Часть 1

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

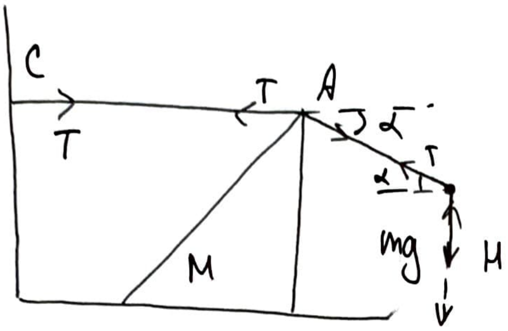
Шифр: **21202334**

ID профиля: **900555**

Вариант 2

Чистовик

Задача №1



M, A – масса и ускорение клина

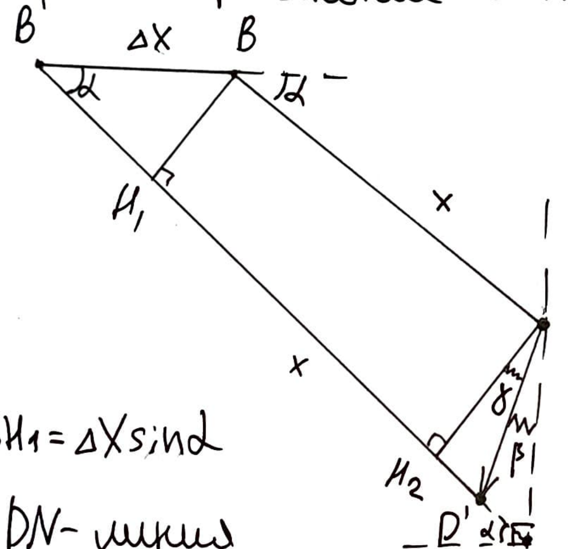
m, a – масса и ускорения шара

T – сила натяжения нити

$\cos\alpha = 4/5$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$

Нарисуем положение системы через маленький момент времени Δt, за который клин успел проехать расстояние ΔX:



B и B', D и D' – нач. и конеч. положения клина и шара

$\overrightarrow{D_1D}$ – вектор направления ускорения шара

Тк нить всегда находится под $\angle\alpha$ к горизонту, то $BD \parallel B'D'$

$BH_1 = \Delta X\cos\alpha$

Тк BDH_2H_1 – прямоуг., то $BD = H_1H_2 = X$

$B'D' = X + \Delta X$

($\overrightarrow{X}$ ~~нач~~. длина нити в нач. моменте)

$BH_1 = \Delta X\sin\alpha$

DN – линия горизонта

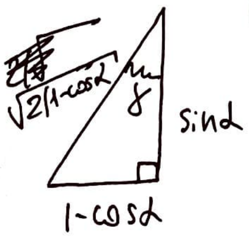
$\Rightarrow H_2D = \cancel{X}+\Delta X - \Delta X\cos\alpha - \cancel{X} = \Delta X(1-\cos\alpha)$

~~[illegible]~~ $= \angle B'ND = 90-\alpha;$

$\angle H_2DN = 90-(90-\alpha) = \alpha$; $\angle D'DN = \beta$ – его мы ищем.

$\angle\beta = \alpha - \angle H_2DD' =$ ~~[illegible]~~ $\alpha-\gamma$

Посчитаем угол γ:



~~[illegible]~~ $\operatorname{tg}\gamma = \frac{H_2D'}{H_2D} = \frac{H_2D'}{BH_1} = \frac{\Delta X(1-\cos\alpha)}{\Delta X\sin\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$

~~[illegible]~~

$\sin\gamma = \frac{1-\cos\alpha}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}}$ $\quad DD' = \sqrt{DH_2^2 + D'H_2^2} = \Delta X\sqrt{2(1-\cos\alpha)}$

$\cos\gamma = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}}$

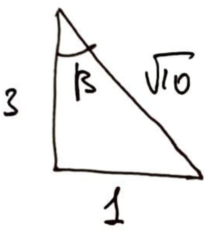
Чистовик

Задача №1 (продолжение)

$$\sin\beta = \sin(\alpha-\gamma) = \sin\alpha\cos\gamma - \cos\alpha\sin\gamma =$$

$$= \frac{\sin^2\alpha}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}} - \frac{\cos\alpha(1-\cos\alpha)}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}} = \frac{1}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}}(\sin^2\alpha-\cos\alpha+\cos^2\alpha) =$$

$$= \sqrt{\frac{(1-\cos\alpha)^2}{2(1-\cos\alpha)}} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{1-4/5}{2}} = \frac{1}{\sqrt{10}}$$ – искомый угол

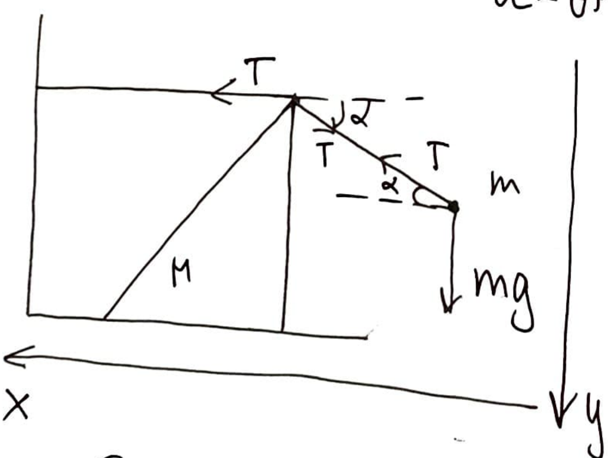


$\cos\beta = \frac{3}{\sqrt{10}}$; $\text{tg}\,\beta = \frac{1}{3}$

Ускорение клина $A = \frac{\Delta X}{\Delta t}$

Ускорение шара (полное) $a = \frac{DD'}{\Delta t} = \frac{\Delta X\sqrt{2(1-\cos\alpha)}}{\Delta t}$

$\Rightarrow$ $a = A\cdot\sqrt{2(1-\cos\alpha)}$



По 2му закону Ньютона:

$$\begin{cases} OX:\ T(1-\cos\alpha) = MA \\ OX:\ T\cos\alpha = ma_x \\ Oy:\ mg - T\sin\alpha = ma_y \end{cases}$$

$a_x = a\sin\beta = \frac{a}{\sqrt{10}}$

$a_y = a\cos\beta = \frac{3a}{\sqrt{10}}$ ← связь ускорений

$a = A\cdot\sqrt{2(1-\cos\alpha)} = \sqrt{\frac{2}{5}}A$

Тогда запишем систему с учетом связи ускорений:

$$\begin{cases} T(1-\cos\alpha) = MA & (1) \\ T\cos\alpha = m\cdot\sqrt{\frac{2}{5}}A\cdot\frac{1}{\sqrt{10}} & (2) \\ mg - T\sin\alpha = m\cdot\sqrt{\frac{2}{5}}A\cdot\frac{3}{\sqrt{10}} & (3) \end{cases}$$

