



0 04 17 28 09 00 03

04-17-28-09

(3.10)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1/3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Петрова Мария Терпиевна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

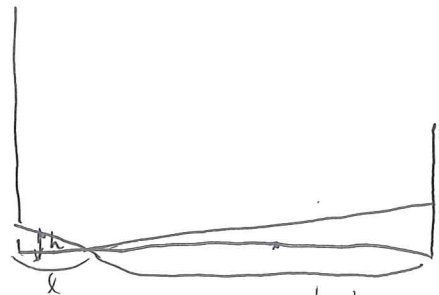
вышел в 13 46
вернулся в 13 48
вышел в 14 50
вернулся в 14 52

Дата

«14» сентября 2025 года

Подпись участника

Петрова



$$\sqrt{h^2 c^2} = L_1 - L_2$$

$$\frac{\lambda}{\sqrt{h^2 c^2}} = \frac{T}{h}$$

$$t_2 - t_1 = \Delta t = \frac{T}{4}$$

$$N = \lambda \nu$$

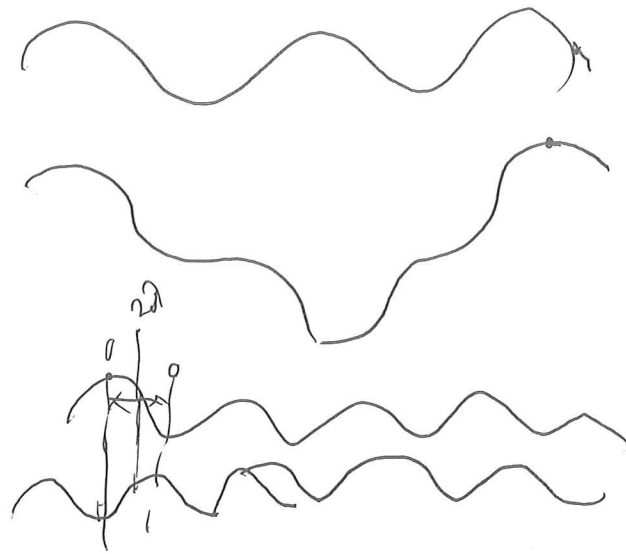
$$\frac{\sqrt{h^2 c^2}}{\lambda} = \frac{1}{h}$$

$$h^2 c^2 = \frac{\lambda^2}{h^2}$$

$$\lambda^2 = \frac{h^2}{h^2} - h^2$$

$$\frac{h}{N}$$

$$\frac{L - \lambda}{\lambda}$$



$$w_1 = w_2 = \frac{2\pi}{T}$$

$$\lambda = \frac{v}{N}$$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\lambda = \frac{1}{N}$$

$$l = \frac{h}{N}$$

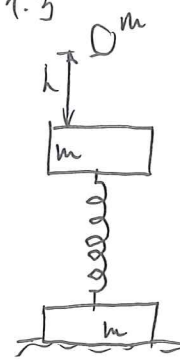
$$h^2 = \frac{h^2}{N^2} - h^2$$

$$t_2 - t_1 = \Delta t = \frac{T}{4}$$

$$h^2 = \frac{h^2}{N^2} - h^2$$

04-17-28-09
(3.10)

№ 1.1.3



Дано:

$$h_{max} = 8 \text{ см} = 0.08 \text{ м}$$

$$m = 100 \text{ г} = 0.1 \text{ кг}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти: k?

Решение

Масса падает на пружину - абс. упругий удар, упр. сила и растягивание - гармонические колебания, но не будем, чем в верней точке растяжение (А-амплитуда вверх) миним.

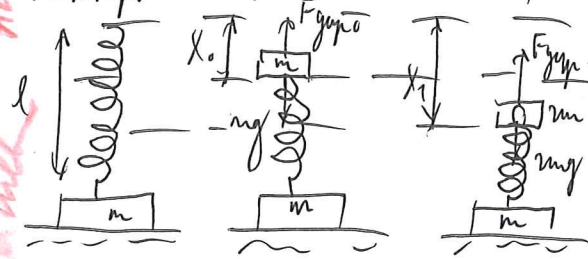
Пружина выровнена от пола, т.е. $\vec{V} = 0$.

