Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21200187**

ID профиля: **359716**

Вариант 1

4) $H - \frac{a_y T^2}{2} = 0$ – условие падения шара

$$T = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{3}{5}g}} = \sqrt{\frac{10H}{3g}}$$

Ответ: $tg\,\beta = 2$;

$a_y = \frac{3}{5}g$;

$\frac{m}{M} = 3$;

$T = \sqrt{\frac{10H}{3g}}$

4) $H - \frac{a_y T^2}{2} = 0$ - условие падения шара

$$T = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{3}{5}g}} = \sqrt{\frac{10H}{3g}}$$

Ответ: $tg\,\beta = 2$;

$a_y = \frac{3}{5}g$;

$\frac{m}{M} = 3$;

$T = \sqrt{\frac{10H}{3g}}$

№ 1

Дано: H

$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$\cos\alpha(t) = const$

β - ?

β - угол ускорения шара к горизонту

$a_к$ - ?

$a_к$ - ускорение клина

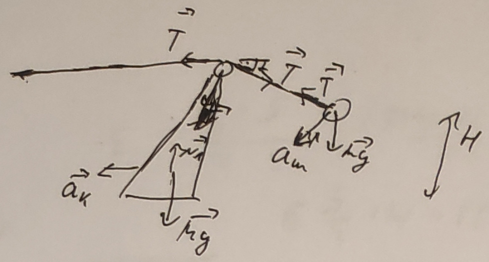
$\frac{m}{M}$ - ?

m - масса шара

M - масса клина

T - ?

T - время когда шар упадет



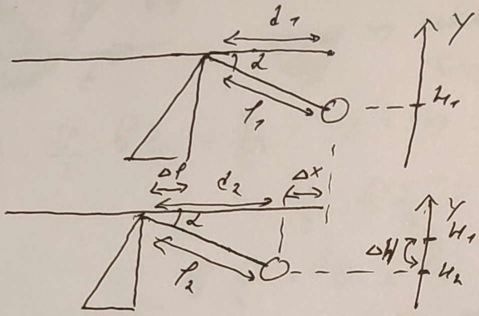
$\cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow$

$\Rightarrow \sin\alpha = \frac{4}{5}$,

$tg\,\alpha = \frac{4}{3}$

$ctg\,\alpha = \frac{3}{4}$

1) Рассмотрим ~~такую~~ две ситуации через небольшой промежуток ~~времени~~ времени:



Тогда: $\frac{d_1}{H_1} = \frac{3}{4} = ctg\,\alpha$

$\frac{l_1}{H_1} = \frac{1}{\sin\alpha} = \frac{5}{4}$

$H_2 = H_1 + \Delta H$

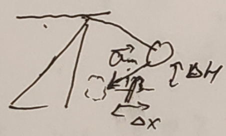
$l_2 = l_1 + \Delta l$

$d_2 = d_1 + \Delta l - \Delta x$

$\frac{d_2}{l_2} = \cos\alpha = \frac{3}{5}$

$\frac{H_2}{l_2} = \sin\alpha = \frac{4}{5}$

Поскольку начальной скорости нет, вектор ускорения совпадает с вектором перемещения



$tg\,\beta = \frac{\Delta H}{\Delta x}$

Из системы следует: $\frac{H_2}{l_2} = \frac{H_1+\Delta H}{l_1+\Delta l} = \frac{H_1+\Delta H}{\frac{5}{4}H_1+\Delta l} = \frac{4}{5} \Rightarrow \Delta H = \frac{4}{5}\Delta l$

~~Также~~: $\frac{d_2}{l_2} = \frac{d_1+\Delta l-\Delta x}{l_1+\Delta l} = \frac{d_1+\Delta l-\Delta x}{\frac{5}{3}l_1+\Delta l} = \frac{3}{5} \Rightarrow 3\Delta l = 5(\Delta l - \Delta x) \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta x = \frac{2}{5}\Delta l$