Поделим (1) на (2):

$$\frac{\cancel{T}(1-\cos\alpha)}{\cancel{T}\cos\alpha} = \frac{M\cancel{A}}{m\sqrt{\frac{2}{5}}\cancel{A}\cdot\frac{1}{\sqrt{10}}}$$

$$\frac{\sqrt{\frac{2}{50}}(1-\cos\alpha)}{\cos\alpha} = \frac{M}{m}$$

Чистовик

Задача №1 (продолжение)

$$\frac{M}{m} = \frac{\frac{1}{5}(1-\cos\alpha)}{\cos\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{5\cos\alpha}; \quad \frac{m}{M} = \frac{5\cos\alpha}{1-\cos\alpha} =$$

$$= \frac{5\cdot 4}{5\cdot(1-\frac{4}{5})} = \frac{20}{5}\cdot 5 = 20; \qquad m = 20M$$

Поделим (2) на (3):

$$\frac{\cancel{T}\cos\alpha = \cancel{m}A/5}{\cancel{T}\sin\alpha = \cancel{m}(g-\frac{3}{5}A)}; \quad \operatorname{ctg}\alpha = \frac{A}{5g-3A}$$

$$5g\cdot\operatorname{ctg}\alpha - 3A\cdot\operatorname{ctg}\alpha = A$$

$$5g\cdot\operatorname{ctg}\alpha = A(1+3\operatorname{ctg}\alpha)$$

$$A = \frac{5g\operatorname{ctg}\alpha}{1+3\operatorname{ctg}\alpha} = \frac{5\cdot g\cdot 4/3}{1+\cancel{3}\cdot 4/\cancel{3}} =$$

$$= \frac{\overset{4}{\cancel{\frac{20}{3}}}g}{\cancel{1+4}} = \frac{4}{3}g$$

$$a = \sqrt{\frac{2}{5}}A = \sqrt{\frac{2}{5}}\cdot\frac{4}{3}g$$

В нач. момент расстояние до стола H

$$\frac{a_y t^2}{2} = H \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H\cdot\sqrt{10}}{a\cdot 3}} = \sqrt{\frac{2\sqrt{10}}{\cancel{3}}H\cdot\sqrt{\frac{5}{2}}\cdot\frac{\cancel{3}}{4}g} \quad \sqrt{\frac{5}{2}gH}$$

Ответ: 1) $\sin\beta = 1/\sqrt{10}$

2) $A = 4/3\,g$

3) $\frac{m}{M} = 20$

4) $t = \sqrt{\frac{5}{2}gH}$

$\boxed{\text{лист 3}}$

Чистовик

Задача №2

$C(T) = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0}$ Пусть $\Delta T = T_0 - \frac{1}{2}T_0 = T_0/2$

Посчитаем dC для маленького изм. температуры dt

$dC = \frac{5}{2}\frac{R}{T_0}(T_0 - dt)$

$dQ = \nu \cdot dC \cdot dt$

$\Rightarrow$ В общем случае для разности нач. и конечной температур $\Delta T'$:

$$Q = \int \nu \cdot \frac{5}{2}\frac{R}{T_0}(T_0 - dt)\,dt = \frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0}\cdot\left(T_0 \cdot \Delta T' - \frac{\Delta T'}{2}\right)$$

1) Теперь посчитаем Q_1: при Q_1 $\Delta T' = \Delta T = T_0/2$, а начальное изм. температуры равно 0

$$Q_1 = \left.\frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0}\left(T_0 \cdot \Delta T - \frac{\Delta T}{2}\right)\right|_0^{T_0/2} = \frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0}\left(\frac{T_0^2}{2} - \frac{T_0^2}{4 \cdot 2}\right) =$$

$$= \frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0} \cdot \frac{3}{8} T_0^2 = \frac{15}{16}\nu R T_0$$

2) Т.к. работа A минимальная, $\Rightarrow A' = 0$

В этом случае пусть ΔT_1 будет разность T_0 и конечной температуры T_1, которую мы ищем:

$A = Q - \Delta U$; $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1$; $Q = \frac{5}{2}\frac{\nu R}{T_0}\left(T_0 \Delta T_1 - \frac{\Delta T_1^2}{2}\right)$

$$A = \frac{\nu R}{2}\Delta T_1\left(5 - \frac{5\Delta T_1}{2T_0} - 3\right) = \frac{\nu R}{2}\Delta T_1\left(2 - \frac{5}{2}\frac{\Delta T_1}{T_0}\right) =$$

$$= \nu R \Delta T_1 - \frac{5}{4}\nu R \frac{\Delta T_1^2}{T_0}$$

$$A' = \cancel{\nu R} \cdot 1 - \frac{5}{4}\frac{\cancel{\nu R}}{T_0} \cdot 2\Delta T_1 = 0$$

$10\Delta T_1 = 4T_0$; $\Delta T_1 = \frac{2}{5}T_0$; $T_1 = T_0 - \Delta T_1 = \frac{3}{5}T_0$

$\boxed{\text{лист 4}}$

Чистовик

Задача №2 (продолжение)

3) Теперь посчитаем эту мин. работу A:

$$A = \frac{\nu R \Delta T_1}{2}\left(2 - \frac{5}{2}\frac{\Delta T_1}{T_0}\right) = \frac{\nu R}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{2}}{5} T_0 \cdot \left(2 - \frac{\cancel{5}}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{2}}{\cancel{5}} \frac{\cancel{T_0}}{\cancel{T_0}}\right) =$$

$$= \frac{\nu R T_0}{5}(2-1) = \frac{1}{5}\nu R T_0$$

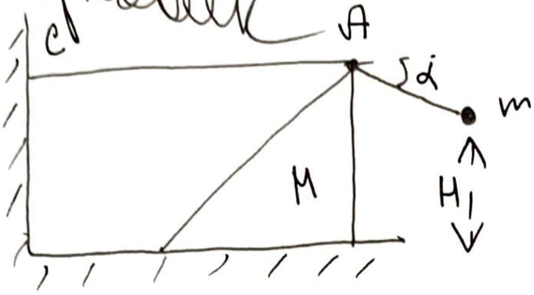
Ответ: 1) $Q_1 = \frac{15}{16}\nu R T_0$

