0686745760005

68-67-45-76
(3.9)

лист +1

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников ЛОМОНОСОВ
наменование олимпиады

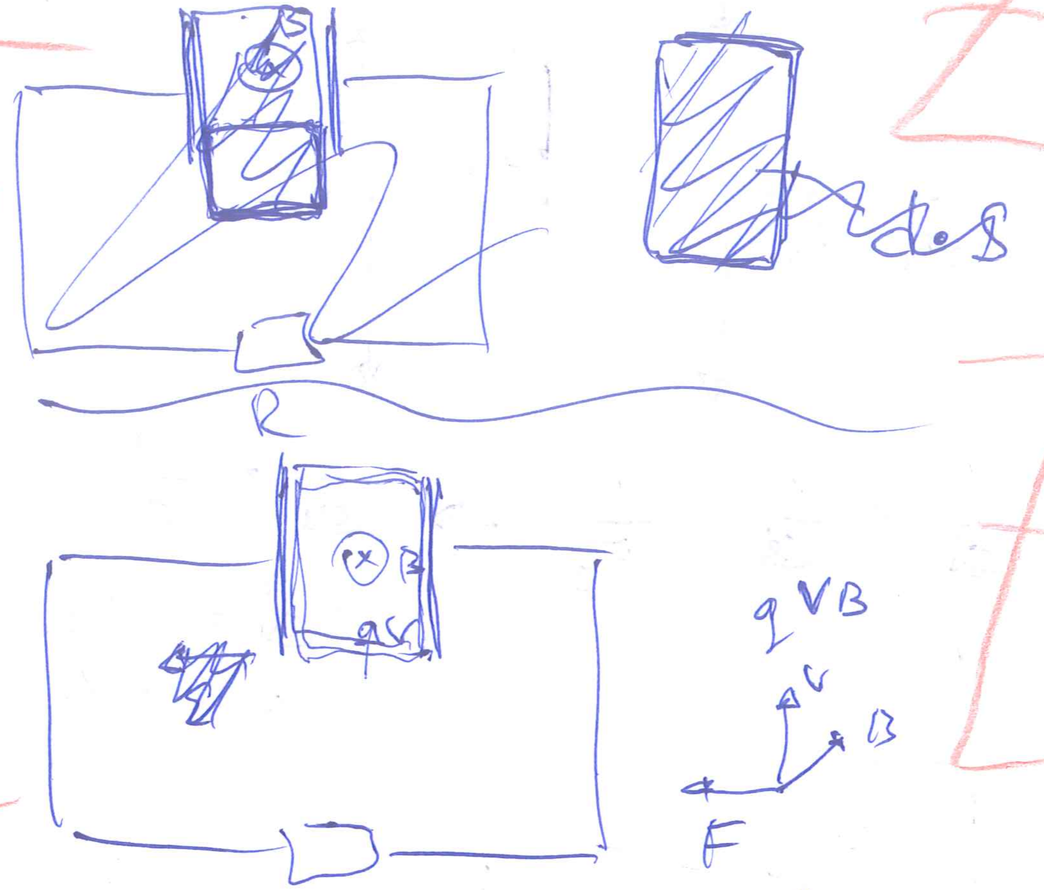
по физике
профиль олимпиады

Балюка Севастьяна Игоревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

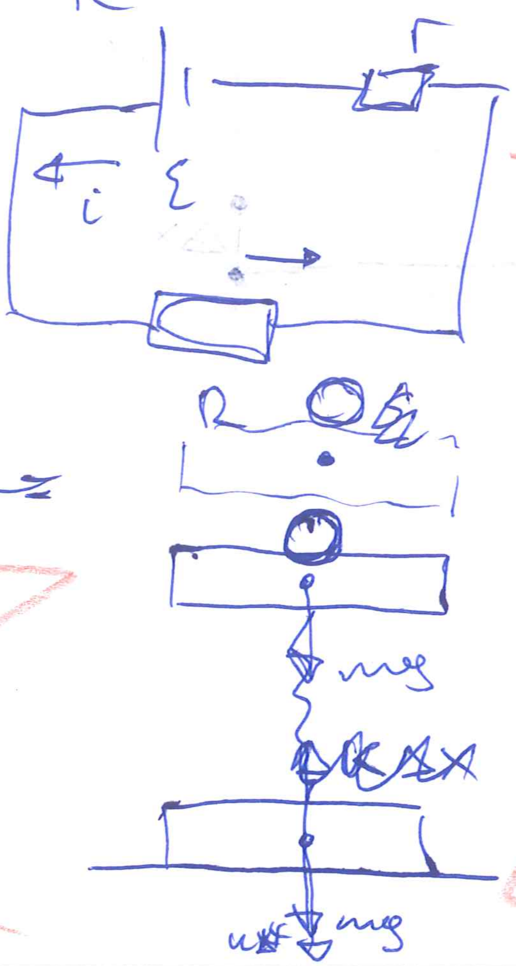
Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Черновик



