

воход 12:50 вход 12:54

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

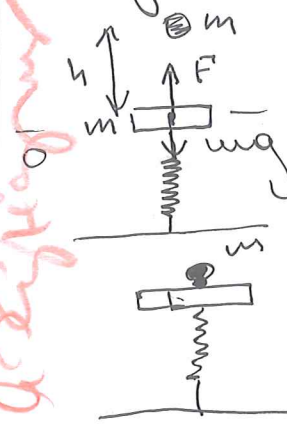
Рафурин Егор Викторович
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника
Е. Рафурин

27-99-79-72
(1.9)

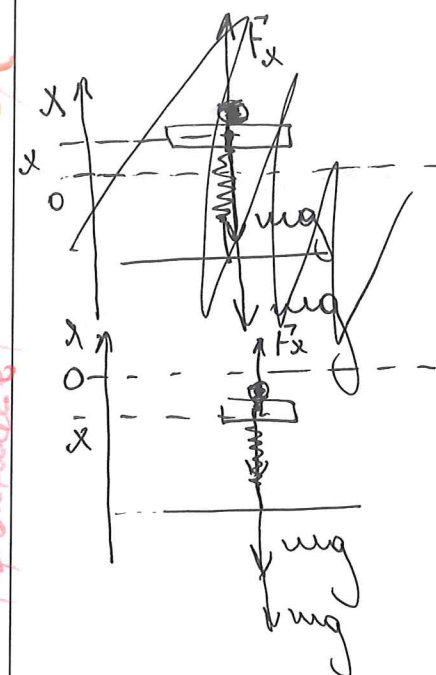
Чистовик
Задача № 1.1.1



дано: $F = mg$; $F = k \cdot \Delta x$

k - коэффициент упругости пружины

В момент удара пластинчатый шарик сообщает пружине энергию, равную $\frac{mv^2}{2} = mgh$



введем ось координат x .
Ноль выберем в точке равновесия (см. первый рис.)

2-й и 3-й Ньютона
 $F_x - 2mg = m\ddot{x}$

$$k(x + \Delta x) - 2mg = 2m\ddot{x}$$

$$kx + k\Delta x - 2mg = 2m\ddot{x}$$

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

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

$$\ddot{x} - \frac{k}{2m}x = -g = \text{const}$$

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

Запишем ЗСЭ в момент удара. x_0 - низшая координата.

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{k\Delta x^2}{2} = -2mgx_0 + \frac{k(\Delta x + x_0)^2}{2}$$

$$mgh + 2mgx_0 = \frac{k}{2}(\Delta x^2 + 2\Delta x x_0 + x_0^2 - \Delta x^2)$$

$$mgh + 2mgx_0 = mgx_0 + \frac{k}{2}x_0^2$$

$$\frac{k}{2}x_0^2 - mgx_0 - mgh = 0; \frac{\omega^2 \cdot m}{2}x_0^2 - mgx_0 - mgh = 0$$

Прод-е задачи 1.1.1

Числовик

$$\frac{\omega^2 \cdot m}{8\pi^2} x_0^2 - mgh_0 - mgh = 0$$

$$\frac{\omega^2}{8\pi^2} x_0^2 - g x_0 - gh = 0$$

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

$$\omega^2 \cdot x_0^2 - g x_0 - gh = 0$$

$$D = g^2 + 4g\omega^2 h = 100 + 400 = 500$$

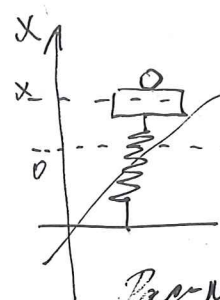
$$= 100 + 1000 = 1100 \approx 300$$

$$4 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 0,2 = 200$$

$$x_0 = \frac{g \pm \sqrt{D}}{4\pi^2}; \text{ т.к. } x_0 - \text{нижняя точка} \Rightarrow x_0 < 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_0 = \frac{g - \sqrt{D}}{4\pi^2}$$

Расс-м ~~вирт-и~~ ~~время~~ ~~момент~~ колебания.



