Часть 1

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

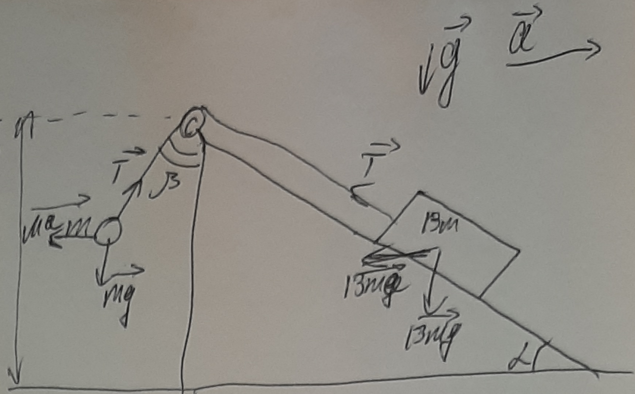
Шифр: **21203804**

ID профиля: **265485**

Вариант 5

Чистовик.

№1



Дано:

$m_б = 13m$

$m_ш = m$

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

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

1) a - ?

2) $a_б$ - ?

3) t - ?

Решение:

1) Т.к. $\angle\beta$ постоянный, сумма сил, действующих на шар перпендикулярно нити равна $0 \Rightarrow$ 2ЗН: $mg\sin\beta = ma\cos\beta$

$$a = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = g\frac{\sqrt{1-\frac{16}{25}}}{\frac{4}{5}} = \frac{3}{4}g$$

$a = \frac{3}{4}g \approx 7{,}35\ \frac{м}{с^2}$

2) 2ЗН для шара: $mg\cos\beta + ma\sin\beta - T = ma_ш$
в проекции на нить

2ЗН для бруска: $T + 13ma\cos\alpha - 13mg\sin\alpha = 13ma_б$
в проекции на нить

Т.к. нить нерастяжима: $|a_ш| = |a_б| \Rightarrow mg\cos\beta + ma\sin\beta + 13ma\cos\alpha - 13mg\sin\alpha = 14ma_б$

$\Rightarrow g\cos\beta + a\cdot\sin\beta + 13a\cos\alpha - 13g\sin\alpha = 14a_б$

$$\frac{4}{5}g + \frac{3}{4}g\cdot\frac{3}{5} + 13\cdot\frac{3}{4}g\cdot\frac{12}{13} - 13\cdot g\cdot\frac{5}{13} = 14a_б$$

$$\frac{21}{4}g = 14a_б$$

$$\Rightarrow a_б = \frac{3}{8}g$$

$a_б = \frac{3}{8}g \approx 3{,}68\ \frac{м}{с^2}$

3) Т.к. шарик двигается с постоянным ускорением $|a_б|$, то: $L = \frac{at^2}{2}$, где $L = \frac{H}{\cos\beta} \Rightarrow \frac{H}{\cos\beta} = \frac{a_б t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_б\cdot\cos\beta}} = \sqrt{\frac{2\cdot H}{\frac{3}{8}g\cdot\frac{4}{5}}} = \sqrt{\frac{20}{3}\cdot\frac{H}{g}}$

Ответ: 1) $a = \frac{3}{4}g \approx 7{,}35\frac{м}{с^2}$ 2) $a_б = \frac{3}{8}g \approx 3{,}68\frac{м}{с^2}$ 3) $t = \sqrt{\frac{20H}{3g}}$

Дано:

$i=3$

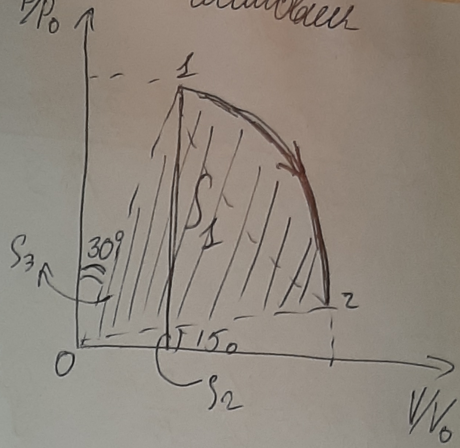
1) t_1/t_2 - ?

2) φ - ?

3) $\frac{A_n}{A_+} = \eta$ - ?

