



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

гипер

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

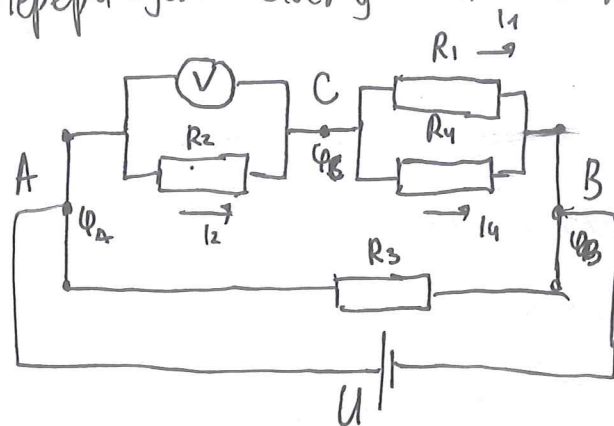
Смолина Николая Игоревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» 02 2025 года

Подпись участника
Смолин

~1.4.

Перепишем схему таким образом:



$$\varphi_B = 0; \quad \varphi_A = U.$$

$$I_2 = \frac{\varphi_A - \varphi_C}{R_2} = \frac{U - \varphi_C}{1,25R}; \quad I_1 = \frac{\varphi_C - \varphi_B}{R_1} = \frac{\varphi_C}{R};$$

$$I_4 = \frac{\varphi_C - \varphi_B}{R_4} = \frac{\varphi_C}{3R}; \quad I_2 = I_1 + I_4.$$

$$\frac{U - \varphi_C}{1,25R} = \frac{\varphi_C}{R} + \frac{\varphi_C}{3R} \quad | \cdot 15R$$

$$12U - 12\varphi_C = 15\varphi_C + 5\varphi_C; \quad 12U = 32\varphi_C.$$

$$\varphi_C = \frac{12}{32} U = \frac{12}{32} \cdot 32 \text{ В} = 12 \text{ В}.$$

$$\text{Искомое } U_V = I_2 R_2 = \frac{\varphi_A - \varphi_C}{R_2} R_2 = \varphi_A - \varphi_C = U - \varphi_C = 32 - 12 = 20 \text{ В}.$$

Ответ: вольтметр покажет $U_V = 20 \text{ В}$.

$$0,85 \cdot 42 \cdot \frac{100}{64} = \frac{25}{16}$$

Черновик

$$\frac{1700 \cdot 12}{200} = 850 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{1700}{16} \cdot \frac{12}{850} = 1,5 \frac{\text{с}}{16}$$

