



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 13

Место проведения г. Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов 2022/2023"  
наименование олимпиады

по физике  
заключительной этап для 10-11-х классов  
профиль олимпиады

Вознина Александра Алексеевна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

14:22 работу сдал / Александр А.В. Вел

Дата  
«5» марта 2023 года

Подпись участника  
[Signature]

86-97-70-49  
(50.8)

N4.5.3

Дано

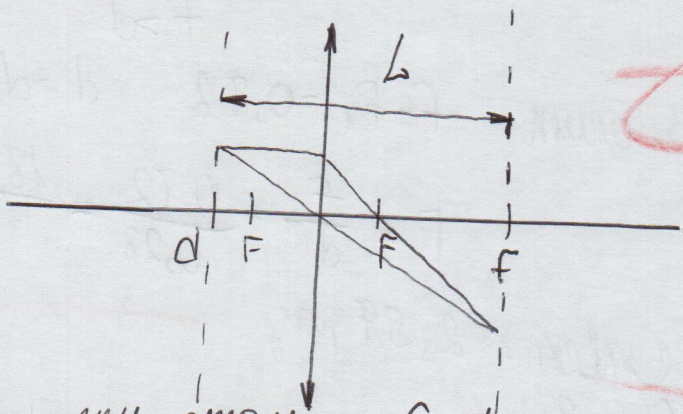
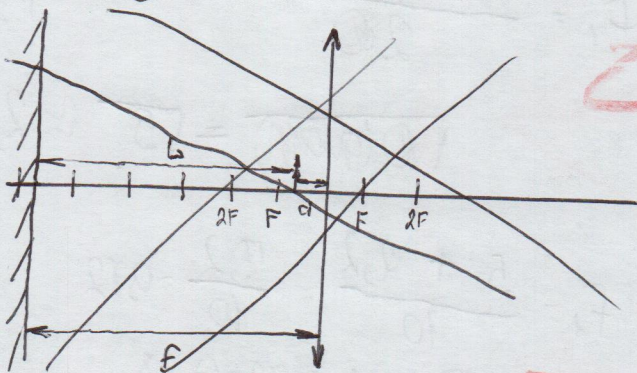
$D = 5 \text{ см}$

$L = 1 \text{ м}$

Найти

$F$

Решение



$L = f + d$ , при этом  $f > d'$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ , где  $\frac{1}{F} = D$

$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ , где  $d = L - f$

$D = \frac{1}{L - f} + \frac{1}{f}$ , где  $d = L - f$

$D = \frac{1}{L - f} + \frac{1}{f} = \frac{f + L - f}{(L - f)f} = \frac{L}{(L - f)f}$

Найти  $f$

$D = \frac{L}{(L - f)f}$      $Df(L - f) = L$

$DfL - Df^2 = L$

$Df^2 - DfL + L = 0$

$D(\text{искр}) = (DL)^2 - 4DL = (1 \cdot 5)^2 - 4 \cdot 1 \cdot 5 = 25 - 20 = 5$

№ 4.5.3 (продолж.)

$$F_1 = \frac{D L + \sqrt{D(D(4a^2))}}{2D}$$

$$F_2 = \frac{D L - \sqrt{D(D(4a^2))}}{2D}$$

$$\sqrt{D(D(4a^2))} = \sqrt{5} \approx 2,2$$

$$F_1 = \frac{5 + 2,2}{10} = \frac{7,2}{10} = 0,72$$

$$f_2 = \frac{5 - 2,2}{10} = \frac{2,8}{10} = 0,28$$

$$d_1 = L - f_1 = 1 - 0,72 = 0,28$$

$$d_2 = L - f_2 = 1 - 0,28 = 0,72$$

$$f > d$$

Значит  $f = f_1 = 0,72$      $d = d_1 = 0,28$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{0,72}{0,28} = \frac{18}{7} = 2 \frac{4}{7} \approx 2,57 \text{ раз}$$