Гармонические колебания, получаемые при падении массы на пружину.

З.С.З. где масса: $mg = \frac{kx}{2}$; $v^2 = 2gh$ +

З.С.Н. где пружина и масса: $mV + 0 = 2mV'$; $V' = \frac{V}{2}$ +
 $V' = \frac{\sqrt{2gh}}{2} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$ ①

Пружина и масса, как единое целое.



Упр. равн-е:

$$F_{упр0} = kx_0 = mg; \quad x_0 = \frac{mg}{k}$$

$$F_{упр1} = kx_1 = 2mg; \quad x_1 = \frac{2mg}{k}$$

$$x_1 - x_0 = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$$

З.С.З. где колебания:

$$\frac{2mV'^2}{2} + \frac{k(x_1 - x_0)^2}{2} = \frac{2mV_m^2}{2}$$

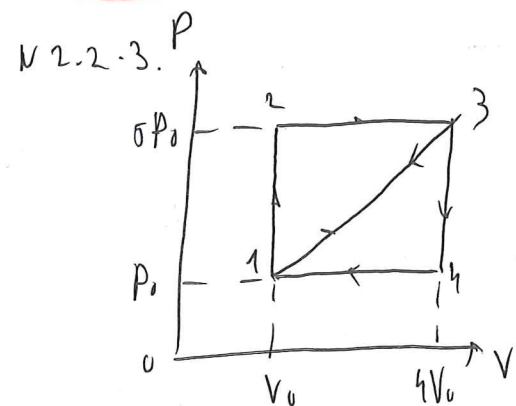
$$mV'^2 + \frac{k m^2 g^2}{2k^2} = mV_m^2$$

$$\frac{mg}{2} + \frac{m^2 g^2}{2k} = mV_m^2 \quad V_m = \sqrt{\frac{mg^2 + g^2 k}{2k}} = \sqrt{\frac{g(mg + gk)}{2k}} +$$

Умноженная частота колебаний пружины с грузом 2m:

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$; числовая $\gamma_m = A\omega$ $\rightarrow A = \frac{V_m}{\omega} = \frac{\sqrt{mg(m\gamma + hK)}}{\sqrt{kK - K}} = \frac{1}{K} \sqrt{mg(m\gamma + hK)}$

полном. равн $\Sigma F_{\text{упр}} = N - mg$ $(N=0)$
 $0 = F_{\text{упр}} + N - mg$ $(N=0)$
 $mg \geq F_{\text{упр}} = K(A - x_1) = K\left(\frac{1}{K} \sqrt{mg(m\gamma + hK)} - \frac{2mg}{K}\right) =$
 $= \sqrt{mg^2 + m\gamma hK} - mg$ $\Rightarrow mg = F_{\text{упр}} = K(A - x_1)$
 $mg = \sqrt{mg^2 + m\gamma hK} - mg$
 $2mg = \sqrt{mg^2 + m\gamma hK}$
 $4mg^2 = mg^2 + m\gamma hK$
 $3mg^2 = m\gamma hK$
 $8mg = h_{\text{max}} K$; $K = \frac{8 \cdot 9.8 \cdot 10}{0.8} =$
 $= 100 \text{ (Н/м)}$ $\text{ответ: } K = 100 \text{ Н/м}$



- 1: $P_0 V_0 = \nu R T_1$
 2: $5P_0 \cdot 2V_0 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = 5T_1$
 3: $20P_0 \cdot 4V_0 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = 20T_1$
 4: $P_0 \cdot 4V_0 = \nu R T_4 \Rightarrow T_4 = 4T_1$