$\mathcal{E} = BVd$

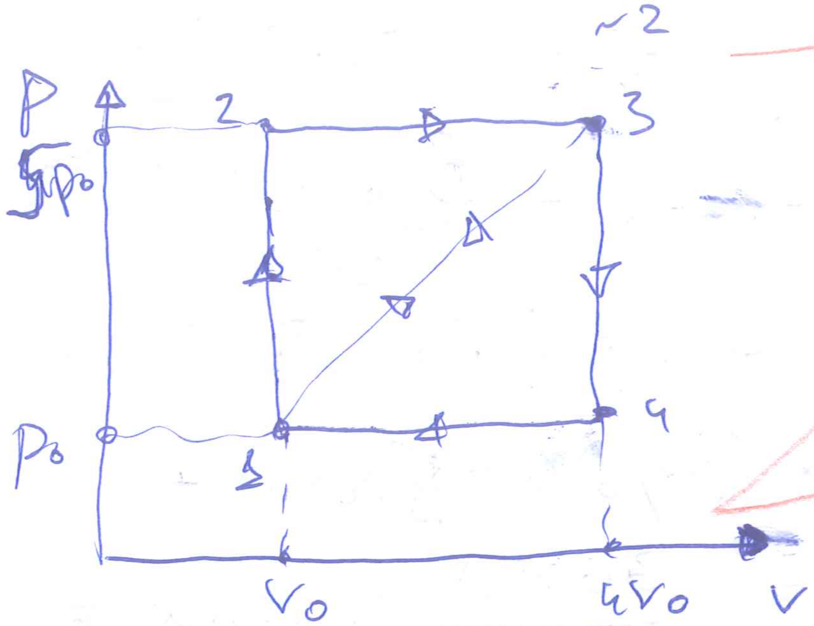


$P_R = i^2 R =$

68-67-45-76 (3.9)

1	2	3	4	5	Σ
20	20	20	16	20	96

№2



Заметим, что в пр-ссах 1-2-3-1 и 1-3-4-1 работы газа равны, т.к работа газа — это площадь соответствующей фигуры, а площадь Δ-ка 1-2-3-1 = площади Δ-ка 1-3-4-1. Поэтому $\frac{\eta_{1341}}{\eta_{1231}} = \frac{Q^{1231}_{нагр.}}{Q^{1341}_{нагр}}$

Найдём $Q^{1231}_{нагр}$. В пр-ссе 1→2 газ получает тепло, т.к $\Delta U_{12} > 0$, $A_{12} = 0$; в пр-ссе 2→3 газ тоже получает тепло, т.к возрастает и внутр энергия и газ совершает полож. работу, в пр-ссе 3→1 газ отдаёт тепло, т.к внутр. эн-я ↓ и работа газа отриц ⇒ $Q^{1231}_{нагр} = Q_{12} + Q_{23}$; $\frac{3}{2}\nu$ I НТ:

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

$A_{12} = 0$; $\uparrow$ ур-е Менделеева-Клапейрона

$= \frac{3}{2}(5p_0V_0 - p_0V_0) = 6p_0V_0$

Аналогично $Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) +$

$+ A_{23} = \frac{3}{2}\cdot(20p_0V_0 - 5p_0V_0) +$

$+ 5p_0\cdot 3V_0 = \cancel{\frac{36p_0V_0}{2}}$

$= \cancel{\frac{60p_0V_0}{2}}$ $\frac{5\cdot 15p_0V_0}{2} = \frac{75p_0V_0}{2}$

Таким образом: $Q^{1231}_{получ} = \frac{87p_0V_0}{2}$

Напротив $Q^{1341}_{получ} = Q_{13}$, т.к. в $1\to3$ $U_{газа}\uparrow$ и $A_{газа} > 0$, в $3\to4$ $A_{газа} = 0$ $U_{газа}\downarrow$ и $4\to1$ $U_{газа}\downarrow$, $A_{газа} < 0$