Решение: №2

Чистовик



2) Ур-ие адиабаты:

$$pV^{\frac{5}{3}} = const \Rightarrow$$

$$d(pV^{\frac{5}{3}}) = 0$$

$$dPV^{\frac{5}{3}} + p\cdot\frac{5}{3}V^{\frac{2}{3}}\cdot dV = 0 \quad \Big| : dV\cdot V^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{dP}{dV}\cdot V + p\cdot\frac{5}{3} = 0 \quad (1)$$

Ур-ие окружности:

$$\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = r^2$$

$$dF(p,V) = 0$$

$$\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right)' + \left(\frac{V^2}{V_0^2}\right)' = 0$$

$$\frac{2}{p_0^2}p\,dP + \frac{2}{V_0^2}V\cdot dV = 0 \quad \Big| : 2dV$$

$$\frac{dP}{dV}\cdot\frac{p}{p_0^2} = -\frac{V}{V_0^2}$$

$$\frac{dP}{dV} = -\frac{Vp_0^2}{pV_0^2} \quad (2)$$ Подставим (2) в (1): $-\frac{V^2p_0^2}{pV_0^2} + p\frac{5}{3} = 0 \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow p\cdot\frac{5}{3} = \frac{V^2p_0^2}{pV_0^2} \Rightarrow \frac{5}{3} = \frac{V^2p_0^2}{p^2V_0^2} \quad (3)$$

$$tg\varphi = \frac{p}{p_0}\cdot\frac{V_0}{V} \Rightarrow \frac{1}{tg^2\varphi} = \frac{V^2p_0^2}{p^2V_0^2} = \frac{5}{3} \Rightarrow tg\varphi = \sqrt{\frac{3}{5}}$$

3) $A = S_1 + S_2 - S_3$; $r = \sqrt{\frac{V^2}{V_0^2} + \frac{P^2}{P_0^2}}$

$$S_1 = \pi r^2\cdot\frac{1}{8}(p_0V_0) = \frac{\pi}{8}\left(\frac{V^2}{V_0^2} + \frac{P^2}{P_0^2}\right)(p_0V_0)$$ (размерность)

$$S_2 = \frac{1}{2}\frac{V_2}{V_0}\frac{P_2}{P_0}(p_0V_0)$$

$$S_3 = \frac{1}{2}\frac{V_1}{V_0}\cdot\frac{P_1}{P_0}(p_0V_0)$$

чистовик

$\Rightarrow \Delta A = \frac{\pi}{8}($

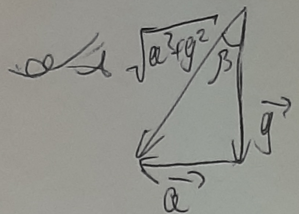
$$\alpha = \frac{\Delta A_{цикла}}{\Delta A_{1-2}} = \frac{S + \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)}{S} = 1 + \frac{3P_2V_2 - 3P_1V_1}{\frac{\pi}{8}\left(\frac{V^2}{V_0^2} + \frac{P^2}{P_0^2}\right) + \frac{1}{2}\frac{P_2V_2}{P_0V_0} - \frac{1}{2}\frac{P_1V_1}{P_0V_0}} =$$

$=$

$$\left[tg\, 30^\circ = \frac{V_1}{V_0} \cdot \frac{P_0}{P_1} \qquad tg\, 15^\circ = \right.$$

21203804 (U265485 M1266808)

черновик



$\cos\beta = \frac{4}{5} = \frac{g}{\sqrt{a^2+g^2}}$

$\frac{3}{4} \vee \frac{\sqrt{2}}{2}$

$3 \vee 2\sqrt{2}$

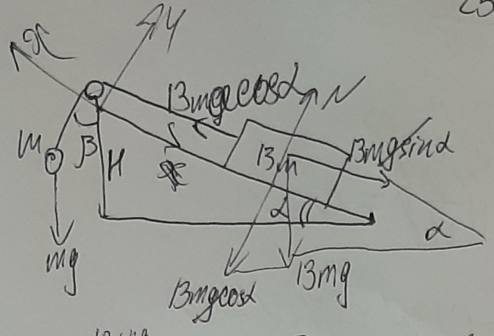
$9 \vee 8$

$\frac{16}{25} = \frac{g^2}{a^2+g^2}$

$16a^2 + 16g^2 = 25g^2$

$a^2 = \frac{9}{16}g^2$

$a = \frac{3}{4}g$



$\sin\alpha = \frac{13mg}{F}$

$\cos\alpha = \frac{12}{13} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{144}{169}} = \sqrt{\frac{25}{169}} = \frac{5}{13}$