2) $T_1 = \frac{3}{5} T_0$

3) $A = \frac{1}{5}\nu R T_0$

лист 5

Черновик



$\cos\alpha = 4/5$

$\sin\alpha = 3/5$

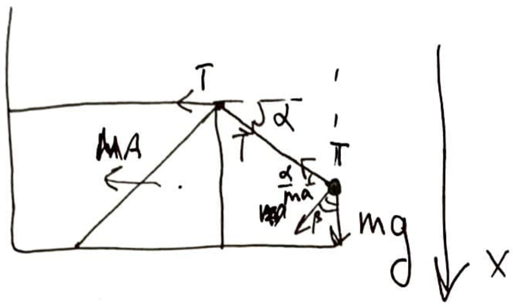
1)
2)
3) +
4)

$T(1-\cos\alpha) = MA$

$mg - T\sin\alpha = ma\cos\beta$

$T\cos\alpha = ma\sin\beta$

~~$A = a\sin\beta$~~



$$\begin{cases} T(1-\cos\alpha) = Ma\sin\beta \\ mg - T\sin\alpha = ma\cos\beta \\ T\cos\alpha = ma\sin\beta \end{cases}$$

$T = \dfrac{ma\sin\beta}{\cos\alpha}$

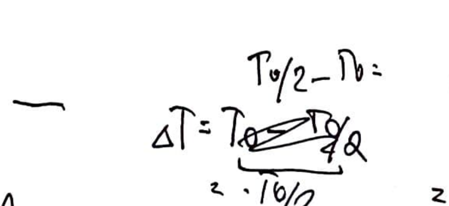
~~$mg - T\sin\alpha = ma\cos\beta$~~

~~$mg - ma\sin\beta\,\mathrm{tg}\,\alpha = ma\cos\beta$~~

~~$g = a(\cos\beta + \sin\beta\,\mathrm{tg}\,\alpha)$~~

$\dfrac{T(1-\cos\alpha)}{T\cos\alpha} = \dfrac{Ma\sin\beta}{ma\sin\beta}$

$\dfrac{1-\cos\alpha}{\cos\alpha} = \dfrac{M}{m}$, $\dfrac{m}{M} = \dfrac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha} = \dfrac{4/5}{1-4/5} = \dfrac{4}{5}\cdot\dfrac{5}{1} = 4$



$C(T) = \dfrac{5}{2}R\,T/T_0$, ν моль

от T_0 до $T_0/2$

$\Delta C = \dfrac{5}{2}R\,\dfrac{T_0+\Delta T}{T_0}$

$\delta Q = \Delta C\,\Delta T = \dfrac{5}{2}R\left(\dfrac{T_0+\Delta T}{T_0}\right)dT$

$T_0/2 - T_0 =$

$\Delta T = T_0 - T_0/2 = T_0/2$

$Q = \nu\dfrac{5}{2}\dfrac{R}{T_0}\left(T_0\cdot\Delta T + \dfrac{\Delta T^2}{2}\right)\Big|_{T_0/2}^{T_0} = \dfrac{5}{2}\dfrac{R}{T_0}\cdot\dfrac{2T_0T+\Delta T^2}{2}\Big|_{T_0/2}^{T_0} =$

$= \nu\dfrac{5}{2}\dfrac{R}{T_0}\left(T_0\cdot 0 - \left(-\dfrac{T_0^2}{2} + \dfrac{T_0^2}{4}\right)\right) = \nu\dfrac{5}{2}\dfrac{R}{T_0}\cdot\dfrac{T_0^2}{4} = \dfrac{5}{8}\nu R T_0$

$A \to \min \Rightarrow A' = 0$; $C_p = \dfrac{3}{2}R$

$\dfrac{3}{2}R = \dfrac{5}{2}R\dfrac{T}{T_0} \Rightarrow$

$\boxed{T = \dfrac{3}{5}T_0}$

$$\Delta C = \frac{5}{2} R \frac{T_0 + \Delta t}{T_0}$$

$$\Delta Q = \nu \Delta C \cdot \Delta t = \frac{5}{2} \nu R \cdot \frac{T_0 + \Delta t}{2} \cdot \Delta t$$

Черновик

$$\delta C = R \frac{T_0 + \Delta T}{T_0}; \quad Q = \int \frac{\nu R}{T_0} \left(\frac{T_0 + \Delta T}{T_0} \right) \Delta t = \frac{\nu R}{T_0} \left(\Delta T + \frac{\Delta T^2}{2} \right) = \frac{3}{2} \nu R \, \Delta T$$

$$= \int \frac{\nu R}{T_0} \cdot (T_0 + \Delta T) \Delta t = \frac{\nu R}{T_0} \cdot \left(T_0 \Delta T + \frac{\Delta T^2}{2} \right) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\Delta T + \frac{\Delta T^2}{2} = \frac{3}{2} \Delta T \cdot T_0$$

$$\frac{2\Delta T + \Delta T^2}{2} = \frac{3}{2} \Delta T \cdot T_0$$

2+

1) +
2) +
3) +

$$T_0 \Delta T + \frac{\Delta T^2}{2} = \frac{3}{2} T_0 \Delta T$$

$$T_0 + \frac{\Delta T}{2} = \frac{3}{2} T_0$$

$$\Delta T / 2 = \frac{1}{2} T_0;$$

$$\cancel{\Delta T = T_0; \; T = T_0 + \Delta T = 2T_0}$$

$$\Delta T = T_0 - T$$

$$\Delta C = \frac{5}{2} R \frac{T_0 - dt}{T_0}$$

$$dQ = \nu \, dC \, dt$$

$$Q = \frac{5}{2} \frac{\nu R}{T_0} \int (T_0 - \Delta t) \, dt = \frac{5}{2} \frac{\nu R}{T_0} \left(T_0 \Delta T - \frac{\Delta T^2}{2} \right) = Q$$

$$Q_1 = \frac{5}{2} \nu R \left(\Delta T - \frac{\Delta T^2}{2T_0} \right) \Bigg|^{T_0/2} = \frac{5}{2} \nu R \left(\frac{T_0}{2} - \frac{T_0^2}{2 \cdot 4 T_0} \right) =$$

$$= \frac{5}{2} \nu R \left(\frac{4T_0}{8} - \frac{3}{8} T_0 \right) = \frac{5}{2} \nu R \cdot \frac{T_0}{8} = \frac{5}{16} \nu R T_0$$

$$A_{min} \Rightarrow A' = 0; \quad A = Q - \Delta U; \quad Q = \frac{5}{2} \nu R \left(\Delta T - \frac{\Delta T^2}{2T_0} \right) =$$