Тепловые машины ПТД где дан пр-вод

1 $\begin{cases} Q_{12} = A_{12} + \frac{3}{2} \nu R (5T_1 - T_1) = 6 P_0 V_0 \\ Q_{23} = 5P_0 \cdot 3V_0 + \frac{3}{2} \nu R (20T_1 - 5T_1) = 15 P_0 V_0 + \frac{45}{2} P_0 V_0 \\ Q_{31} = -\frac{P_0 + 5P_0}{2} \cdot 3V_0 + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - 20T_1) = -9 P_0 V_0 - \frac{57}{2} P_0 V_0 \end{cases}$

2 $\begin{cases} Q_{13} = 9 P_0 V_0 + \frac{57}{2} P_0 V_0 \\ Q_{34} = A_{34} + \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 20T_1) = -24 P_0 V_0 \\ Q_{41} = -P_0 \cdot 3V_0 + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - 4T_1) = -3 P_0 V_0 - \frac{9}{2} P_0 V_0 \\ Q_{+1} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{12 + 30 + 45}{2} P_0 V_0 = \frac{87}{2} P_0 V_0 \end{cases}$

рис. 8.3 $\lambda = 0.5 \text{ м}$ $H = 20 \text{ м}$ $L = 1 \text{ м}$ $v = 200$

$h = ?$ $h \ll L$

числовая $(\text{числовая для рис. 8.3})$

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

$\sqrt{(L-x)^2 + h^2} = (L-x) \sqrt{1 + \frac{h^2}{x^2}}$ $x \sqrt{1 + \frac{h^2}{x^2}} = \sqrt{x^2 + h^2}$ $x \sqrt{1 + \frac{h^2}{x^2}} = \sqrt{x^2 + h^2}$ $x \sqrt{1 + \frac{h^2}{x^2}} = \sqrt{x^2 + h^2}$

$h \ll L$ $\frac{h}{L} = \frac{L-x}{x}$ $xh = Lx - x^2$ $x(h+x) =$

$x = \frac{hL}{h+h}$ $\sqrt{L^2 + (h-x)^2} = \sqrt{L^2 + h^2 - 2hx + x^2} = \sqrt{L^2 - 2hx}$

$\frac{h}{h} = \frac{v_1}{v_2}$ $v_2 = \frac{1}{N}$ $\frac{h}{h} = v_1 N$ $v_1 = \frac{h}{h} N$ $\omega_1 = \pi v_1 = \pi \frac{h}{h} N$

$x = \lambda - \cos(\omega_1 t)$ $0 = \lambda \cos(\omega_1 t)$ $\omega_1 t = \frac{\pi}{2} \cos$ $\pi \frac{h}{h} N t = \frac{\pi}{2} \cos$ $t = \frac{\pi h}{4 \pi h N} = \frac{1}{4 N h}$

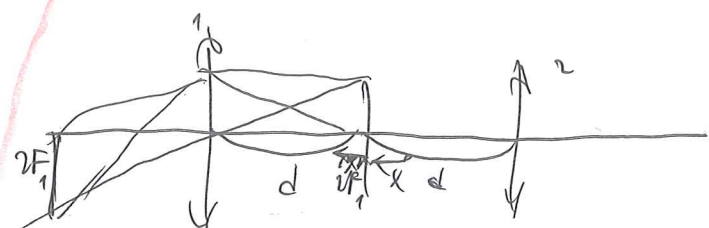
$v = \frac{L}{T} = \frac{h-L}{4 N h} = \lambda v_1$

Черновики

$d = 25 \text{ см}$

$\Gamma = \gamma_{\text{фев}}$

где $z = 1/(2F)_{\text{фев}}$

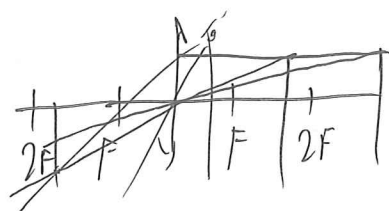


$$2F_1 = d$$

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

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f} ; \quad \Gamma = \frac{f}{d} ; \quad f = \Gamma d$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{\Gamma + 1}{d\Gamma} \quad F_2 = \frac{d\Gamma}{\Gamma + 1}$$



