0353010830007

35-30-10-83
(1.8)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Чеботарёва Савелия Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«14» февраля 2025 года

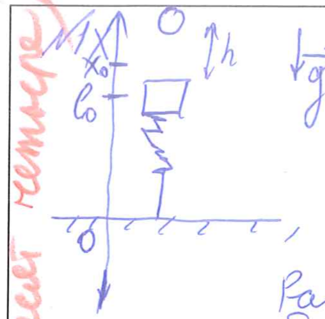
Подпись участника

35-30-10-83
(1.8)

1	2	3	4	5	Σ
20	20	11	20	3	74

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

№ 1.1 (20б) Чистовик



Перед моментом столкновения шарика с бруском шарик приобретает скорость (из З.С.Э.): $\frac{mv_0^2}{2} = mgh$; $v_0 = \sqrt{2gh}$

Рассмотрим колебание прилипшего шарика с бруском:

ЗСЭ для системы пружина + брусок + шарик (сопротивл. воздуха отсутств., пружина невесомая, для простоты буду считать толщину бруска нулевой, это не повлияет на решение)

$\frac{k(x-x_0)^2}{2} + \frac{(m+m)}{2}(\dot{x})^2 + (m+m)gx = W = const$ $\quad \dot{x} = \frac{d}{dt}x$

x_0 – пружина не деформ. ~~растян~~

$\cancel{\frac{d}{dt}W = 2m\dot{x}\ddot{x} + 2g\dot{x} +}$

выберу $\tilde{x} = x - x_0$; $\frac{k\tilde{x}^2}{2} + m(\dot{\tilde{x}})^2 + 2gm\tilde{x} = \tilde{W} = const.$

$\frac{d}{dt}\tilde{W} = k\tilde{x}\dot{\tilde{x}} + 2m\dot{\tilde{x}}\ddot{\tilde{x}} + 2gm\dot{\tilde{x}} = 0$. – ищем решения при $\dot{\tilde{x}} \neq 0$:

$k\tilde{x} + 2m\ddot{\tilde{x}} + 2gm = 0$; $\ddot{\tilde{x}} + \tilde{x}\frac{k}{2m} + g = 0$ $\quad \omega^2 = \frac{k}{2m}$

выберу $y = \tilde{x} + \frac{2gm}{k}$; $\ddot{y} + \omega^2 y = 0$

$\cancel{y = A\cos(\omega t + \varphi)}$

$\dot{y} = -\cancel{A\omega}\sin(\omega t + \varphi)$

при соудар. импульс сист. сохр. $\Rightarrow mv_0 = 2mu$; $u = \frac{v_0}{2} = -\dot{y}$ (т.к. шарик падает на брусок → система приходит в движение по гармон. закону за счет импульса)

$\tilde{x}_{(0)} = -\frac{mg}{k}$; $y_{(0)} = \frac{mg}{k}$

$$\begin{cases} y = A\cos(\omega t) + B\sin(\omega t) \\ \dot{y} = -A\omega\sin(\omega t) + B\omega\cos(\omega t) \end{cases}$$

$y_{(0)} = A = \frac{mg}{k}$

$\cancel{\dot{y}_{(0)} = 0 = B\omega \Rightarrow B = 0}$ $\quad -\frac{v_0}{2\omega} = B$

$\dot{y}_{(0)} = -\frac{v_0}{2}$

$y = \frac{mg}{k}\cos(\omega t) - \frac{v_0}{2\omega}\sin(\omega t) = \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \left(\frac{v_0}{2\omega}\right)^2}\cos(\omega t + \varphi)$, где $\operatorname{tg}\varphi = \frac{2mg\omega}{kv_0}$

$\varphi > 0$ $\quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{kv_0}{2mg\omega}$

$3{,}14 \times 7 = 21{,}98$

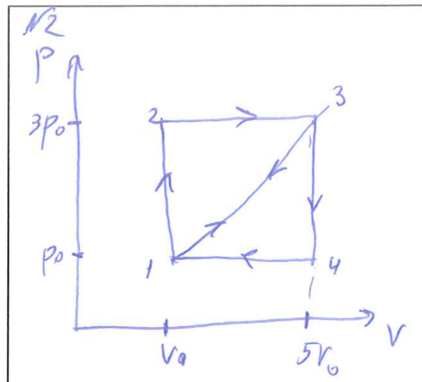
Для достижения макс. высоты фаза колеб. должна быть: $\omega\tau = 2\pi - \varphi$; $\tau = \frac{2\pi - \operatorname{arctg}\left(\frac{kv_0}{\omega 2mg}\right)}{\omega} =$

$= \frac{2\pi - \operatorname{arctg}\left(\frac{\omega v_0}{g}\right)}{\omega} = \frac{2\pi - \operatorname{arctg}\left(\omega\sqrt{\frac{2h}{g}}\right)}{\omega} = \frac{2\pi - \operatorname{arctg}\left(5\sqrt{\frac{0{,}4}{10}}\right)}{5} = \frac{7\pi}{20}\,c \approx 1{,}1\,c.$

Ответ: $\tau = \frac{7\pi}{20}c \approx 1{,}1c$

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

№2 Чистовик



$\eta = \frac{A}{Q_{получ.}}$ Газ идеальный ~~одно~~атомн.

