Часть 1

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

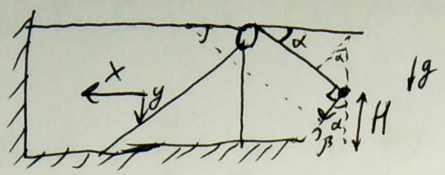
Шифр: **21203735**

ID профиля: **853774**

Вариант 3

Чистовик

№1



$\cos\alpha = 5/13$

$\sin\alpha = \frac{12}{13}$

1) т.к. угол м/у нитью и горизонталью не меняется, получается, что наклонная часть нити переносится паралельно самой себе (см. рис) => результирующая скорость и, соответственно, ускорение направлено ⊥ нити.

$\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha$ (из геом. рисунка) $\sin\beta = \cos\alpha = \frac{5}{13}$;

2) $m a_ш = mg\cos\alpha \Rightarrow a_ш = g\cos\alpha$

т.к. нить как бы переносится параллельно самой себе =>
ускорение вершины клина (а соответственно и клина) по x равно ускорению шара по x:

$a_{шx} = a_к = a_ш \cdot \cos\beta = a_ш \cdot \sin\alpha = g\sin\alpha\cos\alpha = g\frac{12\cdot 5}{13^2} = g\frac{60}{169}$

3) $Ma_к = T - T\cos\alpha = T(1-\cos\alpha)$

$T = mg\sin\alpha$ 3. Н для клина и шара (учтено, $a_ш \perp$ нити)

$Ma_к = mg\sin\alpha(1-\cos\alpha) = M g\sin\alpha\cos\alpha$

$\frac{m}{M} = \frac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{5}{8}$;

4) $\frac{a_{шy} t^2}{2} = H \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_{шy}}} = \sqrt{\frac{2H}{g\cos^2\alpha}} = \frac{13}{5}\sqrt{\frac{2H}{g}}$;

Чистовик

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

1) Нагреваясь с $\frac{3}{5}T_0$ до T_0 газ получил по модулю то же тепло, что отдал в обратном процессе:

$dQ=\nu C(T)dT$

$Q=\int\limits_{\frac{3}{5}T_0}^{T_0}\nu C(T)dT=\frac{\nu 3R}{T_0}\int\limits_{\frac{3}{5}T_0}^{T_0}TdT=\frac{\nu 3R}{T_0}\frac{T_0^2}{2}\overbrace{\left(1-\frac{9}{25}\right)}^{\frac{16}{25}}=\frac{\nu R T_0\, 24}{25}$

(т.к. $\int x dx=\frac{x^2}{2}+C$)

2) В процессе охлаждение $dA=|dU|-|dQ|$

$dA=-\frac{i}{2}\nu R dT+\frac{\nu 3R}{T_0}TdT$

$A(T)=\frac{i}{2}\nu R\int\limits_{T}^{T_0}dT-\frac{\nu 3R}{T_0}\int\limits_{T}^{T_0}TdT=$

$=\frac{i}{2}\nu R(T_0-T)-\frac{3\nu R}{T_0}\frac{(T_0^2-T^2)}{2}=\frac{\nu R}{2T_0}\left(iT_0^2-iTT_0-3T_0^2+3T^2\right)=$

$=\frac{\nu R}{2T_0}\left(3T^2-iT_0T+(i-3)T_0^2\right)$

Парабола ветвями вверх A_{min} в точке $T=\frac{iT_0}{6}=\frac{T_0}{2}$

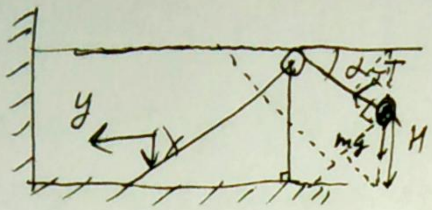
3) $A\left(\frac{T_0}{2}\right)=\frac{\nu R}{2T_0}\left(3\left(\frac{T_0}{2}\right)^2-iT_0\frac{T_0}{2}+(i-3)T_0^2\right)=$

$=\frac{\nu R}{2T_0}\left(\frac{3}{4}T_0^2-\frac{3}{2}T_0^2\right)=\frac{\nu R T_0}{2}\frac{-3}{4}=\frac{-3\nu R T_0}{8}$

Работа газа отрицательна, т.к. в какой-то момент это над ним начали совершать работу.

