0406705510002

40-67-05-51
(1.8)

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**
**имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 1

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"

по физике

Исхаковой Динары Ильнуровны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышла 13:32 – Вернулась 13:34

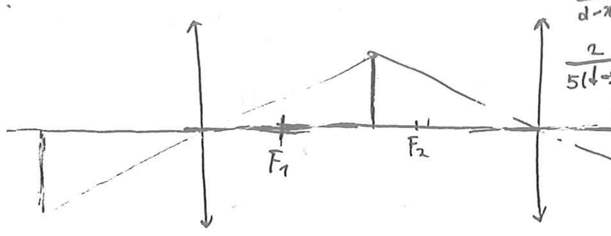
Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

ЧЕРНОВИК

$\frac{5}{3} = \Gamma_1$ 2F₁



$12d = 10d + 10x$, $x = \frac{d}{5}$

$\frac{4}{d-x} - \frac{3}{5(d-x)} = \frac{2}{d}$; $\frac{2}{5(d-x)} = \frac{2}{d}$; $5d - 5x = d$; $x = \frac{4}{5}d$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{F_2}$; $\frac{4}{3d} = \frac{1}{F_2}$; $d = \frac{4}{3}F_2$

$\frac{4}{5(d+x)} = \frac{2}{3d}$

$\frac{1}{d+x} + \frac{3}{5(d+x)} = \frac{4}{3d}$; $\frac{8}{5(d+x)} = \frac{4}{3d}$; $\frac{2}{5(d-x)} = \frac{4}{3d}$

$\frac{1}{2d} + \frac{1}{f} = \frac{4}{3d}$; $f = \frac{6d}{5}$; $\frac{1}{f} = \frac{4}{3d} - \frac{1}{2d} = \frac{8-3}{6d} = \frac{5}{6d}$

$\frac{1}{3d} + \frac{1}{f} = \frac{4}{3d}$; $\frac{1}{f} = \frac{2}{3d}$; $f = \frac{3d}{2}$

$6d = 20(d-x)$; $20x = 14d$; $x = \frac{7}{10}d$

$d+x$ | $d-x$

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma_1(d+x)} = \frac{4}{3d} = \frac{\Gamma+1}{\Gamma d}$

$\frac{1}{d-x} + \frac{1}{\Gamma_1(d-x)} = \frac{2}{d}$

$\frac{8}{5(d+x)} = \frac{2}{d}$; $4d = 5d + 5x$

$\frac{\Gamma}{\Gamma+1} d = \frac{3}{4} d = \frac{\Gamma_1}{\Gamma_1+1}(d+x)$

$\frac{1}{2} d = \frac{\Gamma_1}{\Gamma_1+1}(d-x)$

$\frac{10}{28}$ $\frac{7}{28}$

$\frac{d+x}{d-x} = \frac{2\Gamma}{\Gamma+1}$

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma_1(d+x)} = \frac{\Gamma+1}{\Gamma d}$; $\frac{\Gamma d}{\Gamma+1} = \frac{\Gamma_1}{\Gamma_1+1}(d+x)$

$\frac{1}{d-x} + \frac{1}{\Gamma_1(d-x)} = \frac{2}{d}$; $\frac{d}{2} = \frac{\Gamma_1}{\Gamma_1-1}(d-x)$

$\frac{1}{d-x} - \frac{3}{5(d-x)} = \frac{4}{3d}$

$\frac{5}{14} \vee \frac{1}{4}$

$\frac{2\Gamma}{\Gamma+1} = \frac{\Gamma_1-1}{\Gamma_1+1} \cdot \frac{d+x}{d-x}$

$\frac{1}{d+x} + \frac{3}{5(d+x)} = \frac{2}{d}$

$2\Gamma(\Gamma_1+1)(d-x) = (\Gamma+1)(\Gamma_1+1)(d+x)$

$(2\Gamma\Gamma_1 + 2\Gamma)d - (2\Gamma\Gamma_1 + 2\Gamma)x = (\Gamma\Gamma_1 + \Gamma + \Gamma_1 + 1)d + \dots x$

$(2\Gamma\Gamma_1 + 2\Gamma - \Gamma\Gamma_1 - \Gamma - \Gamma_1 - 1)d = (2\Gamma\Gamma_1 + 2\Gamma + \Gamma\Gamma_1 + \Gamma + \Gamma_1 + 1)x$