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

$$A = \frac{\nu R \Delta T}{2} \left(5 - \frac{5 \Delta T}{2T_0} - 3 \right) = \frac{\nu R \Delta T}{2} \left(2 - \frac{5}{2} \frac{\Delta T}{2T_0} \right) = \frac{5}{2} \frac{\nu R \Delta T}{2} \left(1 - \frac{\Delta T}{2T_0} \right)$$

$$= \nu R \Delta T - \frac{5}{4} \frac{\nu R}{T_0} \cdot \Delta T^2$$

$$A' = \nu R - \frac{5}{4_2} \cdot \frac{\nu R}{T_0} \cdot \cancel{2} \Delta T = 0$$

$$1 = \frac{5}{2} \frac{\Delta T}{T_0} \Rightarrow 2T_0 = 5\Delta T; \quad \Delta T = \frac{2}{5} T_0;$$

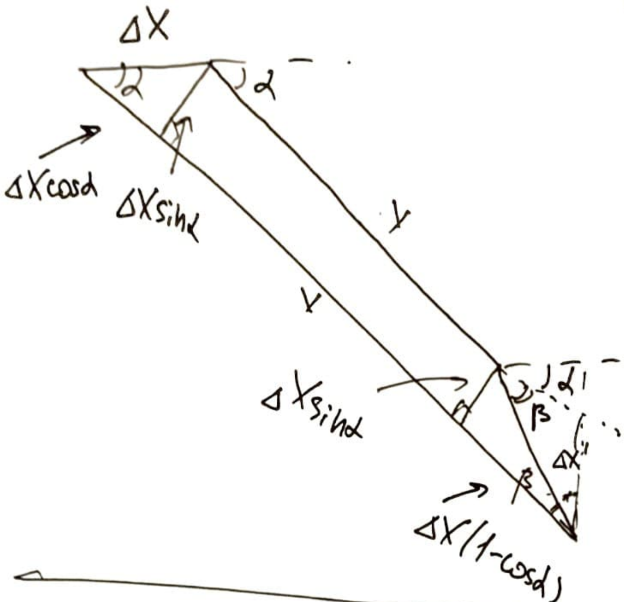
$$\boxed{T = T_0 - \Delta T = 3/5 \, T_0}$$

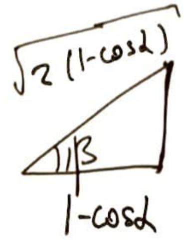
$$A = \frac{\nu R \Delta T}{2} \left(2 - \frac{5}{2} \frac{\Delta T}{2T_0} \right) = \cancel{\frac{\nu R \cdot 2}{5} T_0 - \frac{\nu R \cdot 5}{4} \cdot \frac{2}{25} \frac{T_0^2}{2T_0}} =$$

$$= \frac{\nu R \cdot 3T_0}{10} \left(2 - \frac{5}{4} \frac{3}{5} \frac{T_0}{T_0} \right) = \frac{3}{10} \nu R T_0 \left(\frac{8}{4} - \frac{3}{4} \right) = \frac{3}{10_2} \cdot \frac{5}{4} \cdot \nu R T_0 = \frac{3}{8} \nu R T_0$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{8} = \frac{4}{8} - \frac{1}{8}$$

$\sqrt{7}/5$





$\sin\alpha \; 3/5$

$1/5$

$\sin^2\alpha + 1 + \cos^2\alpha - 2\cos\alpha =$
$= 2 - 2\cos\alpha$

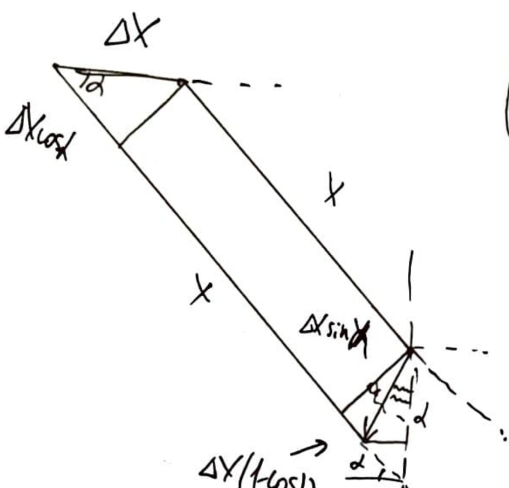
$\Delta X' = \Delta X\sqrt{2-2\cos\alpha} =$
$= \Delta X \cdot \sqrt{2\left(1-\frac{4}{5}\right)} = \sqrt{\frac{2}{5}}\,\Delta X$

$\cancel{\frac{9}{25}\sqrt{\frac{9+1}{25}} = \sqrt{\frac{10}{25}} = \sqrt{\frac{2}{5}}}$

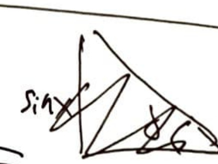
$\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta =$
$= \frac{3}{5}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{4}{5}\cdot\frac{3}{5}\cdot\sqrt{\frac{5}{2}} =$

$\cancel{= \frac{3}{\sqrt{2}\,5} + \frac{12}{5}\sqrt{\frac{5}{25\cdot 2}}}$

$= \frac{3}{5}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + 2\sqrt{\frac{5\cdot 4}{25\cdot 2}}\right) = \frac{3}{5}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + 2\sqrt{\frac{2}{5}}\right)$

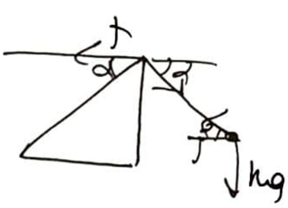


$\beta = \alpha - \gamma$



$\cancel{\sqrt{1+\cos^2\alpha}}$

$\sin\beta = \sin(\alpha-\gamma) =$
$= \frac{\sin\alpha\cdot\sin\alpha}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}} - \frac{\cos\alpha\cdot(1-\cos\alpha)}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}} =$
$= \frac{1}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}}\left(\sin^2\alpha - \cos\alpha + \cos^2\alpha\right) =$
$= \frac{\sqrt{(1-\cos\alpha)^2}}{\sqrt{2(1-\cos\alpha)}} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{1}{10}} = \frac{1}{\sqrt{10}}$



$T(1-\cos\alpha) = MA$

$A = \frac{\Delta X}{\Delta t}$,

$\cancel{a\sin\beta} = \cancel{a\cos\beta} = \quad a = \Delta X\left(\sqrt{2(1-\cos\alpha)}\right) \quad \cancel{a}$

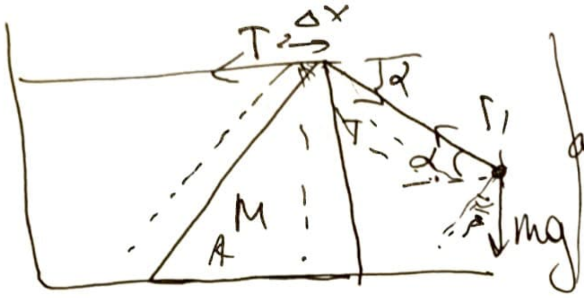
$a\sin\beta = \Delta X(1-\cos\alpha)$

$\frac{a}{A} = \sqrt{2(1-\cos\alpha)} = \sqrt{\frac{2}{5}}$;