$Q_{13} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1) + A_{13} =$

$= \frac{3}{2}(20p_0V_0 - p_0V_0) + \frac{p_0 + 5p_0}{2}\cdot 3V_0$

$= \frac{3\cdot 19p_0V_0}{2} + \frac{18p_0V_0}{2} = \frac{(57+18)p_0V_0}{2}$

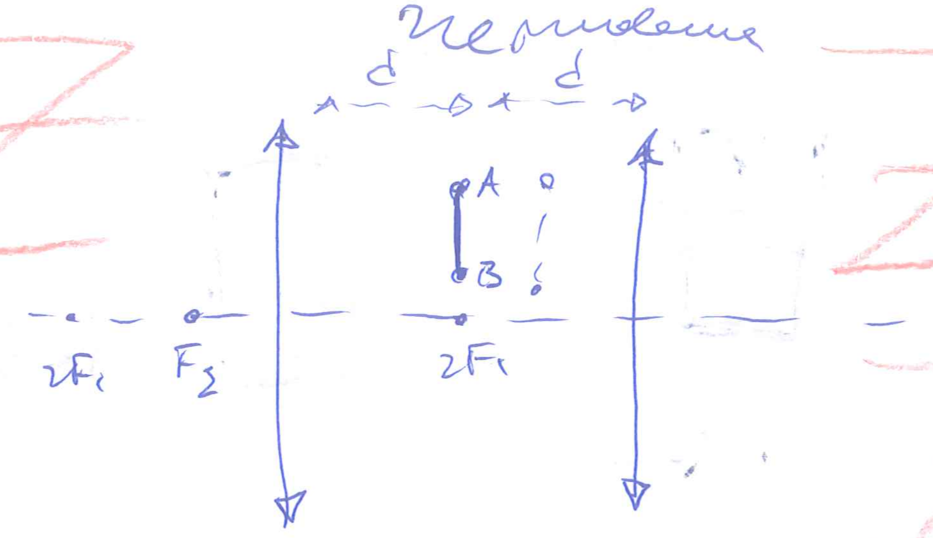
$= \frac{75p_0V_0}{2}$; итого:

$\frac{\eta^{1341}}{\eta^{1231}} = \frac{Q^{1231}_{получ}}{Q^{1341}_{получ}} =$

$= \frac{87}{75} = \frac{29}{25} = \boxed{1,16}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Решение

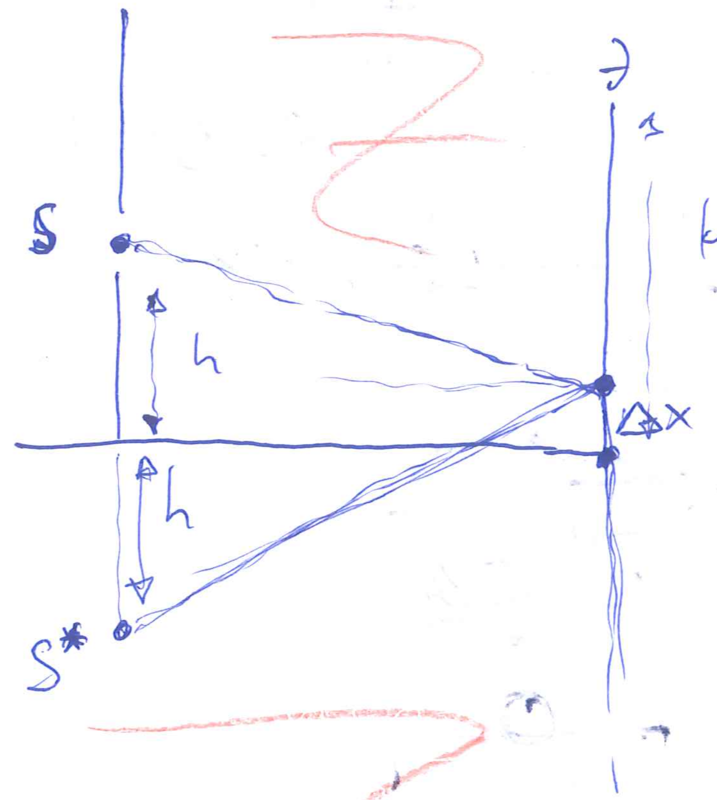


$\frac{1}{d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{2}{d} = \frac{1}{F_1}$

$d = 2F_1$

и

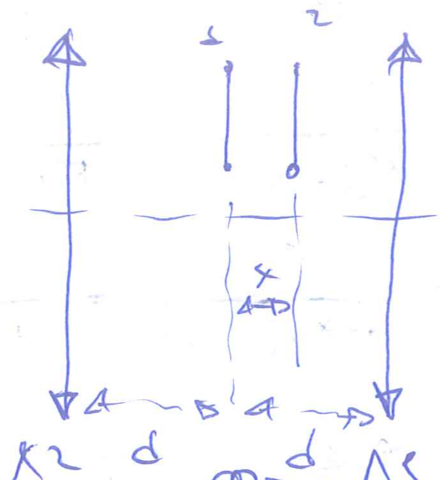
$F_1 = d/2$



$\frac{\Delta L}{d}$ ..

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

②



Аналогично из ФТЛ для ③: $\frac{1}{d}+\frac{1}{\Gamma d}=\frac{1}{F_2}$;

$F_1 = d/2$

для ②: $\frac{1}{d-x}+\frac{1}{\Gamma^*(d-x)}=\frac{2}{d}$

$\frac{1}{d+x}+\frac{1}{\Gamma^*(d+x)}=\frac{1}{F_2}$

$\frac{\Gamma^*+1}{\Gamma^*(d-x)}=\frac{2}{d}$; $\frac{\Gamma^*+1}{\Gamma^*(d+x)}=\frac{1}{F_2}$