или формулы аналогичны 1
милл, но изобр. для системы - член и
у. у.м. на расстоянии z

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{f} ;$$

$$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d-x} \quad f_1 = \Gamma_1(d-x)$$

$$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d-x} ; \quad f_1 = \Gamma_1(d-x)$$

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

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

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

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\Gamma_1(d-x)(\Gamma_1 + 1)}{(\Gamma_1 + 1)\Gamma_1(d-x)} = \frac{d(\Gamma_1 + 1)}{2d\Gamma_1}$$

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

$$2d\Gamma_1 - 2x\Gamma_1 = d\Gamma_1 + d\Gamma_1\Gamma_1 + x\Gamma_1\Gamma_1$$

$$d\Gamma_1 - 3x\Gamma_1 = d\Gamma_1$$

$$\Gamma_1(d-3x) = d\Gamma_1$$

$$\Gamma = \frac{d-3x}{d+x} = \frac{25-5 \cdot 3}{25+5} = \frac{20}{30} = \frac{2}{3}$$

04-17-28-09
(3.10)

$$Q_{-1} = Q_{-2} = -\frac{18+57}{2} P_0 V_0 = -\frac{75}{2} P_0 V_0$$

Числовик

$$Q_{-2} = Q_{-3} = \frac{75}{2} P_0 V_0$$

$$Q_{-2} = Q_{-4} + Q_{-1} = -\frac{48+6+9}{2} P_0 V_0 = -\frac{63}{2} P_0 V_0$$

$$\eta_2 = 1 - \frac{|Q_{-2}|}{Q_{-1}} = 1 - \frac{63 \cdot 2 \cdot P_0 V_0}{75 \cdot 2 \cdot P_0 V_0} = \frac{75-63}{75} = \frac{12}{75}$$

$$\eta_1 = 1 - \frac{|Q_{-1}|}{Q_{-2}} = 1 - \frac{75 \cdot 2 \cdot P_0 V_0}{63 \cdot 2 \cdot P_0 V_0} = \frac{63-75}{63} = \frac{12}{63}$$

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{12 \cdot 63}{63 \cdot 12} = \frac{12}{12} = 1$$

3.3.3 Формулы

$$R = 0,4 \text{ Ом}$$

$$d = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

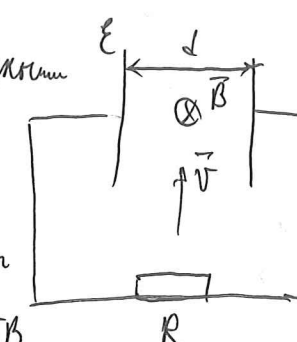
$$B = 1 \text{ Тл}$$

$$P_m = 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$$

Найти: $V = ?$

Решение

При переменном магнитном
поле, индуцирующем
напряж. $\mathcal{E}$,
и т.д. на обмотке индукции
б. ток I - ем $F = qVB$,



Работа по перемещению об-ного э-на

найти: $A = F \cdot x = qVB \cdot x = q \mathcal{E}$ (и равна как работа ин-ка)

$P = \frac{\mathcal{E}^2}{R}$ P_{max} при $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{max}}$ $A = A_{\text{max}}$, а $\mathcal{E}_{\text{max}}$ равно

x - путь ин-ка, т.е. d (перемещение э-на от одной клеммы к

другой) $qVBd = q \mathcal{E}_{\text{max}}$ $P_m = \frac{\mathcal{E}_{\text{max}}^2}{R} = \frac{V^2 B^2 d^2}{R}$

$$P_m R = V^2 B^2 d^2 = \frac{P_m R}{B^2 d^2} = V^2$$

$$V = \frac{\sqrt{P_m R}}{Bd} = \frac{\sqrt{10^3 \cdot 0,4}}{1 \cdot 0,25} = \frac{20}{0,25} = 80 \text{ (м/с)}$$

