Часть 1

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

Шифр: **21201739**

ID профиля: **810291**

Вариант 1

Участник

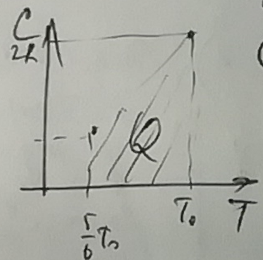
(2) Дано: ν, T_0, $c(T)=2R\frac{T}{T_0}$, R

Q_1 - ? ($T_0 \to \frac{5}{6}T_0$)

T (при A_{max}) - ?

A_{max} - ?

Решение:



$c(T_0)=2R\frac{T_0}{T_0}=2R$

$c(\frac{5}{6}T_0)=\frac{2R}{T_0}\cdot\frac{5}{6}T_0=\frac{5}{3}R$

$Q_1=\nu c_{ср}\Delta T=\nu\frac{c(T_0)+c(\frac{5}{6}T_0)}{2}\cdot\Delta T=$

$=\nu\cdot\frac{2R+\frac{5}{3}R}{2}\cdot\frac{1}{6}T_0=\frac{11}{36}\nu RT_0$

$\Delta Q=\nu cT=\frac{2\nu RT^2}{T_0}$; $\Delta Q=\Delta A+\Delta U$ (ΔQ, ΔA - малые работа и кол-во теплоты)

$\Delta A=\Delta Q-\Delta U=\frac{2\nu RT^2}{T_0}-\frac{3}{2}\nu RT \Rightarrow$

$\Rightarrow A'=\frac{4\nu RT}{T_0}-\frac{3}{2}\nu R=0$ - max $\Rightarrow T=\frac{\frac{3}{2}\nu R}{\frac{4\nu R}{T_0}}=\frac{3}{8}T_0$

$A_{max}=\int_{T_0}^{T}\left(\frac{2\nu RT^2}{T_0}-\frac{3}{2}\nu RT\right)dT=$

Ответ: 1) $Q_1=\frac{11}{36}\nu RT_0$

2) $T=\frac{3}{8}T_0$

Дано: T_0, ν, $C(T) = 2R\frac{T}{T_0}$

$Q_1 (T_0 \to \frac{5}{6}T_0)$ - ?

$Q = \nu C(T) \Delta T =$

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

$Q_{cp} = \frac{\nu C_{cp} \Delta T}{\cancel{2}} = \nu \cdot \frac{1}{6} T_0 \cdot \frac{\frac{2R}{T_0} \cdot \frac{11}{6} T_0}{2} = \frac{11 \nu R T_0}{18 \cdot 2}$

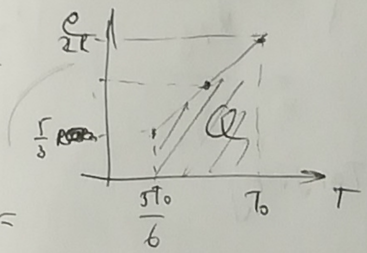
$C(T_0) = 2R$

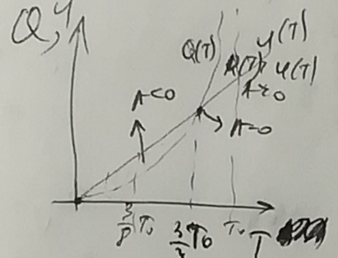
$C(\frac{5}{6}T_0) = \frac{2R}{T_0} \cdot \frac{5}{6} T_0 = \frac{5}{3}R$