ЗСЭ:

$$mgh + \frac{k\Delta x^2}{2} = 2mgh + \frac{k(x-\Delta x)^2}{2}$$

Расс-м момент колебаний в самой верхней точке x_1

Земли ЗСЭ

$$\frac{m\omega^2}{2} + \frac{k\Delta x^2}{2} = 2mgh + \frac{k(x_1 - \Delta x)^2}{2}$$

$$mgh - 2mgh = \frac{k}{2}(x_1^2 - 2x_1\Delta x)$$

$$mgh - 2mgh = \frac{k}{2}x_1^2 - mgh$$

$$\frac{k}{2}x_1^2 + mgh - mgh = 0$$

$$k = \frac{\omega^2 m}{4\pi^2}$$

$$\frac{\omega^2}{8\pi^2} x_1^2 + g x_1 - gh = 0$$

$$D = g^2 + 4g\omega^2 h = 300$$

$$x_1 = \frac{-g \pm \sqrt{D}}{2\omega^2}, \text{ т.к. } x_1 > 0 \Rightarrow x_1 = \frac{-g + \sqrt{D}}{2\omega^2}$$

$$\frac{-10 + \sqrt{300}}{50} = \frac{\sqrt{3} - 3}{5} \text{ м}$$

Из найденных крайних значений колеб-й найдем амплитуду этих колеб-й A :

$$A = |x_0| + |x_1| = \frac{\sqrt{D} - g}{\frac{\omega^2}{4\pi^2}} + \frac{-g + \sqrt{D}}{\frac{\omega^2}{4\pi^2}} = 2 \cdot \frac{\sqrt{D} - g}{\frac{\omega^2}{4\pi^2}} =$$

$$= 8\pi^2 \cdot \frac{\sqrt{D} - g}{\omega^2} \quad A = 2 \cdot \frac{\sqrt{300} - 10}{50} = \frac{2(\sqrt{3} - 1)}{5}$$

$$D = g^2 + \frac{g h \omega^2}{2\pi^2} = 100 + \frac{10 \cdot 0.2 \cdot 5}{2\pi^2} = 100 + \frac{5}{\pi^2} = \frac{100\pi^2 + 5}{\pi^2}$$

$$8\pi^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{100\pi^2 + 5}}{\pi} - g \right) = 8\pi^2 \cdot \frac{\sqrt{100\pi^2 + 5} - g\pi}{\omega^2} =$$

$$= 8\pi \cdot \frac{\sqrt{100\pi^2 + 5} - g\pi}{\omega^2}$$

100

Получаем уравнение, что $x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$

В нач. времени $t=0 \Rightarrow x=0 \Rightarrow 0 = A \cdot \cos \varphi_0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2} + k\pi, k \in \mathbb{Z} \quad x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$

$$x(t) = -A \sin(\omega t)$$

В нач. время $t=0, x=0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x(t) = -A \sin(\omega t)$

