0 149021 470000

14-90-21-47
(8.2)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 7-9 класс

Место проведения Самара
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов 2025
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Владимирцева Макара Сергеевича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

МВлад

14-90-21-47 (8.2)

1	2	3	4	5	Σ
20	20	20	20	20	100 (сто)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик

Задача 1.1

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

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

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

$a = \frac{\rho_2 h - \rho_1 H}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1260\cdot 114 - 1000\cdot 140}{1260-1000} = 14$ мм

$1260 \times 114 = 143640$; $143640 - 140000 = 3640$; $3640 : 260 = 14$

Задача 1.2

$\frac{700}{2} = 350$

$V = (30a^2+10a^2)\cdot 10a = 400a^3$, $V_{погр} = (10a^2+10a^2)\cdot 10a = 200a^3$

Правило моментов относ. т. O:

$mg l_2 = (\rho_п g\cdot 400a^3 - \rho g\cdot 200a^3)\cdot l_1$

$400\rho_п g a^3 - 200\rho g a^3 = mg\frac{l_2}{l_1}$

$400\rho_п a^3 = m\frac{l_2}{l_1} + 200\rho a^3$

$\rho_п = \frac{m l_2}{l_1\cdot 400a^3} + \frac{\rho}{2} = 850$ кг/м^3

$\frac{0{,}7\cdot 10}{50\cdot 400\cdot 10^{-6}} + 500 = \frac{7}{20000\cdot 10^{-6}} + 500 = \frac{7}{2\cdot 10^{-2}} + 500 = 850$ кг/м^3

Задача 1.3

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

$Q_{тп} = q\tau_2 = cm(t_1-t_2)$

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

$2\eta_2 P\tau_3 = cm(t_{100}-t_2)$

$2\eta_2 P\tau_3 = cm(t_{100}-t_1+\frac{q\tau_2}{cm})$

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

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

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

$\eta_2 = \frac{\eta_1\tau_1(t_{100}-t_1+\frac{q\tau_2}{cm})}{2(t_1-t_0)\tau_3} = \eta_1\frac{(t_{100}-t_1+\frac{q\tau_2}{cm})\tau_1}{2(t_1-t_0)\tau_3} \approx 86\%$

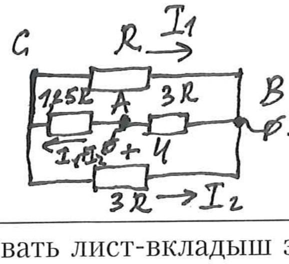
$600\times 400 = 240000$

$1{,}25\times 4 = 5{,}00 = 5$

$\frac{2400000}{4200\cdot 2} = \frac{2400}{42\cdot 2} = \frac{1200}{42} = \frac{200\cdot 6}{6\cdot 7} = \frac{200}{7}$

$32\times 5 = 160$

Задача 1.4



$U = \cancel{(I_1+}$ $I_1 R = I_2\cdot 3R \Rightarrow I_1 = 3I_2$

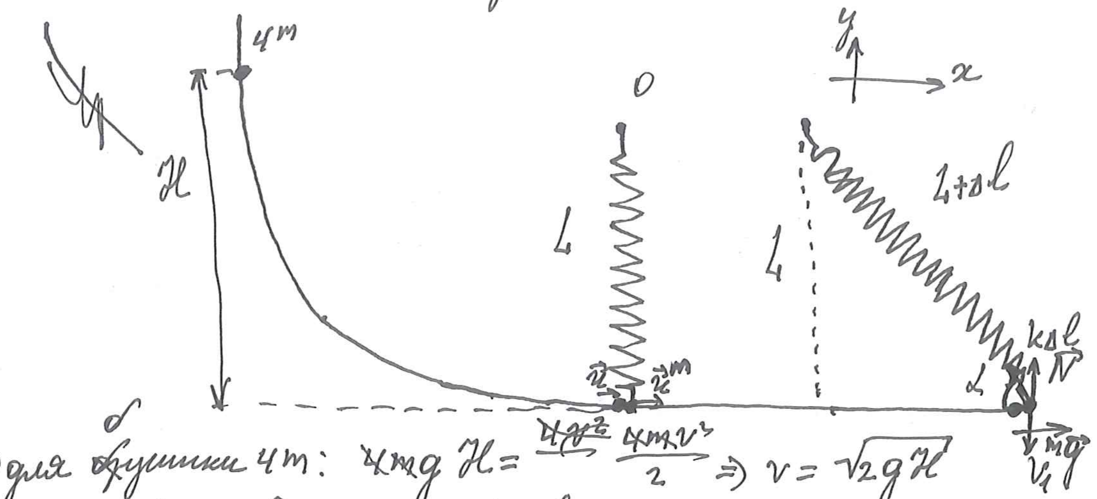
$U = (I_1+I_2)\cdot 1{,}25R + I_2\cdot 3R$

