Часть 1

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

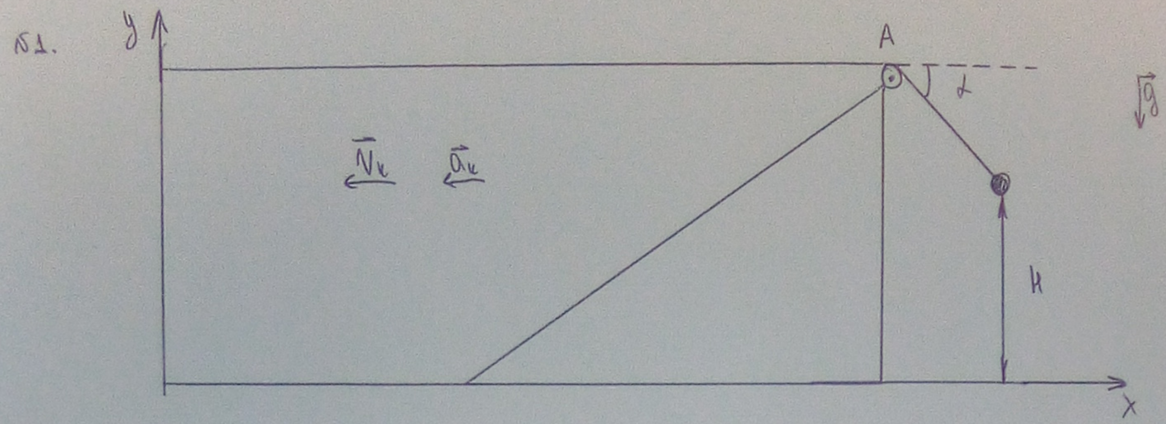
Шифр: **21203519**

ID профиля: **285397**

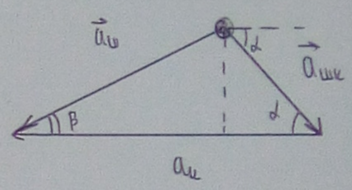
Вариант 1

Чистовик

№1.



1. Введём систему отсчёта, связанную с клином.
Пусть $a_к$ – ускорение клина; $a_ш$ – ускорение шара;
$a_{шк}$ – ускорение шара относительно клина, тогда
$\vec{a}_ш = \vec{a}_к + \vec{a}_{шк}$
Покажем эти векторы на схеме, тогда по т. синусов



$$\frac{a_ш}{\sin\alpha} = \frac{a_{шк}}{\sin\beta} \Rightarrow \sin\beta = \frac{a_{шк}}{a_ш} \cdot \sin\alpha$$

2. Пусть S – увеличение расстояния между т. A и шариком за время t
В системе отсчёта клина:
$$S = \frac{a_{шк}t^2}{2}$$
В системе отсчёта земли:
$$S = \frac{a_к t^2}{2}$$
$$\frac{a_{шк}t^2}{2} = \frac{a_к t^2}{2} \Rightarrow a_{шк} = a_к$$, тогда треугольник ускорений – равнобедренный $\Rightarrow$

$$\alpha + 2\beta = 180^\circ$$
$$\beta = \frac{180^\circ - \alpha}{2} = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$$
$$\cos\beta = \cos\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) = \sin\frac{\alpha}{2}$$
$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{1-\frac{3}{5}}{2}} = \sqrt{\frac{2}{10}} = \sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5}$$
$$\cos\beta = \frac{\sqrt{5}}{5}$$
Ответ: $\cos\beta = \frac{\sqrt{5}}{5}$.

№2. Чистовик

Дано:

ν; T_0

$C(T) = 2R\dfrac{T}{T_0}$

1.) Q_1 - ?

2.) A_{min}

T - ?