$$0,1 \cdot 0,69$$

$$\frac{100}{16} \cdot \frac{64}{100}$$

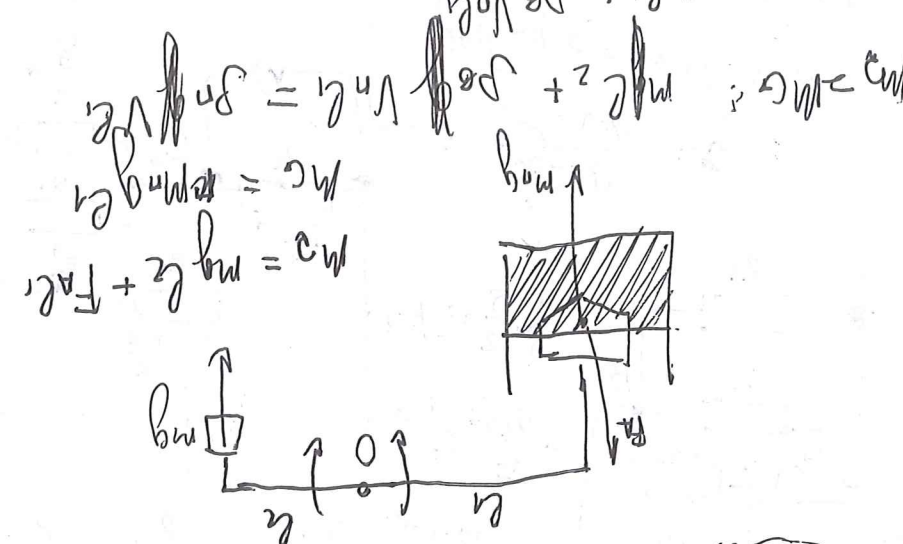
$$\frac{25}{16}$$

$$1,5625$$

$$\frac{10}{64} = \frac{100}{64}$$

$$\frac{50}{80} = \frac{5}{8}$$

$$= \frac{18 \text{ м}}{100 + 100 \text{ м}} = 0,18$$



$$V_0 = 50 \cdot 100 = 200 \text{ см}^3$$

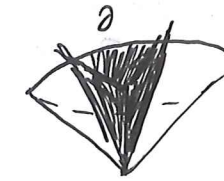
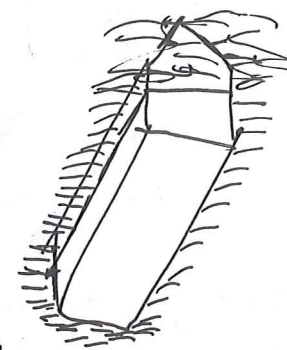
$$V = 5 \cdot 100 = (200 \text{ см}^3 + 100 \text{ см}^3) = 300 \text{ см}^3$$

$$V = 5 \cdot 100 = 500 \text{ см}^3$$

$$20 \int S = 10 \int S$$

$$V = 5 \cdot 100 = 500 \text{ см}^3$$

$$S = \frac{2P}{V}$$



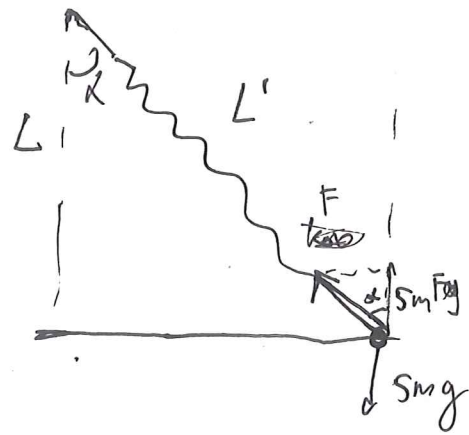
$$4mgh = F_{\text{н}} = F_{\text{к}} - \text{перед столкн.}$$

$$\frac{4m v^2}{2} = 4mgh \quad v = \sqrt{2gh}$$

$$\vec{p} = 4m\sqrt{2gh} \quad \eta' = \frac{4m\sqrt{2gh}}{5m} = 0,8\sqrt{2gh} = \sqrt{1,28gh}$$

$$\frac{4m\sqrt{2gh}^2}{2} = 4mgh$$

$$\frac{5m\sqrt{1,28gh}^2}{2} = 3,2mgh$$



$$\frac{L'}{L} = \cos \alpha$$

$$L' = \frac{L}{\cos \alpha}$$

$$\Delta L = L' - L = \frac{L}{\cos \alpha} - L = L \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$F = k\Delta L = kL \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{F_y}{F} = \cos \alpha \Rightarrow F_y = F \cos \alpha =$$

$$= kL(1 - \cos \alpha)$$

$$kL(1 - \cos \alpha) = 5mg$$

$$kL - kL \cos \alpha = 5mg - kL$$

$$\cos \alpha = \frac{kL - 5mg}{kL} =$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\begin{array}{r} 1,5625 \\ \times 3,2 \\ \hline 31250 \\ 46875 \\ \hline 5,00000 \end{array}$$

$$\Delta L = L \frac{kL^2}{2} \quad \frac{kL^2}{2} = 1 \quad v^2 = 0,1$$

$$3,2k \cdot mg = 5 \cdot 10 \cdot 0,01 = 0,5$$

$$x = \sqrt{\frac{1}{10}} = \frac{\sqrt{10}}{10}$$

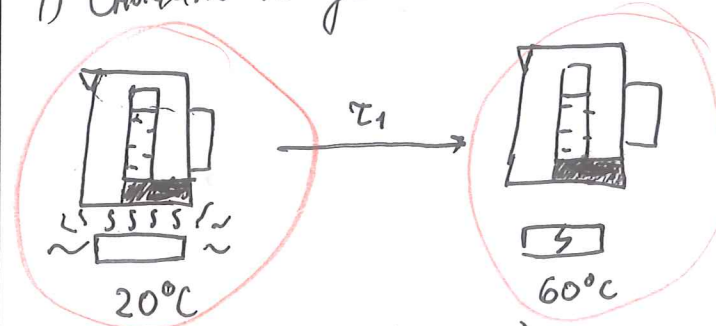
$$\frac{0,8^2}{1,28} = 0,64$$

$$\begin{array}{r} 0,625 \\ \times 2 \\ \hline 1,250 \\ \sqrt{2,18,625} \\ \sqrt{34,25} \\ 2625 \\ 1050 \\ 2625 \\ \hline 27,5625 \end{array}$$

Черновик

$$\begin{array}{r} 1,55 \\ \times 8,5 \\ \hline 27,5 \\ 27,5 \\ \hline 30,25 \end{array}$$

1.3.