Рассчитаем работу в процессах.

$A_{1231} = \frac{1}{2} 2p_0 \cdot 4V_0 = 4p_0V_0 \Rightarrow A_{1231} = A_{1341}$ (1)

$A_{1341} = \frac{1}{2} 2p_0 4V_0 = 4p_0V_0$

1-ое нач. терм. для ~~кв~~ процессов: термодин.

$\delta Q = dU + \delta A$

для квазиравн. проц.

Исследуем процесс 1231: процесс 12:

$A_{12} = 0$; $\Delta U_{12} > 0 \Rightarrow Q_{12} > 0$

23: $A_{23} > 0$; $\Delta U_{23} > 0 \Rightarrow Q_{23} > 0$

31: $A_{31} < 0$; $\Delta U_{31} < 0 \Rightarrow Q_{31} < 0$

где $\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV)$

$Q^{(1)}_{получ} = Q_{12} + Q_{23} = 3p_0 \cdot 4V_0 + \frac{3}{2}(3p_0 \cdot 5V_0 - p_0V_0) = p_0V_0(12 + 21) = 33p_0V_0$

Исследуем процесс 1341: 13: $A_{13} > 0$ $\Delta U_{13} > 0 \Rightarrow Q_{13} > 0$

34: $A_{34} = 0$ $\Delta U_{34} < 0 \Rightarrow Q_{34} < 0$

41: $A_{41} < 0$ $\Delta U_{41} < 0 \Rightarrow Q_{41} < 0$.

$Q^{(2)}_{получ} = Q_{13} = \frac{1}{2}(p_0 + 3p_0) \cdot 4V_0 + \frac{3}{2}(3p_0 \cdot 5V_0 - p_0V_0) = 8p_0V_0 + 21p_0V_0 = 29p_0V_0$

из (1) $\Rightarrow \frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}} = \frac{Q_{1341}}{Q_{1231}} = \frac{29p_0V_0}{33p_0V_0} = \frac{29}{33} = 0{,}88$

$$\begin{array}{r|l} 29 & 33 \\ \hline 290 & 0{,}878 \\ 264 & \\ 260 & \\ 231 & \\ 290 & \end{array}$$

Ответ: $\frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}} = \frac{29}{33} \approx 0{,}88$.

+

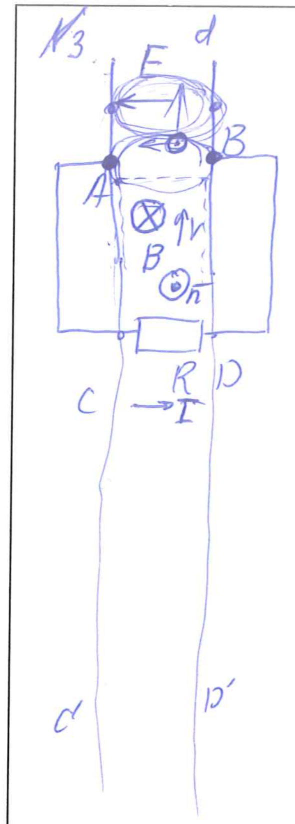
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

35-30-10-83 (1.8)

№3.



Чистовик

жидкость движется при скоростях $v \ll c$.

В с.о. движ. жидкости в установившимся режиме заряженные частицы (электроны) движутся $\perp$ стенкам пластин, иначе будут возникать скопления частиц в жидкости.

Тогда в лабораторн. с.о. частица имеет составляющ. v и $\perp$ стенкам пластины.

Из приведённых рассуждений => мы можем рассматр. ток электронов в сечении проводящ. жидкости, движущийся со скоростью v в лаб. с.о.

Запишу циркуляц. E для контура $ABDD'C'CA$

На участках AC и BD $\int\limits_{AC} \bar{E}d\bar{l} = 0$ $\int\limits_{BD} \bar{E}d\bar{l} = 0$.

