0 394082 850005

39-40-82-85
(3.9)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения МОСКВА
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Мальцева Артёма Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Выдан +1 доп. лист
Выход из аудитории в 14:16
Вернулся в 14^{22}
Сдал в 15^{23}

Дата
«14» ФЕВРАЛЯ 2025 года

Подпись участника

(Чистовик)

$\cancel{kx_0}\ \frac{mg}{x_0} = \frac{m v_0^2}{2x_0(4x_0+h+4x_0^2+4hx_0)} \Big| \cdot \frac{x_0}{m}$

$g = \frac{v_0^2}{8x_0+2h+8x_0^2+8hx_0}$

$\cancel{8x_0}\ g = \frac{2gh}{8x_0+2h+8x_0^2+8hx_0}$

$1 = \frac{2h}{8x_0+2h+8x_0^2+8hx_0}$

$8x_0+8x_0^2+8hx_0+2h=2h$

$8x_0+8x_0^2+8hx_0=0$

$x_0^2+x_0+hx_0=0$

$\cancel{D = 1-4h}$

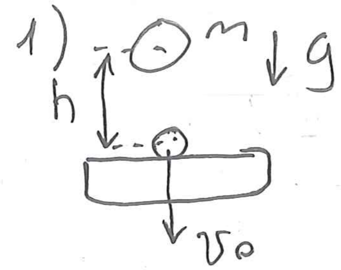
39-40-82-85 (3.9)

(Чистовик)

Решение:

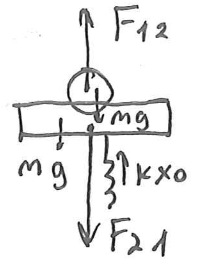
1.1.3

Дано:
$g = 10\ \frac{м}{с^2}$
$h_{max} = 0,08$ м
$m = 0,1$ кг
Найти: k

1) 

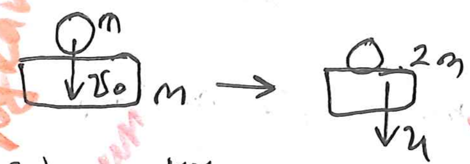
$h = \frac{v_0^2}{2g}$

$v_0 = \sqrt{2gh}$

2) 

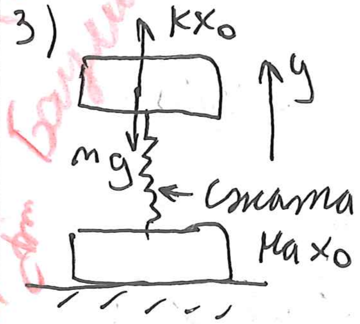
• За малое время соударения $\Delta t\ (\Delta t \to 0)$ импульс тел меняется на конечную величину. За малое время Δt действием сил тяжести и силы упругости в сравнении с больш. внутр. силами F_{12}, F_{21} можно пренебречь. $\to \vec{R}_{внеш.} = \vec{0} \to \vec{p}_{сист} = const$

• ЗСИ для системы „шарик + доска"



$mv_0 = 2mu$

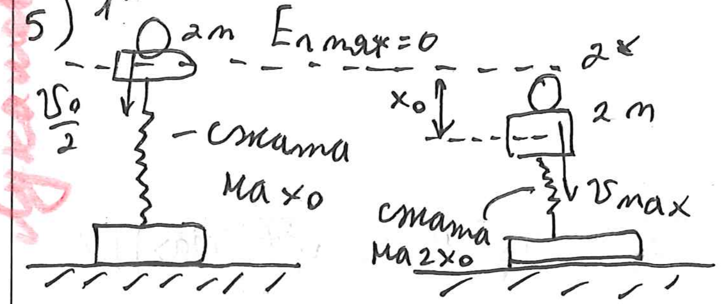
$u = \frac{v_0}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$

3) 

2 з.Н. для верхнего бруска:
y: $kx_0 - mg = 0$ $kx_0 = mg$

4) Рассмотрим гармонич. колеб. 2m:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}} \to \omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$ $\cancel{\omega}$ $v_{max} = \omega x_{max}$

5) 

• В положении равновесия ускорение 2m равно 0:

$kx = 2mg$

$x = 2x_0$

Выходит, то что в положении равновесия пружина сжата на $2x_0$. (чистовик) 1.1.3

ЗСЭ от 1* до 2* ($A_{непот}=0$)

пот. эн груза!

$$\frac{2m(\frac{v_0}{2})^2}{2} + k\frac{x_0^2}{2} = 2m\frac{v_{max}^2}{2} + \frac{4kx_0^2}{2} - 2mgx_0 \,\Big|\cdot 2$$

$$\frac{2mv_0^2}{4} + kx_0^2 = 2mv_{max}^2 + 4kx_0^2 - 4mgx_0$$

$mg = kx_0$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgx_0 = 2mv_{max}^2 + \cancel{4kx_0}\,4mgx_0 - 4mgx_0$$

$$gx_0 = 2v_{max}^2 - \frac{v_0^2}{2} \qquad v_{max}^2 = \frac12 gx_0 + \frac14 v_0^2$$

$$v_{max}^2 = \omega^2 x_{max}^2 \qquad \frac12 gx_0 + \frac14 v_0^2 = \frac{k}{2m}\cdot x_{max}^2$$