Ответ: 2,57 раз

№ 2.9.3

Дано

$$S = 100 \text{ см}^2$$

$$m = 9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$T = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$T' = 17^\circ\text{C} = 290 \text{ K}$$

$$h = 0,83 \text{ м}$$

$$p_n = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

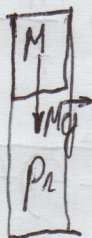
$$M' = 0,018 \text{ кг/моль}$$

Найти

$M$

Решение

Поскольку поршень находится только в воде, можно предположить, что вся она превратится в водяной пар, то есть масса воды станет равна массе водяного пара образовавшегося в результате расширения  $p_0$



$$p_0 + p_n = p_1$$

$$p_n = \frac{F}{S} = \frac{Mg}{S}$$

$$p_0 + \frac{Mg}{S} = p_1$$

$$\frac{Mg}{S} = p_1 - p_0$$

$$M = \frac{S(p_1 - p_0)}{g}$$

№ 2.9.3 (продолжение)

$$p_1 V_2 = \nu R T_1 \quad V_2 = Sh \quad \nu = \frac{m}{M}$$

$$p_2 = \frac{m R T_1}{M_1 Sh} = \frac{9 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 400}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} \cdot 0,83}$$

$$S = 100 \text{ см}^2 = 0,01 \text{ м}^2$$

$$p_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{10 \cdot 400}{10^{-2}} = \frac{4000 \cdot 10^2}{2} = \frac{400000}{2}$$

$$= 200000 \text{ Па} = 200 \text{ кПа}$$

$$M = \frac{0,01 (200000 - 100000)}{10} = \frac{0,01 \cdot 100000}{10}$$

$$= 0,01 \cdot 10000 = 100 \text{ кг}$$

Ответ: 100 кг

№ 1.2.3

Дано

$$k_1 = 2k$$

$$m_1 = m$$

$$k_2 = k$$

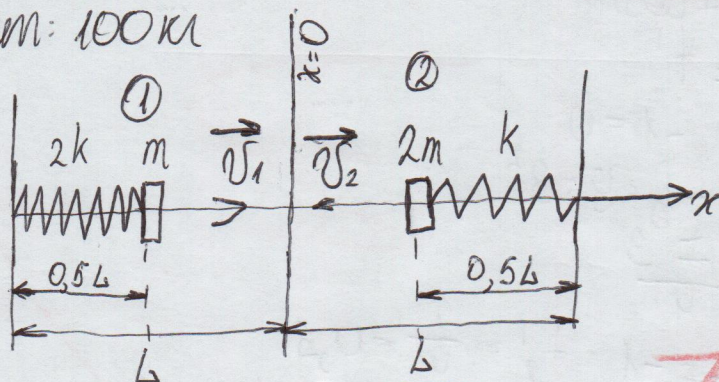
$$m_2 = 2m$$

$$A' = 0,5b$$

$$A = 0,05 \text{ м}$$

Найти

b



$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2k}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k_2}} = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{k}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{m}{2k}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}}{2\pi \sqrt{\frac{2m}{k}} \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$T_1 \sqrt{2} = \frac{T_2}{\sqrt{2}} \quad T_2 = 2T_1$$

пусть  $T_2 = 2T_1$   
 $T_1 = T$

$$x_1(t) = -A' \cos \omega_1 t$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} = \frac{2\pi}{T}$$

$$x_2(t) = A' \cos \omega_2 t$$

$$\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} = \frac{2\pi}{2T} = \frac{\pi}{T}$$