$\cos\alpha = \frac{13mg}{F}$

$mg \vee \frac{13mg}{\frac{5}{13}}$

2зН

$5mg$

$\left.\begin{array}{l}\cos = \frac{4}{5} \\ \sin = \frac{3}{5}\end{array}\right\} \Rightarrow tg\beta = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{4}{5}} = \frac{3}{4} = \frac{a}{g}$

поскольку $\angle\beta$ – const, в СО клина сумма сил $\perp$ клину $= 0 \Rightarrow N = \frac{13mg}{\cos\alpha}$

$a = \frac{3}{4}g$

$\sin\beta = \frac{a}{F}$

$\sqrt{g^2 + \frac{9}{16}g^2} = \frac{5}{4}g$

$\cos\beta = \frac{4}{5}$ $\cos\alpha = \frac{12}{13}$

$\sin\beta = \frac{3}{5}$ $\sin\alpha = \frac{5}{13}$

$\cancel{ma\sin\beta = mg\cos\beta}$

$mg\sin\beta = ma\cos\beta$

$\frac{at^2}{2} = L$

$mg \cdot \frac{a}{F} = mg \cdot \frac{g}{F}$

$g \cdot \frac{4}{5} - 13 \cdot g \cdot \frac{5}{13} + \frac{3}{4} \cdot g \cdot \frac{3}{5} + 13 \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{12}{13} = \frac{4}{5}g + \frac{9}{20}g - 5g + 9g = \frac{16+9+5}{20} = \frac{30}{20}g = \frac{3}{2}g = 14A_б$

2зН: $mg\cos\beta + ma\sin\beta - T = mA_б$

2зН: $\cancel{13mg\cos\alpha + 13ma\sin\alpha - T = 13mA_б}$

$T + 13ma\cos\alpha - 13mg\sin\alpha = 13mA_б$

$mg\cos\beta + ma\sin\beta + 13ma\cos\alpha - 13mg\sin\alpha = 14mA_б$

$A_б = \frac{3}{28}g$

$g\cos\beta - 13g\sin\alpha + a\sin\beta + 13a\cos\alpha = 14A_б$

$g\cos\beta - 13g\sin\alpha + \frac{3}{4}g\sin\beta + 13 \cdot \frac{3}{4}\cos\alpha =$

чистовик

у ур-ие адиабаты: $PV^{\frac{5}{3}} = const$ ур-ие окружности:

$$d\left(P \cdot V^{\frac{5}{3}}\right) = 0$$

$$dP \cdot P \cancel{+} \frac{5}{3} \cdot V^{\frac{2}{3}} \cdot dV = 0$$

$$dP \cdot V^{\frac{5}{3}} + P \cdot \frac{5}{3} \cdot V^{\frac{2}{3}} \cdot dV = 0$$

$$\frac{dP}{dV} \cdot V^{\frac{5}{3}} + P \cdot \frac{5}{3} \cdot V^{\frac{2}{3}} = 0$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = t^2$$

$$\cancel{\left(\frac{P}{P_0}\right)' + \left(\frac{V}{V}\right)}$$

$$d\, f(P, V) = 0$$

$$\left(\left(\frac{P}{P_0}\right)^2\right)' + \left(\left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)' = 0$$

$$\frac{2}{P_0^2} P\, dP + \frac{2}{V_0^2} V\, dV = 0$$

$$\frac{dP}{dV} = -\frac{V}{V_0^2} \cdot \frac{P_0^2}{P}$$

$$-\frac{V}{V_0^2} \cdot \frac{P_0^2}{P} \cdot V^{\frac{5}{3}} + P \cdot \frac{5}{3} \cdot V^{\frac{2}{3}} = 0$$

$$\frac{5}{3} P V^{\frac{2}{3}} - \frac{V P_0^2}{V_0^2 P} V = 0$$

$$\frac{5}{3} P - \frac{V^2 P_0^2}{V_0^2 P} = 0$$

$$\frac{5}{3} = \frac{V^2 P_0^2}{V_0^2 P^2}$$

$$\sqrt{\frac{5}{3}} = \frac{V P_0}{V_0 P}$$

$$\frac{V_0 P}{V P_0} = \sqrt{\frac{3}{5}} = tg\varphi$$

$$tg\varphi = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{V_0}{V} \Rightarrow$$

Часть 2

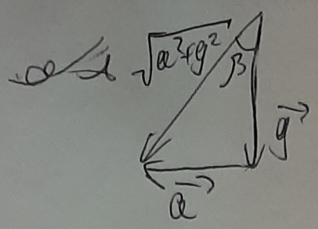
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21203804**