$(\Gamma\Gamma_1 + \Gamma - \Gamma_1 - 1)d = (3\Gamma\Gamma_1 + 3\Gamma + \Gamma_1 + 1)x$

$(\Gamma+1)d + (\Gamma+1)x = 2\Gamma d - 2\Gamma x$

$(3\Gamma+1)x = (\Gamma-1)d$

$x =$

$\frac{5}{14}$

$1 - \frac{\Gamma\Gamma_1 + \Gamma - \Gamma_1 - 1}{3\Gamma\Gamma_1 + 3\Gamma + \Gamma_1 + 1} = \frac{3\Gamma\Gamma_1 + 3\Gamma + \Gamma_1 + 1 - \Gamma\Gamma_1 - \Gamma + \Gamma_1 + 1}{3\Gamma\Gamma_1 + 3\Gamma + \Gamma_1 + 1}$

$\frac{2\Gamma\Gamma_1 + 2\Gamma + 2\Gamma_1 + 2}{3\Gamma\Gamma_1 + 3\Gamma + \Gamma_1 + 1}$

$\frac{9+1}{2 \cdot 9 + 9 + 1} = \frac{10}{28} = \frac{5}{14} d$

$\frac{d}{2} = \frac{\Gamma_1}{\Gamma_1 - 1} \cdot \frac{2(\Gamma\Gamma_1 + \Gamma + \Gamma_1 + 1)}{3\Gamma\Gamma_1 + 3\Gamma + \Gamma_1 + 1} d$

$\frac{2\Gamma}{\Gamma+1} = \frac{-3\Gamma - 1 - \Gamma - 3}{-3\Gamma - 1 + \Gamma + 3} \cdot \frac{d+x}{d-x}$

$\frac{-4\Gamma - 4}{-2\Gamma + 2}$ $\frac{2(\Gamma+1)}{\Gamma - 1} \cdot \frac{d+x}{d-x}$

$\frac{2\Gamma}{\Gamma+1} = \frac{-1-1}{-1+1}$

$(\Gamma+3)(3\Gamma+1) = 3\Gamma^2 + 10\Gamma + 3$

$4(\Gamma\Gamma_1^2 + 2\Gamma\Gamma_1 + \Gamma_1^2 + \Gamma_1) =$

$= (3\Gamma\Gamma_1^2 + \dots + \Gamma_1 - 3\Gamma - \Gamma_1 - 1) =$

$= 3\Gamma\Gamma_1^2 + \Gamma_1^2 - 3\Gamma - 1$

$\Gamma_1 = \frac{-4\Gamma - 4 + 2\Gamma - 2}{2(\Gamma+3)} = \frac{-\Gamma - 3}{\Gamma + 3} = -1$

$\Gamma_1 = \frac{-4\Gamma - 4 - 2\Gamma + 2}{2(\Gamma+3)} = \frac{-3\Gamma - 1}{\Gamma + 3}$

$\Gamma\Gamma_1^2 + 3\Gamma_1^2 + 4\Gamma\Gamma_1 + 4\Gamma_1 + 3\Gamma + 1 = 0$

$(\Gamma+3)\Gamma_1^2 + 4(\Gamma+1)\Gamma_1 + (3\Gamma+1) = 0$

$D = 16(\Gamma^2 + 2\Gamma + 1) - 12\Gamma^2 - 40\Gamma - 12 =$

$= 4\Gamma^2 - 8\Gamma + 4 = 4(\Gamma^2 - 2\Gamma + 1) = (2(\Gamma - 1))^2$

$2(\Gamma+1)^2(d+x) = 2\Gamma(\Gamma-1)(d-x)$

$(\Gamma^2 + 2\Gamma + 1)d + (\Gamma^2 + 2\Gamma + 1)x = (\Gamma^2 - \Gamma)d - (\Gamma^2 - \Gamma)x$

$(2\Gamma^2 + 3\Gamma + 1)x = (-3\Gamma - 1)d$

$\boxed{x = \frac{3\Gamma + 1}{2\Gamma^2 + 3\Gamma + 1} d}$



40-67-05-51 (1.8)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 20 | 0 | 19 | 20 |