$$x_1(t) = -A' \cos \frac{2\pi}{T} t$$

пусть  $\frac{\pi}{T} t = m$

$$x_2(t) = A' \cos \frac{\pi}{T} t$$

$$x_1(t) = -A' \cos 2m$$

$$x_2(t) = A' \cos m$$

№ 1.2.3 (продолжение)  
 В момент сложения  
 $x_1(t) = x_2(t)$   $\oplus$

$$-A' \cos 2m = A' \cos m$$

$$A' \cos m + A' \cos 2m = 0 \quad | : A'$$

$$\cos m + \cos 2m = 0$$

$$\cos m + (\cos^2 m - \sin^2 m) = 0$$

$$\cos m + \cos^2 m - \sin^2 m = 0$$

$$\cos m + \cos^2 m - (1 - \cos^2 m) = 0$$

$$\cos m + \cos^2 m - 1 + \cos^2 m = 0$$

$$2\cos^2 m + \cos m - 1 = 0$$

пусть  $\cos m = t'$

$$2t'^2 + t' - 1 = 0$$

$$D = 1 + 8 = 9 = 3^2$$

$$t' = \frac{-1 \pm 3}{4}$$

обр. замена  $t'$

$$t'_1 = \frac{-4}{4} = -1 \quad t'_2 = \frac{2}{4} = 0,5$$

$$\cos m = -1 \quad \cos m = 0,5$$

обр. замена  $t'$

$$m = \pi \quad \cos m = \frac{1}{3}$$

$$\frac{\pi}{3} = \frac{1}{3} \quad \frac{t}{\pi} = \frac{1}{3}$$

$t' = \frac{1}{3}$  - время сложения

максимальная скорость:

$$v_1 = A' \omega_1 \quad \omega_1 = \frac{2\sqrt{1}}{\pi}$$

$$v_2 = A' \omega_2 \quad \omega_2 = \frac{\sqrt{1}}{\pi}$$

$$v_1(t) = |A' \omega_1 \sin \omega_1 t|$$

$$v_2(t) = |A' \omega_2 \sin \omega_2 t|$$

$$v_1(t) = |A' \frac{2\sqrt{1}}{\pi} \sin \frac{2\sqrt{1}}{\pi} \cdot \frac{\pi}{3}| = |A' \frac{\sqrt{1}}{\pi} \frac{3}{2}| = \frac{A' \sqrt{1} 3}{2\pi}$$

$$v_2(t) = |A' \frac{\sqrt{1}}{\pi} \sin \frac{\sqrt{1}}{\pi} \cdot \frac{\pi}{3}| = |A' \frac{\sqrt{1}}{\pi} \frac{3}{2}| = \frac{A' \sqrt{1} 3}{2\pi}$$

Закон сложения амплитуд

$$A \times v_1 - 2\sqrt{1} v_2 -$$

№1.2.3 (продолжение)

$$m_1 \psi_1(t') - m_2 \psi_2(t') =$$

$$m \frac{A' \sin \psi}{\pi} - 2m \frac{A' \sin \psi}{2\pi} = (m_1 + m_2) \psi$$

знаем,  $\psi = 0$   $E_k = 0$   $E_{\pi} = m \omega^2 R^2$

$$A = x_2(t')$$

$$A = A' \cos \omega t$$

$$A = 0,56 \cos \omega t$$

$$L = \frac{A}{0,5 \cos \omega t}$$

$$L = \frac{A}{0,5 \cdot 0,5} =$$

$$L \geq \frac{0,05}{0,5 \cdot 0,5} = \frac{0,05}{0,25} = \frac{5}{25} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ м}$$

Ответ: 0,2 м ⊕

№3.9.3

Дано

$$R = 1 \text{ м}$$

$$r = 0,25 \text{ м}$$

$$m = 0,001 \text{ кг}$$

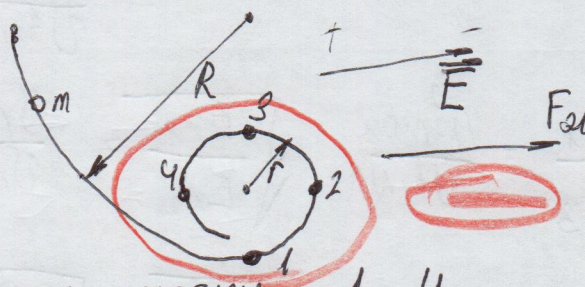
$$q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$E = 10^3 \text{ В/м}$$