$C_{cp} = \frac{2R + \frac{5}{3}R}{2} = \frac{11R}{6}$

$Q_{cp} = \nu C_{cp} \Delta T = \nu \cdot \frac{11R}{6} \cdot \frac{1}{6} T_0 =$

$\frac{11}{36} \nu R T_0$





$Q = A + \Delta U$

$A = Q - \Delta U$

$Q = \nu C T = \frac{2\nu R T^2}{T_0}$

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

$\frac{2\nu R T^2}{T_0} = \frac{3}{2}\nu R T$

$T = \frac{3}{4} T_0$

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

$A' = \frac{4\nu R T}{T_0} - \frac{3}{2}\nu R = 0$ - min

$\frac{4\nu R T}{T_0} = \frac{3}{2}\nu R$

$T = \frac{3}{8} T_0$

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

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

$= \frac{2 \cdot 9 \nu R}{8^3} T_0^2 - \frac{27}{4 \cdot 8^2}\nu R T_0^2 - \left(-\frac{1}{12}\nu R T_0^2\right) =$

$= \frac{1}{12}\nu R T_0^2 - \frac{36}{8^3}\nu R T_0^2 = \underline{20}$

8^3

$18 \cdot 4 = 36$

$64 \cdot 2 = 128$

$128 - 36 = 128 - 30 - 6 = 20$

$\frac{128}{7}$

Чистовик.

1 Дано: $\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$\alpha = const$; H

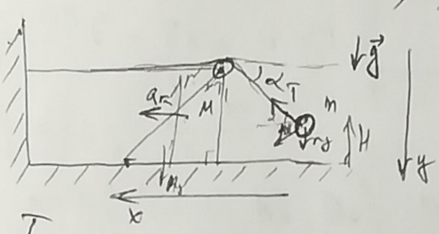
1) β (угол между $\vec{a}_{отн}$ и горизонтом) – ?

2) $a_к$ – ?

3) $\frac{m}{M}$ – ?

4) t – ?

Решение:



1) Для тела m: $\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}_m$

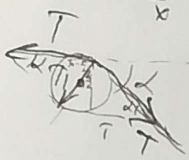
$x: T\cos\alpha = ma_x$

$y: mg - T\sin\alpha = ma_y$

$a_y = g$

Если $a_x = 0$, то $T = 0 \Rightarrow$ у клина не будет гориз. проекции силы T_1 и тогда он покоится, что противоречит условиям $\Rightarrow a_x \neq 0$; $a_y \neq g$.

Если $a_y = 0$, то тело, находясь изначально в состоянии покоя, будет двигаться горизонтально, что невозможно в данных условиях $\Rightarrow a_y \neq 0$



$T_1 = \sqrt{T^2 + T^2 - 2T \cdot T \cdot \cos\alpha} =$

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

$T \cdot 2/\sqrt{5}$

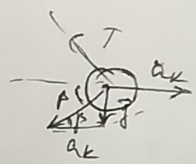
Т.к. шар подвешен на нерастяжимой нити, то он будет двигаться по окр. $\Rightarrow \beta = 90 - \alpha$

$\cos\beta = \cos(90-\alpha) = \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{4}{5}$

$(T = ma)$

$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{1-\cos\alpha}{2} = \frac{\frac{2}{5}}{2} = \frac{1}{5}$

2) В ИСО отн. клина:



$\frac{g}{a_к} = tg\beta = \frac{3}{4} \Rightarrow a_к = \frac{4}{3}g$

$\frac{g}{a} = \sin\beta = \frac{3}{5} \Rightarrow a = \frac{5}{3}g$

Для тела M:

$\vec{N} + M\vec{g} + \vec{T_1} = m\vec{a}_к$

$x: T_1 \sin\frac{\alpha}{2} = Ma_к$

$y: N - Mg - T_1\cos\frac{\alpha}{2} = 0$

$\Rightarrow T_1 = \frac{Ma_к}{\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{2T}{\sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}}ma \Rightarrow \frac{m}{M} = \frac{\sqrt{5}a_к}{2\sin\frac{\alpha}{2}a} = \frac{\sqrt{5}\cdot\frac{4}{3}g}{2\cdot\frac{1}{5}\cdot\frac{5}{3}g} = \frac{4\sqrt{5}}{2}$

4) $a_y = a\sin\beta = \frac{5}{3}g \cdot \frac{3}{5} = g$

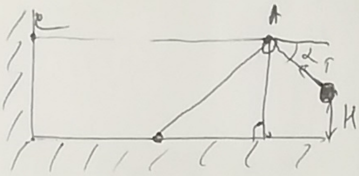
Ответ: $\cos\beta = \frac{4}{5}$; $a_к = \frac{4}{3}g$

$\frac{m}{M} = 2\sqrt{5}$.