$$x_0 = -A \sin(\omega t)$$

$$x_1 = -A \sin(\omega t)$$

$$-|x_0| = -\frac{|x_0|}{2} \sin(\omega t)$$

неверно

$$x_1 = -2x_0 \sin(\omega t)$$

$$2 = \sin(\omega t)$$

$$\sin(\omega t) = -\frac{1}{2}$$

$$-|x_0| = -2|x_0| \sin(\omega t)$$

$$\omega t = \frac{7\pi}{6}$$

$$\sin(\omega t) = \frac{1}{2}$$

$$t_2 = \frac{7\pi}{30} c$$

$$\omega t = \arcsin \frac{1}{2}$$

$$x'(t) = (-A \sin(\omega t))' =$$

$$t_1 = \arcsin \frac{1}{2} = \frac{\pi}{6} c$$

$$= -A \cos(\omega t) \cdot \omega$$

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

$$x_1 = -A \sin \omega t$$

$$t_2 = \frac{7\pi}{30} c \leq 0.7 c$$

$$x_1 = -2x_0 \sin \omega t$$

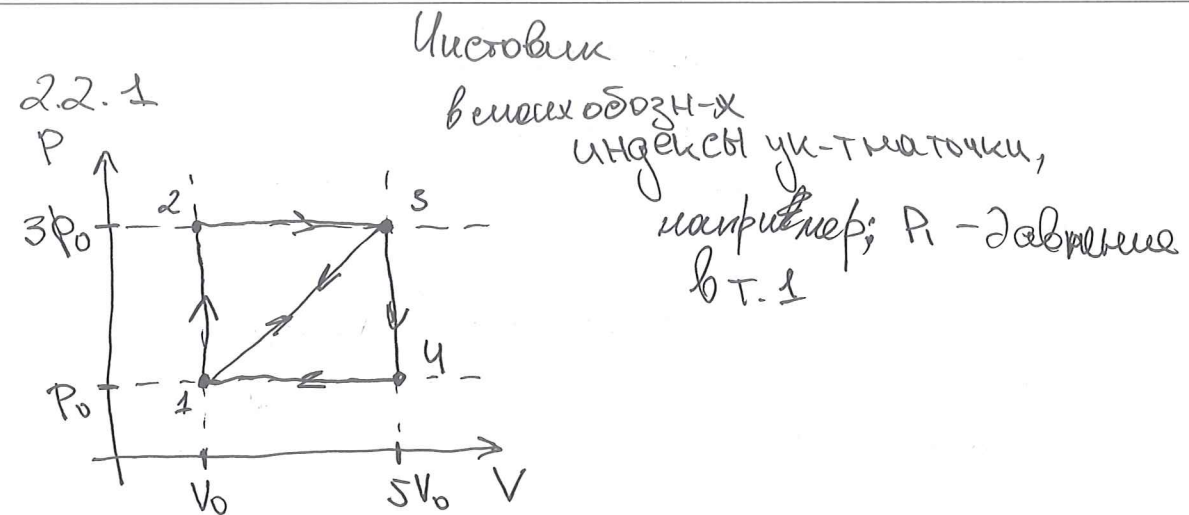
$$A \cdot \frac{7\pi}{30} \leq 0.7 c$$

неверно

$$\sin \omega t = -\frac{1}{2}$$

$$\omega t = \frac{7\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{7\pi}{30} c$$

неверно



1. Рас-м процесс 1-2-3-1:

Аз Работа газа численно равна площади под графиком $\Rightarrow A_1 = (3P_0 - P_0)(5V_0 - V_0) \cdot \frac{1}{2} =$
 $= 2P_0 \cdot 4V_0 \cdot \frac{1}{2} = 4P_0V_0$

$$Q_{1-2} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (3P_0V_0 - P_0V_0) = 3P_0V_0$$

$$Q_{2-3} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + 3P_0 \cdot 4V_0 = \frac{3}{2} \cdot (15P_0V_0 - 3P_0V_0) + 12P_0V_0 = 18P_0V_0 + 12P_0V_0 = 30P_0V_0$$

$$Q_{3-1} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \frac{1}{2} (P_3 + P_1) (V_1 - V_3) =$$

$$= \frac{3}{2} (P_0V_0 - 15P_0V_0) + \frac{1}{2} (4P_0 \cdot -4V_0) =$$

$$= -21P_0V_0 - 8P_0V_0 = -29P_0V_0$$

$$Q_{1231} = Q_{1-2} + Q_{2-3} = 3P_0V_0 + 30P_0V_0 = 33P_0V_0$$

$$\eta_{1231} = \frac{A_1}{Q_{1231}} = \frac{4}{33}$$

Чистовик

$$\sqrt{(H-h)^2 + b^2} - \sqrt{(H+h)^2 + b^2} = -N \cdot \lambda$$

$$(H-h)^2 + b^2 - 2\sqrt{(H-h)^2 + b^2} \sqrt{(H+h)^2 + b^2} +$$

$$+ (H+h)^2 + b^2 = N^2 \cdot \lambda^2$$

$$2\sqrt{(H-h)^2 + b^2}$$

$$\sqrt{(H-h)^2 + b^2} - \sqrt{(H+h)^2 + b^2} = -N \cdot \lambda$$

$$1 + \frac{1}{2}(H-h)^2 - 1 - \frac{1}{2}(H+h)^2 = -N \cdot \lambda$$

$$\frac{H \cdot h}{2b \cdot \lambda} = N = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{2} = 250$$

