

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1 (первый)

дешифр/смена  
ручки

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Завялова Кирилл Романович  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Завялова

Черновик:

$$m \int \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{F} = k \mathbf{x}$$

$$m g h = \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2 g h}$$

$$u = \sqrt{\frac{g h}{2}}$$

$$m v = 2 m u$$

$$\gamma = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$k = 2 m \omega^2$$

$$d m \ddot{x} = 2 m g - k (a' + x)$$

$$\ddot{x} = (0.5 g \cos \alpha') + \frac{1}{4} \ddot{x}$$

$$= \frac{g}{4} + \frac{\pi}{2 \omega}$$

$$\ddot{x} = \frac{k}{2 m} x = 0 \quad \omega^2 = \frac{k}{2 m}$$

$$x = x_0 \cos \omega t$$

$$v_0 = x_0 \omega$$

$$\frac{2 m u^2}{2} + 2 m g (a' - x) + \frac{k a^2}{2} = \frac{2 m v_0^2}{2} + \frac{k x^2}{2}$$

$$m u^2 + k a'^2 - 2 k x^2 + \frac{k a^2}{2} = m v_0^2$$

$$m v^2 + \frac{6 m^2 g^2}{k} - 2 \frac{m^2 g^2}{k} + \frac{m^2 g^2}{2 k} = m v_0^2$$

$$v_0^2 = \frac{g h}{2} + \frac{5}{2} \frac{m g^2}{k} = \frac{g h}{2} + \frac{5}{2} \frac{h g^2}{2 \pi^2 \omega^2} = \frac{g h}{2} + \frac{5 g^2}{4 \omega^2}$$

$$x_0 = \frac{v_0}{\omega}$$

$$x - a' = x_0 \cos \omega t$$

$$t = \frac{v_0}{\omega} \cos \omega t$$

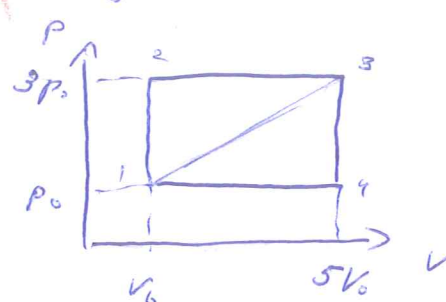
$$\cos \omega t = \sqrt{\frac{g h}{2}} = \sqrt{\frac{g h}{2} + \frac{g^2}{\omega^2}}$$

$$= \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \frac{16}{25}}} = \sqrt{\frac{1}{5}}$$

$$\delta = \frac{\arccos \sqrt{\frac{1}{5}}}{\omega}$$

50-90-54-32  
(1.6)

Задача №2.2.1. Сисовик



205  $\eta_{1231} = ?$   
 $\eta_{1341}$

2

$$\eta_{1231} = \frac{A_{1231}}{Q_{1231}} = \frac{A_{1231}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (3p_0 - p_0) \cdot (5V_0 - V_0)}{\frac{3}{2} (3p_0 - p_0) V_0 + \frac{5}{2} p_0 (5V_0 - V_0)} = \frac{4 p_0 V_0}{3 p_0 V_0 + 30 p_0 V_0} = \frac{4}{33}$$

№ 43 50 20, 450 А удачи = 5000 пропуск ;  
Cv и Cp для кислорода равны  $\frac{5}{2} R$  и  $\frac{7}{2} R$  соответственно ;

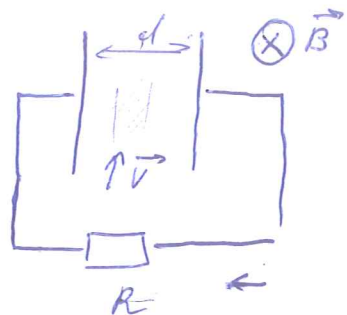
$$Q = 2 C_{v, O_2} = C \frac{\Delta (p V_0)}{R}$$

$$\eta_{1341} = \frac{A_{1341}}{Q_{1341}} = \frac{A_{1341}}{Q_{13}} = \frac{4 p_0 V_0}{\frac{5}{2} (3p_0 - 5V_0 - p_0 V_0) + \frac{p_0 + 3p_0}{2} \cdot (5V_0 - V_0)} = \frac{4 p_0 V_0}{21 p_0 V_0 + 8 p_0 V_0} = \frac{4}{29}$$

$$\frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}} = \frac{4}{33} \cdot \frac{29}{4} = \frac{29}{33}$$

Ответ : отношение КПД циклов равно  $\frac{29}{33}$ .

