Часть 1

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

Шифр: **21202442**

ID профиля: **855086**

Вариант 7

Чистовик

Вариант 11-07 (1)

Задание 1 (1 страница)

$\alpha: \cos\alpha = \frac{5}{13}$

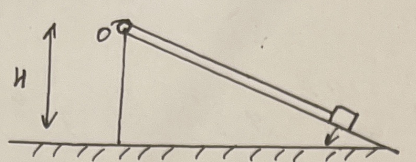
$m,\ m/2$

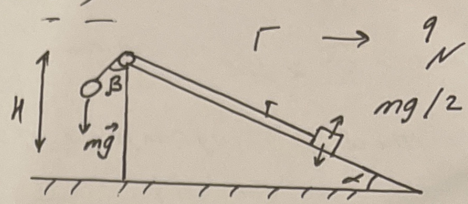
$\beta: \cos\beta = \frac{3}{5}$

a - ?

$a'_б$ - ?

τ - ?

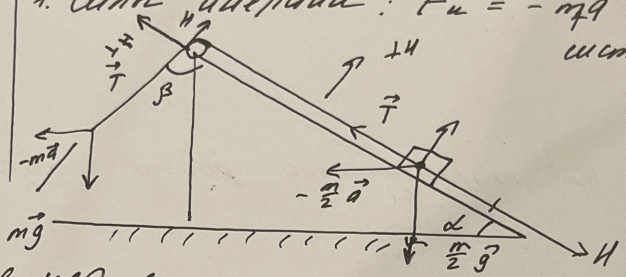




1. Сила инерции: $\vec F_и = -m\vec a'$ - возникает в неинерц. системе отсчета клина

для шарика: $\vec F_{и1} = -m\vec a$

для бруска: $\vec F_{и2} = -\frac{m}{2}\vec a$



в НСО в проекции на нить:

$ma'_{ши} = T - mg\cos\beta - F_{и1}\sin\beta$

$\frac{m}{2}a'_{би} = \frac{mg}{2}\sin\alpha - F_{и2}\cos\alpha - T$

Кинематическая связь на нить: $a'_{ши} = a'_{би} = a'_и$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{25}{169}} = \sqrt{\frac{144}{169}} = \frac{12}{13}$

$\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

$\frac{12}{26} - \frac{3}{5} = \frac{6}{13} - \frac{3}{5} = \frac{30-39}{65} = \frac{-9}{65}$

$\frac{9}{26} + \frac{4}{5} = \frac{25+104}{130} = \frac{129}{130}$

$ma'_и = T - mg\cos\beta - ma\sin\beta$

$+\ \frac{ma'_и}{2} = \frac{mg}{2}\sin\alpha - \frac{m}{2}a\cos\alpha - T$

$\frac{3}{2}ma'_и = mg\left(\frac{1}{2}\sin\alpha - \cos\beta\right) - ma\left(\frac{1}{2}\cos\alpha + \sin\beta\right)$

$a'_и = \frac{2}{3}g\left(\frac{1}{2}\cdot\sin\alpha - \cos\beta\right) - \frac{2}{3}a\left(\frac{1}{2}\cos\alpha + \sin\beta\right)$

$a'_и = \frac{2}{3}g\left(\frac{1}{2}\cdot\frac{12}{13} - \frac{3}{5}\right) - \frac{2}{3}g\left(\frac{1}{2}\frac{5}{13} + \frac{4}{5}\right) = -\frac{2g}{65} - \frac{43}{65}a$

Брусок не отрыв. от повер клина => $a'_и = a'_б$

$\beta = const$ => нет ускор шарика ⊥ нити

см. на след обороте

Задание 1

2) В проекции ⊥ нити:

$$0 = N - \frac{mg}{2}\cos\alpha - \frac{m\sin\alpha}{2}$$

$$0 = ma\cos\beta - mg\sin\beta \Rightarrow a = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = g\frac{4}{5}\cdot\frac{5}{3} = g\frac{4}{3}$$

$$a_н' = a_б' = -\frac{2}{65}g - \frac{43}{65}\cdot\frac{4}{3}g = -g\left(\frac{2}{65} + \frac{172}{65\cdot 3}\right) = -\frac{178}{195}g =$$

$$= 0{,}913g \approx -9{,}1\ \frac{м}{с^2}$$

3) С ускорением $a_н'$ шарику надо пройти расстояние $L = \frac{4}{\cos\beta}$

$$L = \frac{|a_н'|\tau^2}{2}$$

$$\tau = \sqrt{2L|a_н'|} = \sqrt{2\frac{4}{\cos\beta}\frac{178}{195}g} = \sqrt{2\cdot\frac{5}{3}4g\frac{178}{195}} = \sqrt{2\cdot\frac{178}{39\cdot 3}4g} = \sqrt{\frac{356}{117}4g}$$