21201739 (U810291 M1266646)

Черновик.

(1)

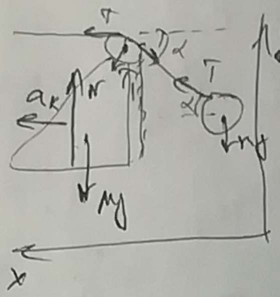


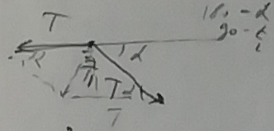
Дано: $\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$\alpha = const$; H

угол $a_{(шарика)}$?

$a_{(клина)}$?





$T_1^2 = T^2 + T^2 - 2T^2\cos\alpha =$

$= 2T^2(1-\cos\alpha) = \frac{4}{5}T^2$

$T_1 = \frac{2T}{\sqrt{5}}$

для ~~клина~~ =

$T\sin\alpha - mg = ma_y$

$T\cos\alpha = ma_x$

для M:

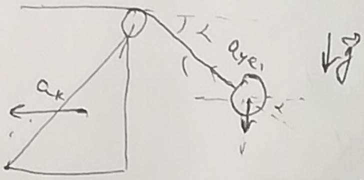
y: $N - Mg - T_1\cos\frac{\alpha}{2} = 0$

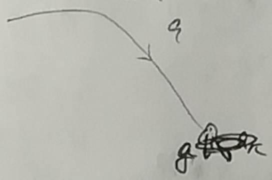
x: $T_1\sin\frac{\alpha}{2} = Ma_k$

$T\sin\alpha - mg$

$T\sin\alpha = mg$

$T = \frac{mg}{\sin\alpha}$





$a_{ц.е.} = \frac{v^2}{l}$

$$\begin{cases} ma_y = mg - T\sin\alpha \\ T\cos\alpha = ma_x \end{cases}$$

$ma_y = mg - T\sin\alpha$

$a_y = g - \frac{T}{m}\sin\alpha = g - a_x\operatorname{tg}\alpha$

$T = \frac{ma_x}{\cos\alpha}$

$a_y + \operatorname{tg}\alpha\, a_x = g$

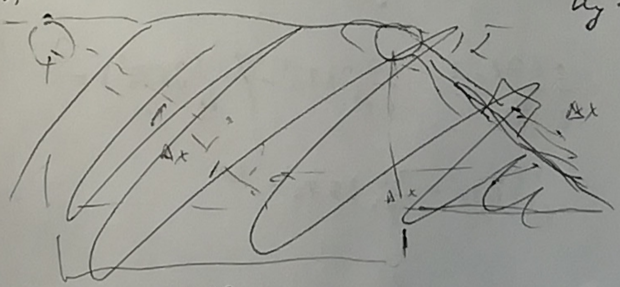
$$\begin{cases} \cancel{T\sin\alpha - mg} = N - Mg - T_1\cos\frac{\alpha}{2} = 0 \\ T_1\sin\frac{\alpha}{2} = Ma_k \end{cases}$$

$T = m\overset{3g}{a} = \frac{\sqrt{5}T_1}{2} = \frac{\sqrt{5}}{2}\cdot\frac{Ma_k}{\sin\frac{\alpha}{2}}$

$T_1 = \frac{2T}{\sqrt{5}}$

$a =$

$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y$



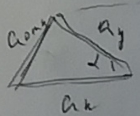
$\operatorname{tg}\beta = \frac{a_y}{a_x}$

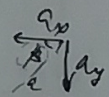
$a_x = a\cdot\cos\beta$

$a_y = a\sin\beta$

$\operatorname{tg}\beta = \frac{a_y}{a_x} = \frac{mg - \frac{T\sin\alpha}{m}}{\frac{T\cos\alpha}{m}} =$