$$1 + \frac{1}{2}(H-h)^2 - 1 - \frac{1}{2}(H+h)^2 = -N \cdot \lambda$$

$$\frac{1}{2}((H-h)^2 - (H+h)^2) = -N \cdot \lambda$$

$$\frac{1}{2}((H+h)^2 - (H-h)^2) = N \cdot \lambda$$

$$\frac{1}{2}((H+h+H-h)(H+h-H+h)) = N \cdot \lambda$$

$$\frac{1}{2}(2H \cdot 2h) = N \cdot \lambda \Rightarrow N = \frac{4 \cdot H \cdot h}{2\lambda}$$

$$= \frac{2 \cdot H \cdot h}{\lambda} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 0,001}{5 \cdot 10^{-7}} =$$

$$= \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-7}} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^2}{5} = \underline{\underline{200}}$$

27-99-79-72
(1.9)

Задача 2.2.1

Чистовик

2. Рас-м процесс 1-3-4-1:

Работу найдем аналогично п. 1: $A_2 = (3P_0 - P_0) \cdot (5V_0 - V_0) \cdot \frac{1}{2} = 4P_0V_0$

$$Q_{1-3} = \Delta U_{13} + A_{13} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) + \frac{1}{2} (P_3 + P_1) (V_3 - V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (15P_0V_0 - P_0V_0) + \frac{1}{2} (4P_0 \cdot 4V_0) = 21P_0V_0 + 8P_0V_0 = 29P_0V_0$$

$$Q_{3-4} = \Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \cdot (5P_0V_0 - 15P_0V_0) = -15P_0V_0$$

$$Q_{4-1} = \Delta U_{41} + A_{41} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_4) + P_0 (V_1 - V_4) =$$

$$= \frac{3}{2} (P_0V_0 - 5P_0V_0) + P_0 \cdot (-4V_0) = -10P_0V_0$$

$$Q_{1341} = 29P_0V_0$$

$$\eta_{1341} = \frac{A_2}{Q_{1341}} = \frac{4}{29}$$

$$\eta_{1231} = \frac{A_1}{Q_{1231}} = \frac{4}{29} \cdot \frac{29}{33} = \frac{29}{33}$$

Задача 3.3.1 $R = 0,4 \text{ Ом}; B = 1 \text{ Тл}; P = 1 \text{ Вт}$
 $\delta = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}; P_{\text{м}} = P = 1 \text{ Вт} = 0,001 \text{ Вт}$

$$1. q \delta B = q \cdot E \Rightarrow E = \delta B$$

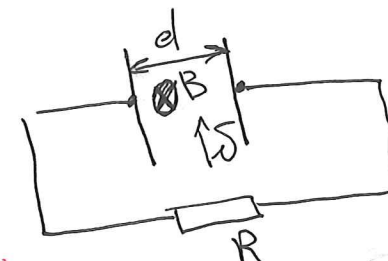
$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{E^2 \cdot d^2}{R} = \frac{\delta^2 B^2 d^2}{R} = P \Rightarrow d = \sqrt{\frac{R \cdot P}{\delta^2 B^2}}$$

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{E^2 \cdot d^2}{R} = \frac{\delta^2 B^2 d^2}{R} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{R \cdot P}{\delta^2 B^2}} =$$

$$= \frac{\sqrt{R \cdot P}}{\delta \cdot B} = \frac{\sqrt{0,4 \cdot 0,001}}{0,1 \cdot 1} = \frac{\sqrt{0,0004}}{0,1} = \frac{0,02}{0,1} = \frac{2}{10} =$$

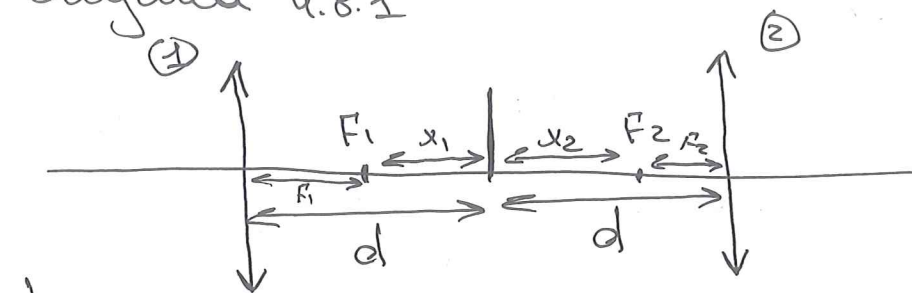
$$= 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см}$$