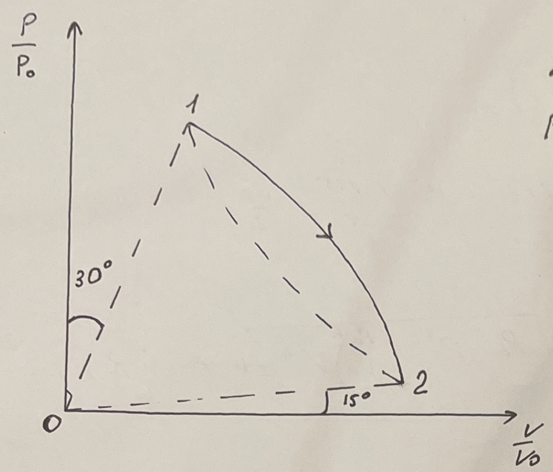
$$= \frac{1}{3}\sqrt{\frac{356}{13}4g} = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{89}{13}4g} \approx 1{,}74\sqrt{4g}$$

Чистовик

Вариант 11-07

Задание 2

(3)



Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для 1 и 2

$$P_1V_1 = \nu R T_1 \qquad P_2V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{P_1^2}{P_0^2}+\frac{V_1^2}{V_0^2} = \frac{P_2^2}{P_0^2}+\frac{V_2^2}{V_0^2}$$ (из уравнения окружности)

Из II з. Термодинамики

$$\delta Q = \delta A + dU$$

$$C = \frac{\delta Q}{dT} = \frac{3}{2}\nu R + \frac{dA}{dT}$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^2+\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = const \Rightarrow \frac{PdP}{P_0^2}+\frac{VdV}{V_0^2}=0 \Rightarrow$$

$$dP = -\left(\frac{P_0}{V_0}\right)^2\frac{V}{P}dV$$; Из Менделеева-Клайперона

$$PdV + VdP = \nu R dT \Rightarrow dV\left(P - \frac{V^2}{P}\left(\frac{P_0}{V_0}\right)^2\right) = \nu R dT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{PdV}{dT} = \frac{dA}{dT} = \frac{\nu R}{1-\frac{(V/V_0)^2}{(P/P_0)^2}}$$

$$C = \nu R\left[\frac{3}{2} + \frac{1}{1-\frac{(V/V_0)^2}{(P/P_0)^2}}\right]$$; Найдем т. $C=0$

$$\frac{P}{P_0} = \rho\sin\alpha \ ; \ \frac{V}{V_0} = \rho\cos\alpha \Rightarrow C = \nu R\left(\frac{3}{2}+\frac{1}{1-ctg^2\alpha}\right) = 0$$

$$3 - 3ctg^2\alpha = -2 \Rightarrow ctg^2\alpha = \frac{5}{3} \Rightarrow \alpha = arcctg\sqrt{\frac{5}{3}} = 37{,}8°$$

Уравнение Менделеева-Клайперона:

$$P_0V_0\frac{1}{2}\rho^2\sin 2\alpha = \nu RT = P_0V_0\rho^2\cdot\cos 2\alpha \, d\alpha = \nu R dT$$

$$\Delta Q = \int_{30}^{arctg\sqrt{\frac{5}{3}}} C\,dT = \int_{30}^{\alpha_0} P_0V_0\rho^2\left(\frac{3}{2}\cos 2\alpha + \frac{\cos 2\alpha}{1-ctg^2\alpha}\right)d\alpha =$$

$$= \int_{30}^{\alpha_0} P_0V_0\rho^2\left(\frac{3}{2}\cos 2\alpha + \frac{\cos 2\alpha\cdot\sin^2\alpha}{\sin^2\alpha-\cos^2\alpha}\right)d\alpha =$$

21202442 (U855086 M1269552)

