



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

допущен

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Олимпиада Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Мокаренко Ивана Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вопрос 12²⁵, Вернулся 12²⁹ ТЖФ
Вопрос 14⁴³ Ответ Вернулся 14⁴⁶ Ответ

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

ИИ

№ 4.8.2 / продолжение) Знаковик

При $\ell = x$:

длина будет располагаться
слева за 2 линзой и будет выходить
из расей $d_2' = \frac{\ell}{2} \Rightarrow$ он будет располагаться
между F_2 и $2F_2 \Rightarrow P_2 > 0$, но
отстоит 1 линзы $d_1' > 2F_1 \Rightarrow P_1 < 0$

$\ell \neq x$

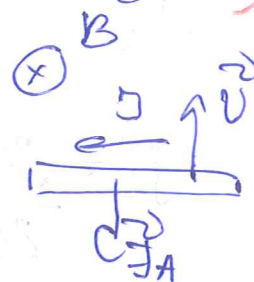
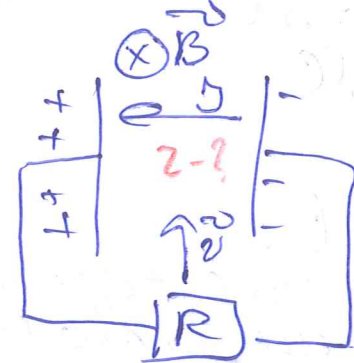
$\ell = 10x$

$$d = \frac{\ell}{2} = \frac{10}{2}x = 5x = 25 \text{ см}$$

ответ: $d = 25 \text{ см}$

№ 3.3.2

$d = 0,4 \text{ м}$
 $R = 0,4 \text{ Ом}$
 $U = 0,1 \text{ м/с}$
 $P_m = 1 \text{ мВт}$



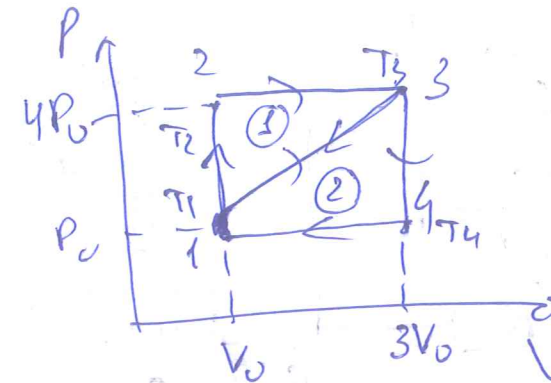
1) $\mathcal{E}_{\text{инд}} = v B d$
ток будет течь влево $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ на этой проводке
будет действовать F_A напр.
против скорости.

$$F_A = I B d = \frac{v B d}{R} B d = \frac{v B^2 d^2}{R}$$

$$P_m = I^2 R$$

48-86-96-11
(2.4)

№ 2. Черновик



$$P_0 V_0 = \nu R T_1, \quad 3 P_0 V_0 = \nu R T_2$$

$$T_2 = 4 T_1, \quad T_3 = 12 T_1, \quad T_4 = 3 T_1$$

$$\gamma_{12} = \gamma_{34} = \gamma$$

$$1) Q_{12} > 0, \quad Q_{23} > 0, \quad Q_{34} < 0$$

$$2) Q_{34} < 0, \quad Q_{41} < 0, \quad Q_{13} > 0$$

$$\eta_2 = \frac{A}{Q_{13}}$$

$$\eta_1 = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{Q_{13}}$$

$$1) A_{12} = 0, \quad V_0 = \text{const}, \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

$$2) 2-3: A_{23} = 4 P_0 (3 V_0 - V_0) = \frac{3}{2} \nu R (4 T_1 - T_1) = \frac{9}{2} P_0 V_0$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = Q_{23} \quad \text{где:}$$

$$3) Q_{23} = (8 + 12) P_0 V_0 = 20 P_0 V_0$$

$$Q_{13} = (5 + \frac{33}{2}) P_0 V_0 = \frac{43}{2} P_0 V_0$$

$$A_{13} = \frac{(4 P_0 + P_0) (2 V_0)}{2} = 5 P_0 V_0$$

$$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} (12 - 1) = \frac{27}{2} P_0 V_0$$

Зерновик

№ 3.