$= \frac{mg}{T\cos\alpha} - \operatorname{tg}\alpha$





Δx

$\frac{g - \operatorname{tg}\alpha\, a_x}{a_x} =$

$mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh$

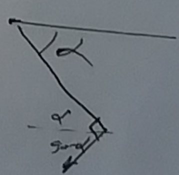
$v^2 = 2g\Delta h$

$T = ma_{ц.е.} = ma$

$a(\sin\beta + \operatorname{tg}\alpha\cdot\cos\beta) = g$

$a = \frac{g}{\sin\beta + \operatorname{tg}\alpha\cdot\cos\beta} =$

$= \frac{g}{\frac{3}{5} + \frac{4}{3}\cdot\frac{4}{5}} = \frac{g\cdot 15}{5} = 3g$



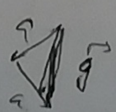
$\sin\beta = \frac{3}{5}$

$\cos\beta = \frac{4}{5}$

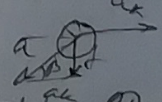
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{4/5}{3/5} = \frac{4}{3}$

$\sqrt{1 - \frac{9}{25}} =$

$a_x = \frac{g}{\operatorname{tg}\beta} = \frac{g}{3/4} = \frac{4g}{3}$



$\vec{a} - \vec{a}_x = \vec{g}$



$\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{3/5}{4/5} = \frac{3}{4}$ $a_x = \ldots$

$\frac{g}{a_x} = \operatorname{tg}\beta$

Часть 2

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

Шифр: **21201739**

ID профиля: **810291**

Вариант 1

Чистовик

(3) Дано: $\mathcal{E}, R, C_1 = 2C, C_2 = C, I_0$

1) I_1 (сила тока через R) в начале – ?

2) Q – ?

3) I_2 (сила тока через R, когда через C_1 течёт ток I_0) – ?

Решение:

1) Сразу после замыкания ключа конденсатор 1 ведёт себя как проводник (он соединён послед. с R и C_2), а конденсатор 2 ведёт себя как разрыв цепи →

$$\rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

2) По ЗСЭ: $A_{ст} = \Delta W_c + Q$.

В установившемся режиме $I = 0 \Rightarrow U_R = RI_R = 0 \Rightarrow$

$U_{C_1} = U_R = 0$ (соед. паралл.) $\Rightarrow U_{C_2} = \mathcal{E} - U_{C_1} = \mathcal{E}$

Т.к. конденсаторы изначально не были заряжены, то $\Delta W_{C_2} = \Delta W_{C_1} = \frac{C}{2}(U_{C_1}^2 - U_{C_10}^2) = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

$(U_{C_20} = U_{C_10} = 0$ В$)$

$$A_{ст} = \Delta q \cdot \mathcal{E} = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} + Q \Rightarrow Q = C_1\mathcal{E}^2 - \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2}$$

(Δq – заряд, протекший через $\mathcal{E}$ $= \Delta q_{C_1} = q_{C_1} = C_1 U_{C_1} = C_1\mathcal{E}$)

3)

Ответ: 1) $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R}$; 2) $Q = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2}$

21201739 (U810291 M1266647)

чистовик

1

(4) Дано: $R_1 = R$; $m_1 = m$

$R_2 = 2R$; $m_2 = 2m$

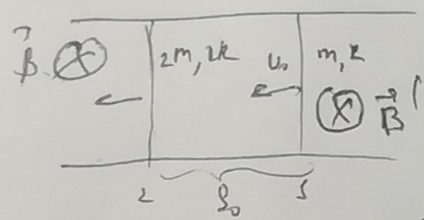
v_0, S_0, L

1) a_2 – ?

2) v_k – ?

3) S_k – ?

