

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Гондаренко Мамвее Петровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

работа сдана в 15¹⁵

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Гу

Черновик

$$\frac{92}{110} = \frac{46}{55} = \frac{23}{27.5}$$

$$\frac{1,26 \cdot 11,4 - 14}{0,26} = \frac{(kL(L-1) + 5mg)(kL(L+1) - 5mg)}{0,364} = \frac{36,4}{26} =$$

$$kL^2(L^2 - 1) + 5mgkL(L+1) - 5mgkL(L-1) - 25mg^2 = \frac{18,2}{13} = 1 \frac{52}{130} =$$

$$1,26 \cdot 11,4 = 14,364$$

$$1,26 \cdot 11,4 = 14,364$$

$$1,26 \cdot 11,4 = 14,364$$

$$kL^2(L^2 - 1) + \frac{36,4}{26} = 10 + \frac{104}{26} = 10 + \frac{52}{13}$$

$$3 \cdot 140 = 420$$

✓ 1 ✓
✓ 2
✓ 3 ✓
✓ 4 ✓
✓ 5



$$400 \cdot 600 = 240000$$

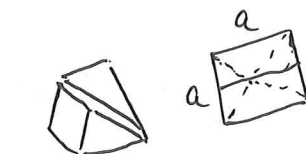
$$\frac{2400}{84} = \frac{1200}{42} = \frac{600}{21} = \frac{200}{7}$$

$$\frac{10}{28} = \frac{5}{14}$$

$$\sqrt{\frac{a^2}{4} + h^2}$$

$$\left(\frac{a}{2}\right)^2 + h^2$$

$$\frac{600}{56} \div \frac{7}{85}$$

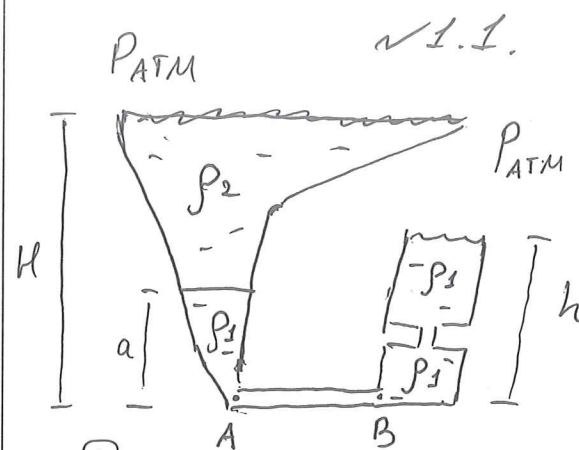


$$\frac{\frac{1}{2}a^2h - \frac{1}{2}ah^2 - \frac{a^3}{8} \left(\frac{a^2}{4} + h^2\right) \frac{a}{2} \frac{a^3}{8} + \frac{ah^2}{2}}{a^2h}$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \frac{h}{a} - \frac{a}{8h}$$

Чистовик стр. 1 из

64-02-76-13
(5.10)



Т.к. оба плеча сообщающиеся, то P_{ATM} можно не учитывать.

Дано:

$$H = 140 \text{ мм} \quad h = 114 \text{ мм}$$

$$\rho_2 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \rho_1 = 1260 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ (глицерин)}$$

Найти:
 $a = ? \text{ мм}$

1) Рассчитаем давление в точках А и В, которые должны быть равны, ведь система статична:

$$P_A = \rho_2 g (H - a) + \rho_1 g a + P_{ATM}$$

$$P_B = \rho_1 g h + P_{ATM}$$

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 g (H - a) + \rho_1 g a + P_{ATM} = \rho_1 g h + P_{ATM}$$

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

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

$$a = \frac{\rho_1 h - \rho_2 H}{\rho_1 - \rho_2} = \frac{1,26 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 11,4 \text{ см} - 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 14 \text{ см}}{1,26 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 14 \text{ мм}$$

Ответ: $a = 14 \text{ мм}$

Чистовик стр 2 из 3

№1.3.