см. на обороте

Задание 2

4

$$= P_0 V_0 \rho^2 \left(\frac{3}{4}\sin 2\alpha - \frac{1}{2}\alpha + \frac{1}{4}\sin 2\alpha\right)\Big|_{\frac{\pi}{6}}^{\alpha_0} =$$

$$= P_0 V_0 \rho^2 \left(\sin 2\alpha_0 - \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\left(\alpha_0 - \frac{\pi}{6}\right)\right) =$$

$$= P_0 V_0 \rho^2 \left(\frac{2\,ctg\,\alpha_0}{1 + ctg^2\alpha_0} - \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\left(\alpha_0 - \frac{\pi}{6}\right)\right) =$$

$$= P_0 V_0 \rho^2 \left(\frac{6}{8}\sqrt{\frac{5}{3}} - \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\left(\alpha_0 - \frac{\pi}{6}\right)\right) = P_0 V_0 \rho^2 \left(\frac{\sqrt{15}}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2} -\right.$$
$$\left. - \frac{1}{2}\left(\alpha_0 - \frac{\pi}{6}\right)\right)$$

$$\Delta Q = A + \Delta U = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV + \nu R \Delta T = \sqrt{P_0^2 \rho^2 - \left(\frac{P_0}{V_0}\right)^2 V^2}\,dV + \nu R \Delta T =$$

$$= \cancel{\nu R \Delta T + \frac{1}{2}\nu R \Delta T - \frac{1}{2} P_0 V_0 \rho^2 \frac{\pi}{6}} \Rightarrow$$

$$= \nu R \Delta T + \frac{\frac{P_0}{V_0} V_2 P_2 + P_0^2 \rho^2 \frac{\pi}{12}}{2\,P_0/V_0} - \frac{\frac{P_0}{V_0} V_1 P_1 + P_0 \rho^2 \frac{\pi}{6}}{2\,P_0/V_0} =$$

$$= \nu R \Delta T + \frac{1}{2}\nu R \Delta T - \frac{1}{2} P_0 V_0 \rho^2 \frac{\pi}{6} \Rightarrow$$

$$\frac{3}{2}\nu R \Delta T = P_0 V_0 \rho^2 \left(\frac{\sqrt{15}}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\left(\alpha_0 - \frac{\pi}{3}\right)\right)$$

Из уравнения Менделеева - Клайперона $P_2 V_2 =$

$$= P_0 V_0 \cdot \frac{1}{2}\rho^2 \sin 30° = \nu R T_2 \Rightarrow P_0 V_0 \rho^2 = 4 \nu R T_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta T}{T_2} = \frac{8}{3}\left(\frac{\sqrt{15}}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\left(\operatorname{arcctg}\sqrt{\frac{5}{3}} - \frac{\pi}{3}\right)\right)$$

Часть 2

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

Шифр: **21202442**

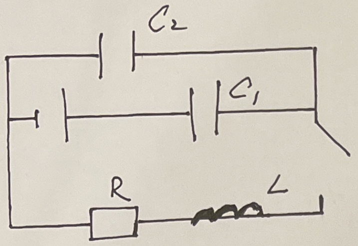
ID профиля: **855086**

Вариант 7

Чистовик

Вариант 11-07

Задание 3



Ключ разомкнут:

$$\mathcal{E} = U_{c1} + U_{c2} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$$

По З.С. заряда $q_1 = q_2 = q$

$$\mathcal{E} = q\,\frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2} \Rightarrow q = \mathcal{E}\,\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

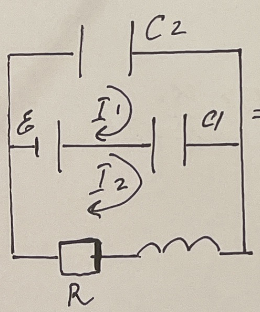
$$U_{c1} = \frac{q}{C_1} = \mathcal{E}\,\frac{C_2}{C_1 + C_2} \qquad U_{c2} = \frac{q}{C_2} = \mathcal{E}\,\frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

Ключ замыкают:

По закону Кирхгофа для контура $C_2 - R - L$ сразу при замык.

$$U_{c2} + I(0)\cdot R - L\left|\frac{dI}{dt}\right|(0) = 0 \Rightarrow (\text{т.к. } I(0) = 0)\left|\frac{dI}{dt}\right|(0) = \frac{\mathcal{E}}{L}\cdot\frac{C_1}{(C_1 + C_2)} = \frac{\mathcal{E}}{5LC}$$