Найти

$$n = \frac{v_{\max}}{v_{\min}}$$

Решение



Рассмотрим точки 1-4

Вокруг нас  $q > 0$

$$F_{\text{эл}} = qE$$

$$1: \cancel{m g R} + A_{\text{эл}} \quad E_{\pi} + A_{\text{эл}1} = E_{k1} \quad 3 \text{ СЭ}$$

$$2: E_{\pi} - E_{\pi 2} + A_{\text{эл}2} = E_{k2} \quad 3 \text{ СЭ}$$

$$3: E_{\pi} - E_{\pi 3} + A_{\text{эл}3} = E_{k3} \quad 3 \text{ СЭ}$$

$$4: E_{\pi} - E_{\pi 4} + A_{\text{эл}4} = E_{k4} \quad 3 \text{ СЭ}$$

$$E_{\pi} = m g R$$

$$A_{\text{эл}1} = F_{\text{эл}} S_1 = q E R$$

$$A_{\text{эл}2} = F_{\text{эл}} S_2 = q E (R+r)$$

$$A_{\text{эл}3} = F_{\text{эл}} S_3 = q E R$$

$$A_{\text{эл}4} = F_{\text{эл}} S_4 = q E (R-r)$$

$$E_{\pi 2} = m g r$$

$$E_{\pi 3} = m g 2r$$

$$E_{\pi 4} = m g r$$

$$1: m g R + q E R = E_{k1} \quad E_{k1} = 0,01 + 0,001 = 0,011 \text{ Дж}$$

$$2: m g R - m g r + q E (R+r) = E_{k2} \quad E_{k2} = 0,01 - 0,0025 + 0,00125 = 0,00875 \text{ Дж}$$

$$3: m g R - m g 2r + q E R = E_{k3} \quad E_{k3} = 0,01 - 0,005 + 0,001 = 0,006 \text{ Дж}$$

$$4: m g R - m g r + q E (R-r) = E_{k4} \quad E_{k4} = 0,01 - 0,0025 + 0,00075 = 0,00825 \text{ Дж}$$

№3.9.3 (программируемо)

$$E_{K1} = 0,011 \text{ Дж}$$

$$E_{K2} = 0,00875 \text{ Дж}$$

$$E_{K3} = 0,006 \text{ Дж}$$

$$E_{K4} = 0,00825 \text{ Дж}$$

Значит максимальная скорость наблюдается в точке 1, а минимальная — в точке 3

$$E_{K1} = \frac{m v_{\max}^2}{2}$$

$$E_{K3} = \frac{m v_{\min}^2}{2}$$

$$\frac{E_{K1}}{E_{K3}} = \frac{m v_{\max}^2}{2} \cdot \frac{2}{m v_{\min}^2} = \frac{v_{\max}^2}{v_{\min}^2}$$

$$\frac{E_{K1}}{E_{K3}} = \frac{v_{\max}^2}{v_{\min}^2} \quad \sqrt{\frac{E_{K1}}{E_{K3}}} = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = n$$

$$n = \sqrt{\frac{E_{K1}}{E_{K3}}} = \sqrt{\frac{0,011}{0,006}} = \sqrt{\frac{11}{6}} = \sqrt{\frac{15}{6}}$$

$$= \sqrt{1,8(3)}$$

Ответ:  $\sqrt{1,8(3)}$

№5.33

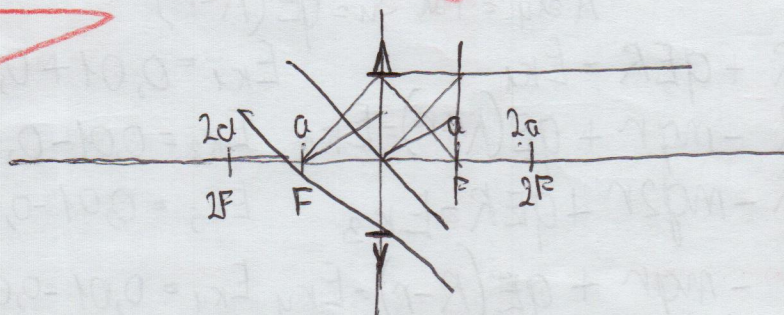
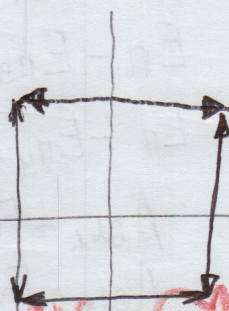
Дано