1) Сначала найдем мощность первого чайника P_1 .

$$\eta_1 P_1 \tau_1 = cm(T_1 - T_0)$$

$$P_1 = \frac{cm(T_1 - T_0)}{\eta_1 \tau_1} = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2 \text{ кг} \cdot (60 - 20) ^\circ\text{C}}{0,8 \cdot 2,5 \cdot 60 \text{ с}} =$$

$$= 2800 \text{ Вт.}$$

2) Найдем до какой T_2 остыла вода пока вода была в чайнике до магазина!

$$-q\tau_2 = cm\theta(T_2 - T_1) \quad -q\tau_2 = cm\theta T_2 - cm\theta T_1$$

$$cmT_1 - q\tau_2 = cmT_2 \Rightarrow T_2 = T_1 - \frac{q\tau_2}{cm}$$

$$2) P_2 = 2P_1 = 5600 \text{ Вт.}$$

После поломки чайника он τ_2 остывал, потом τ_3 грелся и в результате температура поднялась от T_1 до T_{100} .

$$-q\tau_2 + \eta_2 P_2 \tau_3 = cm(T_{100} - T_1)$$

$$2\eta_2 P_1 \tau_3 = cm(T_{100} - T_1) + q\tau_2$$

$$\eta_2 = \frac{cm(T_{100} - T_1) + q\tau_2}{2P_1 \tau_3} = \frac{4200 \cdot 2 \cdot (100 - 60) + 400 \cdot 10 \cdot 60}{2 \cdot 2800 \cdot 2 \cdot 60} =$$

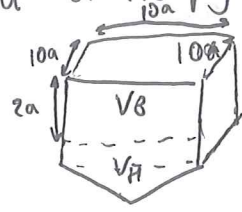
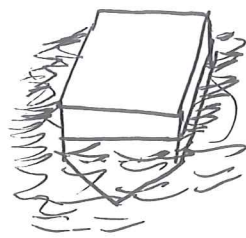
$$= \frac{42 \cdot 2 \cdot 4 + 60 \cdot 4}{2 \cdot 28 \cdot 2 \cdot 6} = \frac{144}{6 \cdot 28} = \frac{24}{28} = \frac{6}{7}$$

Ответ: КПД нового чайника $\eta_2 = \frac{6}{7} \approx 85,7\%$

Задания решены верно, но все равно в ответе

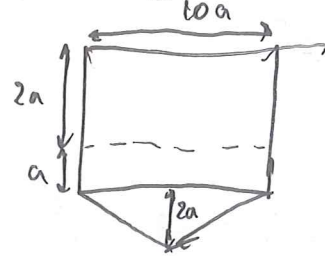
~1,2.

1) Найдем общий и погруженный объем поплавка.



$$V_B = 2a \cdot 10a \cdot 10a = 200a^3$$

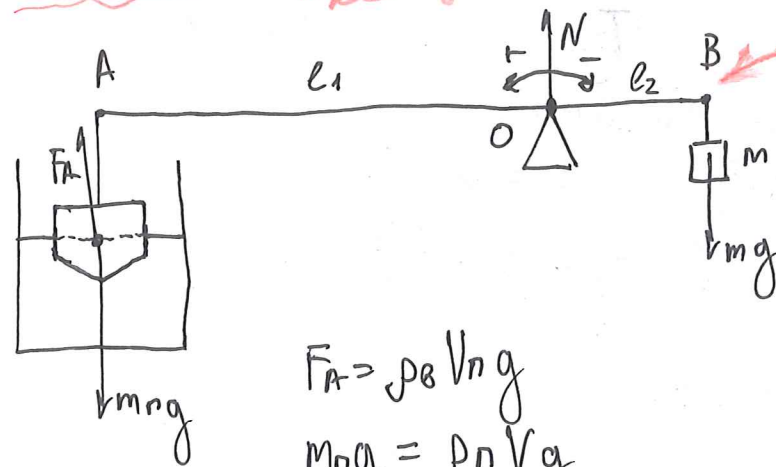
$$V_H = a \cdot 10a \cdot 10a + \frac{2a \cdot 10a}{2} \cdot 10a = 200a^3$$



$$V = V_B + V_H = 400a^3 = 400 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{п}} = V_H = 200a^3 = 200 \text{ см}^3$$