$$R = 0,4 \text{ Ом}$$

$$d = 0,4 \text{ м}$$

$$v = 0,1 \text{ м/с}$$

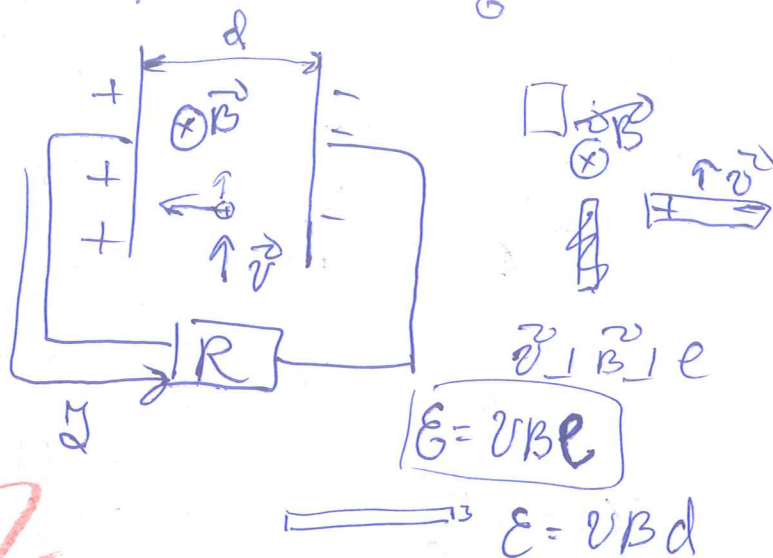
B

$$P_M = 1 \text{ мВт}$$

$$B = ?$$

$$P = I^2 R = \frac{E^2}{R}$$

Im.



$$E = IR$$

$$vBd = IR \quad P = I^2 R =$$

$$I = \frac{vBd}{R} \quad P = \frac{v^2 B^2 d^2}{R}$$

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

$$E_0 = \tau_0 \left(\frac{E}{r} \right) \cdot N \quad \tau_0 = \frac{e}{N}$$

$$E_0 = \frac{e}{N} \left(\frac{E}{r} \right) N = E$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1'}$$

$$\frac{1}{\frac{3}{8}e} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1'}$$

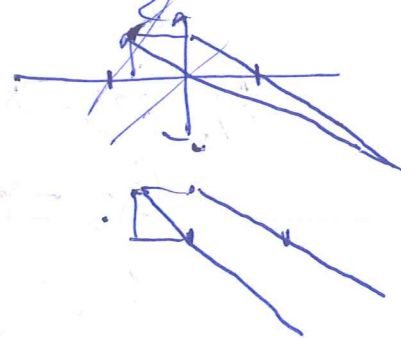
$$\frac{8}{3e} = \frac{1}{\frac{e-2x}{2}} + \frac{1}{f_1'}$$

$$\frac{1}{f_1'} = \frac{8}{3e} - \frac{2}{e-2x}$$

$$\frac{1}{f_1'} = \frac{8(e-2x) - 2 \cdot 3e}{3e(e-2x)} = \frac{8e - 16x - 6e}{3e(e-2x)} = \frac{2e - 16x}{3e(e-2x)}$$

$$f_1' = \frac{3e(e-2x)}{2e - 16x}$$

$$\frac{e}{2} - x = \frac{e-2x}{2}$$



№ 4.3.2 (продолжение) Зерновик

$$b) \frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1'} \quad \frac{1}{f_1} = \frac{4}{e}$$

$$\frac{1}{f_1'} = \frac{4}{e} - \frac{1}{d_1} = \frac{4d_1 - e}{d_1 e}$$

$$f_1' = \frac{d_1 e}{4d_1 - e}$$

$$g) \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2'} \quad \frac{1}{f_2} = \frac{1}{\frac{3}{8}e} = \frac{8}{3e}$$

$$\frac{8}{3e} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2'}$$

$$\frac{1}{f_2'} = \frac{8d_2 - 3e}{3d_2 e}$$

$$f_2' = \frac{3d_2 e}{8d_2 - 3e}$$

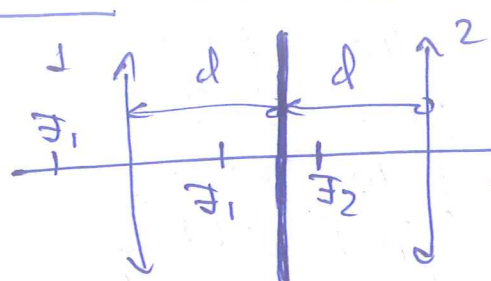
т.к. изображение ~~еще~~ может
пасть на линзу, то подставим
 f_1 и f_2' в ур-е из пункта 4.3.1 по
шагуну:

$$\left| \frac{d_1 e}{4d_1 - e} \right| = \left| \frac{d_2 e}{8d_2 - 3e} \right| \left| \frac{1}{2 \frac{(e-2x)}{2} - e} \right| = \left| \frac{1}{8 \frac{(e+2x)}{2} - 3e} \right|$$

$$\begin{aligned} 3|2e - 4x - e| &= |4e + 8x - 3e| \\ 3|e - 4x| &= |e + 8x| \\ \text{I} \quad 3e - 12x &= e + 8x \quad \text{II} \quad e - 4x \geq 0 \Rightarrow e \geq 4x \\ 2e &= 20x \quad \text{III} \quad e - 4x < 0 \Rightarrow e < 4x \\ e &= 10x \quad \text{IV} \quad -3e + 12x = e + 8x \\ 4e &= 4x \Rightarrow e &= x \end{aligned}$$