$a = A\sqrt{2(1-\cos\alpha)}$

$1 + \cos^2\alpha - 2\cos\alpha + \sin^2\alpha =$
$= 2(1-\cos\alpha)$

$$T(1-\cos\alpha)=MA$$
$$mg-T\sin\alpha=ma\cos\beta$$
$$T\cos\alpha=ma\sin\beta$$



$\cancel{a\sin\beta}$

$\cancel{a\sin\beta=A\sin\alpha}$

Было: $X\sin\alpha$

Стало: $(X+\Delta X)\sin\alpha$ $\;\; \Delta X\sin\alpha;$

$$A=\frac{\Delta X}{\Delta t}$$

$\cancel{a\sin\beta=\frac{\Delta X\sin\alpha}{\Delta t}=A\sin\alpha}$

$\Delta X+$

$$\frac{\Delta X\sin\alpha}{\Delta t}$$

$\cancel{a\cos\beta=A\sin\alpha}$

$$a=A\sin\alpha/\cos\beta$$

$$\begin{cases} T(1-\cos\alpha)=MA \\ mg-T\sin\alpha=ma\cos\beta \\ T\cos\alpha=ma\sin\beta \\ \cancel{a\cos\beta=A\sin\alpha} \end{cases}$$

$$\frac{m\cancel{A\sin\alpha}}{\cos\beta}\cdot\sin\beta=\frac{T\cos\alpha}{T(1-\cos\alpha)}$$
$$\cancel{MA\sin\alpha}$$

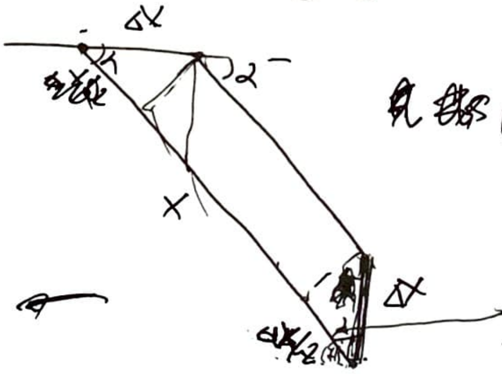
$$\frac{ma\sin\beta}{ma\cos\beta}=\frac{T\cos\alpha}{mg-T\sin\alpha}$$

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

$$\frac{m}{M}\operatorname{tg}\beta=\frac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha}$$

Было: $X\cos\alpha;$

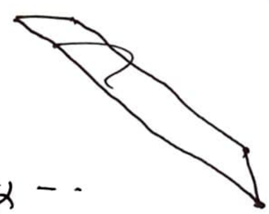
Стало: ΔX

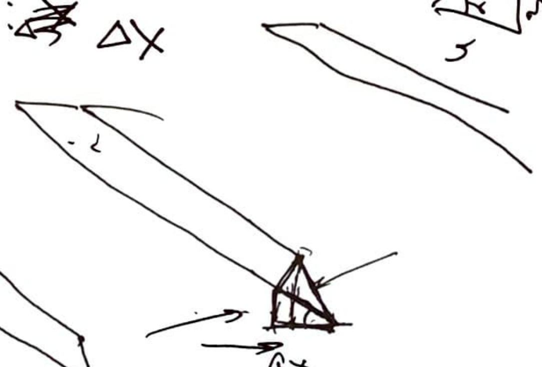


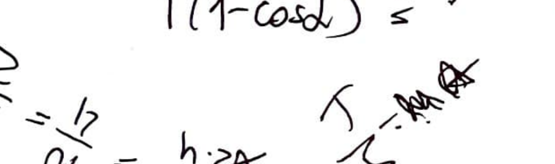
$\Delta X\sin\alpha$

$a_y=A$

$a_x=$







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

$T=MA$

$$\frac{h}{n_1}=\frac{h\cdot 2A}{25\cdot 2\sqrt{10}}$$

$T=MA$

$m=200$ г

Часть 2

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

Шифр: **21202334**

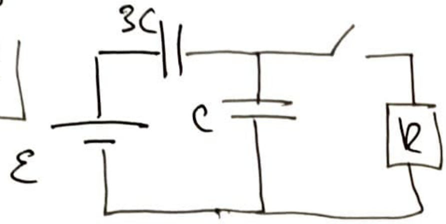
ID профиля: **900555**

Вариант 2

Чистовик

Задача №3

$\mathcal{E}, C, 3C$



1) Когда ключ только замкнули, напряжения на конденсаторах ещё не будет:

$U_1=U_2=0 \Rightarrow$

тогда $\mathcal{E}=I_R\cdot R \Rightarrow I_R=\frac{\mathcal{E}}{R}$ — ток через конденсатор

2) В уст. режиме после замыкания ключа: оба конденсатора зарядились, ток течёт только через резистор R

Тогда $\mathcal{E}=U_1+U_2$;

$q_1=q_2 \Rightarrow 3CU_1=CU_2$

$U_2=3U_1$

$\mathcal{E}=4U_1 \Rightarrow U_1=\mathcal{E}/4$

$U_2=3/4\,\mathcal{E}$

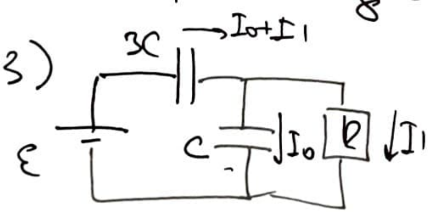
Тогда $Q_{кон}=\frac{3C}{2}\cdot\frac{\mathcal{E}^2}{16}+\frac{C}{2}\cdot\frac{9\mathcal{E}^2}{16}=\frac{C\mathcal{E}^2\cdot 12}{32}=\frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$

$A_{ист}=(q_1-0)\cdot\mathcal{E}=(3C\cdot\mathcal{E}/4-0)\cdot\mathcal{E}=\frac{3}{4}C\mathcal{E}^2$; $Q_{нач}=0$

$A_{ист}=Q_{кон}-Q_{нач}+Q$

$Q=\frac{3}{4}C\mathcal{E}^2-\frac{3}{8}C\mathcal{E}^2=\frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$

3)