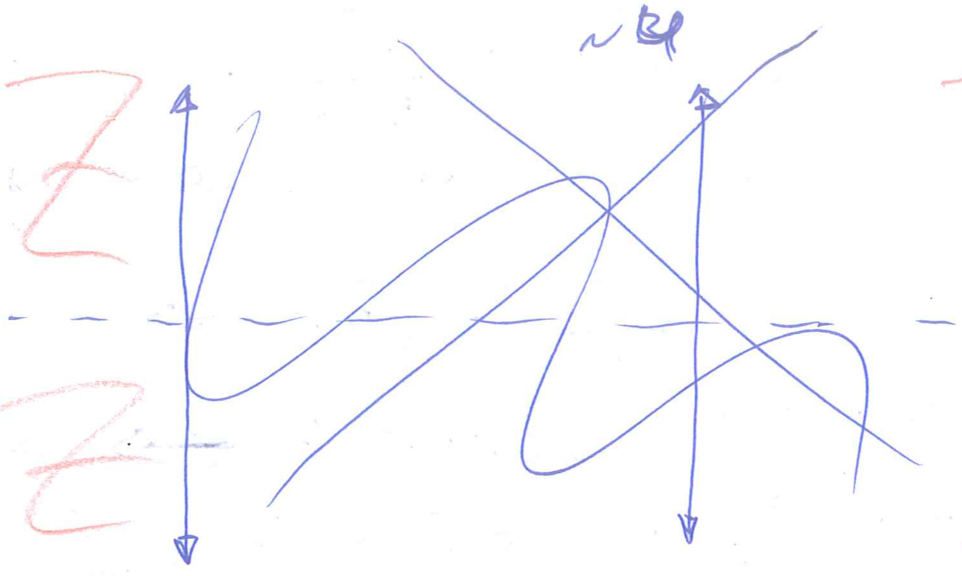
$\Rightarrow \frac{1}{F_2}=\frac{2(d-x)}{d(d+x)}$. Тогда:

$\frac{\Gamma+1}{\Gamma\cdot\cancel{d}}=\frac{2(d-x)}{\cancel{d}(d+x)} \Rightarrow \Gamma(d+x)+d+x=$
$=\Gamma\cdot(2d-2x)$

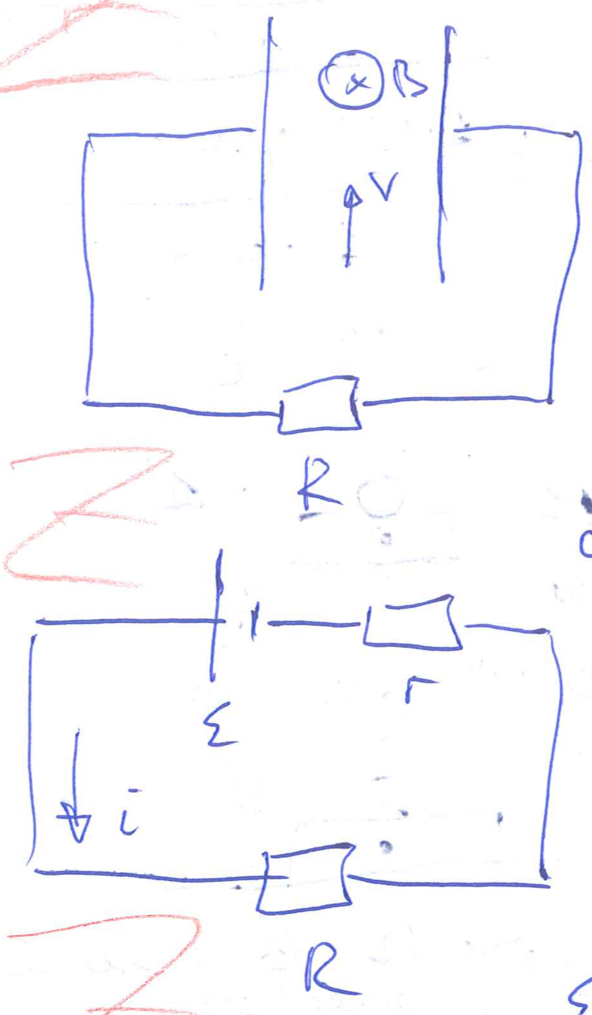
$\Rightarrow \Gamma(d-3x)=d+x \Rightarrow \Gamma=\frac{d+x}{d-3x}=$
$=\frac{40}{25-15}=4$. $\boxed{\text{Ответ: 4 или } 1/2}$

68-67-45-76
(3.9)

№3



№3



Изобразим эквивалентную схему, где r — сопротивление потока жидкости, $\mathcal{E}$ — индукция, создаваемое этим потоком.