Тестовик № 4.8.2

$\Gamma_1 = 1$
 $\Gamma_2 = 3$
 $x = 5 \text{ см}$
 $f_1 = f_2$



Пусть расст.
между линзами
 l , тогда $d = \frac{e}{2}$

1) $\Gamma_1 = \frac{f_1}{d} \Rightarrow f_1 = \Gamma_1 d = d$

2) $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_1}$

$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d}$

$\frac{1}{F_1} = \frac{2}{d}$

$F_1 = \frac{d}{2} = \frac{e}{4}$

3) $\Gamma_2 = \frac{f_2}{d} \Rightarrow f_2 = \Gamma_2 d = 3d$

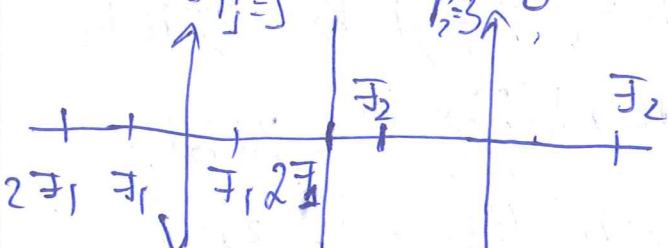
4) $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_2}$

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

$F_2 = \frac{3d}{4} = \frac{3}{8}e$

5) Предмет находится
в двойном фокусе

линзы, т.к. $F_1 = \frac{d}{2}$



Если: $d > 2F$, то $\Gamma < 1$
 $d = 2F$, то $\Gamma = 1$
 $d < 2F$, то $\Gamma > 1$

$F < d < 2F$, то $\Gamma > 1$
 $d < F$, то $\Gamma > 1$

$d = F$, то $\Gamma = \infty$

6) Если мы کنیم сдвинем
предмет влево, то $\Gamma_1 \uparrow$, а $\Gamma_2 \downarrow$

Если вправо, то $\Gamma_1 \downarrow$, а $\Gamma_2 \uparrow$

НО $\Gamma_1 < \Gamma_2 \Rightarrow$ вправо
мы сдвинем так, чтобы $\Gamma_1 = \Gamma_2$
не можем

7) сдвигаем влево:

$d_1' = d - x = \frac{e}{2} - x = \frac{e - 2x}{2}$

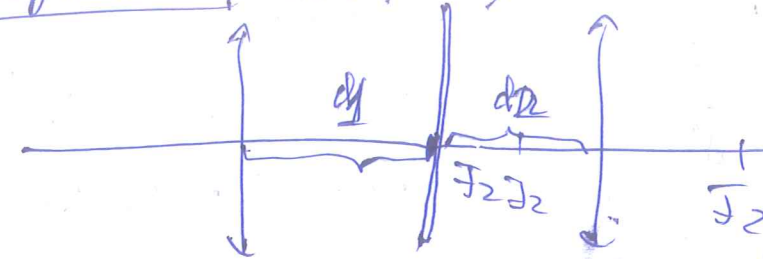
$d_2' = d + x = \frac{e}{2} + x = \frac{e + 2x}{2}$

$\Gamma_1' = \frac{f_1}{d_1'} = \frac{f_2}{d_2'}$

$x \geq 0$

48-86-96-11
(2.4)

Тестовик № 4.1



$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{2F_2} + \frac{1}{f_2}$
 $d = \frac{1}{2F_2} = d_2$
 $\Gamma_2 = 1$

отсюда

$\Gamma_1 = 3 = \frac{f_1}{d_1}$

$\Gamma = \frac{f_1}{d_1}$
 $f_1 = \Gamma d_1$

$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{1.5F} + \frac{1}{f_1}$

$\frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{f_1}$

$\frac{3-2}{3F} = \frac{1}{f_1}$

$f_1 = 3F$

$\Gamma = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = 2$

$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$

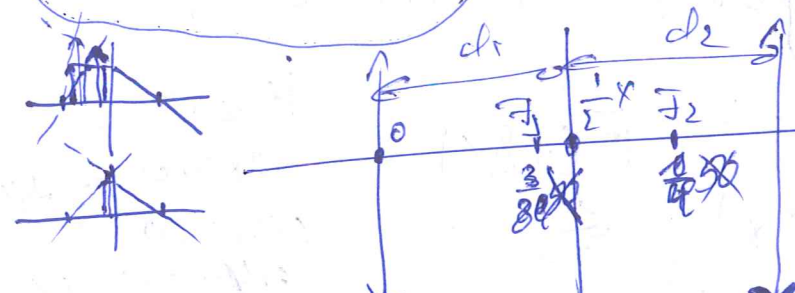
$= \frac{1}{d_1} + \frac{1}{\Gamma_1 d_1} = \frac{\Gamma_1 + 1}{\Gamma_1 d_1}$