4.8.3 Формулы

$$d = 25 \text{ см}$$

$$x = 5 \text{ см}$$

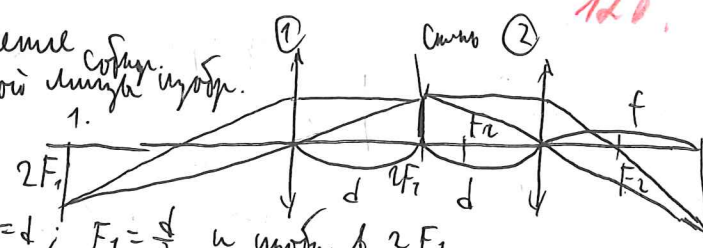
Найти: $\Gamma = ?$

Решение

III. к. у. первой линзы изобр.

без увел., т.е.

предмет в $2F_1 = d$; $F_1 = \frac{d}{2}$ и изобр. в $2F_1$

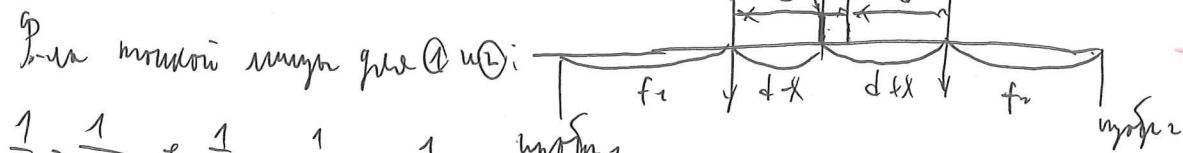


Условие: $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$

$$\Gamma = \frac{f}{d}; \quad f = \Gamma d; \quad \frac{1}{F_2} = \frac{1}{\Gamma d} + \frac{1}{d} = \frac{1+\Gamma}{\Gamma d}; \quad F_2 = \frac{\Gamma d}{1+\Gamma}$$

Известно, что поле в центре есть, т.к. поле линии ① от центра за $2F_1 \rightarrow$ центр в ①, а центр в ②, т.к. линия в ① - экв. $\rightarrow$ экв. экв. и экв. экв., значит поле в центре есть

$$\Gamma_1 = \Gamma_2 = \Gamma_0 = \frac{f_1}{d-x} = \frac{d}{d+x}$$



$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{\Gamma_0(d-x)} = \frac{\Gamma_0+1}{\Gamma_0(d-x)}$$

$$F_1 = \frac{\Gamma_0(d-x)}{\Gamma_0+1}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma_0(d+x)} = \frac{\Gamma_0+1}{\Gamma_0(d+x)}$$

$$F_2 = \frac{\Gamma_0(d+x)}{\Gamma_0+1}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\Gamma_0(d-x)(\Gamma_0+1)}{(\Gamma_0+1)\Gamma_0(d+x)} = \frac{x(1+\Gamma)}{2\Gamma d}$$

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

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

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

$$\Gamma = \frac{d+x}{d-3x} = \frac{25+5}{25-3\cdot 5} = \frac{30}{10} = 3$$

Ответ: $\Gamma = 3$

№ 8.3 Дано:

$$L = 1 \text{ м}$$

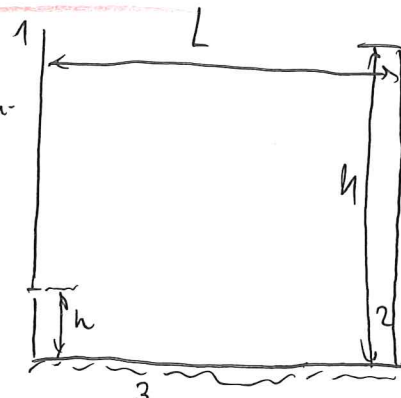
$$\lambda = 45 \text{ см} = 0.45 \text{ м}$$

$$H = 5 \text{ см}$$

$$N = 200; \quad h \ll L$$

Найти: h

Известно: $l = \frac{H}{N}$ - длина интерференции от одной щели. Интерференция наблюдается за счет того, что лучи, отходящие от щели, припадают в одну точку, что