Смирнов Якупов Андреев Колесников Кушнир



ЧИСТОВИК

Чертёж в черновике

№4.8.1

Пусть фокусное расстояние первой линзы равно $F_1$, второй $F_2$. Если собирающая линза даёт изображение без увеличения, то объект находится на расстоянии двух фокусов от неё. Значит, (1) $F_1 = \frac{d}{2}$. Также отношение расстояния от линзы до изображения к расстоянию от линзы до объекта равно увеличению, т.е. вторая линза даёт изображение на расстоянии $\Gamma d$. Учитывая, что оно действительное, запишем формулу тонкой линзы:

(2) $\frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} = \frac{1}{F_2} \Leftrightarrow F_2 = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1}$

После смещения расстояние от стержня до первой линзы будет равняться $d-x$, до второй $d+x$. Пусть увеличение станет равно $\Gamma_1$, тогда запишем формулы тонкой линзы:

$\frac{1}{d-x} + \frac{1}{\Gamma_1(d-x)} = \frac{1}{F_1}$ (3)

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma_1(d+x)} = \frac{1}{F_2}$ (4)

Решив систему (1)–(4), ~~...~~ а именно подставив в (3) и (4) значения $F_1$ из (1) и $F_2$ из (2) и поделив (3) на (4), получим

$x = \frac{(\Gamma - 1)d}{3\Gamma + 1} = 5$ см.

Но может также оказаться, что одна из линз начала давать мнимое изображение (а равенство выше верно только если оба изображения продолжают быть действительными. Тогда в одной из формул тонкой линзы поменяется знак перед слагаемым:

$\frac{1}{d+x} - \frac{1}{\Gamma_1(d+x)} = \frac{1}{F_2}$ (5)

Решая уже систему из (1)–(3) и (5), получим отрицательный $x$ (т.е. смещение в другую сторону), модуль которого равен

$x = \frac{3\Gamma + 1}{2\Gamma^2 + 3\Gamma + 1} d = \frac{125}{14}$ см $\approx 8{,}9$ см. при этом увеличение < 0

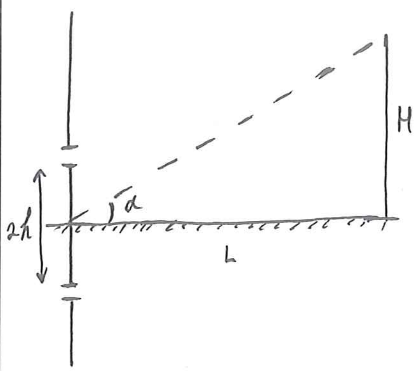
Ответ: на 5 см к 1-й линзе или на 8,9 см ко 2-й. ±

№3.3.1

$P_m$ при макс. разнице потенциалов на пластинах. Она создаётся ЭДС индукции.

ЧИСТОВИК

№5.8.1




$L \gg h$. Известно, что для интерференционной картины на дальнем экране выполняется $d\sin\gamma = k\lambda$, где $d$ – расстояние между щелями, $\gamma$ – угол, под которым на $k$-тый максимум идут лучи.

Щель и её изображение в зеркале можно считать двумя источниками, дающими интерференционную картину. $N$-ый максимум находится в самом верху экрана 2. Тогда, если лучи на него идут под углом $\alpha$, можно считать

$\sin\alpha = \frac{H}{L}$ (1)

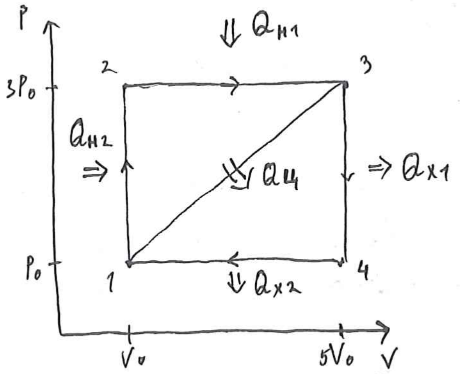
Расстояние между источниками $2h$, отсюда

$2h\sin\alpha = N\lambda$ (2)

Из системы (1) и (2) получим $N = \frac{2hH}{L\lambda} = 200$

Ответ: 200.