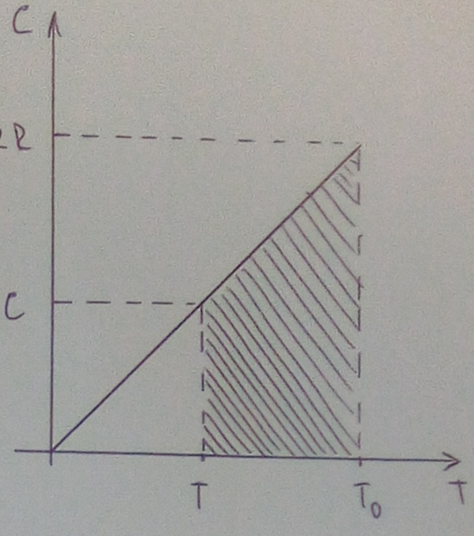
3.) A_{min} - ?

Решение:

1. Если бы C не изменялась, то тогда

$Q = \nu R c$

Построим график зависимости $C(T)$.



Количество теплоты равно (численно) площади под графиком. Зависимость $C(T)$ - линейная ⇒ фигура под графиком – трапеция ⇒

$$\begin{cases} Q = \nu \cdot \frac{1}{2}(C + 2R)(T_0 - T) \\ C = 2R\frac{T}{T_0} \end{cases}$$

$$Q = \nu \cdot \frac{1}{2}\left(2R\frac{T}{T_0} + 2R\right)(T_0 - T) = \nu R\left(\frac{T}{T_0} + 1\right)(T_0 - T) =$$

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

$$T = \frac{5}{6}T_0$$

$$Q_1 = \nu R\left(-\frac{25}{36}\frac{T_0^2}{T_0} + T_0\right) = \nu R\left(\frac{11}{36}T_0\right) = \frac{11}{36}\nu R T_0$$

2. $Q = A + \Delta U \Rightarrow A = Q - \Delta U$

$$\begin{cases} Q = \nu R\left(-\frac{T^2}{T_0} + T_0\right) \\ \Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T = 1{,}5\,\nu R(T_0 - T) \end{cases}$$

$$A = \nu R\left(-\frac{T^2}{T_0} + T_0 - 1{,}5T_0 + 1{,}5T\right) = \nu R\left(-\frac{T^2}{T_0} + 1{,}5T - 0{,}5T_0\right)$$

Заметим, что функция $A(T)$ – квадратичная. График – парабола, с ветвями, направленными вниз ⇒

$A_{min} = A(T_B)$ – достигает минимального значения в вершине

$$T_B = \frac{-1{,}5}{-\frac{2}{T_0}} = \frac{1{,}5}{2}T_0 = \frac{3}{4}T_0$$

$$A_{min} = \nu R\left(-\frac{9}{16}T_0 + \frac{1{,}5 \cdot 3}{4}T_0 - 0{,}5T_0\right) = \nu R T_0\left(-\frac{9}{16} + \frac{9}{8} - \frac{1}{2}\right) = \nu R T_0 \cdot \frac{1}{16}$$

Ответ: $Q_1 = \frac{11}{36}\nu R T_0$; $T = \frac{3}{4}T_0$; $A_{min} = \frac{1}{16}\nu R T_0$.

№2.

Дано:

ν, T_0

$C(T) = 2R\frac{T}{T_0}$

1.) $T_0 \to \frac{5}{6}T_0$

Q_1 - ?

2.) A_{min}

T - ?

3.) A_{min} - ?

Решение:

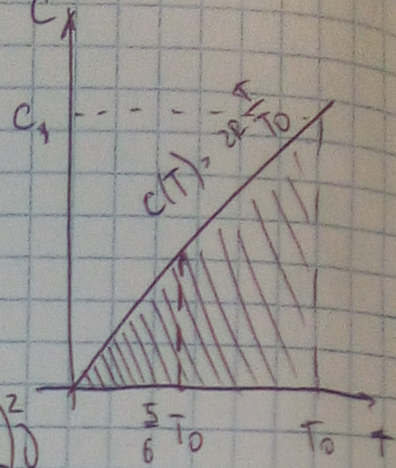
1.)

$-Q = A + \Delta U$

~~Q~~ ~~A~~ $A_{гр}$.

$\cancel{Q = C}$

Q_1 ... равна площади под графиком



$Q_1 = \frac{CT\nu}{2} = \frac{2RT^2\nu}{2T_0} = \frac{2R\cdot\left(\frac{5}{6}T_0\right)^2\nu}{2T_0} =$

$= \frac{R\frac{25}{36}T_0^2}{T_0} = \frac{25}{36}RT_0\nu$

2.) A_{min} - ?