В любой момент времени зарядки конденсаторов

$\Rightarrow$

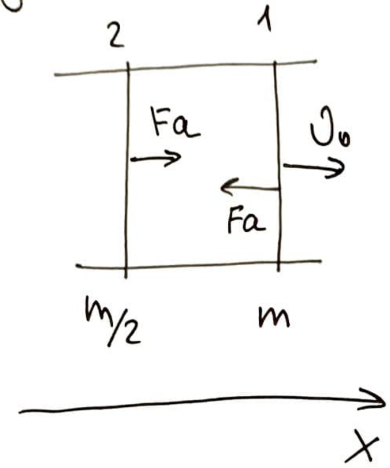
Ответ: 1) $I_R=\mathcal{E}/R$

2) $Q=\frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$

$\boxed{\text{лист 1}}$

Чистовик

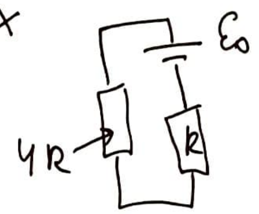
Задача №4



Когда перемычка 1 начнёт ехать со скоростью v_0, из-за эффекта Холла она создаст напряжение

$$\mathcal{E}_0 = B\cdot v_0\cdot l$$

Соответственно, через перемычки сразу же начнёт идти ток I:



$$I(4R+R)=\mathcal{E}_0$$

$$I=\frac{\mathcal{E}_0}{5R}$$

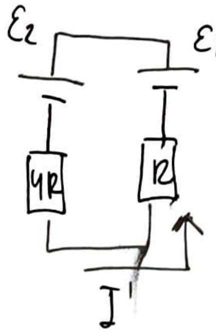
Соответственно, на перемычки начнёт действовать сила Ампера $F_a = IBl = \frac{\mathcal{E}_0}{5R}Bl = \frac{(Bl)^2\cdot v_0}{5R}$ (одинаковая для обеих перемычек, т.к. I, B и l для них ~~к...~~ одинаковы)

~~Уп.~~ 2 з. Ньютона для перемычки 2 в нач. момент времени:

OX: ~~F... (Bl)~~ $F_a = \frac{m}{2}a_{20}$

$$a_{20} = \frac{2F_a}{m} = \frac{2}{5}\frac{v_0}{mR}(Bl)^2$$ – уск. в нач. момент.

Когда у второй перемычки появится скорость за счёт силы Ампера, действующей на неё, то у неё тоже появится своё напряжение: схема будет выглядеть так:



$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 + 5I'R$ (I' – ток в конкретный момент времени)

Т.к. ~~нач. 1 перемычку~~ ускорение действует против движения 1-й перемычки, то её скорость будет уменьшаться => ~~E~~ $\mathcal{E}_1$ будет тоже уменьшаться (т.к. $\mathcal{E}_1 = Bv_1l$), где v_1 – скорость 1-й перемычки

лист 2

Чистовик

Задача №4 (продолжение)

А скорость 2й перемычки, наоборот, будет увеличиваться, так её ускорение действует в направлении её скорости $\Rightarrow \mathcal{E}_2$ тоже будет увеличиваться.

$5I'R = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$. Если $\mathcal{E}_1$ уменьш., а $\mathcal{E}_2$ увелич., значит, через продолжительное время $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$, тогда $I' = 0$, значит, в таком случае ток перестанет идти, соответственно, ускорения пропадёт и у 1й, и у 2й перемычки.

2 з. Ньютона для 1 перемычки: $OX: -F_A = ma_1$

$$a_1 = -\frac{(Bl)^2}{5mR} \cdot v_1$$

для 2й перемычки: $OX: F_A = m/2\, a_2$

$$a_2 = \frac{2}{5}\frac{(Bl)^2}{mR} \cdot v_2$$

Если уск пропадут, $\Rightarrow$ будет постоянная скорость и у 1, и у 2й перемычек.

$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$; $\mathcal{E}_1 = Bv_1 l$, $\mathcal{E}_2 = Bv_2 l$ $\Rightarrow v_1 = v_2 \Rightarrow$ скорости перемычек будут одинаковыми.

Заметим, что $a_2 = -2a_1$ в любой момент времени.

$\Rightarrow$ $\Delta v_1 = v_0 - (v_0 + a_1 \Delta t) = -a_1 \Delta t$

$\Delta v_2 = a_2 \Delta t = -2a_1 \Delta t$ $\Rightarrow$ ~~в среднем~~ всегда, в любой момент времени ~~$\Delta v_{2й}$~~ ск. 2й перемычки увелич. в 2 раза больше, чем уменьшается скорость 1й.

Тогда в момент, ~~когда~~ когда они сравнялись:

$2(v - 0) = v_0 - v \Rightarrow 3v = v_0 \Rightarrow v = v_0/3$,

а скорость $u = 2v = \frac{2}{3}v_0$ — скорость в уст. режиме

$\boxed{\text{лист 3}}$

Чистовик

Задача №4 (продолжение)

Тк в каждый момент времени ~~a~~. $a_2 = -2a_1$, то
$\Delta S_2 = a_2 \Delta t^2 = \cancel{\quad} = 2 a_1 \Delta t^2$

$\Delta S_1 = a_1 \Delta t^2$ (путь уменьшился) (тут a_2 и a_1 – ср. значения ускорения на всем пути до установления скоростей)

То $\left|\frac{\Delta S_2}{\Delta S_1}\right| = \left|\frac{a_2}{a_1}\right| = 2 \Rightarrow \Delta S_2 = 2\Delta S_1$ –

т.е. 2я перемычка прошла вперед $\Delta S_2 = 2\Delta S_1$, а 1я ~~пер~~ перемычка прошла вперед ~~$\vartheta_0 t$~~ $\vartheta_0 t - \Delta S_1$

$\Delta S_1 = \frac{0 + \frac{2}{3}\vartheta_0}{2} \cdot t = \frac{2}{6}\vartheta_0 t$; t – время до момента, когда скорости сравнялись

Тогда Δ расстояний будет равно:

$\Delta = \vartheta_0 t - \Delta S_1 - 2\Delta S_1 = \vartheta_0 t - 3\Delta S_1 = \vartheta_0 t - \frac{6}{6}\vartheta_0 t = 0$

$\Rightarrow$ ~~раст~~ расстояние между перемычками не изменилось

Ответ: 1) $a_{20} = \frac{2}{5}\frac{\vartheta_0}{mR}(Be)^2$

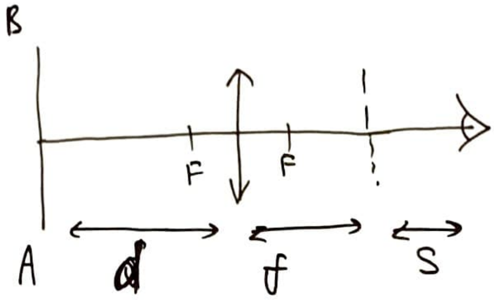
2) $u = \frac{2}{3}\vartheta_0$

3) расстояние между перемычками не изменилось

Чистовик

Задача №5

$F = 12$ см
$H = 9$ см
$d = 48$ см
$S = 24$ см



изображение находится на расст. f от линзы (т.к оно действительное, то между линзой и глазом)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d-F}{Fd}$$