$F_1(\Gamma_1 + 1) = \Gamma_1 d_1$

$d_1 = F_1 \frac{\Gamma_1 + 1}{\Gamma_1} = \frac{e}{2}$

$F_1 \frac{\Gamma_1 + 1}{\Gamma_1} = \frac{e}{2}$

$F_1 = \frac{3e}{4} = \frac{3}{8}e$



$d_1 = \frac{e}{2}$
 $d_2 = f_2 = 2F_2 = \frac{e}{2}$

$d_1' = d_1 - x$

$d_1' + d_2' = e$

$d_1' + d_2' = e$

$f = \Gamma d$ $\Gamma_1' = \Gamma_2' = \Gamma$

$\frac{e}{2} - x = \frac{e}{2} + x$

$\Gamma = \frac{f_1}{d_1'} = \frac{f_2}{d_2'}$

$\Gamma = \frac{d_1'}{f_1} = \frac{d_2'}{f_2}$

$\frac{d_1'}{f_1} = \frac{d_2'}{f_2}$

$\frac{\Gamma d_1'}{d_1'} = \frac{\Gamma d_2'}{d_2'}$

Черновик

$$d_2' = \frac{l}{2} + x = \frac{l+2x}{2}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_2'} + \frac{1}{f_2'}$$

$$\frac{4}{l} = \frac{2}{l+2x} + \frac{1}{f_2'}$$

$$f_2' = \frac{l(l+2x)}{2l+8x}$$

$$\frac{1}{f_2'} = \frac{4}{l} - \frac{2}{l+2x} = \frac{4(l+2x) - 2l}{l(l+2x)} =$$

$$= \frac{4l+8x-2l}{l(l+2x)} = \frac{2l+8x}{l(l+2x)}$$

$$\frac{f_1'}{d_1'} = \frac{f_2'}{d_2'}$$

$$\left| \frac{3l(l-2x)}{2l-16x} \right| = \left| \frac{l(l+2x)}{2l+8x} \right|$$

$$\frac{l-2x}{2} = \frac{l+2x}{2}$$

$$\frac{3}{|2l-16x|} = \frac{1}{|2l+8x|}$$

$$\frac{|2l+8x|}{|2l-16x|} = \frac{1}{3}$$

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

$$\begin{aligned} 3(l+4x) &= -(l-8x) \\ 3l+12x &= -l+8x \\ 4l &= -4x \quad l = -x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |l \geq 8x| \\ l-8x \geq 0 \quad l \geq 8x \\ l+4x \geq 0 \quad l \geq -4x \\ l-8x < 0 \quad l < 8x \\ l < -8x \end{aligned}$$

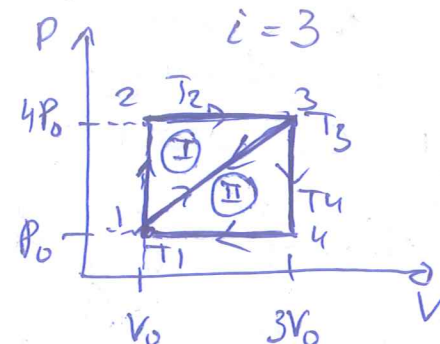
$$3|l+4x| = |l-8x|$$

$$3l+12x = l-8x$$

$$2l = -20x$$

$$l = -10x \text{ не угу.}$$

доп. пр.

ЧерновикЧистовик

ТД 3 к-ч.

$$P_0 V_0 = \nu R T_1$$

$$4P_0 V_0 = \nu R T_2$$

$$4 \cdot 3P_0 V_0 = \nu R T_3$$

$$3P_0 V_0 = \nu R T_4$$

$$\text{отсюда! } T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = 12T_1$$

$$T_4 = 3T_1$$

$$(123) Q_{12} > 0 \quad Q_{23} > 0 \quad Q_{13} < 0$$

$$(134) Q_{13} > 0 \quad Q_{34} < 0 \quad Q_{41} < 0$$

$$1) Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} P_0 V_0$$

$$\begin{aligned} 2) Q_{23} &= A_{23} + \Delta U_{23} = 4P_0(3V_0 - V_0) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \\ &= 8P_0 V_0 + \frac{3}{2} \nu R (12T_1 - 4T_1) = (8+12) P_0 V_0 = 20 P_0 V_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) Q_{13} &= A_{13} + \Delta U_{13} = (P_0 + 4P_0) \cdot (3V_0 - V_0) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \\ &= 5P_0 V_0 + \frac{3}{2} \nu R (12-1)T_1 = \left(5 + \frac{33}{2}\right) P_0 V_0 = \frac{43}{2} P_0 V_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) A_{\text{обг I}} &= S_{123} = \frac{(4P_0 - P_0)(3V_0 - V_0)}{2} = 3P_0 V_0 \\ A_{\text{обг II}} &= S_{134} = \frac{(4P_0 - P_0)(3V_0 - V_0)}{2} = 3P_0 V_0 \\ A_{\text{обг I}} &= A_{\text{обг II}} = A \end{aligned}$$