На участках CC' DD' и $D'C'$ пренебрежём вкладом $\bar{E}$ в циркуляцию, поскольку она очень мала.

Тогда $\int\limits_{BA} \bar{E}d\bar{l} = -\frac{d}{dt}\int\limits_{S_{ABDD'C'CA}} \bar{B}d\bar{S} = Bdv$

движущ. контур.

z-? вл. сопр

Запишу циркуляцию для контура $ARBDD'C'CA$

Там отсутств. $\frac{d}{d}\int \bar{B}d\bar{S}$ =>

=> $\int\limits_{BA} \bar{E}d\bar{l} + IR = 0$

$I_0 = |I| = \left|-\frac{Bvd}{R}\right| = \frac{Bvd}{R}$

$P = I^2R = \frac{(Bvd)^2}{R}$; P_m - максимально за счёт отсутствия вкладов энергии электромагнитн. поля на далёких расстоян. от системы.

Тогда $d = \frac{\sqrt{PR}}{Bv} = \frac{\sqrt{10 \cdot 3{,}04}}{1 \cdot 10^{-2}} \approx 2$ м

Ответ: $d = 2$ м.

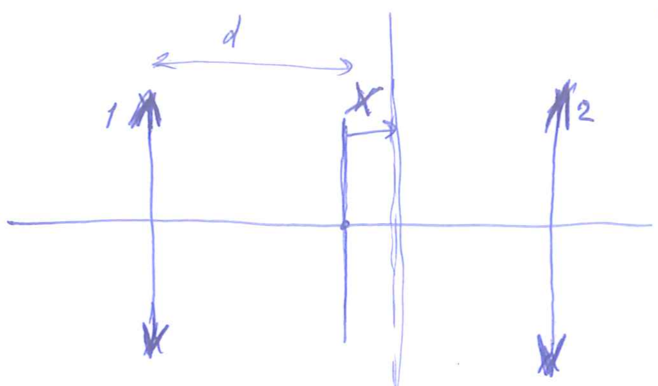
пояснение:

между точками A и B существует разность скалярного потенциала (приму $\frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = 0$ поскольку поля $\bar{E}$ и $\bar{B}$ установились)

(за счёт существующего поля $\bar{E}$ между т. A и B из циркуляции)

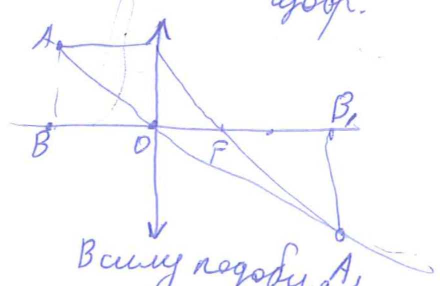
Тогда $(\varphi_A - \varphi_B) \neq (\varphi_D - \varphi_C) = 0$ not в резисторе тепло выделяется за счёт $E_R = IR$.

№4. Чистовик



Для тонкой линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ F – фокус линзы
d – расст. от линзы до предм.
f – расст. от линзы до изобр.



Всилу подобия $\triangle ABO \sim \triangle A_1B_1O$

$\Gamma = \frac{f}{d}$

$\Gamma = \left|\frac{f}{F} - 1\right|$

$\Gamma = \frac{1}{\left|\frac{d}{F} - 1\right|}$

$F_1 = \frac{d}{2}$

Для первой линзы $f = d = 2F_1$

Для второй:

$\left|\frac{d}{F_2} - 1\right| = \frac{1}{\Gamma}$

при $d < F$ – изображ. мнимое – это не подходит (тогда нет смысла рассматр. дальнейшего судьбу этих лучей в 1-й линзе, где уже будет 2 изображения)

Для второй: $\frac{d}{F_2} - 1 = \frac{1}{\Gamma}$; $F_2 = \frac{d}{\frac{1}{\Gamma} + 1} = \frac{3}{4}d$ ~~не могу сме~~

$\Downarrow$

$X \in \left(-\frac{d}{2}; \frac{d}{4}\right)$.

Рассм. смещение стержня:

$\Gamma^* = \frac{1}{\left|\frac{d+x}{F_1} - 1\right|} = \frac{1}{\left|\frac{d-x}{F_2} - 1\right|}$ ← изображения должны быть действит. =>

=> $\frac{d+x}{F_1} - 1 = \frac{d-x}{F_2} - 1 \neq 0$,

$(d+x)F_2 - (d-x)F_1 = 0$,

$x = \frac{d(F_1 - F_2)}{F_1 + F_2} = \frac{d\left(\frac{d}{2} - \frac{3}{4}d\right)}{\frac{5}{4}d} =$

$= -\frac{d}{5} = -5$ см

Проверка: $\frac{d - \frac{d}{5}}{\frac{d}{2}} = 1{,}6$ – ок.