ID профиля: **265485**

Вариант 5

Чертовик



$$\cos\beta = \frac{4}{5} = \frac{g}{\sqrt{a^2+g^2}}$$

$$\frac{3}{4} \not< \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$3 \not< 2\sqrt{2}$$

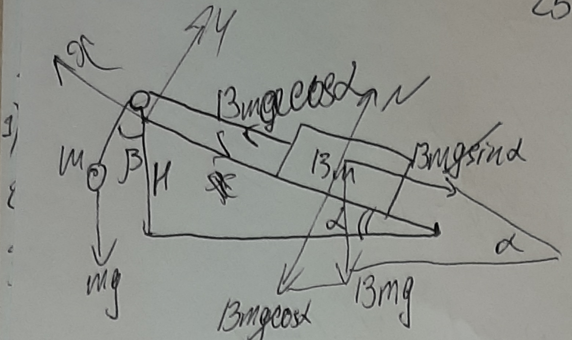
$$9 \not< 8$$

$$\frac{16}{25} = \frac{g^2}{a^2+g^2}$$

$$16a^2 + 16g^2 = 25g^2$$

$$a^2 = \frac{9}{16}g^2$$

$$a = \frac{3}{4}g$$



$$\sin\alpha = \frac{13mg}{F}$$

$$\cos\alpha = \frac{12}{13} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{144}{169}} = \sqrt{\frac{25}{169}} = \frac{5}{13}$$

$$\cos\alpha = \frac{13mg}{F}$$

$$\frac{13mg}{\frac{5}{13}}$$

2ЗН

5mg

$$\left.\begin{aligned}\cos &= \frac{4}{5}\\ \sin &= \frac{3}{5}\end{aligned}\right\} = \operatorname{tg}\beta = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{4}{5}} = \frac{3}{4} = \frac{a}{g}$$

поскольку $\angle\beta$ - const, в СО клинсе сумма сил. $\perp$ клина $= 0 \Rightarrow N = \frac{13mg}{\cos\alpha}$

$$a = \frac{3}{4}g$$

$$\sin\beta = \frac{a}{F}$$

$$\sqrt{g^2 + \frac{9}{16}g^2} = \frac{5}{4}g$$

$$\cos\beta = \frac{4}{5} \quad \cos\alpha = \frac{12}{13}$$

$$\sin\beta = \frac{3}{5} \quad \sin\alpha = \frac{5}{13}$$

~~$ma\sin\beta = mg\cos\beta$~~

$$mg\sin\beta = ma\cos\beta \qquad \frac{at^2}{2} = L$$

$$mg\cdot\frac{a}{F} = mg\cdot\frac{g}{F}$$

$$g\cdot\frac{4}{5} - 13\cdot g\cdot\frac{5}{13} + \frac{3}{4}\cdot g\cdot\frac{3}{5} + 13\cdot\frac{3}{4}\cdot\frac{12}{13} =$$

2ЗН: $mg\cos\beta + ma\sin\beta - T = mA_б$

$$= \frac{4}{5}g + \frac{9}{20}g - 5g + 9g = \frac{16+9+5}{20} =$$

2ЗН: ~~$13mg\cos\alpha + 13ma\sin\alpha - T = 13mA_б$~~

$$T + 13ma\cos\alpha - 13mg\sin\alpha = 13mA_б$$

$$= \frac{30}{20}g = \frac{3}{2}g = 14A_б$$

$$mg\cos\beta + ma\sin\beta + 13ma\cos\alpha - 13mg\sin\alpha = 14mA_б$$

$$A_б = \frac{3}{28}g$$

$$g\cos\beta - 13g\sin\alpha + a\sin\beta + 13a\cos\alpha = 14A_б$$

$$g\cos\beta - 13g\sin\alpha + \frac{3}{4}g\sin\beta + 13\cdot\frac{3}{4}\cos\alpha =$$