$U = 4I_2\cdot 1{,}25R + I_2\cdot 3R = 8I_2 R \Rightarrow I_2 = \frac{U}{8R}$

$U_{AC} = 4I_2\cdot 1{,}25R = 5I_2R = \frac{5}{8}U = 20$ В

Черновик

Задача 1.5

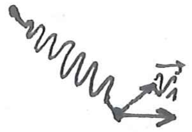


ЗСЭ для ~~бусинки~~ 4m: $4mgH = \cancel{\frac{4v^2}{}}\ \frac{4mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gH}$

ЗСИ для бусинок в момент столкновения:

$4mv + m\cdot 0 = 4mu + mu$

$4v = 5u \Rightarrow u = \frac{4}{5}v = \frac{4}{5}\sqrt{2gH}$



Пусть в произвольный момент времени шарики имеют скорость v_1. ЗСЭ для ~~всей~~ пружины и бусинок: $\frac{5mu^2}{\cancel{2}} = \frac{k\Delta l^2}{\cancel{2}} + \frac{5mv_1^2}{\cancel{2}}$

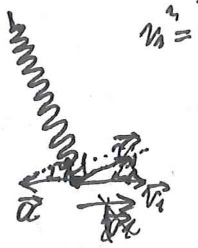
$\cancel{5m(5mv_1^2 = 5mu^2 - k\Delta l^2}$

$k\Delta l^2 = 5m(u^2 - v_1^2) \Rightarrow \Delta l = \sqrt{\frac{5m(u^2 - v_1^2)}{k}}$ $\quad 5m\,v_1^2 = 5mu^2 - k\Delta l^2$

$v_1^2 = u^2 - \frac{k\Delta l^2}{5m}$

$oy:\ mg = N + k\Delta l \sin\alpha$

$ox:\ k\Delta l\cos\alpha = 5ma$



$a\cos\alpha = \frac{(v_1\sin\alpha)^2}{L+\Delta l}$

для случая, когда $N=0$:

$\begin{cases} mg = k\Delta l\sin\alpha \\ k\Delta l\cos\alpha = 5ma \end{cases}$ $\quad \frac{g}{5a} = \operatorname{tg}\alpha \Rightarrow \cancel{5}a = \frac{g\operatorname{ctg}\alpha}{5}$

$\frac{5a}{g} = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$

$a = \frac{g\cos\alpha}{5\sin\alpha}$

$a\cos\alpha = \frac{v_1^2\sin^2\alpha}{L+\Delta l}$

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{(L+\Delta l)^2 - L^2}}{L+\Delta l}$

$\frac{g}{5}\frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha} = \frac{v_1^2}{L+\Delta l}\sin^2\alpha$

$\sin\alpha = \frac{L}{L+\Delta l}$

$g(L+\Delta l)\cos^2\alpha = 5\cancel{(L+\Delta}\ 5v_1^2\sin^3\alpha$

$g(L+\Delta l)\cos^2\alpha = 5\left(u^2 - \frac{k\Delta l^2}{5m}\right)\sin^3\alpha$

$g(L+\Delta l)\frac{(L+\Delta l)^2 - L^2}{(L+\Delta l)^2} = 5\left(u^2 - \frac{k\Delta l^2}{5m}\right)\frac{L^3}{(L+\Delta l)^3}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

14-90-21-47
(8.2)

Черновик

$$g(L+\Delta l)^2((L+\Delta l)^2-L^2)=5\left(u^2-\frac{k\Delta l^2}{5m}\right)L^3$$

$$g(L+\Delta l)^2(2L\Delta l+\Delta l^2)=5\left(u^2-\frac{k\Delta l^2}{5m}\right)L^3$$

$$g(L^2+2L\Delta l+\Delta l^2)(2L\Delta l+\Delta l^2)=5\left(u^2-\frac{k\Delta l^2}{5m}\right)L^3$$

$$g(2L^3\Delta l+L^2\Delta l^2+4L^2\Delta l^2+2L\Delta l^3+2L\Delta l^3+\Delta l^4)=5\left(u^2-\frac{k\Delta l^2}{5m}\right)L^3$$