$Q = A + \Delta U$

$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$

$\Delta U = 1,5\nu R\Delta T$

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

$-Q = A + \Delta U$

$R\nu\frac{T}{T_0} = A + 1,5\nu R(T - T_0)$

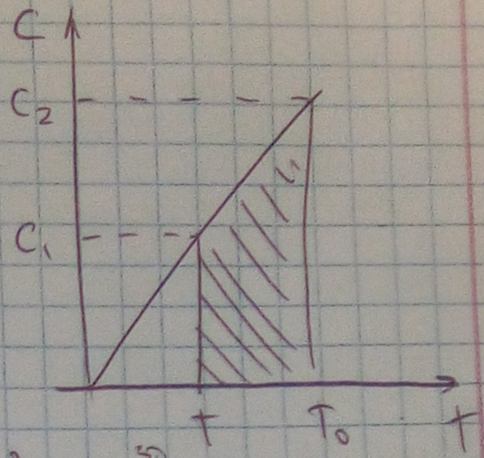
$A = R\nu\left(\frac{T}{T_0} - 1,5T + 1,5T_0\right)$

$A = -Q - \Delta U = -(Q + \Delta U)$

$Q = R\nu\frac{T}{T_0}$

1. $Q = \frac{1}{2}(C_1 + C_2)(T_0 - T)\nu$

$$\begin{cases} C_1 = 2R\frac{T}{T_0} \\ C_2 = 2R\frac{T_0}{T_0} = 2R \end{cases}$$



$\nu R\left(\frac{T}{T_0}+1\right)(T_0-T) = Q$

$T = \frac{5}{6}T_0$

$\nu R\left(\frac{5}{6}+1\right)\left(1-\frac{5}{6}\right) = \frac{11}{6}\cdot\frac{1}{6} = \frac{11}{36}\nu R$ $\quad \frac{30}{36}$

$\frac{5}{6} - \frac{25}{36} = \frac{30}{36} - \frac{5}{36}$

2. $+Q = \Delta U + A$

$A = +(Q - \Delta U)$

$\frac{9}{16} - \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$

$$\begin{cases} Q = \nu R\left(\frac{T}{T_0}+1\right)(T_0-T) \\ \Delta U = \nu R(T_0 - T_0) \end{cases}$$

$\nu R\left(\left(\frac{T}{T_0}+1\right)(T_0-T) - (T_0-T)\right) = \nu R\left(\cancel{T} + T_0 - \frac{T^2}{T_0} - \cancel{T} - T_0 + T\right) = \nu R\left(-\frac{T^2}{T_0} + T_0\right)$ — пар. 3)

$T_B = \frac{-1}{-\frac{2}{T_0}} = \frac{T_0}{2}$

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

№3.