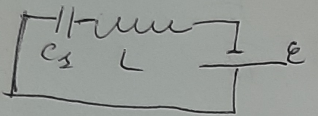
4) ур-ие адиабаты: $pV^{\frac{5}{3}}=const$ ур-ие окружности:

$$d(P\cdot V^{\frac{5}{3}})=0$$

$$dP\cdot P + \frac{5}{3}\cdot V^{\frac{2}{3}}\cdot dV=0$$

$$dP\cdot V^{\frac{5}{3}}+P\cdot\frac{5}{3}\cdot V^{\frac{2}{3}}\cdot dV=0$$

$$\frac{dP}{dV}\cdot V^{\frac{5}{3}}+P\cdot\frac{5}{3}\cdot V^{\frac{2}{3}}=0$$



$$-\frac{V}{V_0^2}\cdot\frac{P_0^2}{P}\cdot V^{\frac{5}{3}}+P\cdot\frac{5}{3}\cdot V^{\frac{2}{3}}=0$$

$$\frac{5}{3}P\cancel{V^{\frac{2}{3}}}-\frac{VP_0^2}{V_0^2P}V=0$$

$$\frac{5}{3}P-\frac{V^2P_0^2}{V_0^2P}=0$$

$$\frac{5}{3}=\frac{V^2P_0^2}{V_0^2P^2}$$

$$\sqrt{\frac{5}{3}}=\frac{VP_0}{V_0P}$$

$$\frac{V_0P}{VP_0}=\sqrt{\frac{3}{5}}=tg\varphi$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^2+\left(\frac{V}{V_0}\right)^2=t^2$$

$$\cancel{\left(\frac{P}{P_0}\right)'+\left(\frac{V}{V}\right)'}$$

$$d\,f(P,V)=0$$

$$\left(\left(\frac{P}{P_0}\right)^2\right)'+\left(\left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)'=0$$

$$\frac{2}{P_0^2}P\,dP+\frac{2}{V_0^2}V\,dV=0$$

$$\frac{dP}{dV}=-\frac{V}{V_0^2}\cdot\frac{P_0^2}{P}$$

$$tg\varphi=\frac{P}{P_0}\cdot\frac{V_0}{V}\Rightarrow$$

Чистовик

Дано:

$C_1 = C$

$C_2 = 2C$

$\mathcal{E}, L, R$

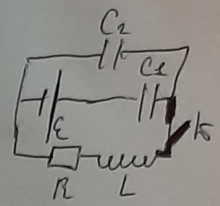
---

1) $\frac{dI_0}{dt}$ — ?

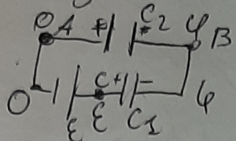
2) Q — ?

3) $I_L : I_{C_1} = I_0$

Решение: №3



1) До замыкания ключа:



Пусть $\varphi_A = 0$; $\varphi_B = \varphi$; $\varphi_C = \mathcal{E}$;

$U_{C_1} = \mathcal{E} - \varphi$

$C(\mathcal{E} - \varphi) + 2C(0 - \varphi) = 0$, т.к. по усл. $C_{1,2}$ не заряжены

$\Rightarrow \mathcal{E} - 3\varphi = 0$

$\mathcal{E} = 3\varphi$

$\varphi = \frac{\mathcal{E}}{3} \Rightarrow U_{C_1}(0) = \mathcal{E} - \varphi = \frac{2}{3}\mathcal{E}$

Т.к. ток в цепи скачком не меняется, U_{C_1} сразу после замыкания такое же, как и $U_{C_1}(0) = \frac{2}{3}\mathcal{E}$

П.К. внеш. конт.: $I_0 R + U_L = U_{C_2}$, $I_0 = 0$, т.к. скачком не изменяется $\Rightarrow$

$\Rightarrow U_L = U_{C_2} = \frac{\mathcal{E}}{3} \Rightarrow L\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{3} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{3L}$

2) В установившемся режиме конденсаторы будут заряжены $\Rightarrow$ тока в цепи нигде не будет. $\Rightarrow \begin{cases} U_L = 0; \\ I_L = 0; \\ U_{C_1} = \mathcal{E}; \\ E_2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}; \end{cases}$

I) $E_{нач} = \frac{1}{2}\cdot 2C\cdot\varphi^2 + \frac{1}{2}C(\mathcal{E} - \varphi)^2 = \frac{3}{2}C\varphi^2 + \frac{1}{2}C\mathcal{E}^2 - C\mathcal{E}\varphi = \frac{3}{2}C\frac{\mathcal{E}^2}{9} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{C\mathcal{E}^2}{3} = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}$

II) $\Delta q = C_1 U_2 - C_1 U_1 = C_1(\mathcal{E} - (\mathcal{E} - \varphi)) = C_1\varphi = \frac{C\mathcal{E}}{3}$ $\Rightarrow A_{ист} = \mathcal{E}\,\Delta q = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}$

~~$\Delta W =$~~

III) $\Delta W = E_2 - E_1 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{C\mathcal{E}^2}{3} = \frac{C\mathcal{E}^2}{6}$

$A_{ист} = \Delta W + Q \Rightarrow$

$\Rightarrow Q = A_{ист} - \Delta W = \frac{C\mathcal{E}^2}{3} - \frac{C\mathcal{E}^2}{6} = \frac{C\mathcal{E}^2}{6}$

чистовик

№3

3) $I_{c_1} = I_0$ Поскольку напряжение цепи не может быть боль-
$I_L - ?$ ше, чем $\mathcal{E}$ (правило Кирхгофа для любого контура - док.), то
через C_2 ток всегда идёт слева направо.