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{A}{Q_{13}} = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{Q_{13}} = \frac{\frac{9}{2} P_0 V_0 + 20 P_0 V_0}{\frac{43}{2} P_0 V_0} =$$

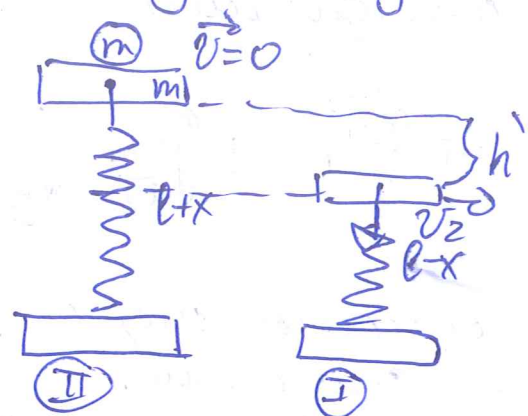
$$= \frac{9+40}{2} \div \frac{43}{2} = \frac{49}{43}$$

$$\text{Ответ: } \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{49}{43}$$

Тетовик №1.1.2 (продолжение)

5) максимальное удлинение пружины (вверх) $+X$, т.к. если удлинение будет больше x (вверх), то нижний брусок подскочит и колеб. не будут гармоническими

Т.к. $x_{\max} = x$, то ск. шара + верхней нити равны нулю. Пусть ℓ - длина пружины



$$h' = \ell + x - (\ell - x) = 2x = \frac{2mg}{k}$$

по ЗСЭ!

$$E_I = E_{II}$$

$$\frac{2mv_2^2}{2} + \frac{kx^2}{2} + 0 = 0 + \frac{2mg \cdot 2x}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

$$\frac{2mv_2^2}{2} = 2 \cdot 2mg \cdot x$$

$$\frac{2gh}{x/2} = 4g \frac{mg}{k}$$

$$h = \frac{8mg}{k} = h_{\max}$$

$$h_{\max} = \frac{8 \cdot 0.1 \cdot 10}{100} = 0.08 \text{ м} = 8 \text{ см}$$

Ответ: $h_{\max} = 8 \text{ см}$

Герников

$$P_1 = 1 \Rightarrow F_1 = \frac{\ell}{4}$$

$$P_2 = 3 \Rightarrow F_2 = \frac{3\ell}{8}$$

$$3|\ell - 4x| = |\ell + 8x|$$

$$3\ell - 12x = \ell + 8x$$

$$2\ell = 20x$$

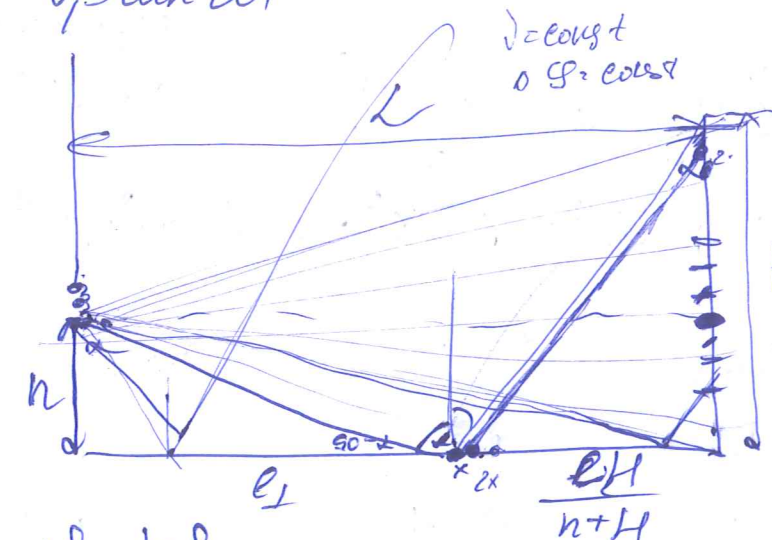
$$\ell = 10x$$

$$-3\ell + 12x = \ell + 8x$$

$$4\ell = 4x$$

$$\ell = x$$

$$\ell = 0.5 \text{ мм}$$



$$L = ? \quad H, h, N, N', h \ll L$$

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{h}{H}$$

$$sd = k\ell$$

$$sd = x$$

$$k=1$$

$$\ell = x$$

$$200\ell = \frac{LH}{h+H}$$

$$k=2$$

$$e_1 + e_2 = L$$

$$e_1 = L - e_2$$

$$\frac{L - e_2}{e_2} = \frac{h}{H}$$

$$\frac{L}{e_2} - 1 = \frac{h}{H}$$

$$\frac{L}{e_2} = \frac{h+H}{H}$$

$$e_2 = \frac{LH}{h+H}$$

$$L = \frac{N\ell}{h+H} = \frac{800 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-6}}{10^{-3} + 50 \cdot 10^{-3}} = 51 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Задание

