l^2}} = smg$$

$$kl - smg = \frac{kl^2}{\sqrt{s_u^2 + l^2}}$$

$$(s_u^2 + l^2)(kl - smg)^2 = k^2 l^4$$

$$s_u = \sqrt{\frac{k l^4}{(kl - smg)^2}} - l^2$$

$$= \sqrt{\frac{10^2 \cdot 0,1^4}{(10 \cdot 0,1 - 0,01 \cdot 5 \cdot 10)^2}} - 0,01 =$$

$$= \sqrt{0,01 \cdot 4 - 0,01} = \frac{\sqrt{3}}{10} \text{ м} = \sqrt{3}l$$

Напишем функцию $f(s)$:

$$f(s) = \frac{2Sk(\sqrt{s^2 + l^2} - l)}{5m\sqrt{s^2 + l^2}} = \frac{2Sk}{5m} - \frac{2Sl}{5m\sqrt{s^2 + l^2}}$$

$$f'(s) = \frac{2Sk}{5m} - \frac{2Sl}{5m\sqrt{s^2 + l^2}}$$

$$\sqrt{s^2 + l^2} = \sqrt{s^2 + 2Sl + l^2}, \text{ т.е. } s, l \leq 1 \Rightarrow 2Sl \text{ на пороге}$$

$$\frac{2Sk}{5m} - \frac{2Sl}{5m\sqrt{s^2 + l^2}} = 0 \Rightarrow \frac{2Sl}{5m\sqrt{s^2 + l^2}} = \frac{2Sk}{5m}$$

Найдем такую функцию, производная которой равна 0.

$$\frac{1}{\sqrt{s^2 + l^2}} = \frac{1}{2\sqrt{s^2 + l^2}} \cdot 2S = \frac{S}{\sqrt{s^2 + l^2}} \Rightarrow$$

$$\left(\frac{2kl}{5m} \cdot \frac{S}{\sqrt{s^2 + l^2}} \right)' = \frac{2kl}{5m} \cdot \frac{S}{\sqrt{s^2 + l^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{s^2 + l^2}} \cdot (-1) = -\frac{2klS}{5m\sqrt{s^2 + l^2}^3}$$

$$\int ds \left(\frac{2Sk}{5m} - \frac{2klS}{5m\sqrt{s^2 + l^2}} \right) = \frac{kS^2}{5m} - \frac{2kl\sqrt{s^2 + l^2}}{5m}$$

Проверка:

$$\left(\frac{kS^2}{5m} - \frac{2kl\sqrt{s^2 + l^2}}{5m} \right)' = \frac{2kS}{5m} - \frac{2kl}{5m} \cdot \frac{2S}{2\sqrt{s^2 + l^2}} =$$

$$= \frac{2kS\sqrt{s^2 + l^2} - 2kSl}{5m\sqrt{s^2 + l^2}} = \frac{2kS(\sqrt{s^2 + l^2} - l)}{5m\sqrt{s^2 + l^2}} \cdot \checkmark$$

$$\int_0^{s_u} ds = \left(\frac{kS^2}{5m} - \frac{2kl\sqrt{s^2 + l^2}}{5m} \right) - \left(0 - \frac{2kl^2}{5m} \right) =$$

$$s_u = \sqrt{3}l$$

$$= \frac{3kl^2 - 2kl^2\sqrt{3+1} + 2kl^2}{5m} = \frac{kl^2}{5m} = \frac{16 \cdot 29H}{25}$$

$$H_{\min} = \frac{kl^2}{5m} \cdot \frac{25}{32g} = \frac{5kl^2}{32mg} = \frac{5 \cdot 10 \text{ Н/м} \cdot 0,01 \text{ м}^2}{32 \cdot 0,01 \text{ м} \cdot 10 \text{ Н/кг}} =$$

$$= \frac{5}{32} \text{ м} = 0,16 \text{ м}$$

$$\frac{5}{32} \cdot \frac{1}{32} = 0,0390625$$

Ответ: $H_{\min} = \frac{5kl^2}{32mg} = 0,16 \text{ м}$ +

Чистовик