Задача 3.3.1. Установки



Блуждающая индукция

$$F_A : qvB = qE_{\text{кон.}} \quad E_{\text{кон.}} = vB$$

$$U_{\text{кон.}} = E_{\text{кон.}} d$$

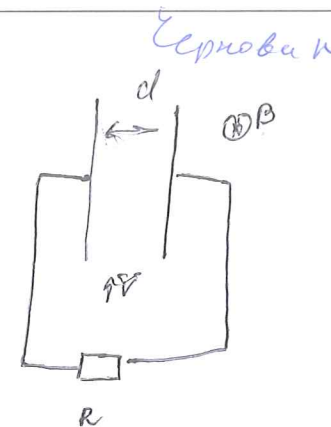
$$U = IR$$

$$P_m = UI = \frac{U^2}{R} = \frac{E_{\text{кон.}}^2 d^2}{R}$$

$$d^2 = \frac{\sqrt{R P_m}}{E_{\text{кон.}}} = \frac{\sqrt{R P_m}}{vB}$$

$$d = \frac{\sqrt{4 \cdot 10^{-4}}}{0,1} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{10^{-1}} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см}$$

Не учитывать внутрен. сопротивление  $r$ !  
 Ответ: расстояние  $d$  равно 20 см.



$$P = UI$$

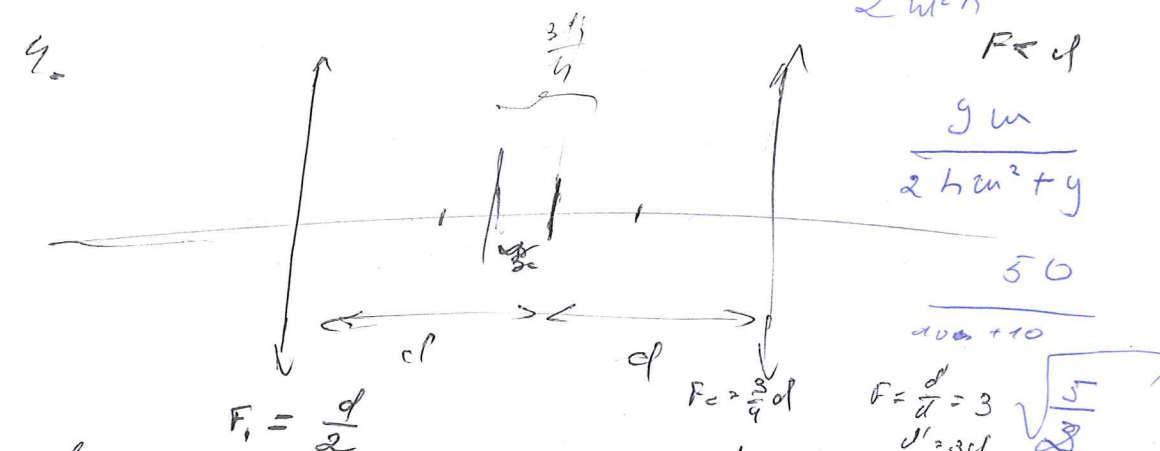
$$C = \frac{Q}{U} = \frac{q}{v} = \frac{q}{v}$$