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{12\text{см} \cdot 48\text{см}}{36\text{см}} = 16\text{см}$$

$$X = S + f = S + \frac{Fd}{d-F} = 24\text{см} + \frac{12\text{см} \cdot \cancel{48\text{см}}^{4}}{\cancel{48\text{см} - 12\text{см}}_{3}} = 24\text{см} + 16\text{см} = 40\text{ см}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{16\text{ см}}{48\text{см}} = \frac{1}{3}$$ – увелич. линзы

Чтобы наблюдатель смог увидеть изобр., то диаметр линзы минимум должен быть равен диаметру изображения циферблата.

$$h = H \cdot \Gamma = \frac{f}{d} \cdot H = \frac{9\text{см}}{3} = 3\text{см}$$ – диаметр изобр. циферблата

$$D_м = h = 3\text{см}$$

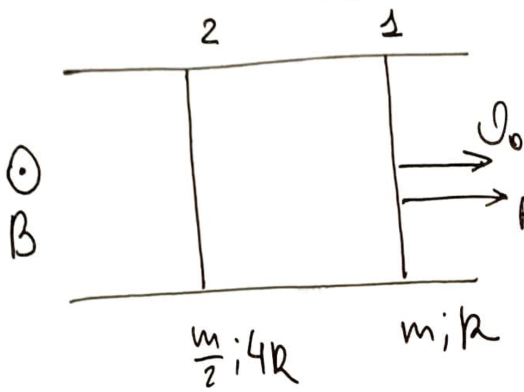
Чтобы непрозрачный маленький экран закрыл все изображение ~~…~~ циферблата, его нужно поместить в точку пересечения всех лучей, запущенных из циферблата в линзу, т.е. в её фокус (который находится между линзой и глазом) т.к. лучи

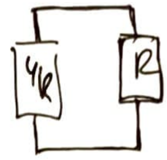
⇒ надо поместить экран между линзой и изображением ~~на~~ в ~~3~~ $F = 12$ см от линзы.

Ответ: ~~1) 40; 16 см; 2)~~ 1) $X = 40$ см; 2) $D_м = 3$ см; 3) на расстоянии 12 см от линзы между ней и изображением.

лист 5

Черновик





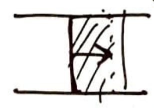
$F = q\vartheta B$

$\Phi = \frac{B \Delta S}{\Delta t}$

$q\vartheta B \Delta t$

IBl

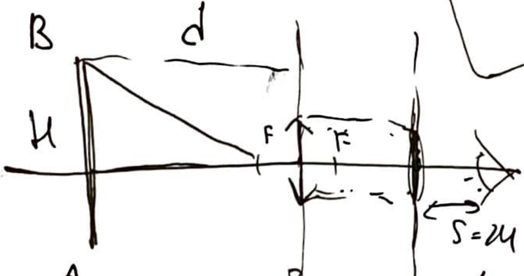
Эффект Холла



$\Phi = B \cdot S =$

$\frac{B \cdot \vartheta_0 \Delta t \cdot l}{\Delta t} = B\vartheta_0 l$

$F = B\vartheta_0 l$



$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{16}{48} = \frac{1}{3}$

$h = \Gamma H = \frac{f}{d} H = 9/3 = 3\text{ см}$

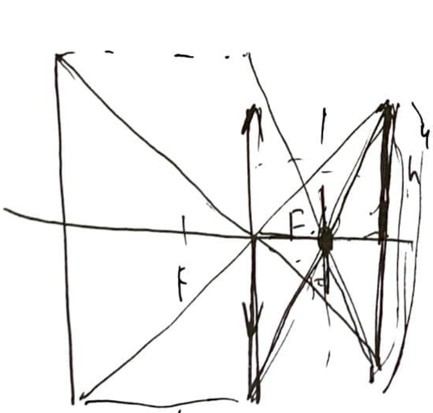
$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$

$\frac{1}{f} = \frac{d-F}{Fd}$

$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{12 \cdot 48}{36} = 16\text{ см}$

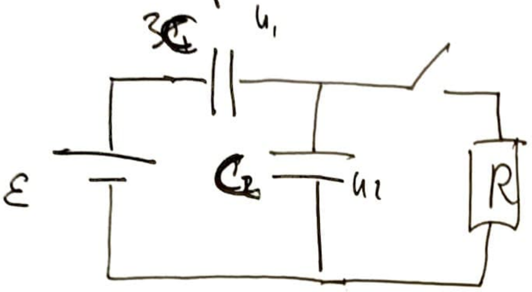
$x = f + S = 16 + 24 = 40\text{ см}$

$\frac{12}{1}$



поместить на фокусе линзы между изобр. и линзой

③ Черновик

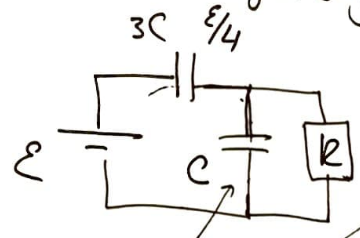


1) сразу после

$u_1=u_2=0$

$I_R=\mathcal{E}/R$

2) когда будет уст. режим:



$3C\cdot u_1=C\cdot u_2$

$u_2=3u_1$

$\mathcal{E}=4u_1 \Rightarrow u_1=\mathcal{E}/4$

q_{3C}

$q=Cu_2=3Cu_1=\frac{3C\cdot\mathcal{E}}{4}=\frac{3}{4}C\mathcal{E}$

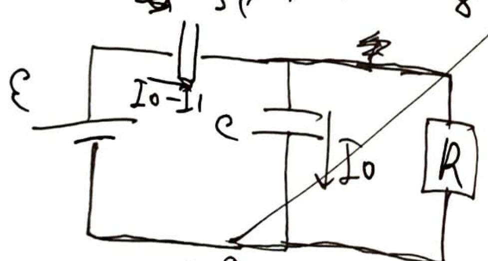
$q_{ист}=q_0-0=$

$=\frac{3}{4}C\mathcal{E}$

$\frac{3}{4}C\mathcal{E}^2=\frac{3C\cdot\mathcal{E}^2}{2\cdot16}+\frac{C}{2}\cdot\frac{9}{16}\mathcal{E}^2+Q$

$Q=\frac{C\mathcal{E}^2}{4}\left(3-\frac{3}{8}-\frac{9}{8}\right)=\frac{C\mathcal{E}^2}{4}\left(\frac{24}{8}-\frac{12}{8}\right)=\frac{C\mathcal{E}^2\cdot\cancel{12}^{3}}{\cancel{4}\cdot8}=$