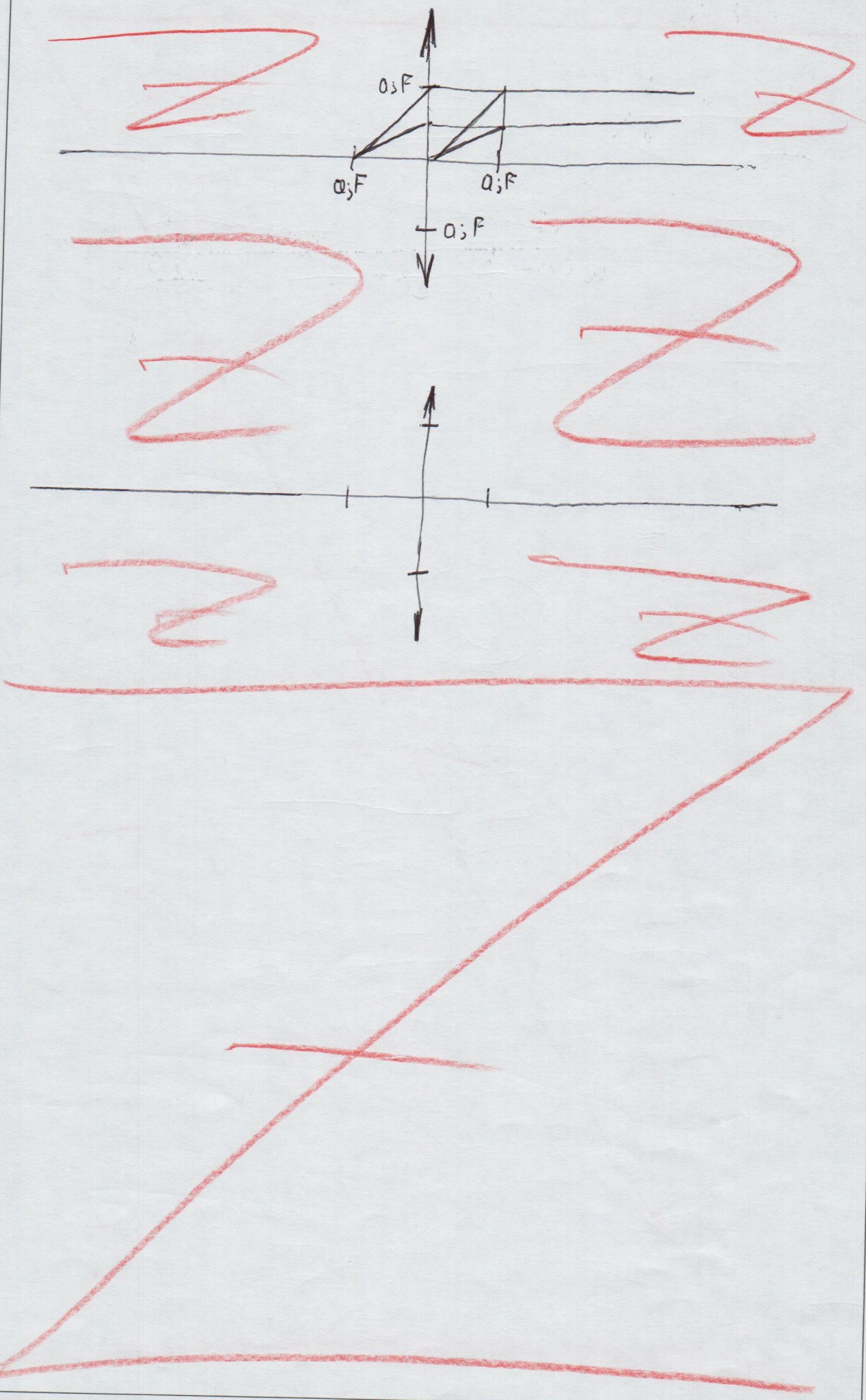
$$d = 2a = 0,09 \text{ м}$$

$$F = a = 0,045 \text{ м}$$

Найти

R







Чертовик  
V 2.9.3

$$g_1 = 0,009 \text{ м}$$

$$S = 100 \text{ см}^2$$

$$\Delta m = 9 \cdot 10^{-3}$$

$$T_0 = 273 \text{ К}$$

$$T_1 = 400 \text{ К}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$h = 0,83 \text{ м}$$