Условие: $P_{\text{вх}} = 2RT_0$

$$5P_0 \cdot v_0 = 2RT_0 \Rightarrow T_2 = 5T_0$$

$$4v_0 \cdot 5P_0 = 2RT_3 = 1T_3 = 20T_0$$

$$4v_0 \cdot P_0 = 2RT_3 = 1T_3 = 20T_0$$

$$1. \quad \begin{cases} Q_{12} = 0.1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 2RT_0 = 0.3P_0v_0 \\ Q_{23} = 5P_0 \cdot 3v_0 + \frac{3}{2} \cdot 2RT_0 = 15P_0v_0 + 3P_0v_0 = 18P_0v_0 \\ Q_{31} = \frac{P_0 + 5P_0}{2} \cdot 3v_0 + \frac{3}{2} \cdot 2RT_0 = 9P_0v_0 + 3P_0v_0 = 12P_0v_0 \end{cases}$$

$$2. \quad \begin{cases} Q_{13} = \frac{P_0 + 5P_0}{2} \cdot 3v_0 + \frac{3}{2} \cdot 2RT_0 = 9P_0v_0 + 3P_0v_0 = 12P_0v_0 \\ Q_{34} = 0 + \frac{3}{2} \cdot 2RT_0 = 3P_0v_0 \\ Q_{41} = -P_0 \cdot 3v_0 + \frac{3}{2} \cdot 2RT_0 = -3P_0v_0 + 3P_0v_0 = 0 \end{cases}$$

$$1. \quad \begin{cases} Q = 6P_0v_0 + 18P_0v_0 + 12P_0v_0 = 36P_0v_0 \\ Q = -3P_0v_0 - 3P_0v_0 - 0 = -6P_0v_0 \end{cases}$$

$$2. \quad \begin{cases} Q^+ = 36P_0v_0 + \frac{3 \cdot 12}{2} P_0v_0 = 36P_0v_0 + 18P_0v_0 = 54P_0v_0 \\ Q^- = -3 \cdot 8P_0v_0 - 3P_0v_0 - \frac{9}{2} P_0v_0 = -24P_0v_0 - 3P_0v_0 - 4.5P_0v_0 = -31.5P_0v_0 \end{cases}$$

$$\eta_1 = \frac{Q^+ - |Q^-|}{Q^+} = 1 - \frac{31.5P_0v_0}{54P_0v_0} = \frac{22.5}{54} = \frac{5}{12}$$

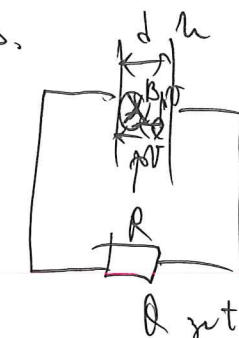
$$\eta_2 = 1 - \frac{2 \cdot 31.5P_0v_0}{2 \cdot 54P_0v_0} = \frac{54 - 63}{54} = \frac{12}{54} = \frac{2}{9}$$

$$\eta_3 = \frac{12 \cdot 8}{25 \cdot 12} = \frac{24}{25} = \frac{48}{50} = \frac{12}{12.5} = 0.96$$

$$\frac{87}{8} \cdot \frac{3}{20}$$

$$\frac{12}{11.6}$$

№ 8.3.



$$\mathcal{E} = \Delta \Phi = qB \cdot d$$

Решение: $f = \frac{1}{T}$, $B = 1 \text{ Тл}$

$$R = 1 \text{ Ом}$$

$$Q = N \cdot \mathcal{E} = \frac{h^2}{R} \cdot \mathcal{E}; \quad \mathcal{E} = N R \cdot \mathcal{E}$$

$$B \cdot \mathcal{E} = \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} = B \cdot \mathcal{E}$$