Введем контурные токи по правилу Кирхгофа:



$$U_{c2} + U_{c1} = \mathcal{E} = \frac{q_2}{C_2} + \frac{q_1}{C_1} = \mathcal{E} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dq_2}{dt}\cdot\frac{1}{C_2} + \frac{dq_1}{dt}\cdot\frac{1}{C_1} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{dq_2}{dt} = I_1;\ \frac{dq_1}{dt} = I_1 - I_2\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_1\left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1}\right) = I_2\cdot\frac{1}{C_1} \Rightarrow I_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2}\,I_2$$

$$I_0 = |I_1 - I_2| = \frac{C_1}{C_1 + C_2}\,I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{C_1 + C_2}{C_1}\,I_0 = 5I_0$$

$5I_0$ - ток через резистор, когда через C_1 ток I_0

$$I_{c1} = I_2 - I_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2}\,I_2 \Rightarrow \frac{\Delta q_1}{\Delta q_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

В конце $I_2 = 0 \Rightarrow \frac{dI_2}{dt} = 0 \Rightarrow$

$$U_{c2} + 0\cdot R + L\cdot 0 = 0 \Rightarrow U_{c2} = 0 \Rightarrow \Delta q_2 = q_2(0)$$

$$\Delta q_1 = \frac{C_1}{C_2}\,\Delta q_2 = \frac{C_1}{C_2}\,q_2(0);\quad \Delta q = \Delta q_2 - \Delta q_1 =$$

$$= \frac{C_2 - C_1}{C_1}\,q_2(0) = \frac{C_2 - C_1}{C_1}\,q = \frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2}\cdot C_2\mathcal{E}_0$$

Энергия сист. кондис. не изменилась, т.к. $C_1 = const$ $C_2 = const$; $\mathcal{E} = const$. Тогда $Q = A_{ист} = \mathcal{E}\cdot\Delta q = \frac{C_2 - C_1}{C_2 + C_1}\,C_2\mathcal{E}^2 = \frac{3}{5}C\mathcal{E}^2$

Ответ: 1) $\frac{\mathcal{E}}{5LC}$ 2) $\frac{3}{5}L\mathcal{E}^2$ 3) $5I_0$

Чистовик

Вариант 11-07

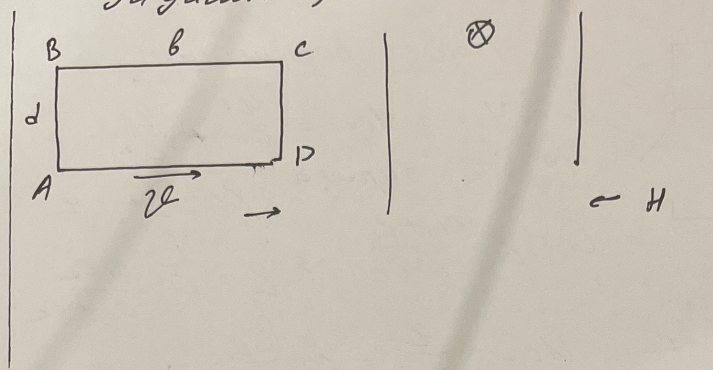
Задание 4

$m, d, b = 3d$

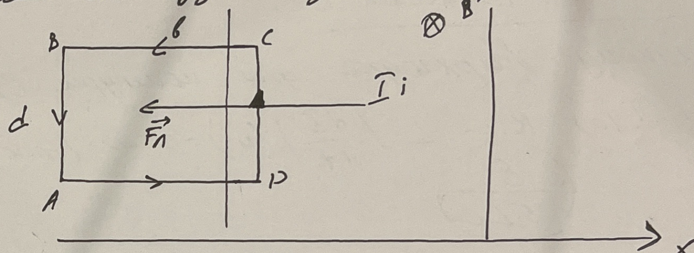
$v_0, R, B, H = \frac{d}{5}$

1) a - ?

2) v_1 - ?