Тогда: $tg\,\beta = \frac{\Delta H}{\Delta x} = \frac{\frac{4}{5}\Delta l}{\frac{2}{5}\Delta l} = 2$

$\cos\beta = \frac{1}{\sqrt{5}}$

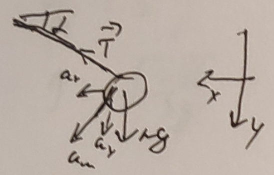
$\sin\beta = \frac{2}{\sqrt{5}}$

Чистовик Лист 2 из 5

~~[illegible]~~ У клина вектор перемещения ~~перемещения~~ ~~[illegible]~~ сонаправлен с векторами ускорения $\Rightarrow \dfrac{a_к}{a_ш} = \dfrac{\Delta l}{\Delta r} = \dfrac{\Delta l}{\sqrt{\Delta H^2 + \Delta x^2}} = \dfrac{\Delta l}{\sqrt{\frac{16}{25}\Delta l^2 + \frac{4}{25}\Delta l^2}} =$

$= \dfrac{1}{\frac{\sqrt{20}}{25}} = \dfrac{5}{2\sqrt5} = \dfrac{\sqrt5}{2}$, где Δr - перемещение шара;

$a_ш$ - ускорение шара (1)



$mg - T\sin\alpha = m a_y \Rightarrow a_y = \dfrac{mg - T\sin\alpha}{m}$

~~[illegible]~~ $T\cos\alpha = m a_x \Rightarrow a_x = \dfrac{T\cos\alpha}{m}$

$a_y = 2a_x$, т.к. $\dfrac{\Delta H}{\Delta x} = 2$

$\dfrac{mg - T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = 2$

$mg - T \cdot \frac{4}{5} = 2T \cdot \frac{3}{5}$

$mg = 2T \Rightarrow T = \frac{mg}{2}$

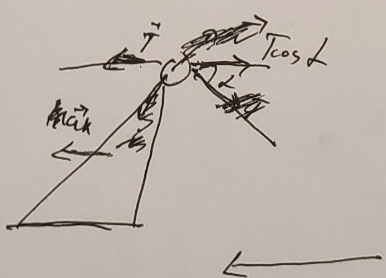
Подставим в закон Ньютона: $mg - \frac{mg}{2} \cdot \frac{4}{5} = m a_y$

$g - \frac{2}{5} g = a_y \Rightarrow a_y = \frac{3}{5} g$

$a_ш = a_y \cdot \sin\beta = \frac{3}{5} g \cdot \frac{2}{\sqrt5}$

Подставим в (1): $a_к = a_ш \cdot \frac{\sqrt5}{2} = \frac{3}{5} g \cdot \frac{2}{\sqrt5} \cdot \frac{\sqrt5}{2} = \frac{3}{5} g$

3) рассмотрим силу, действующую на ~~[illegible]~~ клин по оси Ox



$T - T\cos\alpha = M a_к$

$\frac{mg}{2}(1 - \cos\alpha) = M \cdot \frac{3}{5} g$

$\frac{m}{M} = \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{(1-\cos\alpha)} = \frac{3 \cdot 2}{5 \cdot \frac{2}{5}} = 3$

Чистовик

4) $H - \frac{a_y T^2}{2} = 0$ – условие падения шара

$T = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{3}{5}g}} = \sqrt{\frac{10H}{3g}}$

Ответ: $\operatorname{tg}\beta = 2$;

$a_y = \frac{3}{5}g$;

$\frac{m}{M} = 3$;

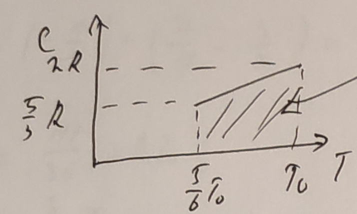
$T = \sqrt{\frac{10H}{3g}}$

Чистовик Лист 4 из 5

№2 $i = 3$, He
ν
T_0
$C(T) = 2R\frac{T}{T_0}$

Q_1 - ?
T_2 - ?
$A_{Г min}$ - ?