$g(2L$

для случая, когда $N=0$, а $H \Rightarrow H_{min}$:

$$v_1^2=u^2-\frac{k\Delta l^2}{5m}=0$$

$$u^2=\frac{k\Delta l^2}{5m}$$

$$5u^2m=k\Delta l^2$$

$$5\left(\frac{16}{25}\cdot(2gH)\right)m=k\Delta l^2$$

$$\frac{16}{5}(2gH)m=k\Delta l^2$$

$$k\Delta l^2=\frac{32mgH}{5} \Rightarrow \Delta l=\sqrt{\frac{32mgH}{5k}}$$

$$\cancel{a\cos\alpha}= k\Delta l\sin\alpha=mg$$

$$k\Delta l\cdot\frac{L}{L+\Delta l}=mg$$

$$k\Delta lL=mg(L+\Delta l)$$

$$k\Delta lL=mgL+mg\Delta l$$

$$(kL-mg)\Delta l=mgL$$

$$(kL-mg)\sqrt{\frac{32mgH}{5k}}=mgL$$

$$\frac{32mgH}{5k}=\left(\frac{mgL}{kL-mg}\right)^2$$

$$\frac{32mgH}{5k}=\frac{m^2g^2L^2}{(kL-mg)^2}$$

$$\frac{32H}{5k}=\frac{mgL^2}{(kL-mg)^2}$$

$$H=\frac{5mgkL^2}{32(kL-mg)^2}\approx \cancel{15,6}\ 16 \text{ см}$$

$$\frac{600}{7}$$

$600 : 7 = 85,6$; -56; 40; -35; 50

$32 \times 5 = 160$

$32 \times 6 = 192$

$50 : 32 = 0,156$; -32; 180; -160; 200; -192; $8\ldots$

$400 \times 600 = 240000$

$$\frac{240000}{4200\cdot 2}=\frac{2400}{84}=\frac{2\cdot 12\cdot 100}{2\cdot 42}=\frac{12\cdot 100}{42}=\frac{6\cdot 2\cdot 100}{7\cdot 6}=\frac{200}{7}$$

$$\frac{5\cdot 0,1\cdot \cancel{0,1}\,10\cdot 0,01}{32\cdot(1-0,1)^2}=\frac{50\cdot 0,001}{32\cdot 0,9^2}=\frac{50\cdot 0,001}{32\cdot 0,81}=\frac{5}{32}$$

$\cancel{80\cdot}$ $\cancel{40+}$

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

$$\frac{\cancel{40}\,480}{2\cdot 7\cdot 40}=\frac{48}{8\cdot 7}=\frac{6}{7}$$

$$\frac{2,5}{2}=\frac{25}{20}=\frac{5\cdot 5}{8\cdot 4}=\frac{5}{4}$$

$$\frac{6}{7}\cdot\frac{5}{4}=\frac{3\cdot 5}{2\cdot 7}=\frac{15}{14}$$

$$80\cdot\frac{15}{14}=\frac{2\cdot 40\cdot 15}{14}=\frac{2\cdot 40\cdot 15}{2\cdot 7}=\frac{40\cdot 15}{7}$$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик

Задача 1.1

Решение:

1) Запишем условие равновесия жидкостей в сосудах (равенство гидростатических давлений на дно сосудов со стороны жидкостей):

$p_0 + \rho_1 g(H-a) + \rho_2 g a = \rho_2 g h + p_0$ (p_0 - атмосферное давление, $\rho_1 = 1000$ кг/м^3 - плотность воды, $\rho_2 = 1260$ кг/м^3 - плотность глицерина).