1) Сразу после вхождения в поле оно будет действовать только на сторону CD рамки:



$\mathcal{E}_i = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$ — З ЭМИ Фарадея

$\Phi = BS\cos\alpha^{0^\circ} = BS = Bdv_0t$

$\mathcal{E}_i = -\frac{\partial(Bdv_0t)}{\partial t} = -Bdv_0$ - когда скорость еще не успела измениться

$I_i = \frac{|\mathcal{E}_i|}{R} = \frac{Bdv_0}{R}$

Тогда сила Ампера $F_A = I_i dB\sin\overset{\frac{\pi}{2}}{\beta} = I_i dB = B^2d^2\frac{v_0}{R}$

II З.Н. : $ma_x = -F_A$; $|a_x| = a$

$ma_x = -B^2d^2\frac{v_0}{R}$

$a_x = \frac{-B^2d^2}{m}\cdot\frac{v_0}{R}$

$a = \frac{B^2d^2}{m}\cdot\frac{v_0}{R}$ против направления движения

2) В общем случае: $\mathcal{E}_i = -\frac{\partial(Bdv(t)t)}{\partial t} = -Bd(a(t)\cdot t + v(t))$

$I_i = \frac{|\mathcal{E}_i|}{R} = \frac{Bd(at+v)}{R}$

$F_A = I_i dB = \frac{B^2d^2}{R}(at+v)$

З.Н. : $ma_x = -\frac{B^2d^2}{R}(at+v) < 0 \Rightarrow a_x = -a\,v_0$

$(-m + \frac{B^2d^2}{R}t)a = -\frac{B^2d^2}{R}v$

$(m - \frac{B^2d^2}{R}t)\frac{dv}{dt} = \frac{B^2d^2}{R}v$

$\frac{dv}{v} = \frac{B^2d^2}{R}\frac{dt}{m - \frac{B^2d^2}{R}t}$

$\frac{dv}{v} = \frac{B^2d^2}{R}\cdot\left(-\frac{R}{B^2d^2}\right)\frac{d\left(\frac{B^2d^2}{R}t - m\right)}{-m + \frac{B^2d^2}{R}t}$

$\int^{v_1} d\frac{v}{v} = -\int_{t=0}^{T}\frac{d\left(\frac{B^2d^2}{R}t - m\right)}{\frac{B^2d^2}{R}t - m}$ T — время влета

$\ln\frac{v_1}{v_0} = -\ln\left|\frac{\frac{B^2d^2}{R}T - m}{-m}\right|$

$\ln\frac{v_1}{v_0} = \ln\left|\frac{m}{m - \frac{B^2d^2}{R}T}\right|$

$\frac{v_1}{v_0} = \left|\frac{m}{m - \frac{B^2d^2}{R}t}\right|$

Чистовик

Вариант 11-07

Задание 4 (продолжение)

3

$$x = \int_0^t v(t)dt = m\int_0^t \frac{dt}{m - \frac{B^2d^2}{R}t} = \frac{mR}{-B^2d^2}\int_0^t \frac{d\left(\frac{B^2d^2}{R}t - m\right)}{-m + \frac{B^2d^2}{R}t} =$$

$$= \frac{mR}{B^2d^2}\ln\left|\frac{m}{\frac{B^2d^2}{R}t - m}\right| = h = \frac{d}{5} \quad (t=2)$$

$$\frac{m}{\frac{B^2d^2}{R}t - m} = e^{\frac{B^2d^3}{5mR}}$$

$$m = e^{\frac{B^2d^3}{5mR}} \cdot \frac{B^2d^2}{R}t - me^{\frac{B^2d^3}{5mR}}$$

$$t = \frac{Rm}{B^2d^2}\frac{\left(1 + e^{\frac{B^2d^3}{5mR}}\right)}{e^{\frac{B^2d^3}{5mR}}} = \frac{mR}{B^2d^2}\left(e^{-\frac{B^2d^3}{5mR}} + 1\right)$$

$$v_1 = v_0\left/\frac{m}{m - \frac{mR}{B^2d^2}\cdot\frac{B^2d^2}{R}\left(e^{-\frac{B^2d^3}{5mR}} + 1\right)}\right| = \left|\frac{v_0}{1 - 1 - e^{-\frac{B^2d^3}{5mR}}}\right| =$$

$$= v_0 e^{\frac{B^2d^3}{5mR}}$$

Ответ: $a = \frac{B^2d^2}{m}\frac{v_0}{R}$ против напр движ.