$m = 1$
 $k = 100 \text{ Н/м}$
 $h_{\text{max}} = ?$
 $\frac{mv_1^2}{2} = mgh$
 $v_1 = \sqrt{2gh}$
 $0y: mv_1 = 2mv_2$
 $v_2 = \frac{v_1}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$
 $kx = mg$
 $x = \frac{mg}{k}$
 $\frac{2mv_2^2}{2} + 2mgx + \frac{kx^2}{2} = \text{const}$
 $\frac{2mv_m^2}{2} + 0 + \frac{k(2x)^2}{2} = m v_2^2 + 2mgx + \frac{kx^2}{2}$



Характер

$$kx = mg$$

$$x = \frac{mg}{k}$$

$$10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h = l + x - (l + x) = \frac{1}{2} \frac{mg}{k}$$

$$\frac{2mv_2^2}{2} + 2mg \cdot 0 + \frac{kx^2}{2} = 2mg \cdot 2x + \frac{kx^2}{2}$$

$$mv_2^2 = 2mg \cdot 2x$$

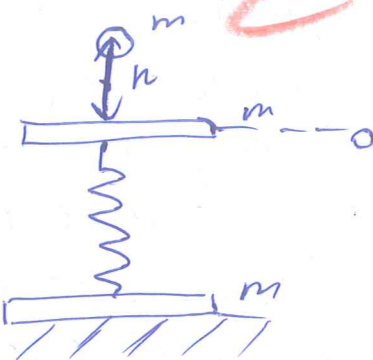
$$\frac{2gh}{4} = 2 \cdot 2g \cdot \frac{mg}{k}$$

$$\frac{h}{2} = \frac{4mg}{k}$$

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

Задание

уб 1.1.2.

 $m = 0,1 \text{ кг}$ $k = 100 \text{ Н/м}$ $h_{\text{max}} = ?$ $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ 

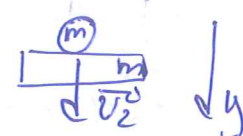
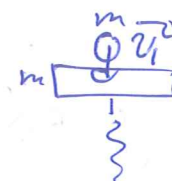
1) Примем за ноль
 для потенциальной
 энергии положение
 верхней платформы
 до падения шарика

2) Найдём скорость шарика прямо перед
 соприкосновением с платформой

ИЗЗ:

$$mgh + 0 = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

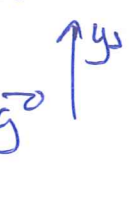
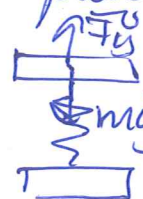


2) По ЗСИ найдём ск. системы шорт
 платформа сразу после соприкосновения.
 пружина за такое короткое время дефор-
 мироваться не успеет

$$0y: mv_1 = (m+m)v_2$$

$$v_2 = \frac{mv_1}{2m} = \frac{v_1}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$$

3) Найдём деформ. пружины до падения
 шарика



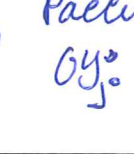
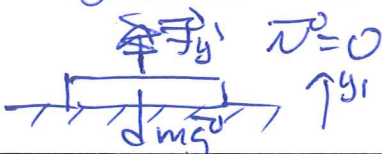
$$0y: Fy - mg = 0$$

$$Fy = kx$$

$$kx = mg$$

$$x = \frac{mg}{k}$$

4) Колебания будут гармоническими
 если нижняя платформа не будет
 подниматься $\Rightarrow a(\text{диск и пружина}) = 0$