$$P_n = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$M = 0,018$$

$$R = 8,3$$

$$C = 10 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{К}$$

~~$$V_2 = SL$$~~

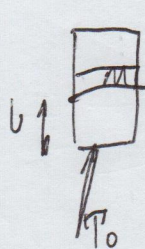
~~$$V_2 = SL$$~~

$$P_0 V_0 = \frac{m}{M} R T_0$$

$$V_0 = Sh$$

$$(P_0) Sh = \frac{m}{M} R T_0$$

$$P_0 = \frac{m R T_0}{Sh M}$$



$$P_0 + P_n = P_1$$

$$P_0 + P_n = P_1$$

$$P_n = \frac{F}{S} = \frac{Mg}{S}$$

$$P_0 = \text{const}$$

$$P_n = \text{const}$$

$$P_2 = P_1 = \text{const}$$

~~$$P_0 V_0 = \frac{m}{M} R T_0$$~~

~~$$P_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1$$~~

~~$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$$~~

~~$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$$~~

$$400 V_0 = 273 V_1$$

~~$$\frac{V_0}{273} = \frac{V_1}{400}$$~~

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{273}{400}$$

$$\frac{h}{L} = \frac{400}{273}$$

$$V_0 = m T_0 \quad V_1 = m T_1$$

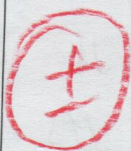
$$V_1 = m_1 T_1 \quad V_2 = (m + \Delta m) T_1$$

$$SL = m T_1$$

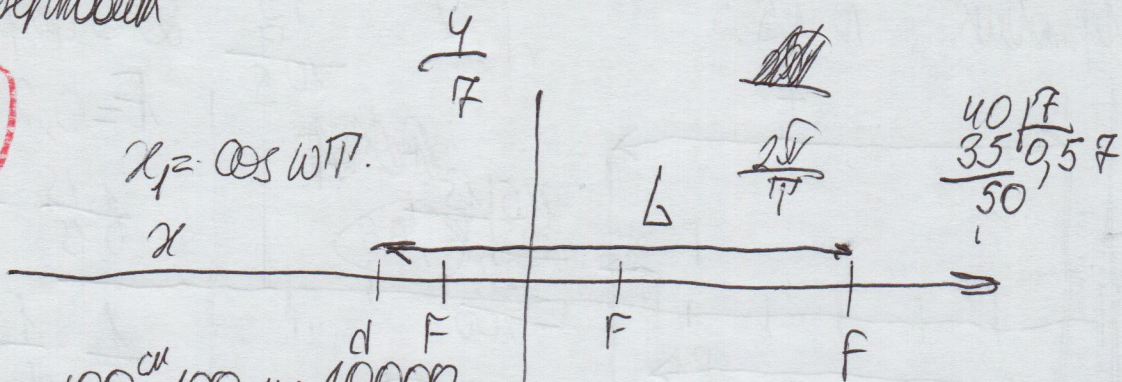
$$Sh = (m + \Delta m) T_1$$

$$\frac{L}{h} = \frac{m T_1}{(m + \Delta m) T_1}$$

Черновик



$\chi_f = \cos \omega T$



$100^{\text{cm}} \cdot 100^{\text{cm}} = 10000$

$\chi_f = \cos \omega T$

$\frac{50}{48} = 1,0416$

$\frac{92}{28} = \frac{36}{14} = \frac{18}{7}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

$d + f = L$

$d = L - f = 2 \frac{4}{7}$

$\frac{1}{D} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

$d = L - f$

$\frac{1}{D} = \frac{1}{L-f} + \frac{1}{f} = \frac{f + L - f}{(L-f)f} = \frac{L}{(L-f)f}$