не учтено внутрен.
сопротивление "R"



Чистовик

Задача 4.8.1



$$d = 25 \text{ cm}$$

$$\Gamma_1 = \frac{F_1}{x_1} = 1 \Rightarrow x_1 = F_1$$

$$x_1 + F_1 = d; 2F_1 = d \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2}$$

$$\Gamma_2 = \frac{F_2}{x_2} = 3 \Rightarrow F_2 = 3x_2$$

$$x_2 + F_2 = d; 4x_2 = d \Rightarrow x_2 = \frac{d}{4} \Rightarrow F_2 = \frac{3}{4}d$$

увеличение в 1-й мизы должно увелич., а во 2-й мизы уменьшиться (чтобы они стали равными) $\Rightarrow$ ~~мизы~~ стержень будем двигать вправо, в сторону 1-й мизы.

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_{11} &= \frac{F_1}{x_1 - x} \\ \Gamma_{22} &= \frac{F_2}{x_2 + x} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\frac{d}{2}}{\frac{d}{2} - x} = \frac{\frac{3}{4}d}{\frac{d}{4} + x}$$

$$\frac{\frac{1}{2}}{\frac{d}{2} - x} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{d}{4} + x}$$

$$\frac{d}{8} + \frac{x}{2} = \frac{3}{8}d - \frac{3}{4}x$$

$$\frac{5}{4}x = \frac{1}{4}d \Rightarrow x = \frac{d}{5} = \underline{\underline{5 \text{ cm}}}$$



Чистовик

Задача 5.8.1

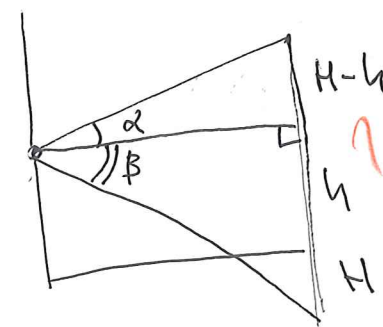
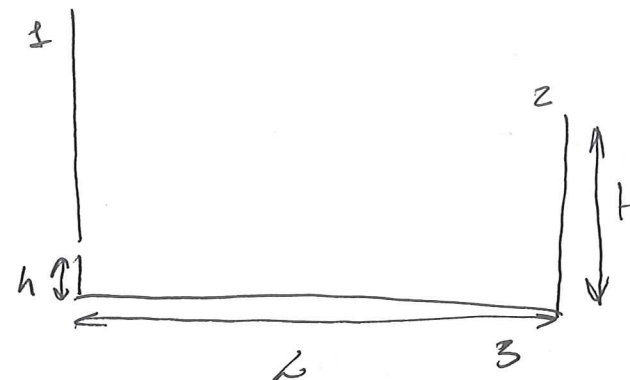


$$\lambda = 0,5 \text{ mm} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$H = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$$



$$\frac{H-h}{\sin \alpha} = \frac{H+h}{\sin \beta} = N \cdot \lambda$$

$$\sin \beta = \frac{H+h}{\sqrt{(H+h)^2 + L^2}}$$

$$\sin \alpha = \frac{H-h}{\sqrt{(H-h)^2 + L^2}}$$

$$\sqrt{(H-h)^2 + L^2} - \sqrt{(H+h)^2 + L^2} = -N \cdot \lambda$$

$$N \cdot \lambda = \sqrt{(H+h)^2 + L^2} - \sqrt{(H-h)^2 + L^2}$$

$$N = \frac{\sqrt{(H+h)^2 + L^2} - \sqrt{(H-h)^2 + L^2}}{\lambda}$$

$$= \frac{\sqrt{(0,05+0,001)^2 + 1} - \sqrt{(0,05-0,001)^2 + 1}}{5 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$