Рассмотрим момент нагревания воды в старом чайнике:

$\eta_1 P \tau_1 = mc(t_1 - t_0)$, где P - мощность старого чайника, η_1 - КПД старого чайника ($\eta_1 = 0,8$), τ_1 - время нагрева ($\tau_1 = 2,5 \text{ мин} = 150 \text{ сек}$), m - масса воды ($m = 2 \text{ кг}$), c - удельная теплоёмкость воды ($c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$), t_0 - начальная температура воды ($t_0 = 20^\circ\text{C}$), t_1 - температура в момент выключения чайника ($t_1 = 60^\circ\text{C}$)

Тогда:

$$P = \frac{mc(t_1 - t_0)}{\eta_1 \tau_1}$$

Пока Баба Зина бегала в магазин, вода остывала с мощностью $q = 400 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$. Тогда

$$q \tau_2 = mc(t_1 - t_2)$$

$$mct_2 = mct_1 - q \tau_2$$

$t_2 = t_1 - \frac{q \tau_2}{mc}$ - температура воды, в момент возвращения Зины.

Мощность нового чайника $2P$, а его КПД - η_2 (нужно найти). Конечная температура воды после нагрева в новом чайнике ($\tau_3 = 2 \text{ мин} = 120 \text{ сек}$) - $t_{100} = 100^\circ\text{C}$

Тогда:

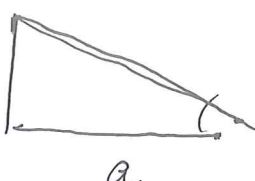
$$2\eta_2 P \tau_3 = mc(t_{100} - t_2) = mct_{100} - mct_1 + q \tau_2$$

$$\eta_2 = \frac{mc(t_{100} - t_1) + q \tau_2}{2P \tau_3} = \frac{mc(t_{100} - t_1) + q \tau_2}{2\tau_3 mc(t_1 - t_0)} \cdot \tau_1 \eta_1$$

см далее стр 3

Черновик

$x =$



$$\sin^2 \alpha + \frac{1}{\tan^2 \alpha} = 1$$

$$\frac{1}{kL - 5mg} = \frac{\sqrt{L^2 + x^2}}{kL^2}$$

$$\sqrt{L^2 + x^2} = \frac{kL^2}{kL - 5mg}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\tan^2 \alpha}\right)}$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{1 + \frac{L^2}{h^2}}$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + L^2}}$$

$$x^2 = \frac{k^2 L^4 - k^2 L^2 mg}{(kL - 5mg)^2}$$

$$x = \frac{\sqrt{k^2 L^4 - (kL - 5mg)^2}}{kL - 5mg}$$

$$kL(L+1) - 5mg = \frac{x^2}{h^2} \cdot a^2$$

$$kL(L+1) - 5mg = \frac{1}{3} x^3 \frac{a^2}{h^2}$$

$$kL\left(1 - \frac{L}{\sqrt{L^2 + x^2}}\right) = 5mg$$

$$kL - \frac{kL^2}{\sqrt{L^2 + x^2}} = 5mg$$

$$kL - 5mg = \frac{kL^2}{\sqrt{L^2 + x^2}}$$

$$\frac{kx(\sqrt{L^2 + x^2} + L)}{\sqrt{L^2 + x^2}} = kx - \frac{kxL}{\sqrt{L^2 + x^2}}$$

$$a = \frac{kx(1 - \sin \alpha)}{F = kx\left(1 - \frac{L}{\sqrt{L^2 + x^2}}\right)kx(1 - \sin \alpha)}$$

Черновик

$$\frac{kx^2}{2} = Mgh$$

$$kxS =$$

$$k(\sqrt{L^2+S^2}-L)^2$$

$$P_1 \cdot g \cdot V = \frac{P_2 \cdot V}{2} + \frac{l_2}{l_1} mg$$

$$L^2+S^2-2L\sqrt{L^2+S^2}+L^2$$

$$0,02+0,03-2 \cdot 0,1 \cdot 0,1\sqrt{3}$$

$$0,05-0,02\sqrt{3}$$

$$P_1 = \frac{1}{2} + \frac{l_2}{l_1} \frac{m}{V}$$

$$\sqrt{L^2+S^2}-L = \frac{5mg\sqrt{L^2+S^2}}{kL}$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1 \cdot 700}{5 \cdot 400}$$