T_2 - температура, при которой достигается минимальная работа газа



$\frac{Q}{\nu}$ = площадь под графиком

1) $Q_1 = -\nu \cdot 2R \cdot \frac{(\frac{5}{6}T_0 + T_0):2}{T_0} \cdot (\frac{5}{6}T_0 - T_0) =$

$= \nu \cdot \cancel{2}R \cdot \frac{11}{6} \cdot \frac{1}{6}T_0 = \frac{11}{36}\nu R T_0$

2) ~~[illegible]~~ Для любого процесса, ~~[illegible]~~ идущего от T_0 до $T_к$, где $T_к$ - произвольная ~~конечная~~ конечная температура процесса,

$Q = \nu \cdot 2R \cdot \frac{(T_к + T_0):2}{T_0} \cdot (T_к - T_0)$

Выразим минимальную работу газа, $T_к = T_2$, $T_2 < T_0$

$A_{Г min} = Q - \Delta U = \nu \cdot R \cdot \frac{T_2 + T_0}{T_0} \cdot (T_2 - T_0) - \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_0)$

$A_{Г min} = \nu R \cdot (T_2 - T_0) \cdot \left(\frac{T_2 + T_0}{T_0} - \frac{3}{2}\right)$

Пусть $\frac{T_2}{T_0} = n$, $n < 1$

$A_{Г min} = \nu R \cdot (nT_0 - T_0) \cdot \left(\frac{nT_0 + T_0}{T_0} - \frac{3}{2}\right)$

$A_{Г min} = \nu R T_0 (n-1) \cdot \left(\frac{n}{1} + \frac{1}{1} - \frac{3}{2}\right)$

$A_{Г min} = \nu R T_0 (n-1)(n - 0{,}5)$

Возьмем производную и приравняем к 0:

$A'_{Г min} = \nu R T_0 \cdot ((n-1) \cdot (n - 0{,}5))'$

$((n-1) \cdot (n-0{,}5))' = 0$

~~[illegible]~~ $(n-1)' \cdot (n-0{,}5) + (n-1) \cdot (n-0{,}5)' = 0$

$n - 0{,}5 + n - 1 = 0$

$2n = 1{,}5$

$n = \frac{3}{4}$

Чистовик

Лист 5 из 5

$$\frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{4} \Rightarrow T_2 = \frac{3}{4} T_0$$

3) $A_{min} = \nu R\, T_0 \cdot \left(\frac{3}{4} T_0 - T_0\right) \cdot \left(\frac{\frac{3}{4} T_0 + T_0}{T_0} - \frac{3}{2}\right) =$

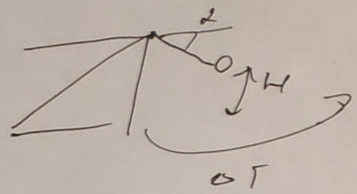
$= \nu R T_0 \cdot \left(-\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{7}{4} - \frac{3}{2}\right) = -\frac{\nu R T_0}{4} \cdot \frac{1}{4} = -\frac{\nu R T_0}{16}$

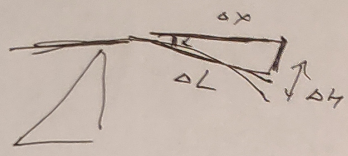
Ответ: $Q_1 = \frac{11}{36} \nu R T_0$;

$T_2 = \frac{3}{4} T_0$;

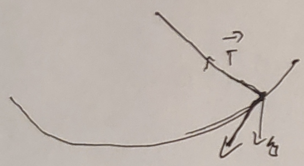
$A_{min} = -\frac{\nu R T_0}{16}$.