P.S. Формулировка в условии "газ совершил минимальную работу" воспринята мной так, как будто это ловушка, ведь у меня над газом совершилась работа. (поэтому-то $A(\frac{T_0}{2})$ у меня с минусом — работа газа отрицательна, т.К. над ним совершают работу).

№1



$\cos\alpha = 5/13$

$\sin\alpha = \dfrac{\sqrt{169-25}}{13} = \dfrac{12}{13}$

1) $\dfrac{\pi}{2} - \alpha$ – т.к. только тогда, когда шар движется перпендикулярно нити, угол между нитью и горизонталью сохраняется

$\sin\beta = \sin\left(\dfrac{\pi}{2} - \alpha\right) = \cos\alpha = \dfrac{5}{13}$;

2) (1) $M a_y = T - T\cos\alpha = T(1-\cos\alpha)$ з.Н. для клина

$T = mg \cancel{\cos\alpha} \sin\alpha$ (ускорение шара перпендикулярно нити)

$m a_ш = mg\cos\alpha$

т.к. нить движется параллельно самой себе:

$a_y = a_{шy} = a_ш \cos\beta = a_ш \dfrac{12}{13} = g\dfrac{12}{13}\cos\alpha$

3) $\overset{(1)\Rightarrow}{M} g \dfrac{12}{13}\cos\alpha = mg\sin\alpha(1-\cos\alpha)$

$\dfrac{m}{M} = \dfrac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha} = \dfrac{5}{8}$;

4) $\dfrac{a_{шx} t^2}{2} = H \Rightarrow t = \sqrt{\dfrac{2H}{a_{шx}}} = \sqrt{\dfrac{2H}{a_{шx}}} = \sqrt{\dfrac{2H}{g\cos^2\alpha}} = \dfrac{13}{5}\sqrt{\dfrac{2H}{g}}$

№2 $\nu, T_0, R, \ C(T)=3R\frac{T}{T_0}$ Черновик

$i=3;$

1) нагревали с $\frac{3}{5}T_0$ до $\frac{5}{5}T_0$ газ получает тоже тепло, которое отдает в обратном процессе?

$dQ=\nu C(T)dT$

$$Q=\int_{\frac{3}{5}T_0}^{T_0}\nu C(T)dT = \frac{\nu 3R}{T_0}\int_{\frac{3}{5}T_0}^{T_0} T dT = \frac{\nu 3R}{T_0}\ \frac{T^2}{2}\Big|_{\frac{3}{5}T_0}^{T_0} = \frac{3\cdot 16}{25}\nu R T_0 = \frac{48}{25}\nu R T_0$$

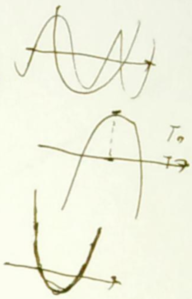
2) ~~$dQ=\nu C(T)$~~ $dQ=\nu C(T)dT = dU + dA$

$dA = \nu C(T)dT - dU = \nu 3R\frac{T}{T_0}dT - \frac{i}{2}\nu R\, dT$

$A(T) = \frac{\nu 3R}{T_0}(T_0^2 - T^2) - \frac{i}{2}\nu R(T_0 - T)$

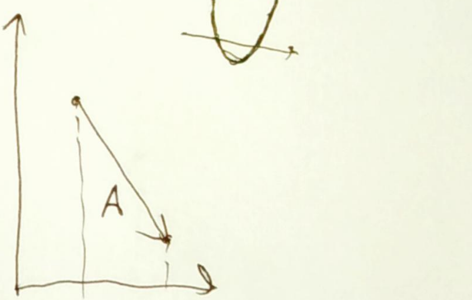
минимальная работа газа при нагревании соответствует минимальной при охлаждении.