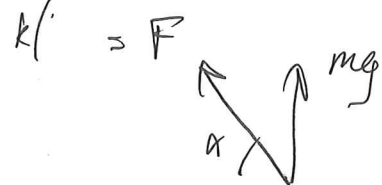
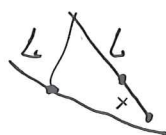
$$\sqrt{L^2+S^2} \left(1 - \frac{5mg}{kL}\right) = L$$

$$\sqrt{L^2+S^2} = \frac{kL^2}{kL-5mg}$$

$$\frac{kL^2}{kL-5mg}$$

$$\frac{35+50}{100} =$$

$$850 \frac{\text{к}\Omega}{\text{к}\Omega}$$

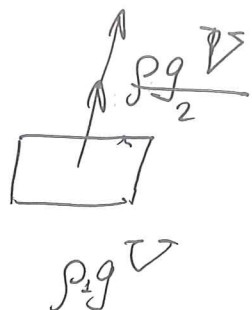


$$k(\sqrt{L^2+x^2}-L) \cdot \frac{L}{\sqrt{L^2+x^2}} = 5mg$$

$$kL - \frac{kL^2}{\sqrt{L^2+x^2}} = 5mg$$

$$\sqrt{L^2+x^2} = \frac{(kL^2)^2 - L^2(kL-5mg)}{kL\sqrt{L^2+x^2}}$$

$$S = \sqrt{(kL^2 - L(kL-5mg))(kL^2 +)}$$



$$0,5 - 0,2\sqrt{3} = 0,4H$$

64-02-76-13
(5.10)

Чистовик стр 3 из 3

$$\eta_2 = \frac{t_{100} - t_1 + \frac{q\tau_2}{mc}}{2(t_1 - t_0) \frac{\tau_3}{\tau_1}} \quad \eta_1 = \frac{40^\circ\text{C} + \frac{2100 \text{ Дж}}{8400 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}}}{2 \cdot 40^\circ\text{C} \cdot 0,8}$$

$$= \frac{40 + \frac{200}{7}}{80} = \frac{4 + \frac{20}{7}}{8} = \frac{1}{2} + \frac{20}{56} = \frac{1}{2} + \frac{5}{14} = \frac{12}{14} = \frac{6}{7} \parallel$$

$$= \frac{6}{7} \parallel \text{ в процентах будет } \frac{600}{7} \% = 85 \frac{5}{7} \%$$

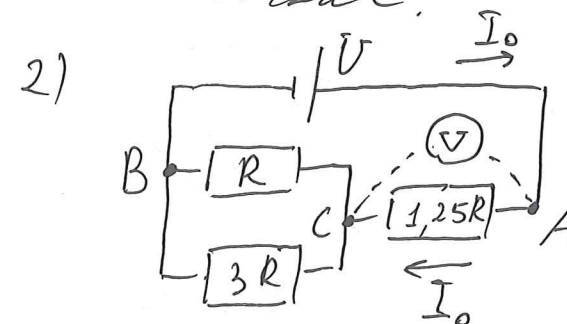
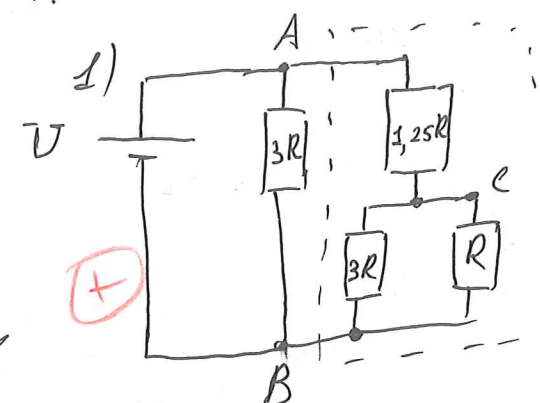
$$\text{Ответ: } \eta_2 = \frac{6}{7} = 85 \frac{5}{7} \%$$

N1.4.