$$q = B d$$

$$P = UI$$

$$P = B d \cdot \frac{B d}{R} = \frac{B^2 d^2}{R}$$

$$d = \frac{\sqrt{P R}}{B} = \frac{\sqrt{P R}}{vB}$$



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

$$F_2 = \frac{d}{2} = 3 \sqrt{\frac{5}{2}}$$

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

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

$$F_2 = \frac{3}{4} d$$

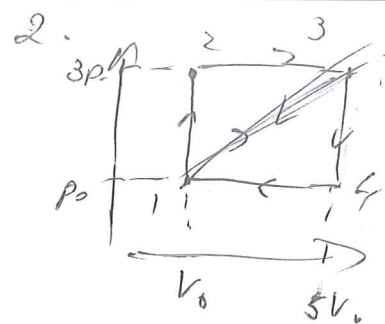
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{1}{F_2}$$

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

$$F_2 = \frac{3}{4} d$$

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

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



$$F_1 = 1$$

Серновик

$$q_1 = \frac{A}{Q_n} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 4V_0}{\frac{5}{2} \cdot 2p_0 \cdot V_0 + \frac{5}{2} \cdot 3p_0 \cdot 4V_0} = \frac{4}{33} \frac{p_0 V_0}{p_0 V_0} = \frac{4}{33}$$

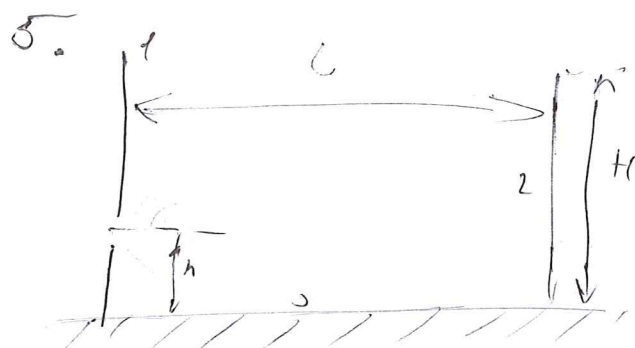
$$\frac{q_1}{q_2} = \dots$$

$$q_2 = \frac{A}{Q_n} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 4V_0}{\frac{5}{2} \cdot 2p_0 \cdot V_0 + \frac{5}{2} \cdot 3p_0 \cdot 4V_0} = \frac{4}{33} \frac{p_0 V_0}{p_0 V_0} = \frac{4}{33}$$

$$Q_{13} = p_0 u + A = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - p_0 V_0) + \frac{p_0 + 3p_0}{2} \cdot 4V_0 =$$

$$= 21p_0 V_0 + 8p_0 V_0 = 29p_0 V_0$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{4}{33} = \frac{29}{4} = \frac{29}{33}$$



v =

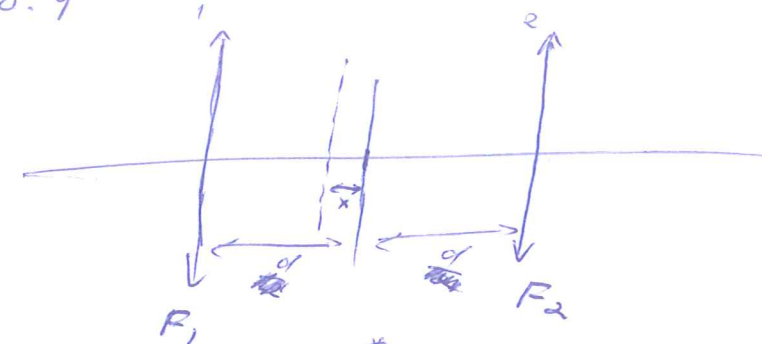
50-90-54-32  
(1.6)