парабола ветвями ~~вверх~~ вниз



$dQ = dU + dA$

$-C(T)\nu dT = -dU + dA$



$Ax^2 + bx + c = 0$

$f' = 2Ax + b = 0$

$x = \frac{-b}{2A}$

$-\Delta U = Q + A$

Проверка ΔU от $T_0/2$ до $T_0 = \frac{T_0}{2}\frac{3}{2}\nu R = \frac{3T_0\nu R}{4}$

$$Q = \int_{T_0/2}^{T_0}\frac{3R\nu}{T_0}T dT\ \ \frac{3R\nu}{T_0}\frac{1}{2}\left(T_0^2 - \frac{T_0^2}{4}\right) = \frac{3}{2}R\nu T_0\left(\frac{3}{4}\right) =$$

$$= \frac{9}{8}T_0\nu R$$

A (с $T_0/2$ до T_0) $= \frac{3}{8}\nu R T_0$ — положительна. в процессе нагревания

№2 ν, T_0 $C(T) = 3R\frac{T}{T_0}$ $R = 8{,}31 \frac{Дж}{К\cdot моль}$; $i = 3$

1) $T_0 \searrow \frac{3}{5}T_0$

$dQ = dU + dA = \nu C(t)dT$

$Q = \nu\int_{T_0}^{\frac{3}{5}T_0} 3\frac{RT}{T_0}dT = \nu 3R\frac{1}{T_0}\frac{T^2}{2}\Big|_{T_0}^{\frac{3}{5}T_0} = \nu 3R\frac{1}{T_0}\left(\frac{9}{25}T_0^2 \cancel{\frac{27}{25}} - \frac{25}{25}T_0^2\right) =$

$= -\frac{3\nu R}{T_0}\cdot\frac{16}{25}T_0^2 = -\frac{48}{25}\nu RT_0$ («−» указывает, что газ отдаёт тепло)

Ответ: отдаёт $|Q| = \frac{48}{25}\nu RT_0$

2) $+dQ = +\nu C(t)dT = dU + dA = \frac{i}{2}\nu R dT + dA$

$dA = (\nu C(t) - \frac{i}{2}\nu R)dT = (\nu R3\frac{T}{T_0} - \frac{i}{2}\nu R)dT$

$A = \cancel{\nu R3\frac{\Delta T}{2T_0}}\ 3R\nu\frac{T^2 - T_0^2}{2T_0} - \frac{i}{2}\nu RT =$

$= \frac{1}{2}\frac{R\nu}{T_0}(T^2 - T_0^2 - iTT_0)$

$T^2 - iT_0T - T_0^2 = 0$

$\cancel{D = (iT_0)^2 + 4T_0^2}$

T

1) $dQ = \nu C(t)dT$

$Q = \int_{\frac{3}{5}T_0}^{T_0} 3\nu R\frac{T}{T_0} = 3\nu R\frac{1}{T_0}\left(\frac{T_0^2}{2}\left(\frac{25-9}{25}\right)\right) = \frac{16}{25}3\nu RT_0 = \frac{\cancel{48}\,24}{25}\nu RT_0$

(столько Q газ получает при нагреве с $T_0\frac{3}{5}$ до T_0, столько же соответственно отдаёт в обратном процессе

2) $\nu C(t)dT = dU + dA$

$dA = \nu 3R\frac{T}{T_0}dT - \frac{i}{2}\nu R dT$

$A = \int_{\frac{3}{5}T}^{T_0}\nu 3R\frac{T}{T_0}dT - \int_{\frac{3}{5}T}^{T_0}\frac{i}{2}\nu R dT = \frac{\cancel{48}\,24}{25}\nu RT_0 - \frac{i}{2}\nu R\frac{2}{5}T_0 = \frac{\cancel{48}\,24 - 6\cdot 5}{50}\nu RT_0$ -6

№2

$$C(T) = 3R\frac{T}{T_0}, \quad R = 8{,}31 \ \frac{Дж}{К}$$

Часть 2

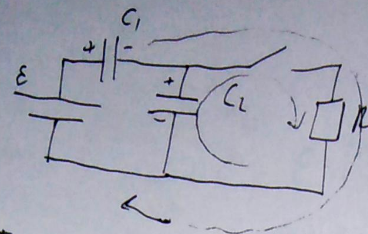
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21203735**

ID профиля: **853774**

Вариант 3

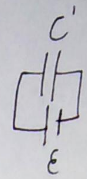
№3



$C_2 = C;\ C_1 = 4C;$

Чистовик

I когда разомкнут, эквивалентная цепь:



где $C' = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$

т.к. режим установился $\mathcal{E} = \frac{q}{C'} \Rightarrow q = \mathcal{E}C' = \mathcal{E}\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$

В исходной цепи конденсаторы соеденены последовательно $\Rightarrow q_1 = q_2 = q$

1) $IR = \mathcal{E} - \frac{q}{C_1} = \mathcal{E}\left(1 - \frac{C_2}{C_1+C_2}\right) = \mathcal{E}\frac{C_1}{C_1+C_2}$

$I = \frac{\mathcal{E}}{R}\frac{C_1}{C_1+C_2} = \frac{\mathcal{E}}{R}\frac{C}{C+4C} = \frac{1}{5}\frac{\mathcal{E}}{R}$

2) $\mathcal{E} = \frac{q_1'}{C_1} + IR$

$\frac{q_2'}{C_2} = IR$ // $Q = UIt = I^2Rt$

$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$

$A = \mathcal{E}\Delta q$ $\quad \Delta q = q - q_{конеч} = \mathcal{E}\frac{C_1C_2}{C_1+C_2} - C_1\mathcal{E} = \mathcal{E}\left(\frac{C_1C_2 - C_1^2 - C_1C_2}{C_1+C_2}\right) =$

$W_1 + W_2 + A = Q + W_1'$ $\quad = \mathcal{E}\frac{-C_1^2}{C_1+C_2}$

$|\Delta q| = \mathcal{E}\frac{C_1^2}{C_1+C_2}$

$Q = \frac{q^2}{2}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) + \mathcal{E}^2\frac{C_1^2}{C_1+C_2} - \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} = \frac{\mathcal{E}^2}{2}\frac{C_1^2C_2^2}{(C_1+C_2)^2}\cdot\frac{C_1+C_2}{C_1C_2} + \mathcal{E}^2\left(\frac{2C_1^2 - C_1^2 - C_2C_1}{2(C_1+C_2)}\right) =$

$= \frac{\mathcal{E}^2}{2}\left(\frac{C_1C_2}{C_1+C_2} + \frac{C_1^2 - C_2C_1}{C_1+C_2}\right) = \frac{\mathcal{E}^2}{2}\cdot\frac{C_1^2}{C_1+C_2} = \frac{\mathcal{E}^2}{2}\cdot\frac{C\cdot 16}{5}$

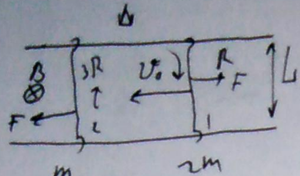
3) I_0; $\begin{cases} \mathcal{E} - IR = \frac{q_1'}{C_1} \\ \frac{q_2'}{C_2} = IR \end{cases}$ $\quad \mathcal{E}/dt = \frac{I_0}{C_1} - \frac{I'}{C_2}$ $\quad (\mathcal{E}/dt = 0)$

$I' = I_0\frac{C_2}{C_1} = \frac{I_0}{4}$

$\Rightarrow U_R = I_{нач}R = R\frac{5I_0}{4}$;

Чистовик

№4



$$\mathcal{E} = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = \frac{LvB\,dt}{dt} = LvB;$$

$$\mathcal{E}_0 = Lv_0B;$$

$$I_0 \cdot 4R = \mathcal{E}_0$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{4R}$$

1) $F = BLI = BL\frac{Lv_0B}{4R} = v_0\frac{B^2L^2}{4R}$, напр вправо;

$$2ma = v_0\frac{B^2L^2}{4R}$$

$$a = \frac{v_0}{2m}\cdot\frac{B^2L^2}{4R}$$

2) т.к на тело 1 и 2 действуют только силы Ампера направленные ~~влево~~ вправо и влево соответственно, то полный импульс сохранится.