Найдём $\mathcal{E}$ как работу силы Лоренца по перемещению заряда: $\mathcal{E} = q\cdot VB$

$\mathcal{E}=\frac{A}{q}=\frac{q\cdot V\cdot B\cdot d}{q}=VBd$

Пусть ток в цепи i, тогда по з-ну Ома:

$\mathcal{E}=i(R+r)\Rightarrow i=\frac{\mathcal{E}}{R+r}$

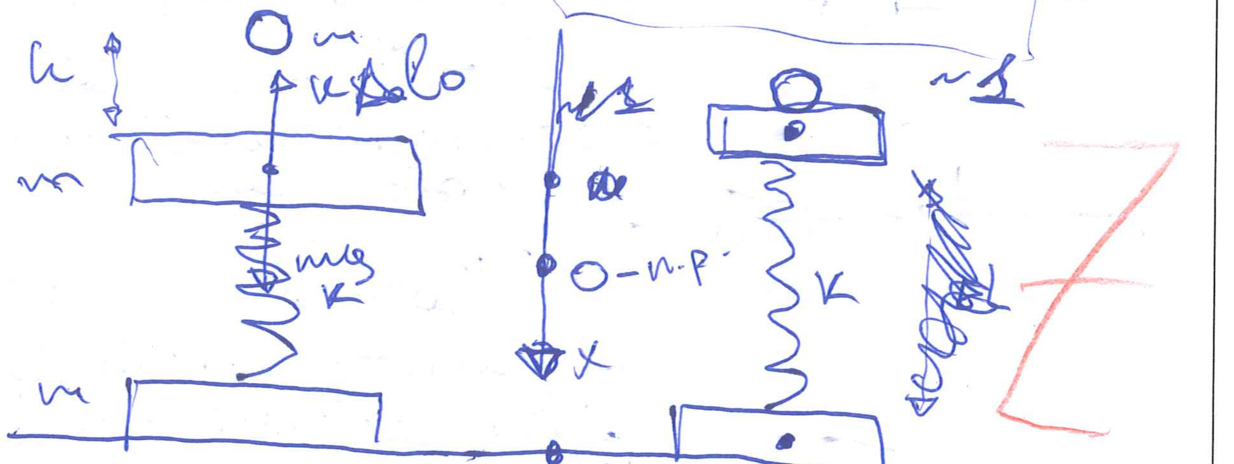
Но тогда $P_R = i^2 \cdot R = \frac{\mathcal{E}^2}{(R+r)^2}\cdot R$,

из н-ва м/у средним арифм. и ср. геом.: $\frac{R+r}{2} \geq \sqrt{Rr} \Rightarrow$

$(R+r)^2 \geq 4Rr$. Значит $P_R \Leftrightarrow max$ при $r = R$ и равно $P_m = \frac{\mathcal{E}^2}{4R}$

Таким образом: $P_m = \frac{B^2 v^2 d^2}{4R} \Rightarrow$

$v = \frac{\sqrt{P_m \cdot 4R}}{Bd} = \frac{\sqrt{1\cdot 10^{-3}\cdot 4 \cdot 0{,}4}}{1\cdot 0{,}4} = \frac{4\cdot 10^{-2}}{4\cdot 10^{-1}} = \boxed{0{,}1 \text{ м/с}}$ + 2б.



Увеличивая высоту h в какой-то момент (h_{max}) последующие колебания перестанут быть гармоническими из-за того что нижний брусок оторвётся от пола (условие отрыва $N = 0$) когда верхний брусок с шариком

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

в случае $\boxed{2}$; Пусть ув. $Г^*$ у обеих линз

Л1: $\frac{1}{d+x} + \frac{1}{Г^*(d+x)} = \frac{1}{F_1} = \frac{2}{d}$

Л2: $\frac{1}{d-x} + \frac{1}{Г^*(d-x)} = \frac{1}{F_2}$

Тогда: $\frac{Г^*+1}{Г^*(d+x)} = \frac{2}{d}$

$\frac{Г^*+1}{Г^*(d-x)} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow$

$\frac{2}{d}\cdot(d+x) = \frac{1}{F_2}(d-x) \Rightarrow$

$\frac{1}{F_2} = \frac{2(d+x)}{d(d-x)}$. А значит:

$\frac{Г+1}{Г\cancel{d}} = \frac{1}{F_2} = \frac{2(d+x)}{\cancel{d}(d-x)} \Rightarrow$

$Г\cancel{d}(d-x) + \cancel{d}(d-x) = Г\cdot 2\cancel{d}(d+x)$

$Г\cdot(2d^2 + 2dx - d^2 + dx) = d(d-x)$

$Г = \frac{\cancel{d}(d-x)}{d^{\cancel{2}} + 3\cancel{d}x} = \frac{d-x}{d+3x} = \frac{20}{25+15} = \boxed{\frac{1}{2}}$. Однако есть ещё один случай когда стержень сдвинут влево, Анал-м его:

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

$a m = \frac{3g}{2} \Rightarrow \frac{V_0^2 k}{2m} + \frac{g^2}{4} = \frac{9g^2}{4} \Rightarrow$