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

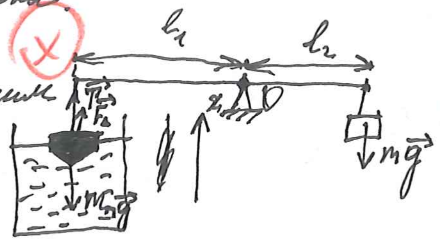
$(\rho_2-\rho_1)a = \rho_2 h - \rho_1 H \Rightarrow a = \dfrac{\rho_2 h - \rho_1 H}{\rho_2-\rho_1} = 14$ мм

20

Задача 1.2

Решение:

1) Найдём полный объём поплавка. Для этого посчитаем площадь фигуры на рисунке, и умножим эту площадь на 10a:



$S = 40a^2$, $V = S\cdot 10a = 400a^3$

Аналогично находим объём поплавка, погружённый в воду:

$V_{погр} = 20a^2\cdot 10a = 200a^3$.

2) Запишем усл. равновес. поплавка: вертикально вверх на него действуют сила натяжения нити T_1, сила Архимеда $\vec{F_A} = \rho\vec{g}V_{погр}$, а вертикально вниз сила тяжести $m_n\vec{g} = \rho_n V\vec{g}$:

Ox: $T + F_A = m_n g \Rightarrow T = (\rho_n V - \rho V_{погр})g$

3) Запишем правило моментов отн. т. O:

$\begin{cases} T\cdot l_1 = mg\cdot l_2 \\ T = (\rho_n V - \rho V_{погр})g \end{cases} \Rightarrow \rho_n\cdot 400a^3 = m\dfrac{l_2}{l_1} + \rho\cdot 200a^3$

$\rho_n = \dfrac{m l_2}{400 l_1 a^3} + \dfrac{\rho}{2} = 850$ кг/м^3

20

Задача 1.3

Решение:

1) По определению КПД - отношение полезной работы к затраченной. В нашем случае полезная работа - работа, которая пошла на нагревание воды, а затраченная - произведение мощности электрочайника на время его работы:

$\eta_1 = \dfrac{cm(t_1-t_0)}{P\tau_1} \Rightarrow P = \dfrac{cm(t_1-t_0)}{\eta_1\tau_1}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

14-90-21-47
(8.2)

Чистовик

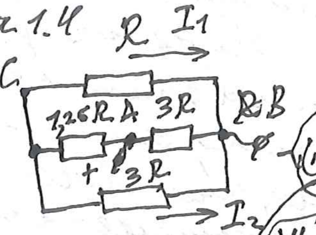
2) За время τ_2 вода в старом чайнике отдала в окружающую среду тепло $Q_{отд} = q\tau_2 = cm(t_1 - t_2)$ (t_2 - температура воды, до которой охладилась вода, пока баба Зина ~~покупа~~ ~~к~~ покупала новый чайник) $\Rightarrow$

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

3) Повторяя аналогичные рассуждения из пункта 1, можно сказать, что кол-во теплоты, которое ~~забрала~~ пошло на нагрев от температуры t_2 до t_{100} ($t_к$) есть полезная работа нового чайника: +

$$\begin{cases} \eta_{з2} = \frac{cm(t_{100} - t_2)}{2P\tau_3} \\ P = \frac{cm(t_1 - t_0)}{\eta_1 \tau_1} \end{cases} \Rightarrow \eta_2 = \eta_1 \frac{\left(t_{100} - t_1 + \frac{q\tau_2}{cm}\right)\tau_1}{2(t_1 - t_0)\tau_3} = 80\% \cdot \frac{15}{14} \approx 86\%$$ +

Задача 1.4



(по первому правилу Кирхгофа)

Решение:

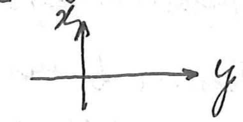
1) Пусть через резистор R течёт ток I_1, а через $3R$ - I_2. Тогда через резистор $1{,}25R$ течёт ток $I_1 + I_2$. Тогда по закону Ома $U_{BC} = I_1 R = I_2 \cdot 3R \Rightarrow I_1 = 3I_2$ (U_{BC} - напряжение между точками B и C).