$2mv_0 = 3mv \Rightarrow v = \frac{2}{3}v_0$ (перемычки в установившемся режиме двигутся с одинаковыми скоростями так $\frac{d\Phi}{dt} = 0$)

3) S_0;

$$\left.\begin{aligned} a_1 2m &= F(t) \\ a_2 m &= F(t) \end{aligned}\right\} 2a_1 = a_2;$$

$$\mathcal{E}(t) = LB(v_1 - v_2)$$

$$\left.\begin{aligned} v_1(t) &= v_0 - \int_0^t a_1(t)dt \\ v_2(t) &= 2\int_0^t a_1(t)dt \end{aligned}\right\} v_1(t) - v_2(t) = v_0 - 3\int_0^t a_1(t)dt$$

$a_1(t)$;

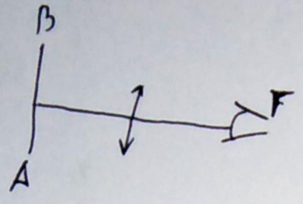
$$S(t) = S_0 - \int(v_1(t) - v_2(t))dt = S_0 - \int v_0 dt + \iint_0^t 3a_1(t)dt$$

$$a_1(t) = \frac{F(t)}{2m} = \frac{BLI(t)}{2m} = \frac{B^2L^2}{2m}\cdot\frac{\Delta v(t)}{4R} \quad // \Delta v(t) = v_1(t) - v_2(t)$$

↓ интегрируем:

$$\frac{1}{3}v_0 = \frac{B^2L^2}{2m}\frac{\Delta S}{4R} \Rightarrow \Delta S = \frac{8Rm}{3}\frac{v_0}{B^2L^2}$$