2) Запишем силы, действующие на стержень и уравнение моментов:



$$F_A = \rho_B V_{\text{п}} g$$

$$mg = \rho_{\text{п}} V g$$

$$M(O): +\rho_{\text{п}} V g l_1 - \rho_B V_{\text{п}} g l_1 - mg l_2 = 0$$

$$\rho_{\text{п}} V l_1 = \rho_B V_{\text{п}} l_1 + m l_2$$

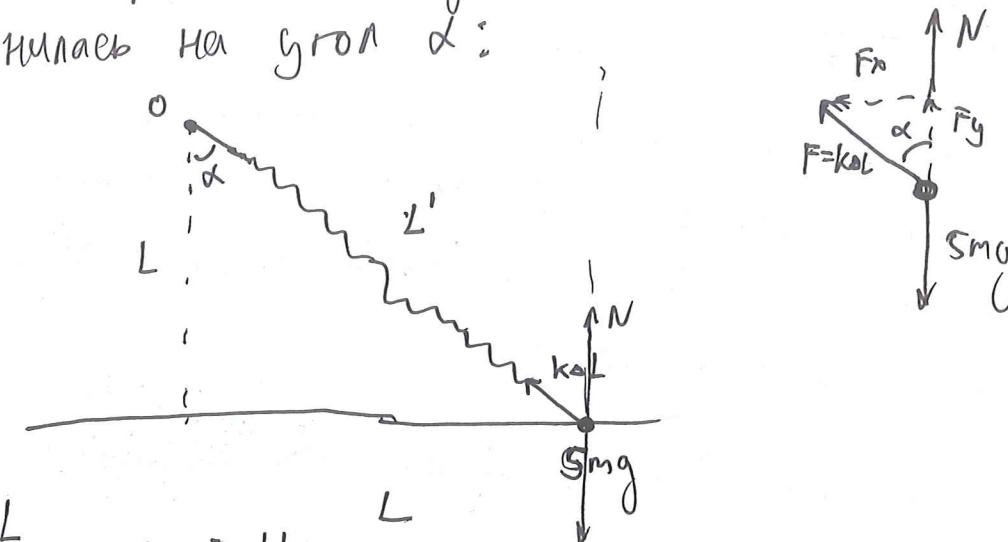
$$\rho_{\text{п}} = \frac{\rho_B V_{\text{п}} l_1 + m l_2}{V l_1} = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 200 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 0,5 \text{ м} + 0,7 \text{ кг} \cdot 0,1 \text{ м}}{400 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 0,5 \text{ м}}$$

$$= \frac{1000 \cdot 200 \cdot 0,5 + 0,7 \cdot 0,1 \cdot 10^6}{400 \cdot 0,5} = \frac{100000 + 70000}{200} = 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ответ: плотность поплавка $\rho_{\text{п}} = 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

1.5.

Процесс такой: сначала 1 бусинка падает и набирает скорость; после столкновения две бусинки как одна движутся далее. От этого поворачивается и растягивается пружина. Рассмотрим момент, в который из-за движения бусин пружина отклонилась на угол α :



$$\frac{L}{L'} = \cos \alpha \Rightarrow L' = \frac{L}{\cos \alpha}$$

$$\Delta L = L' - L = \frac{L}{\cos \alpha} - L = \frac{L - L \cos \alpha}{\cos \alpha} = L \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$F_y = F \cos \alpha = k \Delta L \cos \alpha = kL(1 - \cos \alpha)$$

$$F_x = F \sin \alpha = kL(1 - \cos \alpha) \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = kL(1 - \cos \alpha) \tan \alpha$$

Видно, что при росте α растёт и F_y , и F_x , т.к. $\cos \alpha$ уменьшается, $\tan \alpha$ растёт.

$N = Smg - F_y$; $N_{\min}$ при $F_{y \max}$ — в момент, когда скорость бусины равна 0, и она поедет обратно из-за ускорения силы F_x .