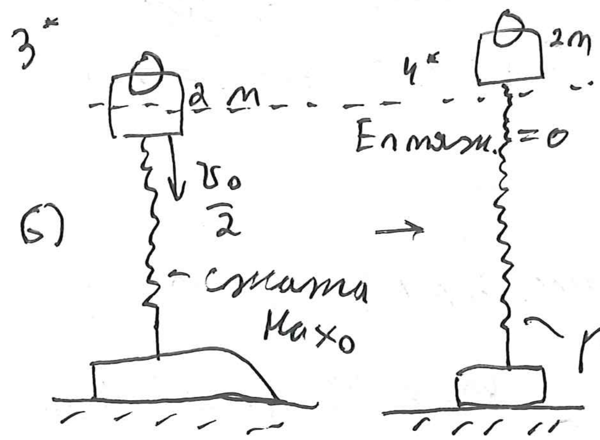
$$x_{max}^2 = mgx_0 + \frac12\frac{mv_0^2}{k} \qquad x_{max}^2 = x_0^2 + \frac{mv_0^2}{2mg}\cdot x_0$$

$mg = kx_0 \quad k = \frac{mg}{x_0}$

$$x_{max}^2 = x_0^2 + \frac{v_0^2 x_0}{2g}$$

$$v_0^2 = 2gh$$

$$(x_{max}^2 = x_0^2 + h\cdot x_0)$$



• ЗСЭ от 3* до 4*:

$$\frac{kx_0^2}{2} + \frac{2m(\frac{v_0}{2})^2}{2} = \frac{kx_{max}^2}{2} + 2mg(x_0 + x_{max}) \,\Big|\cdot 2$$

$$kx_0^2 + 2m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2 = kx_{max}^2 + 4mgx_0 + 4mgx_{max}$$

1.1.3 (чистовик)

$$kx_0^2 + \frac12 mv_0^2 = kx_{max}^2 + 4kx_0^2 + 4kx_0x_{max}$$

$$\frac12 mv_0^2 = kx_0^2 + khx_0 + 4kx_0^2 - kx_0^2 + 4kx_0x_{max}$$

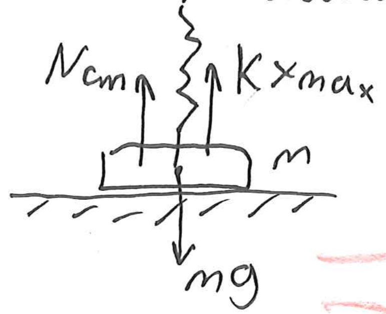
$$\frac12 mv_0^2 = 4kx_0^2 + khx_0 + 4kx_0(x_0^2 + hx_0)$$

$$\frac12 mv_0^2 = 4kx_0^2 + khx_0 + 4kx_0^3 + 4khx_0^2$$

$$\frac12 mv_0^2 = k(4x_0^2 + hx_0 + 4x_0^3 + 4hx_0^2)$$

$$k = \frac{mv_0^2}{2x_0(4x_0 + h + 4x_0^2 + 4hx_0)}$$

7) Чтобы колебание оставались гармоническими, надо чтобы нижний брусок не отрывался от пола.



• Условие неотрыва $N_{ст} \geq 0$

• Рассмотрим предельный случай $N_{ст.} = 0$

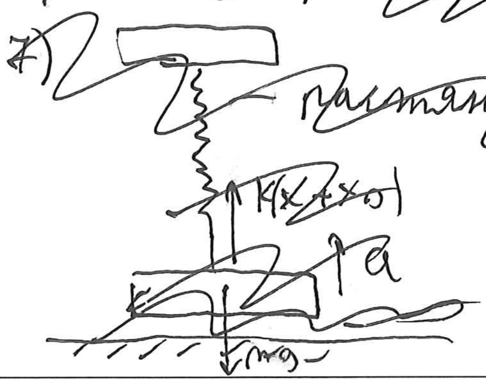
2 з. Н.

y: $kx_{max} - mg = 0$

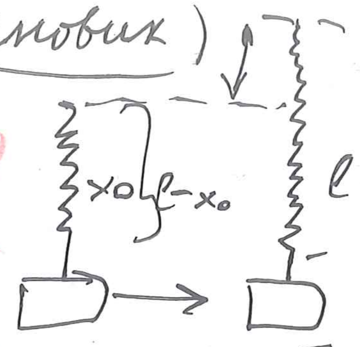
$kx_{max} = mg \qquad k = \frac{mg}{x_0}$

$(x_{max} = x_0)$ ~~противоречие, значит будет отрыв нижнего бруска~~

~~7)~~



(Черновик)



$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}08}$ ~~$8 \cdot 20 = 160$~~