$$S_{конеч} = S - \Delta S = S - \frac{8Rm}{3}\frac{v_0}{B^2L^2}$$

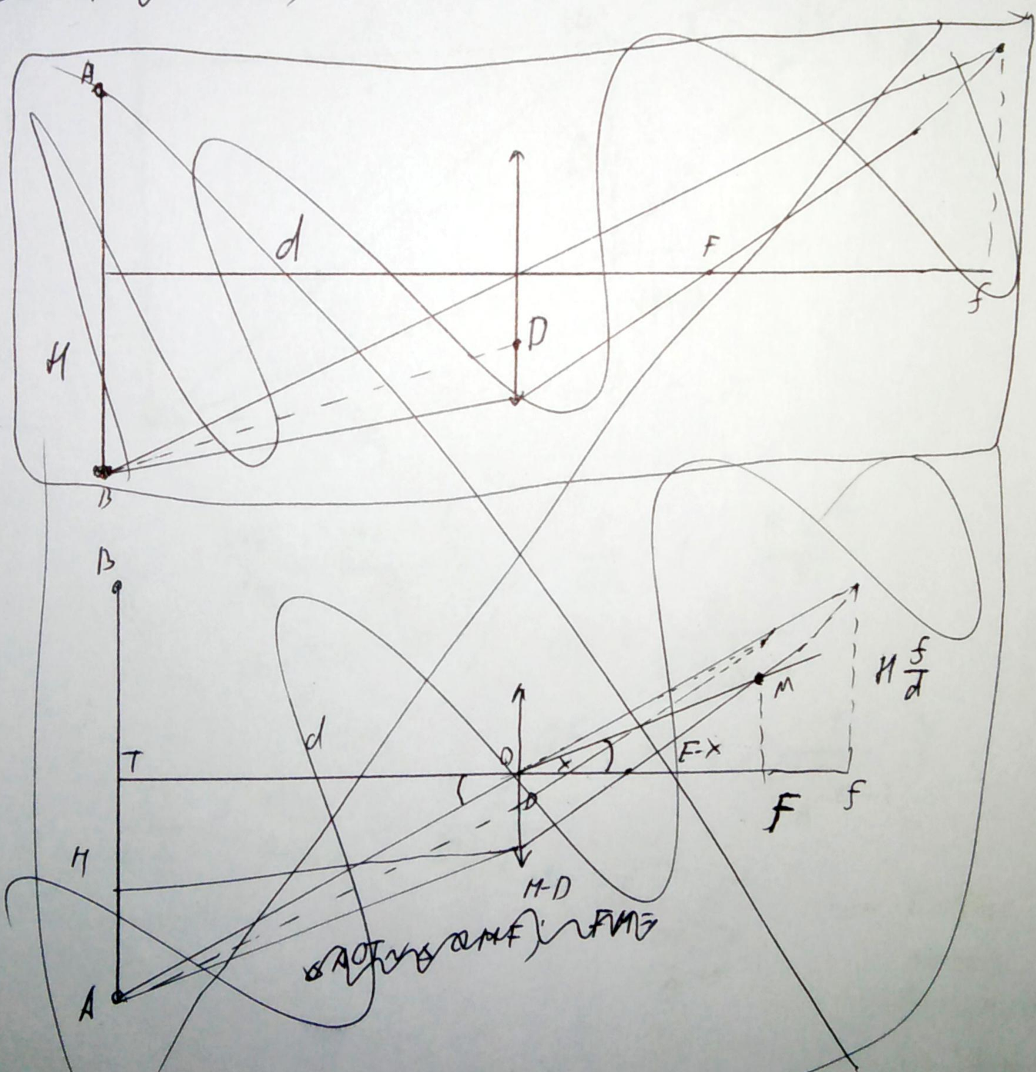
№5 

Чистовик

$F = 18$ см;
$H = 9$ см;
$d = 72$ см;
$A = 24$ см;

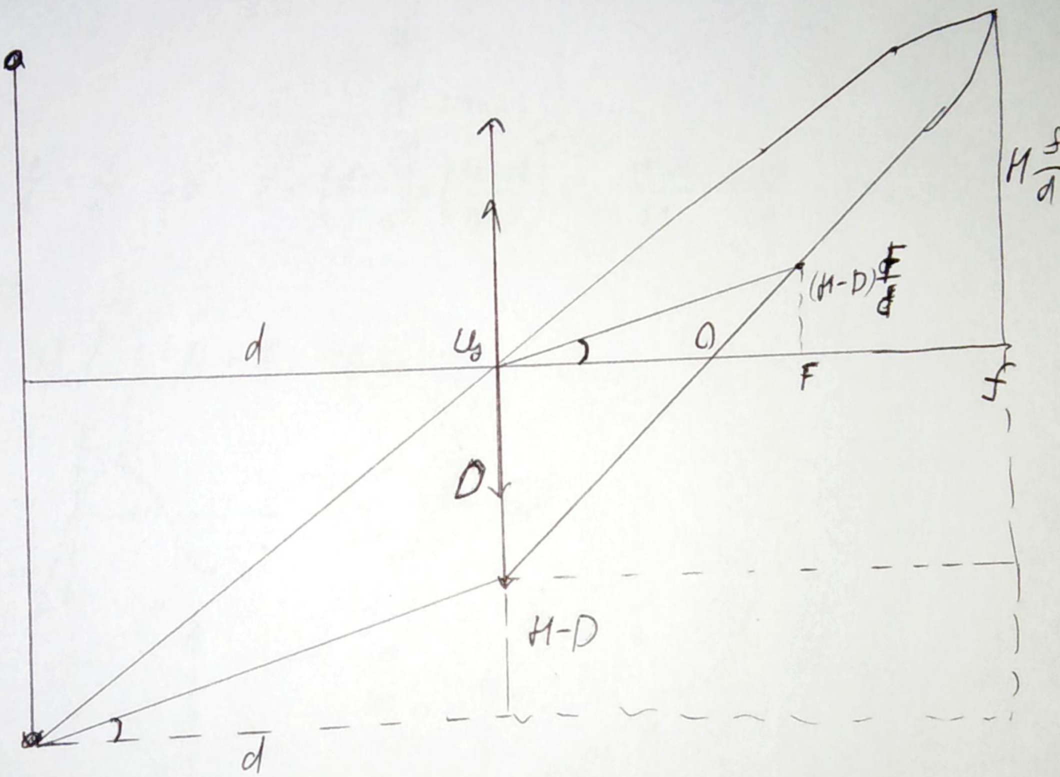
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F \cdot d}{d - F} = \frac{18 \cdot 72}{54} = 24 \text{ см}$$

1) $x = A + f = 48$ см;

2) 