Решение:



1) $v_{отн}$ в начале $= v_0$

$\Phi(t) = B S(t) \cancel{\cos\alpha} = B \cdot S_0 L$

$\Delta\Phi = B L v_{отн} t = B L v_0 t$

По правилу Ленца: $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\mathcal{E}| = |-BLv_0| = BLv_0 = I_0 R_{общ} \Rightarrow$

$R_{общ} = R_1 + R_2 = 3R$ (соед. послед.)

$\Rightarrow I_0 = \frac{BLv_0}{3R}$

Т.к. магнитный поток убывает ($\Delta S < 0 \Rightarrow \Delta\Phi < 0$) $\Rightarrow$

$\vec B' \uparrow\uparrow \vec B \rightarrow I$ потечёт по часовой стрелке.

$F_{A_0} = lBI = LBI_0 = \frac{B^2L^2v_0}{3R}$ (направлено вправо для перемычки 2 и влево для первой (правило левой руки))

для перемычки 2:

$F_{A_0} = m_2 a_{2_0} \Rightarrow \boxed{a_{2_0} = \frac{B^2L^2v_0}{3R \cdot m_2} = \frac{B^2L^2v_0}{6Rm}}$

для перемычки 1:

$F_{A_0} = m_1 a_{1_0} \Rightarrow a_{1_0} = \frac{B^2L^2v_0}{3Rm_1} = \frac{B^2L^2v_0}{3Rm}$

$\Rightarrow a_{10} = 2a_{20}$

Т.к. I линейно завис. от ~~$v_{отн}$~~, а F линейно завис. от I, а a линейно завис. от F, то в любой момент времени a линейно зависит от $v_{отн} \Rightarrow$ в любой момент времени $a_1 = 2a_2$. $a_{ср1} = \frac{a_1}{2}$; $a_{ср2} = \frac{a_2}{2}$

(т.к. a_1 в конце $= a_2$ в конце $= 0$; т.к. сила Ампера пропадёт как только $v_{отн} = 0$.)

$a_{ср1} = \frac{v_0 - v_k}{2}$; $a_{ср2} = \frac{v_k}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{v_0 - v_k}{2} = 2\frac{v_k}{2} \Rightarrow \boxed{v_k = \frac{v_0}{3}}$ (есть продолжение!)

продолжение

3) l_2 – расстояние, которое прошли перемычки до $v_{отн} = 0$.

$$l_1 = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a_{ср1}} = \frac{v_0^2 - v_k^2}{a_{10}} = \frac{\frac{8}{9}v_0^2}{\frac{B^2L^2v_0}{3mR}} = \frac{8 \cdot 3 v_0 \cdot mR}{9B^2L^2} = \frac{8mRv_0}{3B^2L^2}$$

$$l_2 = \frac{v_k^2}{2a_{ср2}} = \frac{v_k^2}{a_{20}} = \frac{\frac{1}{9}v_0^2}{\frac{B^2L^2v_0}{6Rm}} = \frac{6mRv_0}{9B^2L^2} = \frac{2mRv_0}{3B^2L^2}$$

$$\Delta l = l_1 - l_2 = \frac{8mRv_0}{3B^2L^2} - \frac{2mRv_0}{3B^2L^2} = 2\cdot\frac{mRv_0}{B^2L^2}$$

$$S_k = S_0 - \frac{2mRv_0}{B^2L^2}$$

$S_k = S_0 - \Delta l$; $\Delta l = l_1 - l_2$

(они сближаются в итоге)

2

Чистовик

Ответ: 1) $a_{20} = \frac{B^2L^2v_0}{6mR}$; 2) $v_k = \frac{v_0}{3}$, 3) $S_k = S_0 - \frac{2mRv_0}{B^2L^2}$

---

5) **Дано:** $F = 9$ см

$H = 9$ см ; $d = 36$ см

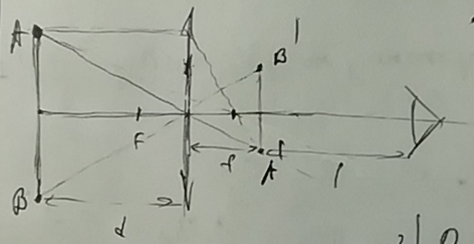
$l = 24$ см

x, $D_{m.h} = D_m$, y – ?