$=\frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$



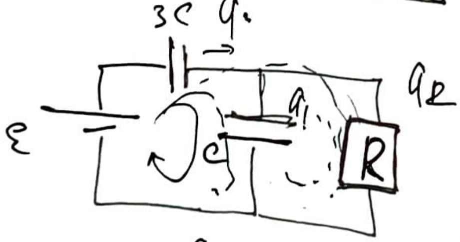
$I_1R=\frac{q'}{C}$

$\mathcal{E}-I_1R=\frac{q'}{3C}$

$3\mathcal{E}-3I_1R=I_1R$

$3\mathcal{E}=4I_1R$; $u_x=\frac{3}{4}\mathcal{E}$

u_x



$q=q_1+q_R$

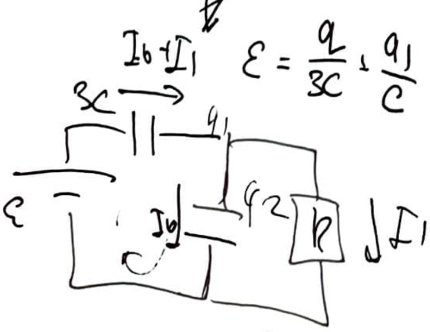
$q_{ист}=q$ =

$IR=q_1/C$

$q/C=u$

$u=IR$

$\frac{q}{t}R$



$\mathcal{E}=\frac{q}{3C}+\frac{q_1}{C}$

~~$\frac{(I_0+I_1)\Delta t}{3C}=\frac{I_0\Delta t}{C}+\frac{I_1\Delta t}{R}$~~

~~$\frac{I_0\Delta t}{C}+u_1=\mathcal{E}+\frac{I_0+I_1}{3C}\Delta t$~~

$\frac{q_1}{3C}+\frac{q_2}{C}=\mathcal{E}$

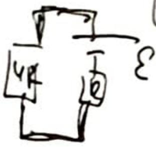
$\frac{q_2}{C}=I_1R$

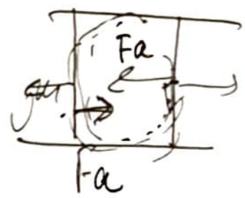
$\frac{I_0\Delta t}{C}=I_1R$

$F_{\Delta t} = B_\Delta S$;

$\mathcal{E} = \frac{B_\Delta S}{\Delta t}$

$\mathcal{E} = B v_0 l$





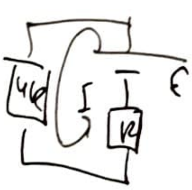
$F_a = IBl = \frac{\mathcal{E}}{R} Bl = \frac{B^2 v l^2}{R}$

$F_a = \frac{(Bl)^2 v_0}{R}$

$F_a = IBl = \frac{(Bl)^2 v_0}{R}$

1) В нач. момент:

$F_a = IBl = B \cdot l \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{(Bl)^2 v_0}{R} = \frac{m}{2} a_2$

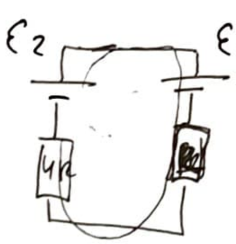


$\mathcal{E} = 5IR$;

$I = \mathcal{E}/5R$;

$a_2 = \frac{2 v_0}{mR} (Bl)^2$

$F_{a2} = \frac{\mathcal{E}}{5R} Bl = \frac{(Bl)^2 v_0}{5R} = \frac{m}{2} a_2$;



чтобы ск. установилась:

I

$a_2 = \frac{2}{5} \frac{v_0}{mR} (Bl)^2$

чем меньше v_0, тем

$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$ пока нет

$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 + 5IR$

изм: $\mathcal{E}$

$\mathcal{E}_1 = B v_1 l$

$\mathcal{E}_2 = B v_2 l$

$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 + 5IR$

$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 5IR$

~~a_1 линейно зависит от~~ скорости

$m a_1 = \frac{m}{2} a_2$; $a_2 = 2 a_1$

$0 \to v_0$

$a_1 = \frac{a_2}{2} = \frac{2 (Bl)^2 v_0}{5R}$

$v_2 = a_2 t \Rightarrow 2 a_1 t$

$v_1 = v_0 - a_1 t$;

$v_0 - a_1 t = 2 a_1 t$

$a_1 t = v_0 / 3$;

$v_x = \frac{2}{3} v_0$

$\cancel{S_1 = v_0 t}$ $\quad S_1 = a_{cp} t^2/2 = a_{cp1} t^2$

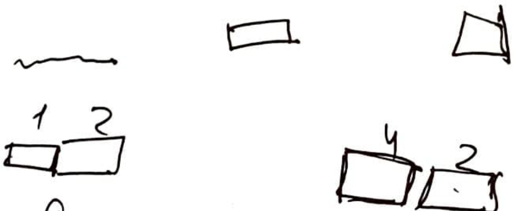
$a_{cp1} \cdot t = \frac{2}{3} v_0 \quad S_2 = v_0 t - \frac{a_{cp1} t^2}{2}$

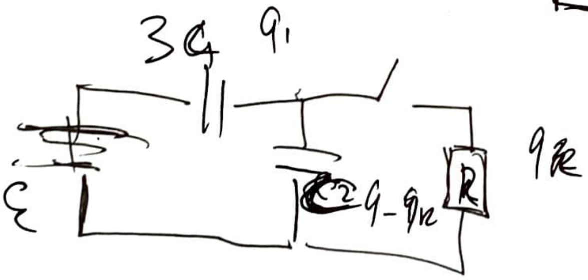
$\frac{q}{C} \quad \frac{I_0 \Delta t}{C} = I_1 R \; ; \; (I_0 + I_1)\Delta t =$

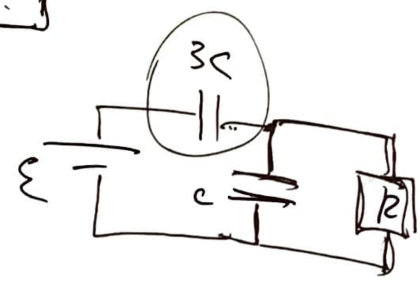
$I_1 = \frac{I_0 \Delta t}{CR}$

$\frac{(I_0 + I_1)\Delta t}{3C} + \frac{I_0 \Delta t}{C} = \varepsilon \Delta t$

$\frac{3C\varepsilon}{\Delta t} = 4I_0 + I_1$







$\frac{q_1}{3C} + \frac{(q_1 - q_R)}{C} = \varepsilon$

$q_1 + 3q_1 - 3q_R = 3\varepsilon C$

$4q_1 - 3q_R = 3C\varepsilon$

Vmα $= q_1$

$\varepsilon = 3Cu_1 + IR$

$\varepsilon = 3Cu_1 + Cu_2$

$q_R = q_3 - q_2$

$\frac{12}{32} = \quad 4.3 \quad 4.8$