№2.2.1




Пусть на 1-2 подводится тепло $Q_{н2}$, на 2-3 $Q_{н1}$, на 3-4 отводится $Q_{x1}$ и на 4-1 отводится $Q_{x2}$, а на 3-1 и 1-3 отводится и подводится соответственно $Q_ц$. Молярная теплоёмкость изобарного процесса $\frac{5}{2}R$, изохорного $\frac{3}{2}R$, отсюда (если газа $\nu$ моль):

$Q_{н2} = \frac{3}{2}\nu R\cdot(3P_0V_0 - P_0V_0) = 3P_0V_0$ (1)

$Q_{н1} = \frac{5}{2}\nu R\cdot(3\cdot 5P_0V_0 - 3P_0V_0) = 30P_0V_0$ (2)

$Q_{x1} = \frac{3}{2}\nu R\cdot(3P_0\cdot 5V_0 - P_0\cdot 5V_0) = 15P_0V_0$ (3)

$Q_{x2} = \frac{5}{2}\nu R\cdot(5V_0\cdot P_0 - P_0V_0) = 10P_0V_0$ (4)

Работа газа $A$ на 1-3 равна площади под прямой:

$A = \frac{3P_0+P_0}{2}\cdot(5V_0 - V_0) = 8P_0V_0$ (5)

Тогда

$Q_ц = \frac{3}{2}(5V_0\cdot 3P_0 - P_0V_0) + A = 21P_0V_0 + A$ (6)

Следовательно, КПД 1-2-3-1 $\eta_1$ и 1-3-4-1 $\eta_2$ равны

$\eta_1 = 1 - \frac{Q_ц}{Q_{н1}+Q_{н2}}$ (7)

$\eta_2 = 1 - \frac{Q_{x1}+Q_{x2}}{Q_ц}$ (8)

ПРОДОЛЖЕНИЕ НА СЛЕД. СТР.



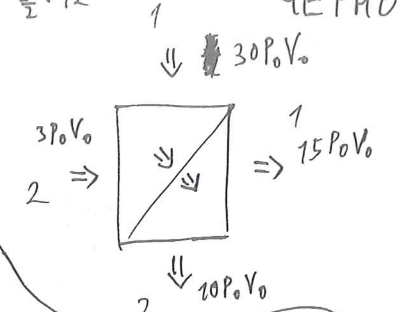


$\frac{5}{2}\cdot 12$

ЧЕРНОВИК

$C_p = \frac{5}{2}R$

$C_V = \frac{3}{2}\nu R$




$A_ц = \frac{P_0+3P_0}{2}\cdot 4V_0 = 8P_0V_0$

$Q_ц = \frac{3}{2}\cdot(15-1)P_0V_0 + 8P_0V_0 = 29P_0V_0$

$I = \frac{dq}{dt}$

$L = v\,dt$

$BIL = B\cdot\frac{dq}{dt}\cdot v\,dt = Bvq$

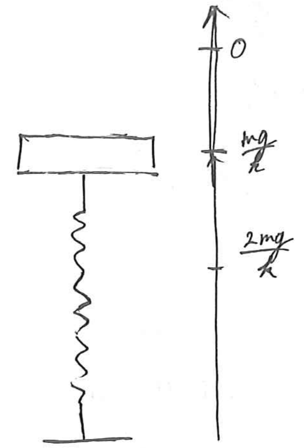
$\eta_1 = \frac{Q_{н1}+Q_{н2}-Q_ц}{Q_{н2}+Q_{н1}}$

$\eta_2 = \frac{Q_ц - Q_{x1} - Q_{x2}}{Q_ц}$

$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{(Q_{н1}+Q_{н2}-Q_ц)\,Q_ц}{(Q_{н1}+Q_{н2})(Q_ц - Q_{x1} - Q_{x2})}$

$\frac{2hH}{L\lambda} = \frac{2\cdot 0{,}001\cdot 0{,}05}{1\cdot 0{,}0000005} = \frac{2\cdot 5\cdot 10^{-5}}{5\cdot 10^{-7}}$

$\frac{(30+3-29)\cdot 29}{(30+3)(29-15-10)} = \frac{4\cdot 29}{33\cdot 4}$




$mg = kx_0$ $\quad x_0 = \frac{mg}{k}$

$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{m^2g^2}{2k}$

$v = \sqrt{2gh}$

$mv = 2m\cdot\frac{v_к}{2}$

$v_к = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

$v_к^2 = \frac{gh}{2}$

$x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$

$\frac{mg}{k} = A\sin\varphi_0$

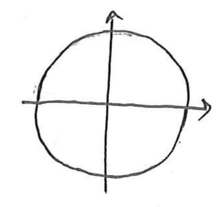
$\frac{2mv_к^2}{2} + \frac{m^2g^2}{2k} = \frac{kA^2}{2}$