x – расстояние от линзы до глаза

y – расстояние от линзы до непрозрачного экрана

Решение:



1) По формуле тонкой собир. линзы:

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

$$x = f + l = 12 + 24 = 36 \text{ см}$$

2) $D_m = D_{m.h} = \frac{H}{2} = 4{,}5$ см

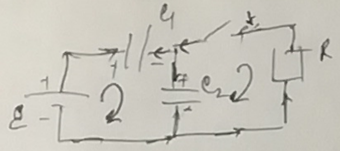
3) Если поместить непрозрачный экран на расстоянии $y = F$ от линзы в плоскости изображения, что ни один луч проходящий через фокус не сможет построить изображение $\Rightarrow$ а так как для собир. линзы все лучи после преломления проходят через фокус, то изображения не будет.

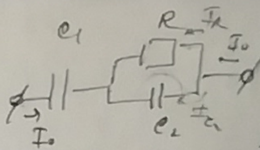
Ответ: 1) $x = 36$ см

2) $D_m = 4{,}5$ см

3) $y = F = 9$ см (со стороны изображ. $A'B'$)

черновик





Дано: $C_2 = C$, $C_1 = 2C$

I_{R0} - ?

Q - ?

I_2 (когда через $C_1 I_0$)

Решение

1) При замыкании ключа в цепи

$$\boxed{I = \frac{\mathcal{E}}{R}}$$

2) $Q = UIt$

$$A_{ст} = \frac{C_1 \mathcal{E}^2}{2} + Q \Rightarrow \boxed{Q = \frac{C_1 \mathcal{E}^2}{2}}$$

$q \mathcal{E}$

$q_1 \mathcal{E}_2$

$\frac{C_1 \mathcal{E}^2}{2}$

Конденсатор C_2 незаряжался.

Конд. напряж на C_1: $\mathcal{E} \Rightarrow q_1 = C_1 \mathcal{E}$

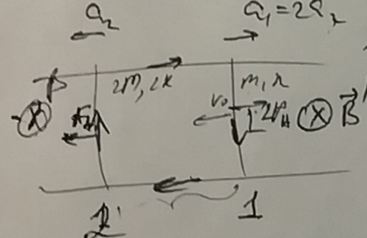
$\mathcal{E} = U_1 + U_2$

$-I_R \cdot R + U_2 = 0$ I

$\mathcal{E} = U_1 + I_R R$

$I_R = \frac{\mathcal{E} - U_1}{R}$ $U = \frac{q}{C} = \frac{It}{C}$

$I_{C_2} = \frac{q_2}{\cancel{C}} = \frac{C_2 U_2}{t} = \frac{C_2 \cdot I_R \cdot R}{t}$



Дано: $R_1 = R$; $m_1 = m$

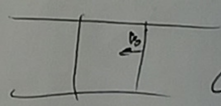
$R_2 = 2R$; $m_2 = 2m$

v_0, S_0, L

a_2 - ?

v_k - ?

S_k - ?



$v_{отн} = v_0$

$\Phi = BL(S_0 - v_0 t)$

$\Delta \Phi = BLv_0 t$

$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = BLv_0$

$I = \frac{BLv_0}{3R}$

$v_{отн}$ вначале $= v_0$

$v_{отн}$ в конце $= 0$

перемычка 1 тормозит в 2 раза быстрее чем перемычка 2 ускор. ($a_{ср1} = 2a_{ср2}$)

$\frac{v_0}{3}$

$\Delta v_1 = 2\Delta v_2$

$\Delta v_1 = v_0 - v_k$

$\Delta v_2 = v_k - 0$

$v_0 - v_k = 2v_k \Rightarrow \boxed{v_k = \frac{v_0}{3}}$

$l_2 = \frac{a_{ср2} t^2}{2} \Rightarrow a_{ср2} t^2$

$l_1 = v_0 t - \frac{a_{ср1} t^2}{2} = v_0 t - a_{ср2} t^2$

$F_A = m_2 a_2$

$F_A = BLI \sin\alpha = BL \cdot \frac{BLv_0}{3R} = \frac{(BL)^2 v_0}{3R} = m_2 a_2 = 2m a_2$