2) Запишем закон Ома для участка цепи, состоящего из резистора $1{,}25R$ и $3R$: $U = (I_1 + I_2) \cdot 1{,}25R + I_2 \cdot 3R = 5I_2R + 3I_2R = 8I_2R \Rightarrow$

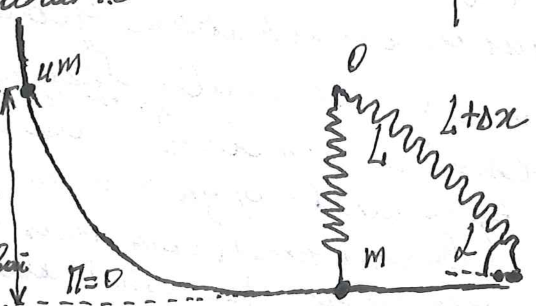
$\Rightarrow I_2 = \frac{U}{8R}$

20

3) ~~Из~~ Через идеальный вольтметр ток не течёт, поэтому он покажет разность потенциалов между точками A и C ~~равну~~ равную $U_V = (I_1 + I_2) \cdot 1{,}25R = 5I_2R = \frac{5}{8}U = 20$ В.



Задача 1.5



Решение:

1) Запишем закон сохранения энергии для бусинки массой 4m перед её соударением со второй бусинкой (за нулевой уровень потенциальной энергии выберем горизонтальный участок стержня):

$4mgH = \frac{4mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gH}$ (v - скорость бусинки массой 4m непосредственно перед соударением). +

Чистовик

2) После абсолютно неупругого соударения бусинки будут обладать одинаковой по величине и ~~нап~~ ~~нап~~ направлению скоростью $\vec{u}$ (~~нап~~ направлена вправо вдоль стержня). Запишем закон сохранения ~~имп~~ импульса для обоих тел после соударения, ~~вдоль ох~~ ~~$4mv+m0=$~~ спроецируя всё на ~~ось~~ горизонтальную ось Ox: $4m\cdot v+m\cdot 0=4mu+mu \Rightarrow u=\frac{4}{5}v=\frac{4}{5}\sqrt{2gH}$ +

3) Чтобы высота начала движения была минимальной, нужно чтобы сила давления на стержень со стороны бусинок ~~отра~~ достигала нулевого значения в тот момент, когда ~~бусинки~~ скорость бусинок обращается в нуль, то есть вся кинетическая энергия бусинок переходит в потенциальную энергию сжатия пружины, и бусины под действием силы упругости со стороны пружины начинают двигаться влево (обратно). Эта ситуация является критической для высоты H, поскольку если в этот момент бусинки ещё будут двигаться (потеряют не всю энергию), то ~~надо~~ для этого потребуется больше энергии, чем в первом случае, что достигается только при большей высоте. А если высота будет меньше, чем в первом случае, то энергии наоборот не хватит ~~...~~, и ~~эта~~ в этой ситуации не достигнется. Именно поэтому первая ситуация является критической.

4) Для ~~выш~~ выше описанной ситуации запишем закон сохранения энергии от ~~...~~ момента соударения бусинок до их полной остановки: $\frac{(4m+m)u^2}{2}=\frac{k\Delta x^2}{2}$ (Δx – удлинение пружины, $\frac{k\Delta x^2}{2}$ – потенциальная энергия сжатия пружины) $\Rightarrow \Delta x=\sqrt{\frac{5mu^2}{k}}=\sqrt{\frac{5m}{k}\cdot\frac{16}{25}\cdot 2gH}=\sqrt{\frac{32mgH}{5k}}$ +

5) Пусть в момент полной остановки бусинок пружина составляет угол α с горизонтом. Запишем условие равновесия бусинки массой m в момент остановки (на ось Oy): так как бусина массой $4m$ действует на вторую бусину только горизонтально, то ~~на~~ в вертикальном направлении действует только две силы $k\Delta x\sin\alpha$ вверх и mg вниз (сила реакции стержня равна нулю):

$$\begin{cases} mg=k\Delta x\sin\alpha \\ \sin\alpha=\frac{L}{L+\Delta x} \end{cases}$$

Чистовик.

$$\begin{cases} mg=k\Delta x\cdot\frac{L}{L+\Delta x} \\ \Delta x=\sqrt{\frac{32mgH}{5k}} \end{cases}$$

$$mg(L+\Delta x)=k\Delta x L$$

$$(kL-mg)\Delta l=mgL$$

$$(kL-mg)^2\cdot\frac{32mgH}{5k}=m^2g^2L^2$$

$$\frac{32H}{5k}=\frac{mgL^2}{(kL-mg)^2} \Rightarrow H=\frac{5mgkL^2}{32(kL-mg)^2}=\frac{5}{32}\text{ м}\approx 16\text{ см}$$

+