Перерису схему:

$$U = 32 \text{ В}$$

Нас интересует только выделенная часть, ведь в ней точка С:



Суммарное сопротивление в параллельных резисторах

$$R_0 = \frac{R \cdot 3R}{R + 3R} + 1,25R = \frac{3}{4}R + \frac{5}{4}R = 2R - \text{общее}$$

сопротивление схемы 2.

$$\text{Тогда: } I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{U}{2R} - \text{общий ток в схеме 2}$$

$$\text{Тогда по резистору } 1,25R \text{ течет ток } I_0 = \frac{U}{2R}$$

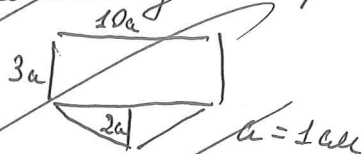
$$\text{Тогда идеальный вольтметр покажет значение } U_V = 1,25R \cdot \frac{U}{2R} = \frac{5}{4 \cdot 2} U = \frac{5}{8} U = 20 \text{ В} \parallel \text{ Ответ: } U_V = 20 \text{ В}$$

Чистовик стр 4 из 1

№ 2

Сначала определим форму поплавок:
 Если продольная же в направлении
 перпендикулярной плоскости рисунка, то
 поплавок - соединенные параллелепипед и пира-
 мида. Объем параллелепипеда:

$$10 \cdot 10 \cdot 3a^3 = 300a^3 = 300 \text{ см}^3$$



$$a = 1 \text{ см}$$

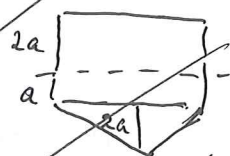
Объем пирамиды:

$$\frac{1}{3} \cdot 10a \cdot 10a \cdot 2a = \frac{200}{3} a^3 = \frac{200}{3} \text{ см}^3$$

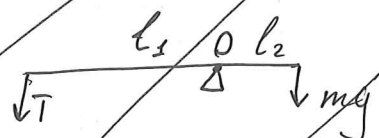
$$\text{Суммарный объем: } \frac{1100}{3} \text{ см}^3 = V$$

(ρ_1 - плотность поплавок)

Погруженная же часть не включает
 параллелепипед $10a \times 10a \times 2a \Rightarrow$
 $\Rightarrow V_{\text{п}} = V - 200 \text{ см}^3 = \frac{500}{3} \text{ см}^3$



Рассмотрим рычаг:



По оси O: $l_2 mg = l_1 T \Rightarrow T = \frac{l_2}{l_1} mg$, где
 l_1, l_2 - плечи рычага, T - сила натяжения нити,
 m - масса груза.

Рассмотрим силы действующие на поплавок
 $T + F_{\text{арх}} = Mg$, где $M = \rho_1 V$ - масса поплавок



Чистовик стр 8 из 1

Работа силы упругости должна быть равна кинетической энергии (при $v=0$) в момент $S=0,1\sqrt{3}$ м.

$$\frac{kx^2}{2} = 4mgH$$

$$H = \frac{kx^2}{8mg} = \frac{k(\sqrt{L^2+S^2}-L)^2}{8mg} = \frac{10(\sqrt{0,01+0,03}-0,1)}{0,8} = \frac{1}{0,8} = \frac{10}{8} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ м.}$$

Ответ: $H=1,25$ м.

64-02-76-13

(5.10)

Чистовик стр 5 из 5

Чистовик стр 5

$$\frac{l_2}{l_1} mg + \rho g V_{\text{н}} = \rho_1 g V$$

$$\rho_1 = \frac{\frac{l_2}{l_1} m + \rho V_{\text{н}}}{V} = \frac{3 \frac{l_2}{l_1} m + \rho \cdot 500 \text{ а}^3}{1100 \text{ а}^3} = \frac{420 \text{ г} + 500 \rho}{1100}$$

$$= \frac{92}{110} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{46}{55} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 837 \frac{3}{11} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 1.5.$$

Ответ: $\rho_1 = 837 \frac{3}{11} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

В начальный момент бусина 4м имеет 4mgH потенциальную энергию относительно второй бусины.

В момент столкновения вся потенциальная энергия перешла в кинетическую равную $\frac{4m v^2}{2}$. Тогда отсюда $\frac{v^2}{2} = gH \Rightarrow v = \sqrt{2gH}$ в момент столкновения.