Ответ: стержень нужно сместить на 5 см влево (к линзе 1)

+

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

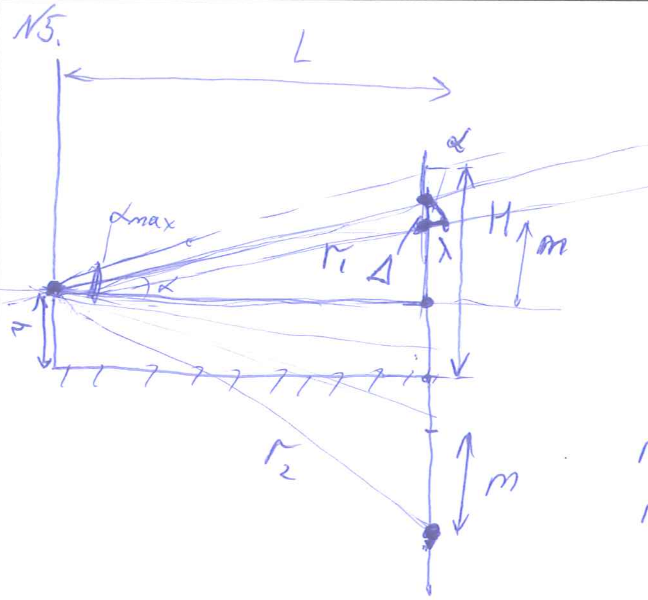
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

35-30-10-83
(1.8)

№5.

Чистовик



$tg\,\alpha_{max} = \frac{H-h}{L} = \frac{0{,}05-0{,}001}{1} = 0{,}049$

$\sin\alpha_{max} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{tg^2\alpha}+1}} = \frac{tg\,\alpha}{\sqrt{1+tg^2\alpha}} =$

$= \frac{0{,}049}{\sqrt{1+0{,}0025}} \approx 0{,}049 \Rightarrow \alpha \ll 1$

параксиальный угол.

Тогда ~~$\Delta = \alpha\lambda$~~ $\alpha\Delta = \lambda$

$r_1 = \sqrt{L^2+m^2} = L\sqrt{1+\left(\frac{m}{L}\right)^2} = L\left(1+\frac{1}{2}\frac{m^2}{L^2}\right)$

$r_2 = \sqrt{L^2+(m+2h)^2} = L\left(1+\frac{1}{2L^2}(m+2h)^2\right) =$

$= L\left(1+\frac{m^2}{2L^2}\left(1+4\frac{h}{m}\right)\right)$

$\Delta r = r_2 - r_1 = \frac{m^2}{2L}\,4\frac{h}{m} = \frac{2hm}{L}$

$m \in (-h; H-h)$

На экране можно увидеть интерференционную картину, т.е. когда в точку на экране попадают два луча с разной фазой, но разность фаз должна быть пропорциональной λ, поскольку $\bar{E}_2 = \bar{E}_0 e^{ik_i x^i}$

комплексн. вектор

для монохроматической волны

$k_i x^i = \omega t - \bar{k}\bar{r} =$ ← 4-координата

волновой вектор

$= \omega t - kx$ ← x-направл. распростр. волны

$x = ct + x_0$

$\ominus \frac{\omega x}{c} - kx =$

$= x\left(\frac{\omega}{c}-k\right) - \frac{\omega x_0}{c}$

мы видим, что $\bar{E}$ повторяется с фазой $x = N\lambda$, где λ - длина волны $N \in \mathbb{N}$

$\frac{2h}{L} = \frac{2\cdot 1}{10^3} = 0{,}002 = 2\cdot 10^{-3}$

$\lambda = 5\cdot 10^{-6}$ м.

$H-h =$ ~~0,499 м~~ 0,049 м

$h = 10^{-3}$ м

$N\lambda = \frac{2h}{L}m$

$N = \frac{2h}{L\lambda}m$

$N_1 = round\left(\frac{2h}{L\lambda}(H-h)\right) =$

$= round\left(\frac{2\cdot 10^{-3}}{5\cdot 10^{-6}}5\cdot 10^{-2}\right) =$

$= 20$ ← но 20-я выходит за экран $\Rightarrow N_1 = 19$

$N_2 = round\left(\frac{2h}{L\lambda}h\right) = round\left(\frac{2\cdot 10^{-3}}{5\cdot 10^{-6}}10^{-3}\right) = 0$

$\Downarrow$

$N = 19$

Ответ: $N=19$.

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