Задача 4.8.1 Систовик

$$d = 25 \text{ см}$$

$$\Gamma_1 = 3; \Gamma_2 = 1$$

$$x = ?$$



1)

$$\Gamma_1 = 1 \Rightarrow 2F_1 = d$$

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

$$\Gamma_2 = 3 \Rightarrow 3 = \frac{F_2}{d - F_2}$$

$$3d - 3F_2 = F_2$$

$$F_2 = \frac{3}{4}d$$

\* Для действительного изображения в тонкой собирающей линзе

$$\Gamma = \frac{b}{a}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a}$$

$$\Gamma = \frac{F}{a - F}$$

где a - расстояние до линзы

2) сместим на x;  $\Gamma_1' = \Gamma_2'$ 

$$\Gamma_1' = \frac{F_1}{(d-x)-F_1} = \Gamma_2' = \frac{F_2}{(d+x)-F_2}$$

$$\frac{\frac{d}{2}}{\frac{d}{2} - x} = \frac{\frac{3}{4}d}{\frac{d}{4} + x}$$

$$\frac{d}{4} + x = \frac{3}{4}d - \frac{3}{2}x$$

$$\frac{5}{2}x = \frac{d}{2}$$

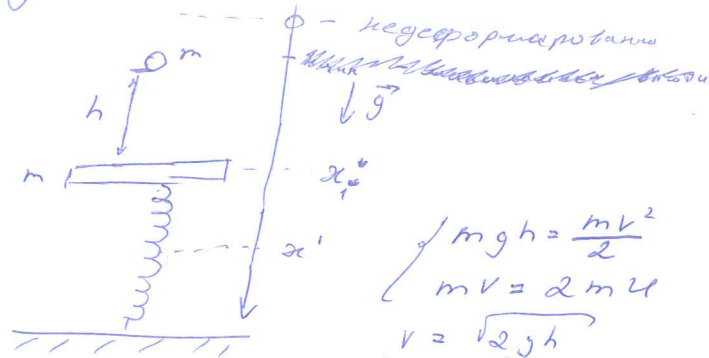
$$x = \frac{d}{5} = \frac{25 \text{ см}}{5} = 5 \text{ см}$$

; положительное  $\Rightarrow$  сместить влево.

Ответ: сместить на  $x = 5 \text{ см}$ .

Задача 1.1.1. Гистовик

$h = 0,2 \text{ м}, \mu = 5 \frac{\text{г}}{\text{см}}, g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$mv = 2m\mu$$

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

$$\mu = \sqrt{\frac{gh}{2}} - \text{скорость сжатия пружины}$$

Сразу после удара.

$$\begin{cases} 2m\ddot{x} = 2mg - k(x' + x) \\ 2mg = kx' \end{cases}$$

$$2m\ddot{x} = -kx$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{2m}x = 0 \quad \text{— пр-е колебаний; } \omega^2 = \frac{k}{2m}$$

$$T = t_{\text{от } x_0 \text{ до } x'} + t_{\text{от } x' \text{ до максимума выноса}} \quad (1)$$

$$t_{\text{от } x' \text{ до максимума выноса}} = \frac{3}{4}T = \frac{3}{4} \frac{2\pi}{\omega} = \frac{3\pi}{2\omega}$$

от  $x_0$  до  $x'$ : решение колебаний:  $x = x_0 \cos(\omega t + \varphi)$

$$\begin{cases} 0 = \cos(\omega t + \varphi) \\ x' = x' - x_0 = x_0 \cos \varphi \end{cases} \quad (*)$$

$$\frac{2m\omega^2}{2} + 2mgx' + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2}$$

$$kx_0 = mg$$

$$kx_0' = 2mg$$

$$v_0 = 2\mu x_0$$

$$x_0' = x' - x_0 = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k} = \frac{mg}{2m\omega^2} = \frac{g}{2\omega^2}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot mg = \frac{mg}{2} = \frac{mg}{2} \cdot \frac{4\mu^2}{4\mu^2} = \frac{mg^2}{4\mu^2}$$

$$\frac{kx_0'^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot 2mg = mg = mg \cdot \frac{2\mu^2}{2\mu^2} = \frac{mg^2}{2\mu^2}$$

$$\frac{m \cdot gh}{2} + 2mg \cdot \frac{g}{2\omega^2} + \frac{mg^2}{4\mu^2} = m\omega^2 x_0^2 + \frac{mg^2}{2\mu^2}$$

$$m\omega^2 x_0^2 = \frac{mgh}{2} + \frac{mg^2}{4\mu^2}$$

$$x_0 = \sqrt{\frac{gh}{2} + \frac{g^2}{4\mu^2}}$$

$$(*) \quad \frac{g}{2\omega^2} = \sqrt{\frac{gh}{2} + \frac{g^2}{4\mu^2}} \cdot \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = \sqrt{\frac{2g\mu^2}{2\mu^2 h + g}} = \sqrt{\frac{g\mu^2}{2\mu^2 h + g}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Ср. колебания