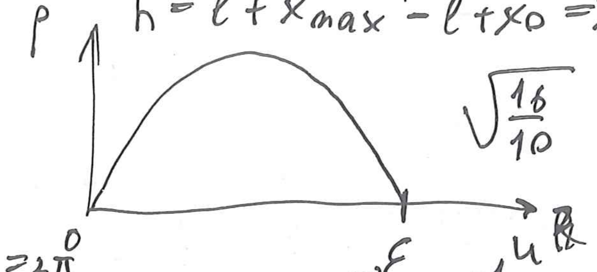
$2 \cdot 10 \cdot 0{,}08$

$P_\Gamma = (\mathcal{E} - u_R) I$

$l + x_{max}$ $2 \cdot 10 \cdot 8 = 160$

$P = \frac{(\mathcal{E} - IR)^2}{R}$ $\sqrt{160} = \sqrt{8}$ $P_\Gamma = I^2 R$ $\frac{0{,}08}{2}$ $0{,}16$ $\sqrt{1{,}6}$

$h = l + x_{max} - l + x_0 = x_{max} + x_0$



$\sqrt{\frac{16}{10}}$ $\frac{4}{\sqrt{10}}$

$I = \frac{\mathcal{E} - u_R}{R}$ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$\frac{4 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-1} \cdot 10^2}{} = 10^{-4} \cdot 10^2 =$

$\mathcal{E} - \mathcal{E} + u_R$ $\mathcal{E}^2 - 2IR\mathcal{E} + I^2R^2$ $= 10^{-2}$

$\frac{u_R^2}{R}$ $(\mathcal{E} - u_R)^2$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{10}$

$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot}$

$x_{max} = x_0$

$P =$ $\mathcal{E} I =$ $\mathcal{E} I = I^2 R + I^2 r$

$\frac{k x_0^2}{2} =$ kx – растянута на $x + x_0$

a $\mathcal{E} = IR + Ir$

$P = \frac{\mathcal{E}^2}{(R+r)^2} \cdot R$ mg y $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$

$-kx + mg = 2ma_y$

$-k(x + x_0) + 2mg = 2ma_y$

$P = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R-r)^2 + 4Rr}$ $\frac{2 \cdot 10}{4} = 5$

$P(R) = \frac{\mathcal{E}^2}{}$ $0 = \frac{\mathcal{E}^2}{(R+r)^2}$ $5 \cdot \sqrt{4 \cdot 10^{-4}}$

$\mathcal{E}^2 \cdot 0 +$ $\frac{\mathcal{E}^2 (R+r)^2}{(R+r)^4} - 0 \geq 0$ $\mathcal{E}$ $5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} =$

$= 10^1 \cdot 10^{-2} =$

$= 10^{-1}$

$2ma_y + kx = +mg$

$-2ma_y - kx = -mg$ $a_y + \frac{kx}{2m}$

39-40-82-85 (3.9)

~~(Чистовик)~~ (Черновик)

1.1.3.

Дано:

$g = 10\,м/с^2$

$h_{max} = 0{,}08\,м$

$m = 0{,}1\,кг$

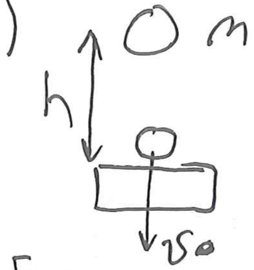
Найти:

K

Решение:

• ~~Итого~~.

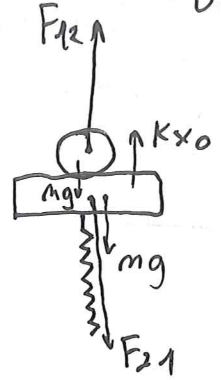
• 1)



$h = \frac{v_0^2}{2g}$

$v_0 = \sqrt{2gh}$

2).

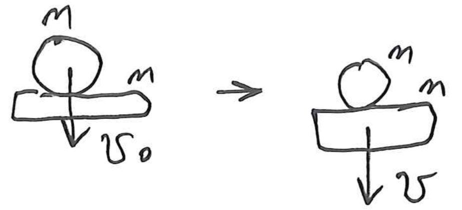


• За малое время удара $\Delta t \to 0$. В сравнении с больш. внутр. силами F_{12} и F_{21} действием конечных сил тяжести и силы упругости можно пренебречь.

• 3. об изменении импульса для системы „шарик + брусок“

$(\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21}) \Delta t = \Delta \vec{p}_{сист.}$

$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = \vec{0} \to \Delta \vec{p}_{сист.} = \vec{0} \to \vec{p}_{сист.} = \overrightarrow{const}$



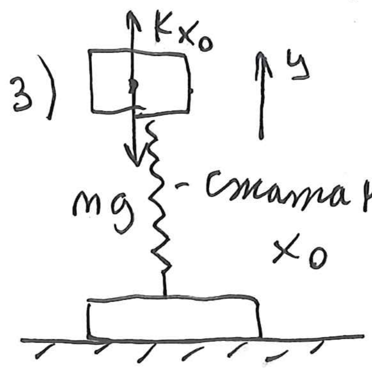
верен ЗСИ:

$m v_0 = 2 m v$

$v = \frac{1}{2} v_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$

$v = \frac{2}{\sqrt{10}}\,м/с$

3)



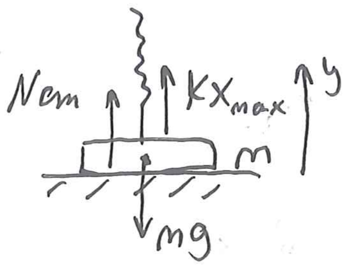
2 З.Н. для верхнего бруска

y: $K x_0 - mg = 0$

$K x_0 = mg$

4) • Чтобы колебания оставались гармоническими, надо, чтобы нижний брусок не отрывался от пола

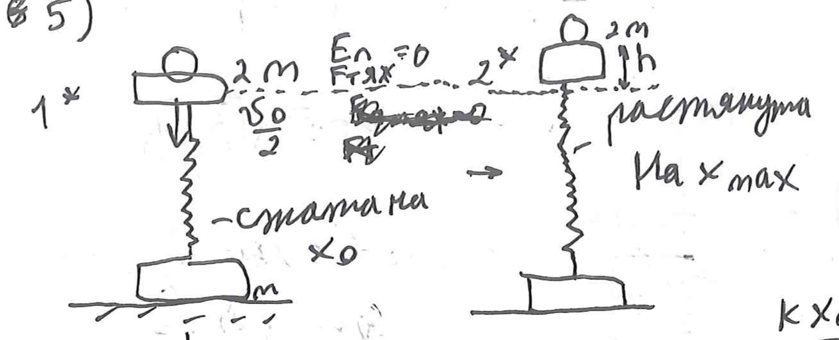
(черновик)



2 з. Н:

y: $N_{ст} + kx_{max} - mg = 0$

5)



ЗСЭ от 1* до 2*, т.к. ~~Анепот~~ ~~Анепот = 0~~

$A_{непот\,сил} = 0$

$\frac{kx_0^2}{2} + \frac{2m(\frac{v_0}{2})^2}{2} = \frac{kx_{max}^2}{2} + 2mgh$

$h = x_0 + x_{max}$

~~$h = h_{max} +$~~

$kx_0^2 + \frac{mv_0^2}{2} = kx_{max}^2 + 4kx_0(x_0 + x_{max})$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

(черновик)

$k(x_0 + x_{max})(3x_0 + x_{max}) = \frac{mv_0^2}{2}$

$(x_0 + x_{max})(3x_0 + x_{max}) = \frac{mv_0^2}{2k}$

$3x_0^2 + x_0x_{max} + 3x_0x_{max} + x_{max}^2 = \frac{mv_0^2}{2k}$

$x_{max} = x_0$

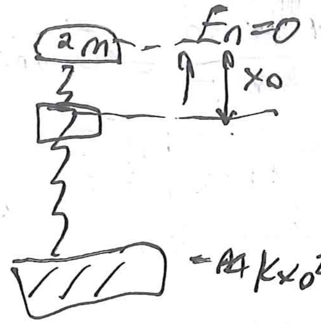
$x_{max}^2 + 4x_0 \cdot x_{max} + 3x_0^2 - \frac{mv_0^2}{2k} = 0$

$D = 16x_0^2 - 4 \cdot 3x_0^2 + 2\frac{mv_0^2}{k} = 4x_0^2 + \frac{2mv_0^2}{k}$

~~$x_{max} = -4x_0$~~

$x_{max} = \frac{-4x_0 \pm \sqrt{4x_0^2 + \frac{2mv_0^2}{k}}}{2}$

$mgx_0 + \frac{mv_0^2}{2} = kx_{max}^2 +$

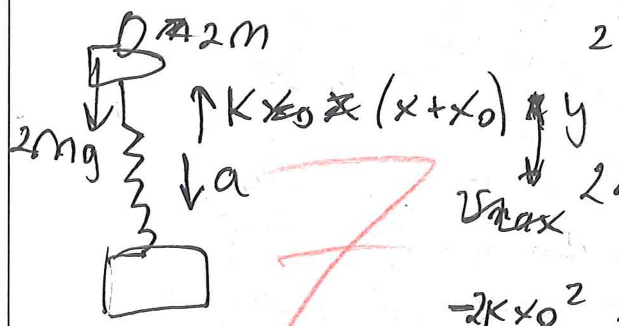


$2mg = kx$

$x = 2x_0$

$kx_0 = mg$ $\quad m = \frac{kx_0}{g}$ $\quad \frac{mv_0^2 g}{2 \cdot kx_0}$

$-4kx_0^2 \; \frac{mv_{max}^2}{2} + \frac{k4x_0^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} + \frac{2m(\frac{v_0}{2})^2}{2}$ $\quad \frac{mgv_0^2}{2kx_0}$ $\quad \frac{kx_0v_0^2}{2kx_0}$