$\frac{10}{2\cdot 0{,}5\cdot 25+10}$

$\sin(\varphi_0+\omega\tau) = 1$

$\frac{mgh}{2} + \frac{m^2g^2}{2k} = \frac{kA^2}{2}$

$\varphi_0 + \omega\tau = \frac{5\pi}{2}$



$A^2 = \frac{mghk + m^2g^2}{k^2} = \frac{mg(hk+mg)}{k^2}$

$\sin\varphi_0 = \frac{mg}{kA} = \frac{mg\cdot k}{k\cdot\sqrt{mg(hk+mg)}} = \sqrt{\frac{mg}{hk+mg}} = \sqrt{\frac{g}{2\omega^2+g}}$

$\frac{10}{2\cdot 25+10} = \frac{10}{60}$

$\varphi_0 = \pi - \arcsin\sqrt{\frac{g}{2\omega^2+g}}$

$\pi - \arcsin\sqrt{\frac{g}{2\omega^2+g}} + \omega\tau = \frac{5\pi}{2}$

$\cancel{kx - 2mg - 2mx''}\ \Big|:2m$

$\cancel{x'' - \frac{k}{2m}}$

$\frac{кг\cdot м}{с^2}$ $\quad \frac{кг}{с^2}$

$\tau = \frac{1}{\omega}\left(\frac{3\pi}{2} + \arcsin\sqrt{\frac{g}{2\omega^2+g}}\right)$

$\omega = \sqrt{\frac{H}{m}}$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$ $\quad k = 2m\omega^2$

$\frac{mg(2mh\omega^2+mg)}{4m^2\omega^4} = \frac{g(2h\omega^2+g)}{4m\omega^2}$ изначально

ЧЕРНОВИК

$\mu_0 \sum I = \sum B\cos\alpha$

$q = CU$



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

40-67-05-51 (1.8)

ЧИСТОВИК

№2.2.1 (продолжение)

Подставив в (7) и (8) значения из (1) – (6) и поделив, получим $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{29}{33}$.

Ответ: $\frac{29}{33}$.

+

16 б

№1.1.1

Для гармонических колебаний массы $2m$ на пружине жёсткостью $k$ верно

$\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$ (1)

Если шарик прилетел в брусок со скоростью $v_0$, по ЗСЭ

$\frac{mv_0^2}{2} = mgh \Leftrightarrow v_0 = \sqrt{2gh}$ (2)

ЗСИ для столкновения (по вертикали), если общая скорость $v$:

$mv_0 = 2mv \Leftrightarrow v = \frac{v_0}{2}$ (3)

Пусть амплитуда колебаний $A$, тогда ЗСЭ для верхней точки (учитывая изначальную деформацию пружины $\frac{mg}{k}$):

$\frac{kA^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{k}{2}\cdot\left(\frac{mg}{k}\right)^2$ (4)

Направим ось $x$ вертикально вверх с нулём в положении равновесия колебаний (деформация сжатия $\frac{2mg}{k}$), тогда, если начальная фаза при столкновении $\varphi_0$, уравнение колебаний:

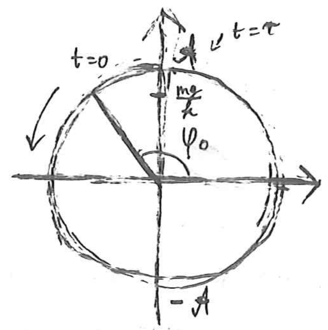
$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ (5)

Для $t = 0$ имеем

$\frac{mg}{k} = A\sin\varphi_0$ (6)

Для $t = \tau$

$\sin(\omega\tau + \varphi_0) = 1$ (7)




Из (6), (7) и рисунка получим

$\varphi_0 = \pi - \arcsin\left(\frac{mg}{kA}\right)$ (8)

$\omega\tau + \varphi_0 = \frac{5\pi}{2}$ (9)

Решив систему (1) – (4) и (8) – (9), получим

Ответ: $\tau = \frac{1}{\omega}\left(\frac{3\pi}{2} + \arcsin\sqrt{\frac{g}{2h\omega^2 + g}}\right)$