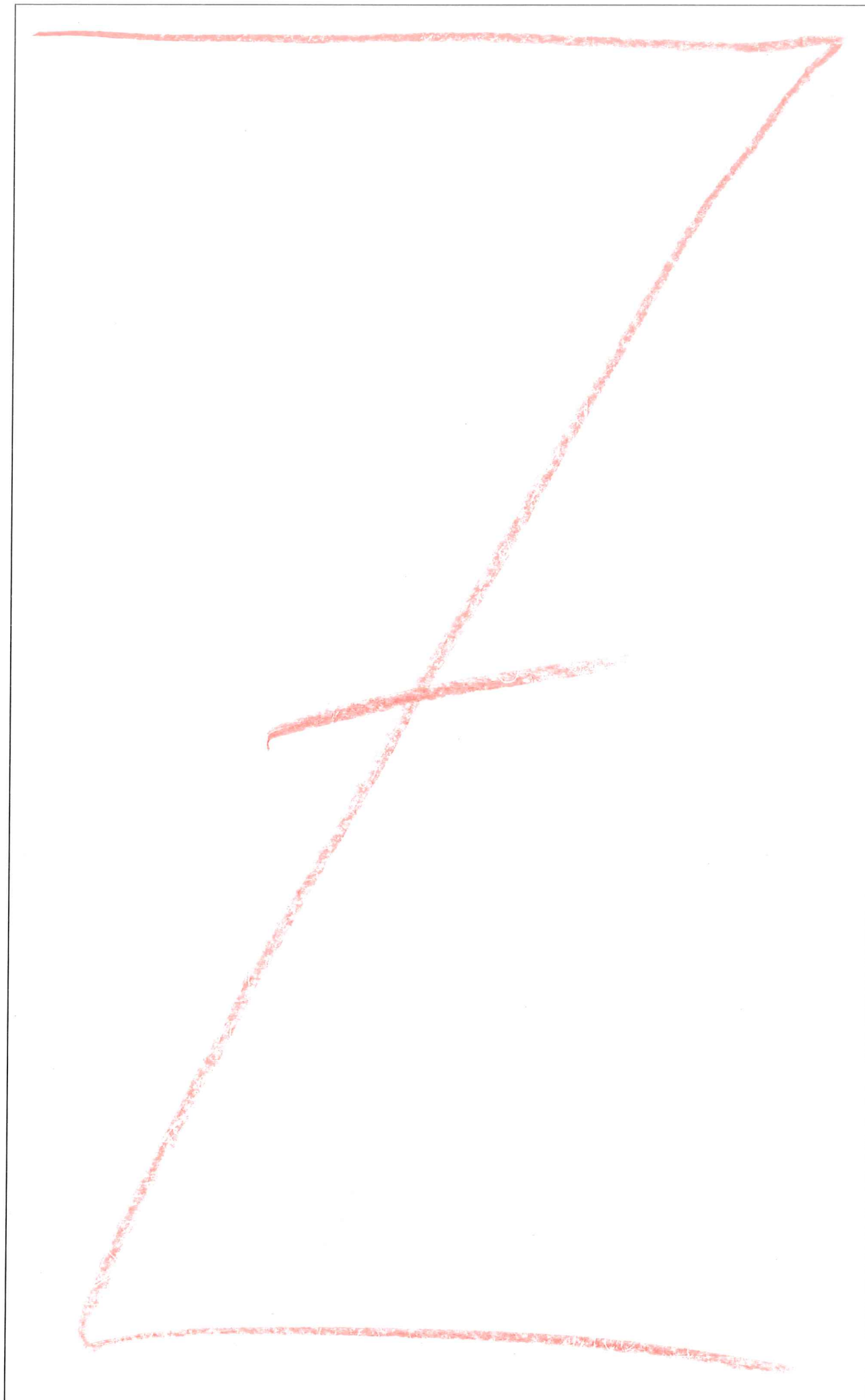
$$0y: Fy - mg + 0 = 0$$

$$Fy = mg$$

$$kx = mg$$

$$x = \frac{mg}{k}$$

$$x' = \frac{mg}{k} = x$$

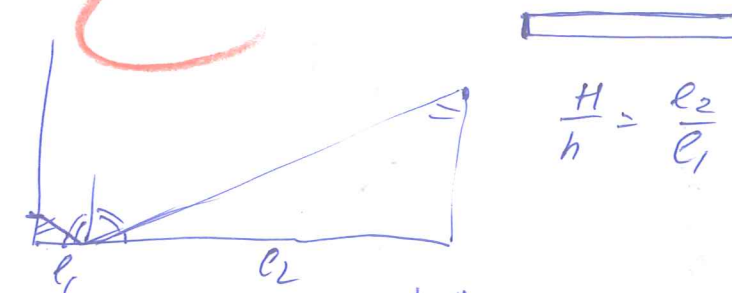
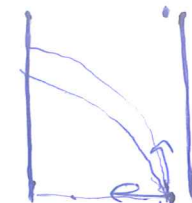