2 з: $kx + kx_0 - kx_0 =$

v_{max} $\quad 2mv_{max}^2 - \frac{mv_0^2}{2k} = -\frac{3kx_0^2}{2}$

$-2kx_0^2 + 2mv_{max}^2 - \frac{mv_0^2}{2} = -\frac{3kx_0^2}{2}$

$\frac{2m(\frac{v_0}{2})^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{2mv_{max}^2}{2} + \frac{4kx_0^2}{2} - 2mgx_0$

$v_{max} = \omega A$

$\frac{mv_0^2}{2} + kx_0^2 = 2mv_{max}^2 + 4\cancel{kx_0^2 - 4kx_0^2}$

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

$kx_0^2 = 2m(v_{max}^2 - \frac{v_0^2}{2})$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$

$v_{max} + \frac{k(2x_0^2)}{2} = \frac{kA^2}{2} +$

$k = \frac{mg}{x_0}$ $\quad T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{mg}}$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

(Черновик)

$kx_0^2 = 2m v_{max}^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$

$\cancel{k}gx_0 = 2\cancel{m} v_{max}^2 - \frac{1}{2}\cancel{m} v_0^2$

$v_{max}^2 = \frac{gx_0 + \frac{1}{2}v_0^2}{2} = \frac{1}{2}gx_0 + \frac{1}{4}v_0^2$

$v_{max} = \omega x_{max}$

$v_{max}^2 = \omega^2 x_{max}^2$ $\quad \frac{1}{2}gx_0 + \frac{1}{4}v_0^2 = \frac{k}{2m} \cdot x_{max}^2$

$mg = kx_0$

$k = \frac{mg}{x_0}$

$x_{max}^2 = \frac{mgx_0}{k} + \frac{1}{2}\frac{mv_0^2}{k}$

$x_{max}^2 = \cancel{k}x_0^2 + \frac{1}{2}\frac{mv_0^2}{k}$

$x_{max}^2 = x_0^2 + \frac{mv_0^2 x_0}{2mg} = x_0^2 + \frac{v_0^2 x_0}{2g}$

$\cancel{x_{max}^2 = x_0}(x_0$ $\quad x_0^2 + \frac{2ghx_0}{2g} = x_0^2 + hx_0$

$x_0^2 + hx_0 - x_{max}^2 = 0$

39-40-82-85
(3:9)

~~(Черновик)~~ (Черновик) $\frac{kx_0^2 + 2mv_0^2}{4} = kx_{max}^2 + 4mg(x_0 + x_{max})$

№2.2.3 $\quad k(x_0 - x_{max})(x_0 + x_{max}) = \cancel{kx_0^2} + 4kx_0(x_0 + x_{max}) - \frac{mv_0^2}{2}$

• цикл 1231:

$\eta = \frac{A_\Sigma}{Q_H}$ $\quad k(x_0 + x_{max})(x_0 - x_{max} - 4x_0) = -\frac{mv_0^2}{2}$

$Q_H = Q_{1-2} + Q_{2-3}$

$k(x_0 + x_{max})(3x_0 + x_{max}) = \frac{mv_0^2}{2}$

$kx_0 +$

$\frac{x^2 \frac{g}{4}}{116}$

$A_\Sigma = \frac{1}{2} \cdot (5P_0 - P_0)(4V_0 - V_0) = \frac{1}{2} \cdot 4P_0 \cdot 3V_0 = 6P_0V_0$

x_{max} $\quad \frac{k(x_0^2 + hx_0)}{kx_0^2 + khx_0}$

$3x_0$ $\quad x_{max}$

сжата

~~x_0~~ h:

$h =$ $\quad hx_0(1 + 4x_0)$ $\quad$ • $\eta_{1231} = \frac{6P_0V_0}{Q_{1-2} + Q_{2-3}}$

$4x_0^2(4x_0 + 1$ $\quad \eta_{1231} = \frac{Q_{1-2} + Q_{2-3} - Q_{13}}{Q_{1-2} + Q_{2-3}}$

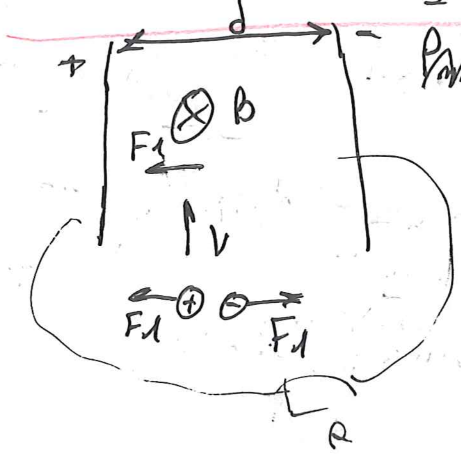
• $\eta_{1-3-4-1} = \frac{Q_{1-3} + Q_{3-4} + Q_{4-1}}{Q_{1-3}}$

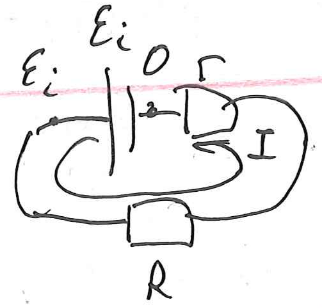
• $Q_{1-2} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$ $\quad P_0V_0 = \nu RT_0$