Пусть из C_1 вытек заряд Δq_1, тогда $\Delta U_{C_1} = -\frac{\Delta q_1}{C}$

Пусть в C_2 втёк заряд Δq_2, тогда $\Delta U_{C_2} = +\frac{\Delta q_2}{2C}$

Т.к. $U_{C_1} + U_{C_2} = const$, $\Delta U_{C_1} + \Delta U_{C_2} = 0 \Rightarrow \frac{\Delta q_2}{2C} - \frac{\Delta q_1}{C} = 0$

$\Rightarrow \Delta q_2 = 2\Delta q_1 \Rightarrow \frac{\Delta q_2}{t} = \frac{2\Delta q_1}{t} \Rightarrow I_{C_2} = 2I_{C_1}$

$\Rightarrow I_L = I_{C_1} + I_{C_2} = 3I_{C_1} = 3I_0$

Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{3L}$ 2) $Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{6}$ 3) $I_L = 3I_0$

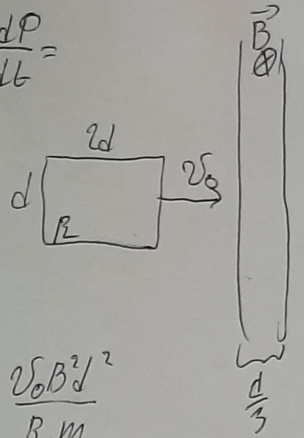
Чистовик

№ 4

Дано:
d, m, v_0, R, B

1) a_p - ?
2) v_1 - ?
3) v_2 - ?

1) По закону Фарадея: $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Phi}{dt} =$
$= -\frac{v_0 \cdot dt \cdot B \cdot d}{dt} = -v_0 B d$



– При входе рамки м. поле будет замедлять её
$\Rightarrow |I_p| = \frac{\varepsilon}{R} = + \frac{v_0 B d}{R}$

$\Rightarrow F_A = |I_p| B \cdot d = \frac{v_0 B^2 d^2}{R} = m a_p \Rightarrow a_p = \frac{v_0 B^2 d^2}{R \cdot m}$

2) $a(v) = \frac{|I| B d}{m} = \frac{v (Bd)^2}{Rm}$

$\frac{dv}{dt} = -\frac{(Bd)^2}{Rm} v$

$\int_{v_0}^{v} dv = \int_0^{d/3} \frac{(Bd)^2}{Rm} dx$ $v_0 - v_1 = \frac{(Bd)^2}{Rm} \cdot \frac{d}{3} \Rightarrow v_1 = v_0 - \frac{(Bd)^2 \cdot d}{Rm \cdot 3}$

3) В момент, когда в м. поле находятся только ~~боко~~ верхняя и нижняя стороны, $d\Phi = 0 \Rightarrow$ $v_p = v_1$, пока в поле не окажется задняя стенка.

В момент, когда задняя стенка рамки входит в поле, ток по ней начинает идти вверх $\Rightarrow$ сила Ампера снова будет замедлять рамку:

$F_A = \frac{IBd}{m} = \frac{v (Bd)^2}{mR}$; $a = \frac{v (Bd)^2}{Rm} \cdot v \Rightarrow \frac{dv}{dt} = -\frac{(Bd)^2}{Rm} v$

$\int_{v_1}^{v_2} dv = -\int_0^{d/3} \frac{(Bd)^2}{Rm} dx$

$v_1 - v_2 = \frac{(Bd)^2}{Rm} \cdot \frac{d}{3} \Rightarrow v_2 = v_1 - \frac{(Bd)^2 d}{Rm3} = v_0 - \frac{2}{3} \cdot \frac{(Bd)^2 d}{Rm}$

Ответ: $a_p = \frac{v_0 B^2 d^2}{mR}$ 2) $v_1 = v_0 - \frac{B^2 d^3}{3Rm}$ 3) $v_2 = v_0 - \frac{2}{3} \cdot \frac{B^2 d^3}{mR}$