$$\sqrt{1/R} = B \cdot \mathcal{E}$$

$$v = \frac{\sqrt{1/R}}{B \cdot \mathcal{E}}$$

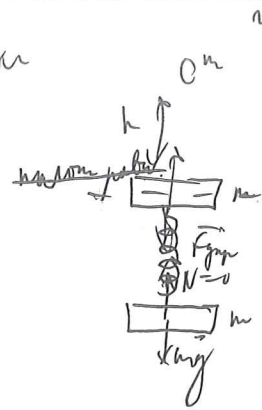
$$\frac{1 \cdot 60}{0.002} = 30000$$

№ 1.1.5 $m = 91 \text{ кг}$

$k = ?$

$h_{\text{max}} = 8 \text{ см}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$



Чертов

параметры: k , m , h , g , v , v' , v''

$$mgh = \frac{mv^2}{2}; \quad v = \sqrt{2gh};$$

или $mgh = \frac{mv'^2}{2}$

$$v = v'; \quad v' = \frac{v}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2};$$

$$mg = F_{\text{pr}} = kx_0; \quad x_0 = \frac{mg}{k};$$

$$mg = F_{\text{pr}} = kx_1; \Rightarrow x_1 = \frac{mg}{k}; \quad \frac{mg}{k} = x_1 - x_0$$

$$\frac{k(x_1 - x_0)^2}{2} + \frac{mv'^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

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

$$\frac{mg^2}{2k} + v'^2 = v^2$$

$$\frac{mg^2}{2k} + \frac{gh}{2} = v^2$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{mg^2}{2k} + gh}$$

$$v_{\text{max}} = \frac{1}{k} \sqrt{mg^2 + 2ghk}$$

$$(A \cdot x_1) k \leq mg \quad \left(\frac{1}{k} \sqrt{mg^2 + 2ghk} - \frac{2mg}{k} \right) k \leq mg$$

$$\sqrt{mg^2 + 2ghk} \leq 3mg$$

$$mg^2 + 2ghk \leq 9mg^2$$

$$hk \leq 8mg$$

$$h \leq \frac{8mg}{k}$$

$$k \leq \frac{8mg}{h} = \frac{8 \cdot 91 \cdot 10}{0.08} = 9100 \text{ Н/м}$$

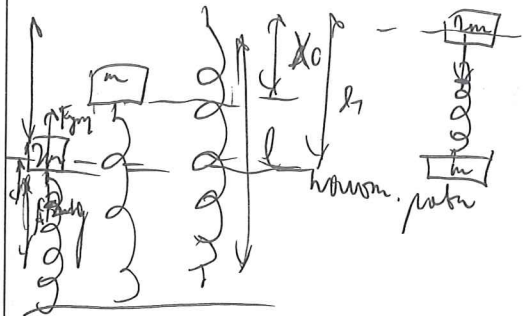
1: 1-2-3-1

2: 1-3-4-1

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = ?$$

$$P_0 V_0 = RT_0$$

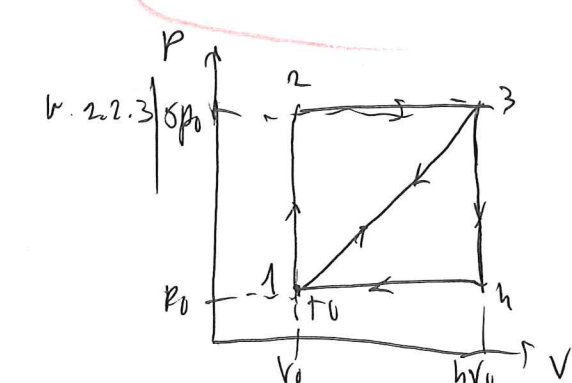
$$\eta_2 = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}$$



$$F_{\text{pr}} = k(x_1 + x) \quad F_{\text{pr}} = mg$$

$$x = \frac{mg}{k} - x_1 \quad x_1 = \frac{mg}{k}$$

$$W = \sqrt{\frac{k}{2m}}$$



Чертов

и путь по прямой из состояния 1, по которому путь по прямой из состояния 1