$L = Df(L-f)$

$L = DfL - Df^2$

$Df^2 - DfL + L = 0$

$D = \frac{(DL)^2 - 4DL}{4L^2} = \frac{5^2 - 4 \cdot 5}{4 \cdot 5^2} = \frac{25 - 20}{100} = \frac{5}{100} = 0,005$

$f = \frac{DL \pm \sqrt{5}}{2D}$

$f = \frac{5 \pm \sqrt{5}}{10}$

$\frac{0,005}{0,001} = 0,006$

$\frac{0,0075}{0,00075} = 0,00825$

$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{0,82}{0,28}$

$f = \frac{5 + \sqrt{5}}{10} = \frac{5 + 2,2}{10}$

$f = \frac{5 - 2,2}{10} = \frac{2,8}{10} = 0,28$

Только один корень

2,57

$f = \frac{2,8}{10} = 0,28$

$\sqrt{2} = \omega A$

$\sqrt{2} = \omega A$

$\tau_1 = 2\sqrt{\frac{m}{2k}}$   
 $\tau_2 = 2\sqrt{\frac{2m}{k}}$   
 $\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{\sqrt{\frac{m}{2k}}}{\sqrt{\frac{2m}{k}}} = \frac{1}{2}$   
 $\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$

чирковник

н.ч.с.9

d ?

$\frac{15}{105}$

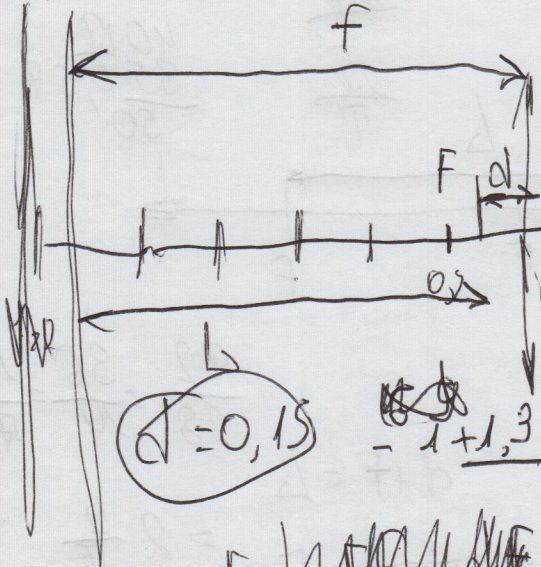
$D = 5 \text{ см}$

$F = 0,2 \mu$

$\frac{1,15}{0,15} = \frac{115}{15}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

$\frac{f}{F} = \frac{f-d}{dF}$



$\frac{115}{105} = \frac{15}{105}$   
 $\frac{100}{100} = \frac{100}{100}$   
 $1,66$

$F = \frac{df}{L}$

$d = 0,15$

$-1 + 1,3 = 0,3 = 0,15$

$d = \frac{LF}{F}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

$f = 1 + 0,15 = 1,15$

$f = L + d$

$f - d = L$

$\frac{13}{13} = \frac{13}{169}$

$\frac{1}{F} = \frac{d}{dF}$

$F = \frac{dF}{d+f}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{L+d}$

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

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

$\frac{1}{F} = \frac{L+d}{(L+d)d}$

$d = \frac{LF}{f-F}$

$d = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2}$

$\frac{f}{f-F}$

$\frac{1}{F} = \frac{L}{(L+d)d}$

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

$d = \frac{-1 \pm \sqrt{1,8}}{2}$

$\frac{f-F}{F}$

$d = \frac{-1 + \sqrt{1,8}}{2}$

$\Gamma = \frac{F^2}{LF}$

$\Gamma = \frac{F^2}{LF}$

$\frac{1}{F} = \frac{L}{Ld + d^2}$

$Ld + d^2 = LF$

$d^2 + Ld - LF = 0$

$D = L^2 + 4LF$

$D = 1 + 4 \cdot 0,2 = 1,8$