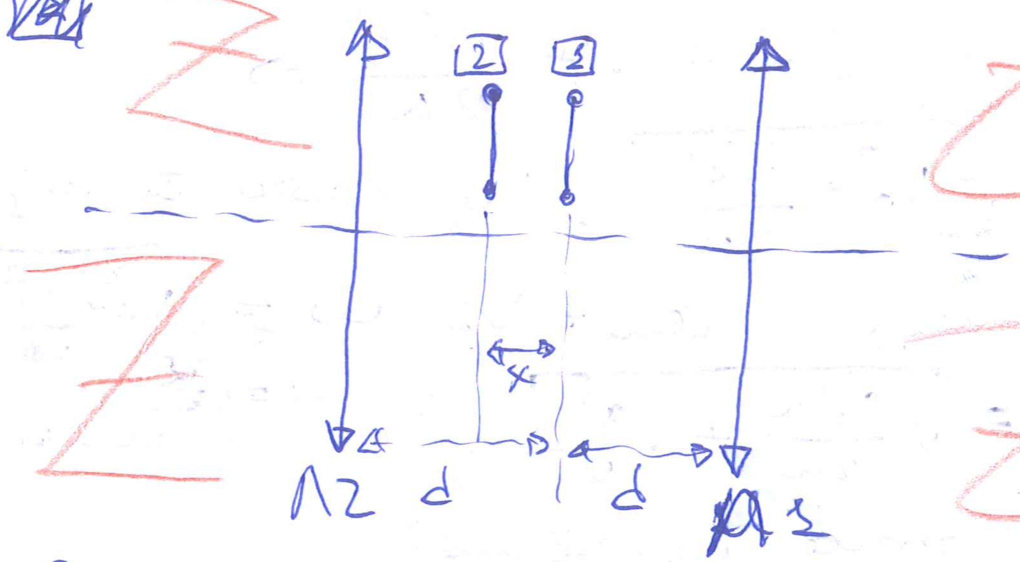
$\frac{V_0^2 k}{2m} = 2g^2 \Rightarrow k = \frac{4mg^2}{V_0^2} =$

$= \cancel{4 \cdot 0{,}1 \cdot 100} = \frac{4mg^2}{\frac{g h_{max}}{2}} = \frac{8mg}{h_{max}} =$

$= \frac{8 \cdot 0{,}1 \cdot 100}{8 \cdot 10^{-2}} = \boxed{100 \ \frac{Н}{м}}$

1

№4



Запишем ФТЛ для случая $\boxed{1}$ для обеих линз:

$Л1: \frac{1}{d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow F_1 = \frac{d}{2}$

$Г_1 = 1$

$Л2: \frac{1}{d} + \frac{1}{Гd} = \frac{1}{F_2}$

68-67-45-76
(3.9)

Будут проходить верхнюю точку подъёма. Во-первых найдём $V_{шарика}$ в момент удара: из З.С.Э: $mgh_{max} = \frac{mV_{шарика}^2}{2}$

$\Rightarrow V_{шарика} = \sqrt{2gh_{max}}$. Т.к удар неупругий, то из З.С импульса по OX: для шарика + брусок: $mV_{шарика} = 2m \cdot V_0 \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{gh_{max}}{2}}$. Найдём изн. деформ. пружины: из II З.Н по OX: $mg - k\Delta l_0 = 0 \Rightarrow \Delta l_0 = \frac{mg}{k}$. Однако после прилипания шарика положение равновесия сместится $\Delta l_1 = \frac{2mg}{k}$. Т.е брусок + шарик совершают гарм. колебания причём с начальной фазой φ_0 такой, что есть $V_0 = \sqrt{\frac{gh_{max}}{2}}$ и $X_0 = \Delta l_0 - \Delta l_1 = \frac{-mg}{k}$. Запишем ур-е колебаний: $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ причём $\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$.

$\dot{x} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$

$\ddot{x} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$

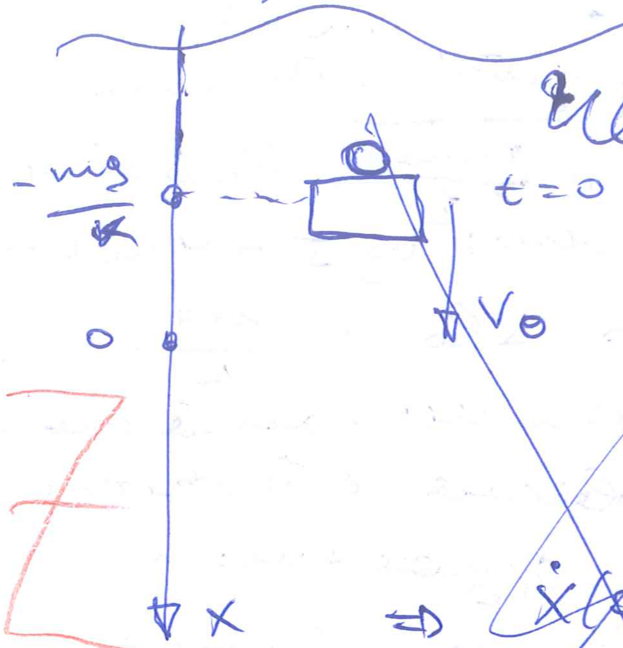
Найдём $tg\varphi_0$: $\frac{x(0)}{\dot{x}(0)} =$