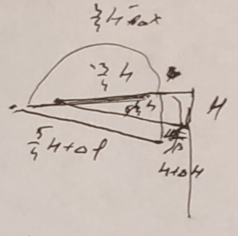
Черновик

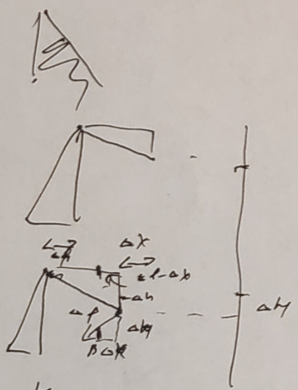




$\sin\alpha = \frac{4}{5}$







$\frac{\Delta H}{\Delta l} = \frac{4}{5}$

$\frac{l - \Delta x}{l} = \frac{3}{5}$

$2\Delta l = 5\Delta x$

$\Delta x = \frac{2}{5}\Delta l$

$tg\,\alpha = \frac{\Delta x}{\Delta H} = \frac{\frac{2}{5}\Delta l}{\frac{4}{5}\Delta l} = \frac{1}{2}$

$\Delta H^2 + \Delta x^2 = \Delta l^2$

$\frac{?}{25} + \frac{?}{25} = \frac{4}{5}\Delta l^2$

$a_H = \frac{5}{4} a_p$

$\frac{\Delta H}{\Delta x} = 2x$

$\frac{H + \Delta H}{\frac{5}{4}H + \Delta l} = \frac{4}{5}$

$5H + 5\Delta H = \cancel{4\Delta x}\ 5H + 4\Delta l$

$5\Delta H = 4\Delta l$

$\frac{\frac{3}{4}H + \Delta x}{\frac{5}{4}H + \Delta l} = \frac{3}{5}$

$\frac{15}{4}H + 5\Delta x =$

$mg\ \frac{\Delta H}{\Delta t} = \frac{mg - T_y}{T_x} = 2$

$mg - \frac{4}{5}T = \frac{6}{5}T$

$mg = 2T$

$mg - \frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5}T_y = m a_y$

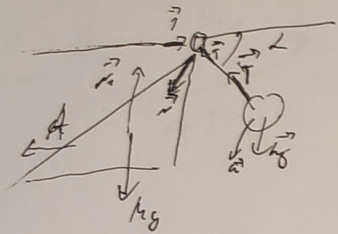
$a_p = g\left(1 - \frac{2}{5}\right)$

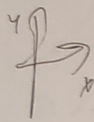
$a_0 = \frac{\sqrt{5}}{2} a_y$

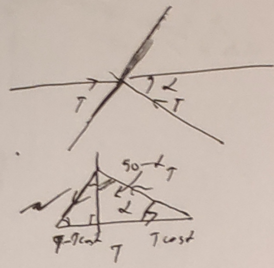
$a_x =$

21200187 (U359716 M1263827)

Черновик







$N_x = Ma_{x\,n}$

$mg - T_y = ma_y \approx 0$

$T_x = ma_x \approx 0$

$v^2 = 2T^2 - 2\cos\alpha \cdot T^2 =$

$= 2T^2(1-\cos\alpha)$

$2T^2 \cdot \frac{4}{5}$

$v = \frac{2T}{\sqrt{5}}$

$\Delta Q = \Delta A + \Delta U$

$\Delta Q = C_{(T)} \cdot \nu \cdot \Delta T$

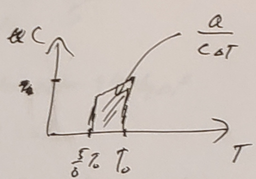
$\Delta A = ?$

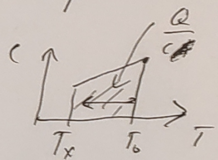
$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$\Delta A = \Delta Q - \Delta U = (C_T - \frac{3}{2}R)\nu\Delta T$