Мы хотим, чтобы при движении туда, или обратно, $N = 0$.

$$Smg - F_y = 0 \Rightarrow F_y = Smg$$

Смотрите далее →

~1.5. Продолжение.

$$F_y = 5mg$$

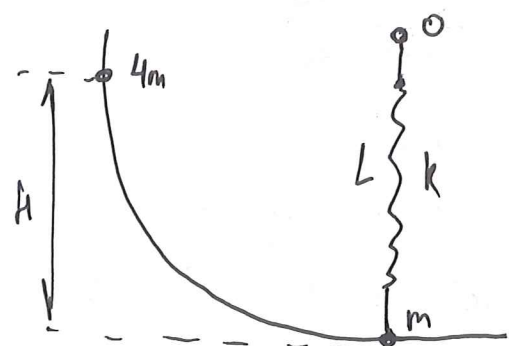
$$kL(1 - \cos \alpha) = 5mg$$

$$\cos \alpha = \frac{5mg - kL}{-kL} = \frac{kL - 5mg}{kL} = \frac{10 \frac{H}{m} \cdot 0,1 m - 5 \cdot 0,01 \text{ кг} \cdot 10 \frac{H}{\text{кг}}}{10 \frac{H}{m} \cdot 0,1 m} =$$

$$= \frac{1 - 0,5}{1} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 60^\circ.$$

То есть у 2-ух бусинок после столкновения должно быть столько кинетической энергии, чтобы повернуть пружину на хотя бы 60° . Найдём, сколько её у нас в зависимости от H .

До столкновения вся E_p бусины $4m$ перейдёт в кинетическую:



$$E_p = 4mgH$$

$$E_k(\text{перед столкн}) = E_p = 4mgH = \frac{4m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2gH}$$

Столкновение неупругое, поэтому ЗСЭ нельзя записать,

но можно записать ЗСИ: $P_{\text{сист}} = \text{const}$ (система - 2 бусины).

$$P_{\text{сист } 0} = 4m \sqrt{2gH} + m \cdot 0 = 4m \sqrt{2gH}$$

$$P_{\text{сист } 1} = 5m v' \Rightarrow v' = \frac{4m}{5m} \sqrt{2gH} = 0,8 \sqrt{2gH} = \sqrt{1,28gH}$$

Кинетическая энергия этих двух бус равна:

$$E_k = \frac{5m v'^2}{2} = \frac{5m \sqrt{1,28gH}^2}{2} = \frac{5 \cdot 1,28 mgH}{2} = 3,2mgH.$$

— линейно зависит от H .

~1.8.

Так как E_k сплюсываясь ΔL зависит от H линейно, а мы хотим, чтобы H было минимальным, ~~что~~.

E_k должна быть минимальной.

Так можем всё таки образом E_k поворачивает пружину?

Просто: кин. энергия переходит в энергию упругой деформации.

Если мы дошли до $\alpha = 60^\circ$, когда $N = 0$, но $E_k > 0$ значит, что мы взяли слишком много E_k , и можно взять меньшую, такую, что при доходе до $\alpha = 60^\circ$ $E_k = 0$.

$H_{\min} \Rightarrow E_{k \min} \Rightarrow$ при $\alpha = 60^\circ$ $E_k = 0$.

$$\Delta L = L \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} = L \frac{1 - \cos 60}{\cos 60} = L \frac{1 - 0,5}{0,5} = L.$$

$$E_{\text{упр. деф.}} = \frac{k \Delta L^2}{2} = \frac{kL^2}{2}.$$

$$E_{\text{уп}} = E_k \Rightarrow \frac{kL^2}{2} = 3,2mgH \Rightarrow H = \frac{kL^2}{6,4mg} =$$

$$= \frac{10 \frac{H}{m} \cdot 0,1^2 \text{ м}^2}{6,4 \cdot 0,01 \text{ кг} \cdot 10 \frac{H}{\text{кг}}} = \frac{0,1 \text{ Нм}}{0,64 \text{ Н}} = \cancel{1,5625 \text{ м}} 0,15625 \text{ м}$$

~~Ответ: минимальная высота $H = 1,5625 \text{ м}$.~~

Ответ: минимальная высота ~~$H = 1,5625 \text{ м}$~~ $H = 0,15625 \text{ м}$.