50-90-54-32  
(1.6)

(10)  $\sin \varphi_{\text{от } y_0 \text{ до } x} + \varphi = \frac{\pi}{2}$  Истовск

$\varphi_{\text{от } y_0 \text{ до } x} = \frac{\pi}{2} - \varphi$

$\tau = \frac{\pi}{2\varphi} - \frac{\varphi}{\omega} + \frac{3\pi}{2\omega} \quad (1)$

$\tau = \frac{2\pi}{\omega} - \frac{\varphi}{\omega} = \frac{2\pi - \varphi}{\omega} = \frac{2\pi - \arccos\left(\frac{g}{2\omega^2 h + g}\right)}{\omega} =$

$= \frac{2\pi - \arccos\left(\frac{10}{2 \cdot 25 \cdot 0,2 + 10}\right)}{5} =$

$= \frac{2\pi - \arccos\left(\sqrt{\frac{10}{10 \times 10}}\right)}{5} = \frac{2\pi - \arccos \frac{\sqrt{2}}{2}}{5}$

$= \frac{7\pi}{4\omega} = \pi \cdot \frac{7}{20} = \pi \cdot 0,35 \approx 1,099 \text{ секунды}$

Ответ: отсчитывается время  $\tau \approx 1,099 \text{ секунды}$ .

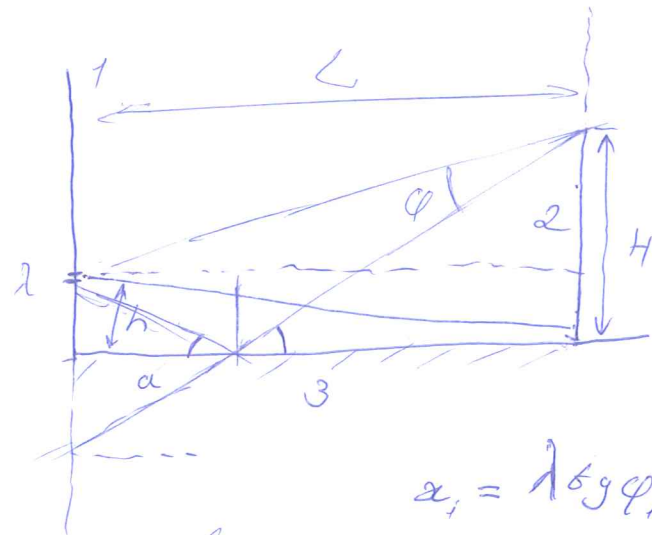
$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 0,35 \\ \hline + 1540 \\ 942 \\ \hline 1,0990 \end{array}$$

Задача 5.8.1. Установив

$$L = 1\text{ м}, \lambda = 0,5 \text{ мкм}$$

$$h = 1\text{ мм}, H = 5\text{ см}$$

$$N = ?$$



$$x_i = \lambda \sin \varphi_i - \text{ширина ш/ф макс.}$$

$$N = \frac{H}{\sum x_i} = \frac{H}{\lambda \sum \sin \varphi_i} \quad \sin \varphi = h$$

$$\varphi_i = \arcsin \frac{h}{L}$$

$$N = \frac{H}{\sum x_i} = \frac{H}{\lambda \sum \sin \varphi_i}$$

$$\sum \sin \varphi_i =$$

$$\frac{h}{L} = \frac{h}{L} \Rightarrow HL - ah = ah$$

$$a = \frac{LH}{h+L} - \text{крайнее значение по нижней оси}$$