гиривак

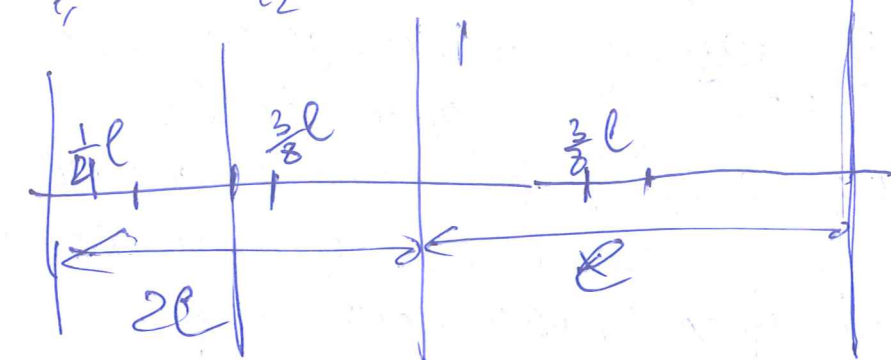
$$\angle A = \angle B \text{ и } 50^\circ$$

$$\angle A = \angle B$$

$$\text{Астор} =$$



$$\frac{H}{h} = \frac{e_2}{e_1}$$



$$\frac{8}{3e} = \frac{1}{e} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{4}{e} = \frac{1}{2e} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{8-3}{3e} = \frac{5}{3e}$$

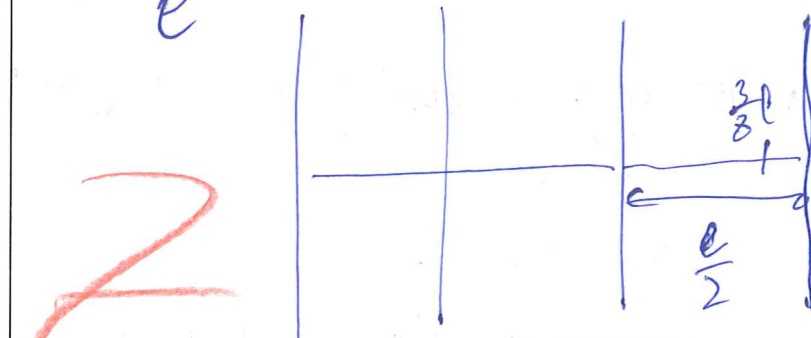
$$\frac{1}{f} = \frac{4-2}{2e} =$$

$$f = \left(\frac{3}{5} e \right)$$

$$d = e \cdot \frac{3}{5}$$

$$= \frac{1}{e}$$

$$r = \frac{3}{2} \frac{e}{e} \text{ (3)}$$

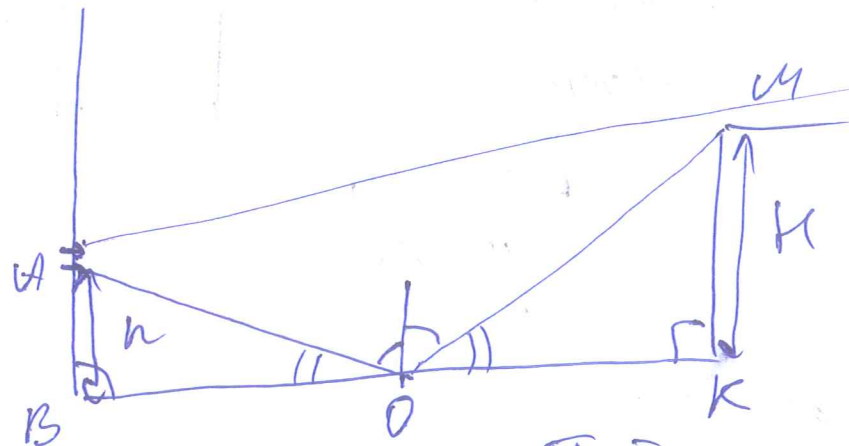


$$\frac{8}{3e} - \frac{2}{e} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{8-6}{3e} = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{3}{2} e$$

Задача № 5.8.2.



1) По принципу Гюйгенса от точки A волны света будут идти во все стороны. В какой-то точке O отраженный луч от зеркала может попасть на верхний угол экрана в точку M.

$\triangle ABO \sim \triangle OMK$ по двум углам

$$\frac{BO}{OK} = \frac{h}{H} \quad BO + OK = L$$

$$BO = OK + L$$

$$\frac{L - OK}{OK} = \frac{h}{H}$$

$$\frac{L}{OK} = \frac{h + H}{H}$$

$$OK = \frac{HL}{h + H}$$

2) Условие максимума интерференции:

$$\Delta d = k\lambda$$

$$k_{\max} = N$$

~~$$\Delta d = OK$$~~

$$\Delta d_{\max} = N\lambda$$

$$\sum \Delta d = OK = (1 + 2 + \dots + N)\lambda = \frac{201 \cdot 200}{2} \lambda$$

$$\frac{HL}{h + H} = 20100 \lambda \quad L = \frac{20100 \lambda (10^{-3} + 50 \cdot 10^{-3})}{H}$$