Чистовик

№5 2)



$$\frac{OF}{OЦ} = \frac{(H-D)\frac{F}{d}}{D} \quad / \quad \frac{F}{OЦ} - 1 = \frac{(H-D)\frac{F}{d}}{D}$$

$$OF + OЦ = F \quad / \quad OЦ = \frac{F}{\frac{(H-D)\frac{F}{d}}{D} - 1}$$

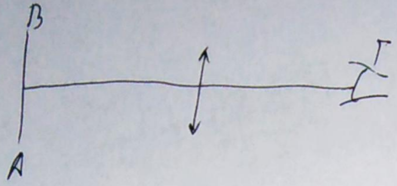
$$OF = F\left(1 - \frac{1}{\frac{(H-D)\frac{F}{d}}{D} - 1}\right)$$

$$\frac{D}{H\frac{f}{d}} = \frac{OЦ}{f - OЦ} = \frac{F}{\frac{(H-D)\frac{F}{d}}{D} - 1} \cdot \frac{1}{f - \frac{F}{\frac{(H-D)\frac{F}{d}}{D} - 1}}$$

$\Rightarrow$ отсюда можно выразить D_{min}

3) нет линзой к глазам, на $OЦ = \frac{F}{\frac{(H-D)\frac{F}{d}}{D} - 1}$

№5



$F = 18$ см;

$H = 9$ см;

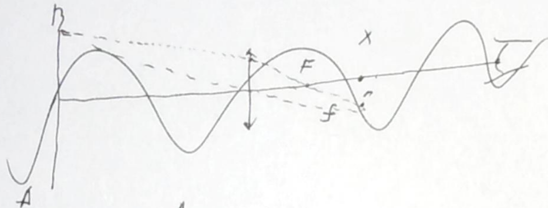
$d = 72$ см;

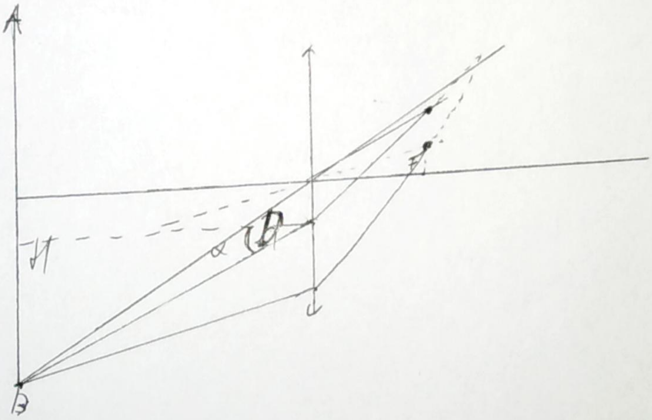
$A^* = 24$ см;

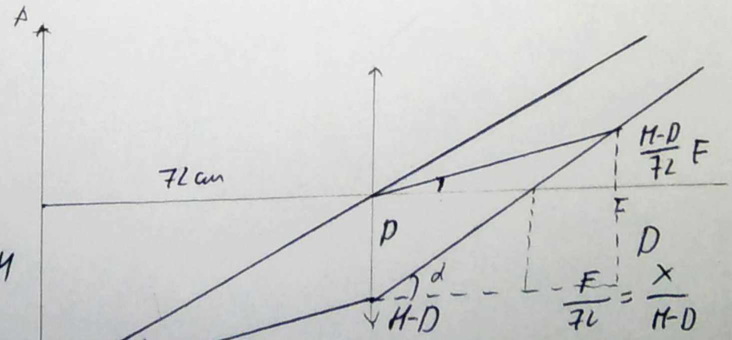
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \left(\frac{d-F}{F \cdot d}\right)^{-1} = \left(\frac{72-18}{18 \cdot 72}\right)^{-1} = \frac{18 \cdot 72}{54} = \frac{72}{3} = 24 \text{ см};$$

~~$f = d/2$~~

~~A~~ 1) $L = A + f = 48$ см;







$$\frac{F}{72} = \frac{x}{H-D}$$

$$x = \frac{H-D}{72}F$$

$$\frac{D + \frac{H-D}{72}F}{F} = \frac{H}{72}$$

$$D + \frac{HF}{72} - \frac{DF}{72} = \frac{FH}{72}$$

~~$D + \frac{H-D}{72} = HF \Rightarrow 72D = 72HF - H$~~ ~~$D = \frac{72HF - H}{72} =$~~

$$72D - DF = 0$$

$$a_1(t) = \frac{F(t)}{2m} = \frac{BLI(t)}{2m} = \frac{B^2L^2 \Delta v(t)}{2m\,4R}$$

$$\int a_1(t)\,dt = \frac{1}{3} v_0 ;$$

$$\int \Delta v(t)\,dt = \Delta S$$