$\Delta Q(T_0 \to \frac{5}{6}T_0) = C_T \nu \Delta T \frac{1}{6}T$

$2R\frac{\frac{(\frac{5}{6}+1)T_0}{2}}{T_0} = R \cdot \frac{11}{6}$





$\Delta Q = \frac{11}{6}R \cdot \nu \cdot \frac{1}{6}T_0 = \frac{11}{36}R\nu T_0$

$A_T = Q - \Delta U = 2R\frac{\left(\frac{T_x+T_0}{2}\right)}{T_0} \cdot \nu(T_x - T_0) - \frac{3}{2}\nu R(T_x - T_0)$

$A_T = \left(R\frac{T_x+T_0}{T} - \frac{3}{2}R\right) \cdot \nu(T_x - T_0)$ $\quad T_x = nT_0$

$A_T = R\nu\left(\frac{T_x+T_0}{T_0} - \frac{3}{2}\right)(T_x - T_0)$

$A_T = R\nu\left(\frac{nT_0+T_0}{T_0} - 2\right)(nT_0 - T_0)$

$A_T = R\nu T_0\left(\frac{n+1}{1} - \frac{3}{2}\right)(n-1) \quad n<1$

$A_T' = \left(\frac{n+1}{1} - \frac{3}{2}\right)' \cdot (n-1) + \left(\frac{n+1}{1} - \frac{3}{2}\right)(n-1)' = n - 1 + \frac{n}{1} + \frac{1}{1} - \frac{3}{2} = 2n - \frac{3}{2}$

$n - \frac{3}{4} = 0$

$n = \frac{3}{4} \quad T_x = \frac{3}{4}T_0$

$A_T = \left(R\frac{\frac{3}{4}T_0 + T_0}{T_0} - \frac{3}{2}R\right) \cdot \nu \cdot \left(\frac{3}{4}T_0 - T_0\right) =$

$= \left(R \cdot \frac{7}{4} - \frac{3}{2}R\right)\nu \cdot \frac{1}{4}T_0 =$

$= R \cdot \frac{1}{4}\nu \cdot \frac{1}{4}T_0 =$

$= -\frac{1}{16}\nu R T$

Чистовик

~~Алл~~

№ 2

Дано: ν

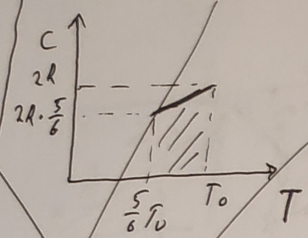
$C(T) = 2R\frac{T}{T_0}$

T_0

Найти: Q_1

T_2 - T, при которой газ совершил min работу

$A_{\Gamma min}$



1) Заметим, что $\frac{Q}{\nu}$ для любого процесса будет равно площади под графиком $C(T)$

$$Q_{1пол} = \nu \cdot 2R \cdot \frac{\left(\frac{5}{6}T_0 + T_0\right):2}{T_0} \cdot \left(\frac{5}{6}T_0 - T_0\right)$$

$$Q_1 = -Q_{пол} = \nu \cdot R \cdot \left(\frac{\frac{5}{6}T_0 + T_0}{T_0}\right) \cdot \left(T_0 - \frac{5}{6}T_0\right),$$