$= \frac{\sin\varphi_0}{\omega\cos\varphi_0} \Rightarrow tg\varphi_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

~~Запишем З.С.Э для бруска+шарика с пружиной от момента t=0 до max точки подъёма.~~

~~$\frac{2m\cdot V_0^2}{2}+$~~

~~Черновой~~



Запишем ур-е колеб-й:

$$x = A\cdot\sin\left(\sqrt{\frac{k}{2m}}\,t+\varphi_0\right)$$

$$\dot{x} = A\sqrt{\frac{k}{2m}}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{2m}}\,t+\varphi_0\right)$$

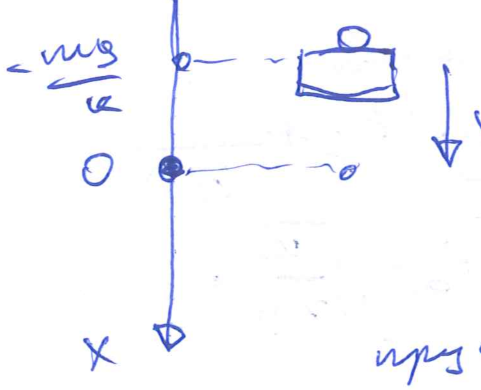
$$\Rightarrow \frac{\dot{x}(0)}{x(0)} = \sqrt{\frac{k}{2m}}\,\mathrm{ctg}\,\varphi_0$$

$$\mathrm{ctg}\,\varphi_0 = \frac{V_0}{-\frac{mg}{k}}\cdot\sqrt{\frac{2m}{k}} = \frac{\sqrt{\frac{g h_{max}}{2}}\cdot k}{-mg}\cdot\sqrt{\frac{2m}{k}} = -\sqrt{\frac{h_{max}\cdot k}{mg}}$$

$\Rightarrow$

Чистовик: №1 продолжение

Найдём ск-ть в момент прохода п. равновесия из З.С.Э для системы пружина+шарик+брусок:



~~$П_0+К_0 = П_м+К_м \Leftrightarrow 2mg\cdot\frac{mg}{k}+\frac{2mV_0^2}{2}+\frac{k\cdot\left(\frac{mg}{k}\right)^2}{2} = \frac{2m\cdot V_m^2}{2}+\frac{k\cdot\Delta l^2}{2}$~~

$$П_0+К_0 = П_м+К_м \Leftrightarrow$$

деформ. в t=0

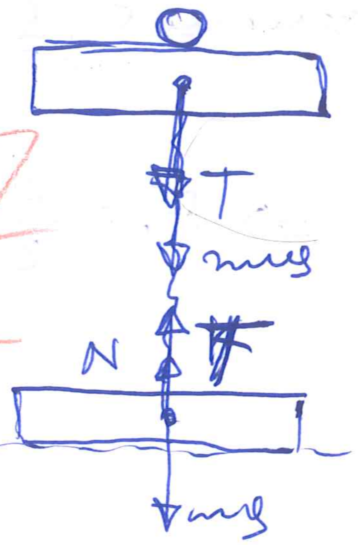
$$\frac{2mV_0^2}{2}+2mg\cdot\frac{mg}{k}+\frac{k\cdot\left(\frac{mg}{k}\right)^2}{2} = \frac{2m\cdot V_m^2}{2}+\frac{k\cdot\left(\frac{2mg}{k}\right)^2}{2}$$

деформ. в п.р.

$$mV_0^2+\frac{5}{2}\frac{m^2g^2}{k} = mV_m^2+2\frac{m^2g^2}{k}$$

$$\Rightarrow mV_m^2 = mV_0^2+\frac{m^2g^2}{2k}\Rightarrow$$

$V_m = \sqrt{V_0^2+\frac{mg^2}{2k}}$. Из соотн-я м/у V_m и a_m: $a_m = V_m\cdot\omega = \sqrt{V_0^2+\frac{mg^2}{2k}}\cdot\sqrt{\frac{k}{2m}} = \sqrt{\frac{V_0^2k}{2m}+\frac{g^2}{4}}$, $\omega=\sqrt{\frac{k}{2m}}$. Рассм-м силы в max точке подъёма:



Из II з-на: $T+2mg = 2ma_m$

$T+N-mg=0$

однако при h_{max}

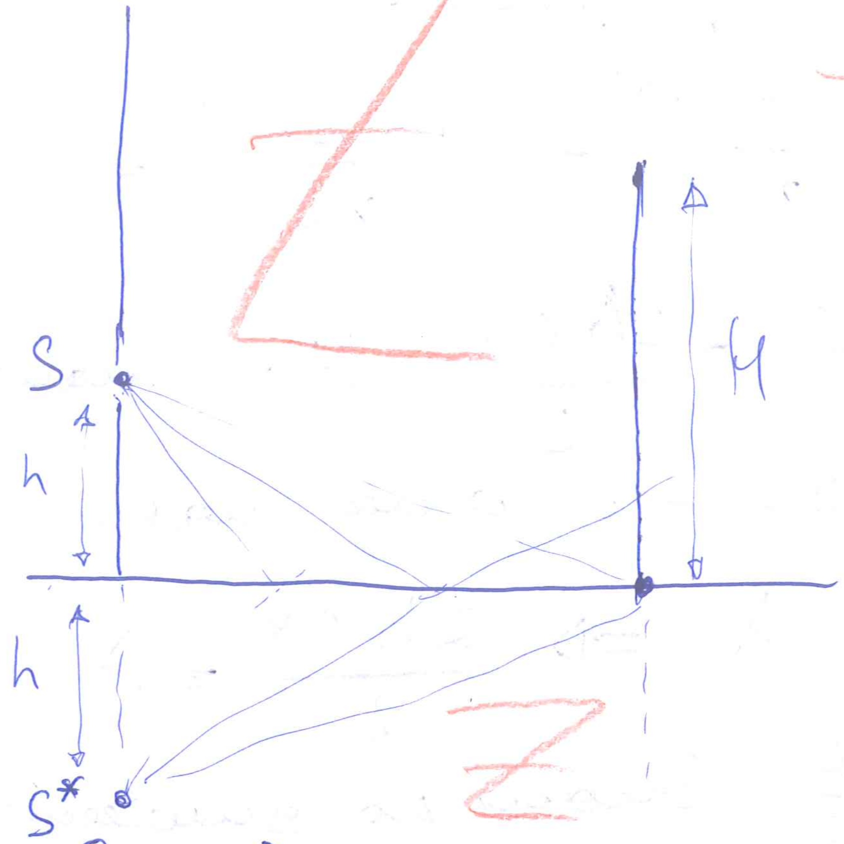
$N=0 \Rightarrow T=mg\Rightarrow$

$3mg = 2m\cdot a_m$

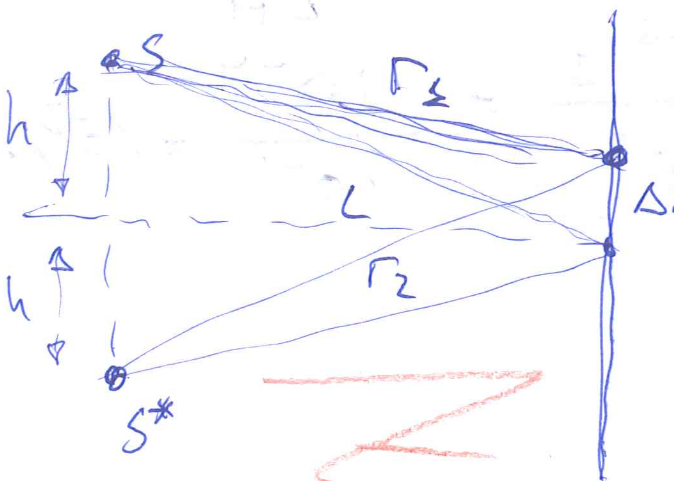
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

68-67-45-76
(3.9)

№5 Чистовик



Отражённые от зеркала лучи <=> лучи от изобр. S^*. Таким образом найдём Δx м/у последовательными максимумами изобр. на экране:



найдём оп. длины r_1 и r_2:

$$r_1 = \sqrt{L^2+(h-\Delta x)^2}$$

$$r_2 = \sqrt{L^2+(h+\Delta x)^2}$$

=> для $\varepsilon \ll 1$ верно $\sqrt{1+\varepsilon} \simeq 1+\frac{\varepsilon}{2}$. Поэтому:

$$r_1 = L\cdot\sqrt{1+\left(\frac{h-\Delta x}{L}\right)^2} = L\cdot\left(1+\frac{\left(\frac{h-\Delta x}{L}\right)^2}{2}\right)$$

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

$r_2 = L\left(1 + \left(\frac{h+\Delta x}{L}\right)^2/2\right)$. Тогда:

$r_2 - r_1 = \frac{(h+\Delta x)^2}{2L} - \frac{(h-\Delta x)^2}{2L} =$

$= \frac{4h\Delta x}{2L} = \frac{2h\Delta x}{L}$. По условию

но то чтобы эта точка max:

$r_2 - r_1 = \lambda \Rightarrow \frac{2h\Delta x}{L} = \lambda$

$\Delta x = \frac{\lambda L}{2h}$. Знаем по условию

кол-во полос $N = \frac{H}{\Delta x} \Rightarrow$

$N = \frac{2hH}{\lambda L} \Rightarrow h = \frac{N\lambda L}{2H} =$

$= \frac{200 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = \frac{10^{-4}}{10^{-1}} = \boxed{10^{-3} м}$

$= \boxed{1 мм}$.

+