$5P_0V_0 = 5\nu RT_0$

$Q_{1-2} = \frac{3}{2}\nu R \cdot 4T_0 = 6\nu RT_0 = 6P_0V_0$

$Q_{2-3} =$ $\quad I = \frac{\mathcal{E}_i}{...}$ $\quad P_{max} =$





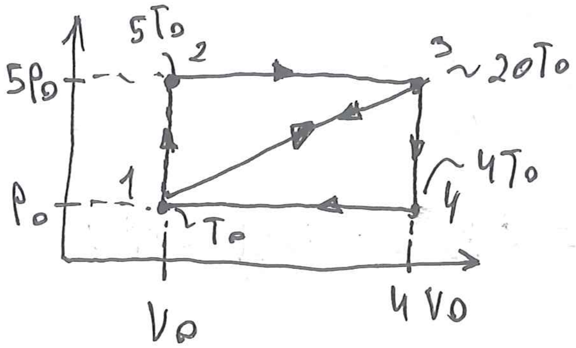
$P = P_{max}$, когда

$R = r$ $\quad P = \mathcal{E}_i$

• (Чистовик)

№2.2.3. $i=3$

• Цикл 1-2-3-1i



Процесс 1-2.

$V=const$

$\frac{P_0}{T_0} = \frac{5P_0}{kT_0} \to k=5$

$T_2=5T_0$

• $Q_{12} = C_V \nu (T_2-T_1) = \frac{i}{2} R \nu (5T_0-T_0) =$

Уравнение М-К: $= \frac{3}{2}\nu R 4T_0 = 6\nu RT_0$

• $P_0V_0 = \nu RT_0$

$Q_{12} = 6P_0V_0$

• Процесс 2-3: $P=const$

$5P_0V_0 = 5\nu RT_0$ $\quad 5P_0 \cdot 4V_0 = \nu RT_3$

$\frac{20P_0V_0}{5P_0V_0} = \frac{T_3}{5T_0} = 4$ $\quad (T_3=20T_0)$

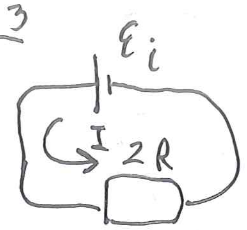
• $Q_{2-3} = C_p \nu (T_3-T_2) = (\frac{i}{2}R+R)\cdot\nu(20T_0-5T_0) =$

$= \frac{5}{2}\nu R \cdot 15T_0 = \frac{75}{2}\nu RT_0 = \frac{75}{2}P_0V_0$

• $A_\Sigma = A_{1-2-3-1} = \frac{1}{2}(5P_0-P_0)(4V_0-V_0) =$

$= 6P_0V_0$

3.3.3 (чистовик)



$I = \frac{\mathcal{E}_i}{2R} = \frac{Bvd}{2R}$

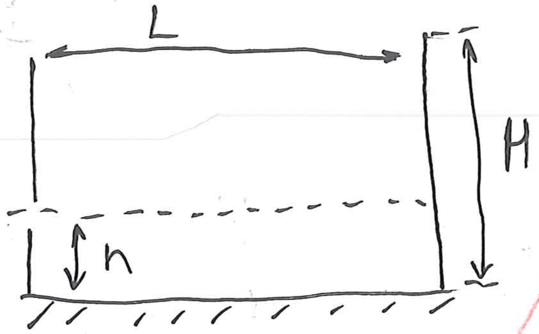
3) $P_m = I^2R = \frac{B^2v^2d^2}{4R}$ (+)

$v^2 = \frac{4P_mR}{B^2d^2}$ $\quad v = \sqrt{\frac{4P_mR}{B^2d^2}} = \frac{2}{Bd}\sqrt{P_mR}$

$v = \frac{2}{Bd}\sqrt{P_mR} = \frac{2}{1\cdot 0,4}\sqrt{10^{-3}\cdot 0,4} = 0,1$ м/с

Ответ: $v=0,1$ м/с (+) 20б

№5.8.3



$\lambda = 0,5$ мкм

$L=1$ м

$H=5$ см

$N=200$

$h \ll L$

h-?

(−)

4.8.3 (чистовик)

$$F_2=\frac{\frac{1}{2}d(d+x)}{d-x}=\frac{d(d+x)}{2(d-x)}=\frac{25(25+5)}{2(25-5)}=\frac{25\cdot30}{40}=$$

$$=\frac{25\cdot3}{4}=\frac{75}{4}\text{ см}$$

$$\Gamma=\frac{F_2}{d-F_2}=\frac{\frac{75}{4}}{25-\frac{75}{4}}=\frac{\frac{75}{4}}{\frac{25}{4}}=\frac{75}{25}=3 \quad +$$

в общем виде?

Ответ: $\Gamma=3$ +

3.3.3.