где $Q_{пол}$ - тепло, полученное газом в этом процессе

$$\frac{2R + \frac{5}{3}R}{2} =$$

$= R \cdot$

Черновик

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200187**

ID профиля: **359716**

Вариант 1

Чистовик

№3

$\mathcal{E}$

$C_1 = 2C$

$C_2 = C$

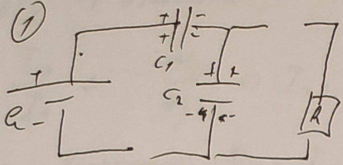
R

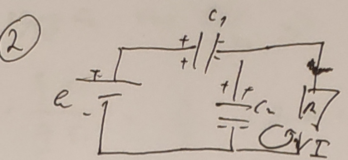
I_0

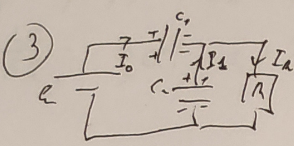
$I - ?$

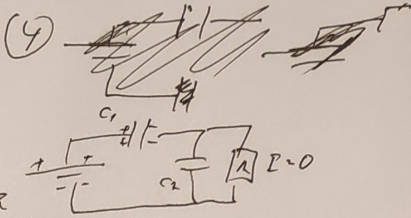
$Q - ?$

$I_R - ?$

①


②


③


④


1) Для ~~картинки~~ схемы ②:

$-IR = -U_{c_2}$

$I = \frac{U_{c_2}}{R}$

Из схемы ①: $\mathcal{E} - U_{c_1} - U_{c_2} = 0$

ЗСЗ: $U_{c_1} \cdot C_1 = U_{c_2} \cdot C_2 \Rightarrow U_{c_2} = 2U_{c_1}$ $\Big\} \Rightarrow U_{c_2} = \frac{2}{3}\mathcal{E}$, $U_{c_1} = \frac{1}{3}\mathcal{E}$

$I = \frac{U_{c_2}}{R} = \frac{2\mathcal{E}}{3R}$

2) Для схемы 1: $W_{C1} = \frac{C_1 U_{c_1}^2}{2} + \frac{C_2 U_{c_2}^2}{2} = \frac{2C \cdot \mathcal{E}^2}{2 \cdot 9} + \frac{C \cdot 4\mathcal{E}^2}{2 \cdot 9} =$

$= \frac{C\mathcal{E}^2}{18}(2+4) = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}$

$q_1 = U_{c_1} \cdot C_1 = \frac{\mathcal{E}}{3} \cdot 2C = \frac{2}{3}\mathcal{E}C$

Для схемы 4: $W_{C4} = \frac{C_1 U_4^2}{2}$, $U_4 = \mathcal{E}$ $\Big\} \Rightarrow W_{C4} = \frac{2C\mathcal{E}^2}{2} = C\mathcal{E}^2$

$q_4 = U_4 C_1 = \mathcal{E} \cdot 2C = 2\mathcal{E}C$

$A_{ист} = \Delta W_C + Q \Rightarrow Q = A_{ист} - \Delta W_C = \mathcal{E} \cdot (q_4 - q_1) - (W_{C4} - W_{C1}) =$

$= \mathcal{E} \cdot (2\mathcal{E}C - \frac{2}{3}\mathcal{E}C) - C\mathcal{E}^2 + \frac{\mathcal{E}^2 C}{3} = \frac{4}{3}C\mathcal{E}^2 - C\mathcal{E}^2 + \frac{C\mathcal{E}^2}{3} =$

$= \frac{2}{3}C\mathcal{E}^2$

3) Из схемы 1 в схему 4: $|\Delta q_1| = |q_4 - q_1| = \frac{4}{3}\mathcal{E}C$

$|\Delta q_2| = |C_2 \cdot U_{c_2} - 0| = \frac{2}{3}\mathcal{E}C$

$\frac{I_2}{I_1} =$ Поскольку эти изменения произошли за одинаковый промежуток времени, в любой момент...

Чистовик

... Ток через C_1 относится к току через C_2 как $\frac{\Delta q_1}{\Delta q_2}$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \frac{\Delta q_1}{\Delta q_2} \Rightarrow I_1 = I_0 \cdot \frac{\frac{2}{3}\varepsilon C}{\frac{4}{3}\varepsilon C} = \frac{I_0}{2}$$ (для схемы № 3)

по I пр-лу Кирхгофа: $I_R = I_0 + I_1 = 1{,}5\, I_0$

Ответ: $\frac{2\varepsilon}{3R}$; $\frac{2}{3}C\varepsilon^2$; $1{,}5\, I_0$

№4

B

L

$1: m; R$

$2: 2m; 2R$

S_0

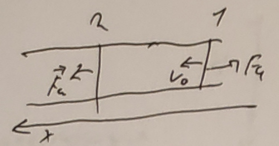
V_0

$a_{20} - ?$

$V_к - ?$

$S_к - ?$

1)