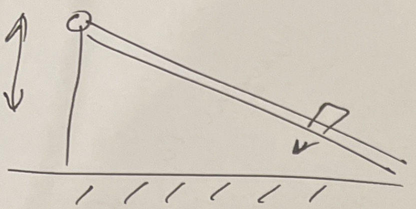
$\cancel{v_1 = v_0 e^{\frac{B^2d^3}{5mR}}}$

$v_1 = v_0 e^{\frac{B^2d^3}{5mR}}$

3) $V_2 = V_0$ по закону сохр. энергии

Черновик

$ma'_{и} = T - mg\cos\beta - ma\sin\beta$



шар

$\vec{F}_{и1} = -m\vec{a}$

бр

$F_{и2} = -\frac{m}{2}\vec{a}$

$\frac{3}{2}ma'_{и} = mg\left(\frac{1}{2}\sin\alpha - \cos\beta\right)$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{25}{169}} = \sqrt{\frac{144}{169}} = \frac{12}{13}$

$\frac{12}{26} - \frac{3}{5} = \frac{6}{13} - \frac{3}{5} = \frac{30-39}{65} = \frac{-9}{65}$

$\frac{9}{26} + \frac{4}{5} = \frac{25+104}{130} = \frac{129}{130}$

3) $\sqrt{2 \cdot \frac{5}{3} Lg \frac{178}{195}} = \sqrt{2 \cdot \frac{178}{39 \cdot 3} Lg} = \sqrt{\frac{356}{117} Lg}$

$= \frac{1}{3}\sqrt{\frac{356}{13} Lg} = \frac{3}{2}\sqrt{\frac{89}{13} Lg} \approx 1{,}74\sqrt{Lg}$

U_{c2} т.о.л. $\frac{\mathcal{E}}{L} \cdot \frac{C_1}{(C_1+C_2)} = \frac{\mathcal{E}}{5LC}$

$\frac{C_1}{C_1+C_2}$

$\frac{\partial q_1}{\partial q_2} = 0$

$I_2 = \frac{C_1+C_2}{C_1} I_1 = 5I_0$

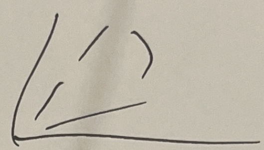
Условие

$C = \frac{\delta Q}{dT}$

PdV

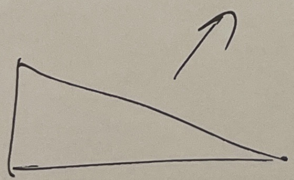
Менделеева-Клапейрона

$C = \nu R \left[\frac{3}{2} + \right.$

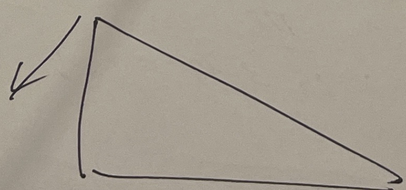


$L = \frac{4}{\cos\beta}$

$t = \sqrt{2L\ (\text{ан}')}$



m



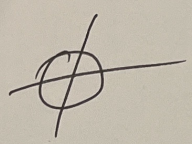
Черновик

$$\frac{m}{\frac{B^2d^2}{R}t - m} = e$$

$$\frac{B^2d^3}{SmR}$$

$\cancel{\frac{B^2d^2}{R}}$

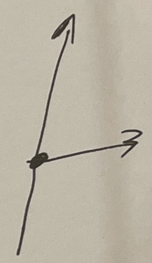
$$\int_0^t \frac{d\left(\frac{B^2d^2}{R}t - m\right)}{-m + \frac{B^2d^2}{R}t}$$

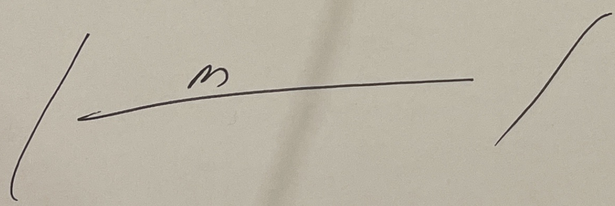


B^2

F_A

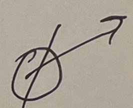
$I_i =$

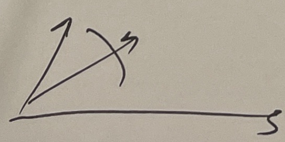




$\frac{\mathcal{E}}{dt}$ - ?

ЭМИ ФАРАДЕЯ





$d\vartheta$

$$\frac{v_1}{v_0}$$

$$\ln\frac{v'}{v_0} = -\ln\left|\frac{\frac{B^2d^2}{R}t - m}{-m}\right|$$?