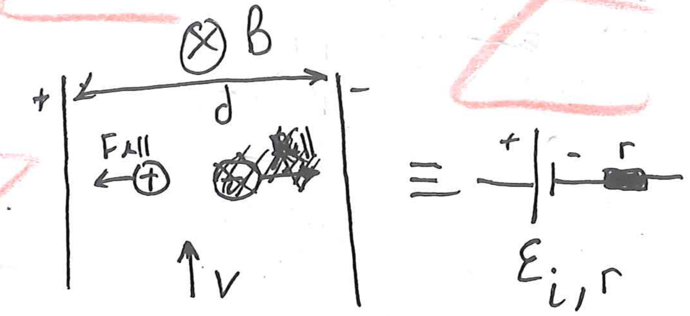
$R=0{,}4$ Ом

$d=0{,}4$ м

$B=1$ Тл

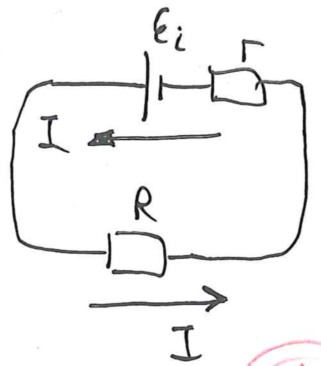
$P_m=1$ мВт

1)



• $F_{л\parallel}$ – составляющая силы лоренца, обусловленная движением жидкости в магнитном поле

2)



$$\mathcal{E}_i=B v d\cdot\sin 90^\circ=B v d$$

$$I=\frac{\mathcal{E}_i}{R+r}$$

(+)

$$P_R=I^2R=\frac{\mathcal{E}_i^2R}{(R+r)^2}=\frac{\mathcal{E}_i^2R}{(R-r)^2+4Rr}$$

• из уравнения видно, что мощность максимальна, когда

(+) $R=r=0{,}4$ Ом

39-40-82-85 (3.9)

(чистовик) 2.2.3

• $Q_н=Q_{1-2}+Q_{23}$ $\quad Q_x=-Q_{3-1}=Q_{1-3}$

$$A_\Sigma=Q_н-Q_x=Q_{1-2}+Q_{2-3}-Q_{1-3}$$

$$Q_{1-3}=Q_{1-2}+Q_{2-3}-A_\Sigma=6P_0V_0+\frac{75}{2}P_0V_0-6P_0V_0=$$

$$=\frac{75}{2}P_0V_0$$

• $$\eta_{1-2-3-1}=\frac{A_\Sigma}{Q_н}=\frac{6P_0V_0}{6P_0V_0+\frac{75}{2}P_0V_0}=\frac{2\cdot6}{87}=\frac{12}{87}$$

• Цикл 1-3-4-1:

• В процессах 3-4 и 4-1 теплота отводится

• $$Q_н^*=Q_{1-3}=\frac{75}{2}P_0V_0$$

• $\cancel{Q_x^*=-Q_{3-4}-Q_{4-1}}$

• $\cancel{Q_{3-4}=C_V\nu(T_4-T_3)},\ \cancel{C_V=\frac{i}{2}R=\frac{3}{2}R}$

• $\cancel{P_0V_0=\nu RT_0}$ $\quad \cancel{4P_0V_0=\nu RT_4}\to \cancel{T_4=4T_0}$

• $\cancel{Q_{3-4}=\frac{3}{2}\nu R(4T_0-20T_0)=-24\nu RT_0=-24P_0V_0}$

• $\cancel{Q_{4-1}=C_p\nu(T_1-T_4)},\ \cancel{C_p=\frac{i}{2}R+R=\frac{5}{2}R}$

$\cancel{Q_{4-1}=\frac{5}{2}\nu R(T_0-4T_0)=-\frac{15}{2}\nu RT_0=-\frac{15}{2}P_0V_0}$

• $$A_\Sigma^*=A_{1-34-1}=\frac{1}{2}\cdot(4V_0-V_0)(5P_0-P_0)=6P_0V_0$$

• $$\eta_{1-3-4-1}=\frac{A_\Sigma^*}{Q_н^*}=\frac{6P_0V_0}{\frac{75}{2}P_0V_0}=\frac{12}{75}$$