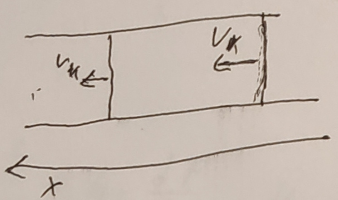


$$\begin{cases} F_a = 2m a_{20} \\ F_a = BIL \\ I = \frac{e_i}{R+2R} = \frac{e_i}{3R} \\ e_i = B \cdot \Delta S = BLV_0 \end{cases}$$

$$F_a = B \cdot \frac{BLV_0}{3R} \cdot L$$

$$a_{20} = \frac{B^2 L^2 V_0}{6mR}$$

2)



ЗСИ:

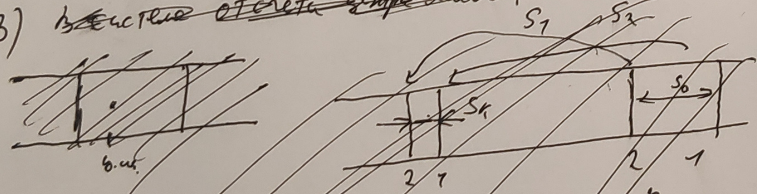
$$\begin{cases} F_a \Delta t = 2m(V_к - \cancel{0}0) = \Delta p_2 \\ -F_a \Delta t = m(V_к - V_0) = \Delta p_1 \end{cases}$$

$$2mV_к = m(V_0 - V_к)$$

$$3mV_к = mV_0$$

$$V_к = \frac{V_0}{3}$$

3) ~~в системе отсчета центра масс~~:



~~поскольку работу совершает только F_A:~~

~~$\Delta W_2 = A_{FA2}$~~

~~$\frac{2m\left(\frac{V_0}{3}\right)^2}{2} =$~~

Ответ: $a_{20} = \frac{B^2 L^2 V_0}{6mR}$

$V_к = \frac{V_0}{3}$

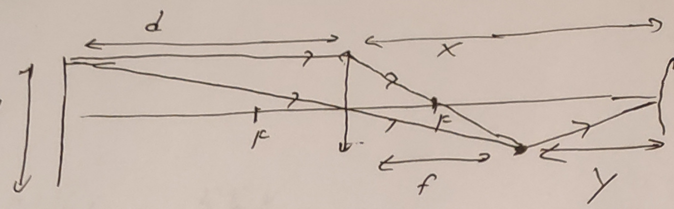
21200187 (U359716 M1263828)

Чистовик

№5

$H = 9$ см
$F = 9$ см
$d = 36$ см
$y = 24$ см ← аккомодация

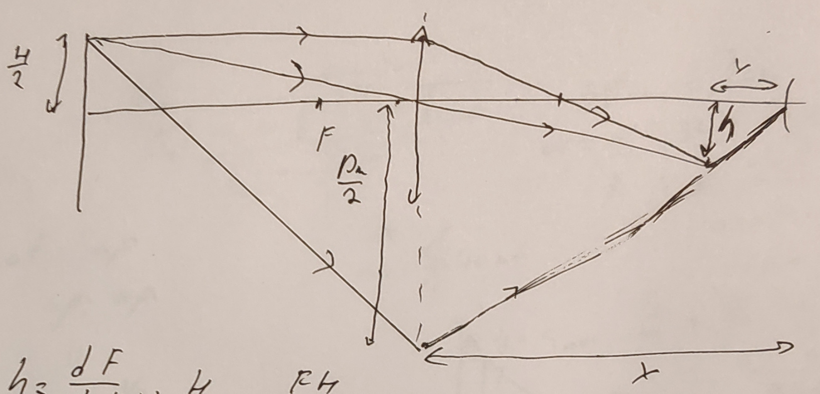
$x - ?$
$D_л - ?$
$S - ?$



1) $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{36 \cdot 9}{36-9} = \frac{36 \cdot 9}{27} = 12$ см