По 3CU:

$4m v = 5m v_k \Rightarrow v_k = \frac{4}{5} v$ - скорость после абсолютно неупругого удара. $v_k = \frac{4}{5} \sqrt{2gH}$. Кинетическая энергия осталась такой же.

Пусть бусины сместились на расстояние x , тогда пружина растянулась на $\sqrt{L^2+x^2}-L$, а проекция силы тогда $\frac{x}{\sqrt{L^2+x^2}} \cdot k(\sqrt{L^2+x^2}-L)$.

Давление на стержень не будет в случае, если ускорение бусин станет направленным горизонтально (по стержню).

см. далее стр 6.

Чистовик стр 6 из 1

Критический случай (Минимальная необходимая H) Будет при в случае когда давления нет в момент $\vartheta = 0$

Ускорение будет горизонтальным, когда проекция $F_{упр}$ на вертикальную ось равна $5mg$.

$$F_{упр} \sin \alpha = 5mg$$

$$F_{упр} = \frac{5mg}{\sin \alpha} = kx \Rightarrow x = \frac{5mg}{k \sin \alpha}$$

$$\sin \alpha = \frac{L}{\sqrt{L^2 + S^2}}; x = \sqrt{L^2 + S^2} - L, \text{ где } S - \text{ путь бусин по поверхности}$$

от столкновения

$$\sqrt{L^2 + S^2} - L = \frac{5mg \sqrt{L^2 + S^2}}{kL}$$



$$1 = \frac{5mg}{kL} + \frac{L}{\sqrt{L^2 + S^2}}$$

$$\frac{kL - 5mg}{kL} = \frac{L}{\sqrt{L^2 + S^2}}$$

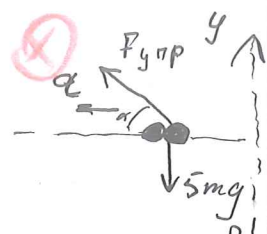
$$\frac{L^2 + S^2}{L^2} = \frac{(kL)^2}{(kL - 5mg)^2}$$

$$\frac{S^2}{L^2} = \frac{(kL)^2 - (kL - 5mg)^2}{(kL - 5mg)^2}$$

$$S = \frac{\sqrt{k^2 L^2 - (kL - 5mg)^2}}{kL - 5mg} L = \frac{\sqrt{1 - 0,5^2}}{0,5} \cdot 0,1 = \frac{\sqrt{0,75}}{5} = \frac{0,5\sqrt{3}}{5} = 0,1\sqrt{3} \text{ м.}$$

Работа сил трения тогда

см далее стр 8.



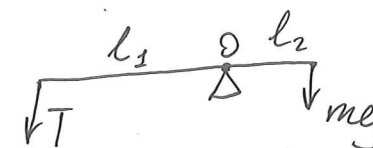
Чистовик стр 7 из 1

№ 1.2.

Найдем объем поковки $V = lS$, где $l = 10a$ - ширина поковки, а S - площадь показанного профиля: $S = 3a \cdot 10a + 10a \cdot 2a \cdot \frac{1}{2} = 40a^2 \Rightarrow V = 400a^2 = 400 \text{ см}^3$ ($a = 1 \text{ см}$)

Объем погруженной части $V_{п} = V - l s$, где s - площадь части профиля не погруженной в воду: $V_{п} = 400 \text{ см}^3 - 10a \cdot 10a \cdot 2a = 200a^3 = \frac{V}{2}$

Рассмотрим рычаг:



$$\text{По оси } O: T l_1 = m g l_2$$

$$T = \frac{l_2}{l_1} m g, \text{ где } m - \text{ масса груза}$$

l_1, l_2 - плечи рычага
 T - сила натяжения нити держащей поковку.

Рассмотрим силы действующие на поковку (M - масса поковки, ρ_1 - плотность поковки)

$$Mg = F_{арх} + T$$

$$\rho_1 g V = \frac{\rho_2 V}{2} + \frac{l_2}{l_1} m g$$

$$\rho_1 = \frac{\frac{\rho_2 V}{2} + \frac{l_2}{l_1} m}{V} = \frac{\rho_2}{2} + \frac{l_2 m}{l_1 V} = 0,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} + \frac{7}{20} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 0,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ответ: $\rho_1 = 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$



$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \text{ плотность воды.}$$