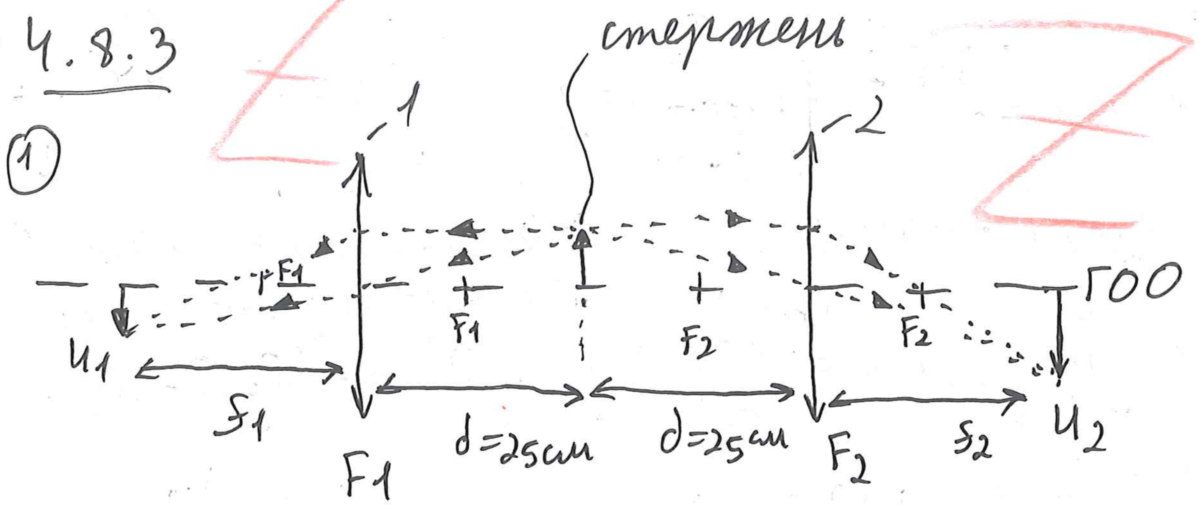
(чистовик) 2.2.3.

• $\frac{\eta_{1-3-4-1}}{\eta_{1-2-3-1}} = \frac{12\cdot 87}{75\cdot 12} = \frac{87}{75} = \frac{29}{25} = \cancel{0{,}?} = 1{,}16$

Ответ: $\frac{\eta_{1-3-4-1}}{\eta_{1-2-3-1}} = 1{,}16$

• 4.8.3

(1)



• т.к. $И_1, И_2$ - перевернутые, то ~~f~~

• значит $И_1, И_2$ - действительные. $d > F_1$, $d > F_2$

• $Г_1 = 1$ - по условию

$Г = \frac{f_1}{d_1} = 1$ ~~$f_1 = d_1 = 25$см~~ $f_1 = d = 25$ см

• ~~$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_*} + \frac{1}{f_1} = \frac{2}{d_*} \to d_* = 2F_1$~~

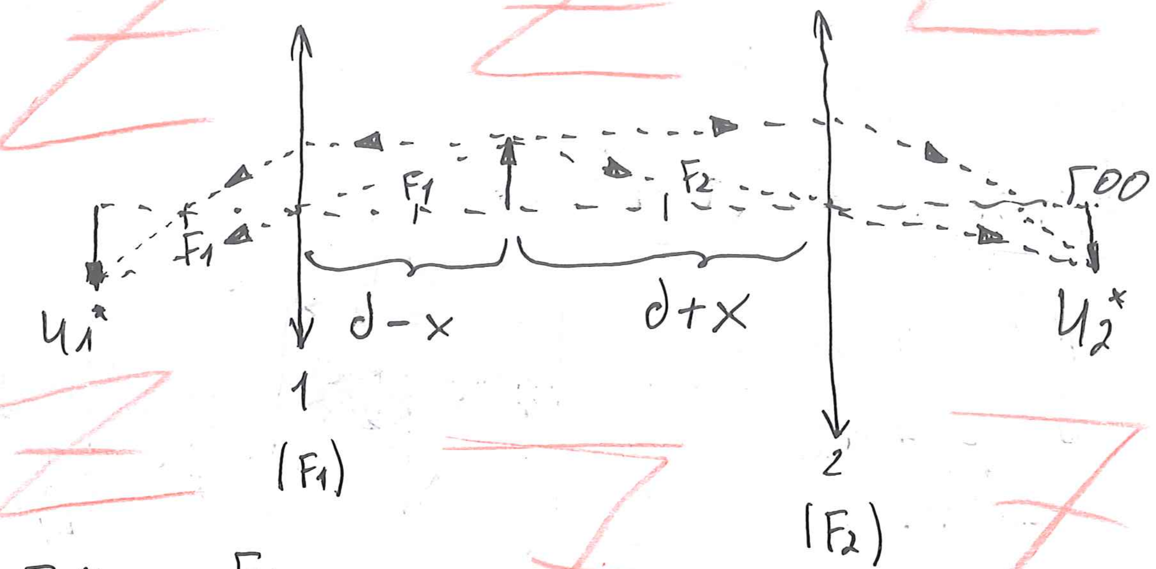
• $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{2}{d} \longrightarrow F_1 = \frac{d}{2}$ $F_1 = 12{,}5$ см

(чистовик) 4.8.3

• ~~$Г = \frac{f_2}{d_2}$~~ • $Г = \frac{f_2}{d} > 1$

• $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_2}$ $\Big\}$ $Г = \frac{F_2}{d - F_2}$

(2)



• $Г_1^* = \frac{F_1}{(d-x)-F_1}$ $Г^* = \frac{F_2}{(d+x)-F_2}$

$Г_1^* = Г^*$ (по условию)

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

~~$\frac{d}{2(d-x)-2}$~~

$F_1(d+x) - F_1F_2 = F_2(d-x) - F_1F_2$

~~$2F_1F_2 =$~~

$F_1 d + F_1 x = F_2 d - F_2 x$

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