$\Rightarrow \boxed{a_2 = \frac{B^2 L^2 v_0}{6mR}}$

$a_1 = \frac{B^2 L^2 v_0}{3mR}$

$S_k = S_0 - \Delta l$

$l_2 = \frac{v_k^2}{2a_{ср2}} \Rightarrow a_{ср2} = \frac{v_k^2}{2l_2}$

$l_1 = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a_{ср1}} \Rightarrow a_{ср1} = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2l_1}$, $a_{ср1} = 2a_{ср2}$

$\Rightarrow \frac{v_0^2 - v_k^2}{\cancel{2}l_1} = \frac{2v_k^2}{\cancel{2}l_2}$

$$a_{ср1} = \frac{a_1 + a_{k1}}{2} = \frac{a_1}{2} = \frac{B^2L^2v_0}{6Rm}$$

$$a_{ср2} = \frac{a_2 + a_{k2}}{2} = \frac{a_2}{2} = \frac{B^2L^2v_0}{12Rm}$$

$$v_k = \frac{v_0}{3}$$

$$l_1 = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a_{ср1}} = \frac{8v_0^2}{18a_{ср1}} = \frac{8v_0^2}{18 \cdot \frac{B^2L^2v_0}{6Rm}} = \frac{8v_0Rm}{3B^2L^2}$$

$$l_2 = \frac{v_k^2}{2a_{ср2}} = \frac{v_0^2}{18 \cdot \frac{B^2L^2v_0}{12Rm}} = \frac{2v_0Rm}{3B^2L^2}$$

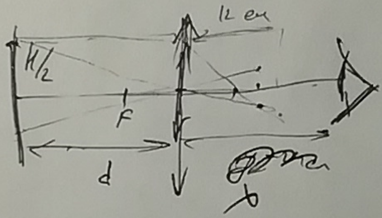
$$\Delta l = l_1 - l_2 = \frac{8v_0Rm}{3B^2L^2} - \frac{2v_0Rm}{3B^2L^2} = \frac{6v_0Rm}{3B^2L^2} = \frac{2v_0Rm}{B^2L^2}$$

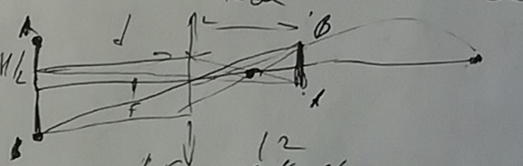
$$S_k = S_0 - \Delta l = S_0 - \frac{2v_0Rm}{B^2L^2}$$

(5) Дано: $F = 9$ см
$H = 9$ см
$d = 36$ см
$l = 24$ см

x, D – ?

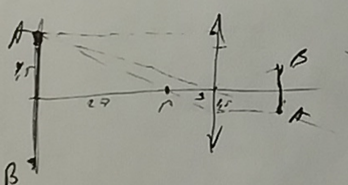
Решение:

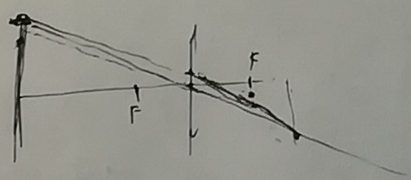


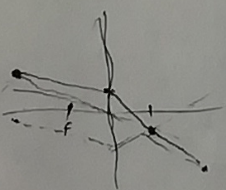


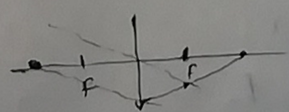
$$f = \frac{d \cdot F}{d - F} = \frac{36 \cdot 9}{27} = 12 \text{ см}$$

$$x = f + l = 12 + 24 \text{ см} = 36 \text{ см}$$









$H_1 < L_2$
$F_1 < F_2$