$x = f + y = \frac{dF}{d-F} + y = 36$ см

2)



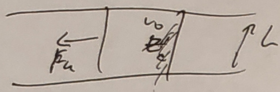
$\frac{h}{H/2} = \frac{f}{d} \Rightarrow h = \frac{dF}{(d-F)d} \frac{H}{2} = \frac{FH}{(d-F)2}$

$\frac{D_л/2}{h} = \frac{y}{x} \Rightarrow D_л = \frac{2hy}{x} = \frac{2FHy}{(d-F)2x} = \frac{FHy}{(d-F)\cdot(f+y)} = \frac{9 \cdot 9 \cdot 24}{(36-9) \cdot 36} =$

$= \frac{9 \cdot \cancel{9} \cdot \cancel{24}^{2}}{\cancel{27}_{3} \cdot \cancel{36}_{3}} = 2$ см

Ответ: $x = 36$ см;
$D_л = 2$ см

Черновик



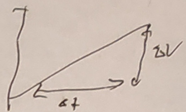
$F_A = BIL$

$I = \frac{\mathcal{E}_i}{3R}$

$\mathcal{E}_i = B\Delta S \Rightarrow L\Delta V$

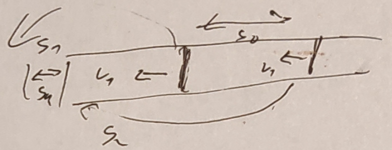
$F_A = \frac{B \, BLV_{отн}}{3R} L = \frac{B^2L^2V}{3R}$

$F_A =$



$F_{A1} = F_{A2}$

BIL



$\Delta W_{кин} = A_{всех}$

$\Delta V = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{3mV_0^2}{2 \cdot 3} = \frac{mV_0^2}{3}$

$A = F_A \cdot (\Delta S_1 + \Delta S_2)$

$\Delta S_1 + \Delta S_2 = \Delta S$

$S_k = S_0 - \Delta S$

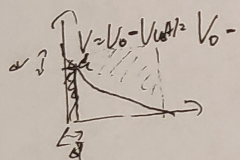
$F_A \Delta t = \Delta p$

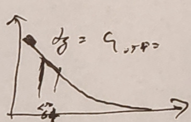
$\Delta p_1 = \Delta p_2$

$\Downarrow$

$V_1 = \frac{?}{3} V_0$

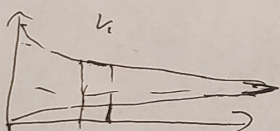
$\Delta S = \sum V_{отн} \Delta t$





$\frac{F_A}{2m} + \frac{F_A}{m} = \frac{3F_A}{2m} = \frac{B^2L^2V_{отн}}{2mR}$

$\frac{(V + V - \Delta V)}{2} \cdot \Delta t$

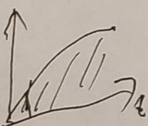


$\frac{(V - \Delta V) + V}{2} \cdot \Delta t =$

$= V\Delta t - \frac{\Delta V \Delta t}{2} =$

$= V_0\Delta t - \frac{B^2L^2V_{отн}\Delta t^2}{4mR}$

$V\Delta t$



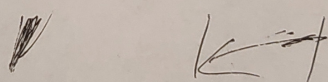
$\Delta W_1 = AF_A$

$\Delta W_2 = AF_A$

$\frac{\Delta V \cdot \Delta t}{2}$

$\int_0^{T_{отн}} V_0 t + \frac{a\Delta t^2}{2} \Delta t =$

$\Delta W_1 = \frac{2m \cdot V_0^2}{2 \cdot 3} =$



$=$