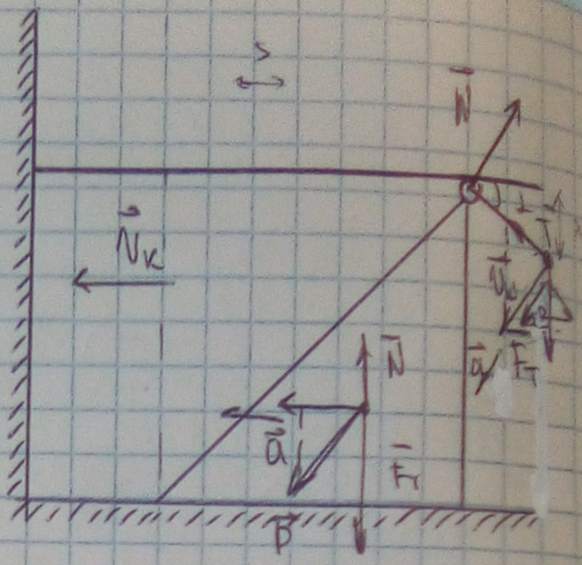
$\vec{v}_ш = \vec{v}_к + \vec{v}_{шк}$

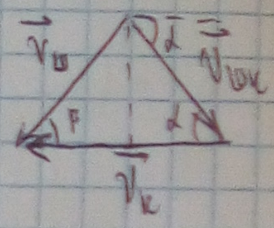
$\vec{a}_ш = \vec{a}_к + \vec{a}_{шк}$

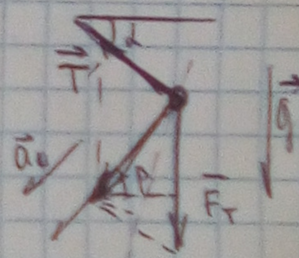
$\frac{x}{S} = \sin\alpha$

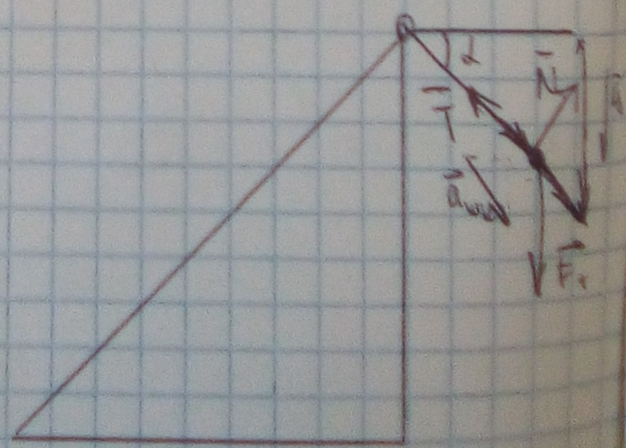
$$\begin{cases} x = \dfrac{a_ш \cdot \cancel{tg\beta}\ \sin\beta \cdot t^2}{2} \\ S = \dfrac{a_к t^2}{2} \end{cases}$$

$a_ш \sin\beta = a_к$









$\frac{x}{S} = const$

$x = a_ш \cdot$

$S =$

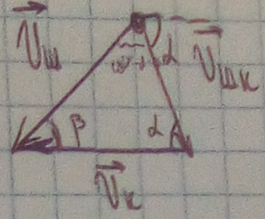
$\frac{a_ш}{a_к} - ?$

$\frac{F_T}{\sin(\alpha + \beta)}$

$\frac{mg}{\sin(\alpha}$

$a_ш(\sin$

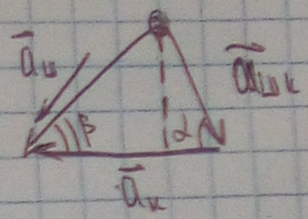
$\frac{x}{S} = const = \cancel{\ldots}\ tg\,\alpha$



$$\begin{cases} x = \dfrac{a_{ш} \cdot \overset{\sin\beta}{\cancel{\cos\beta}}}{2} \cdot t^2 \\ S = \left(\dfrac{a_{ш} \cdot \cos\beta}{2}\cancel{t^2} + a_{к}\right) t^2 \end{cases}$$

$$\frac{a_{ш} \sin\beta}{a_{ш} \cos\beta + a_{к}} = tg\,\alpha$$

$$a_{ш} \cdot \sin\beta = a_{ш} \cdot \cos\beta \cdot tg\,\alpha + a_{к}\, tg\,\alpha$$

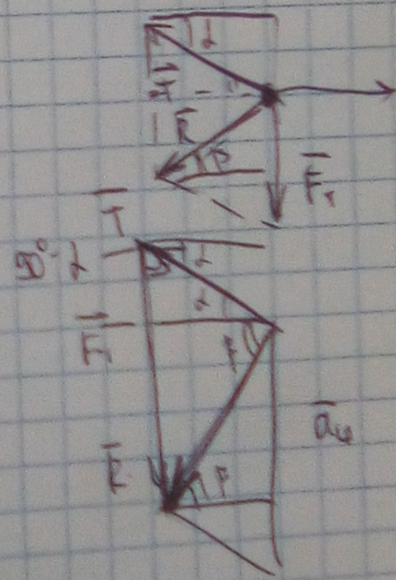


$\frac{a_{ш}}{a_{к}}$ - ?

$$\frac{F_T}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{R}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{R}{\cos\alpha}$$

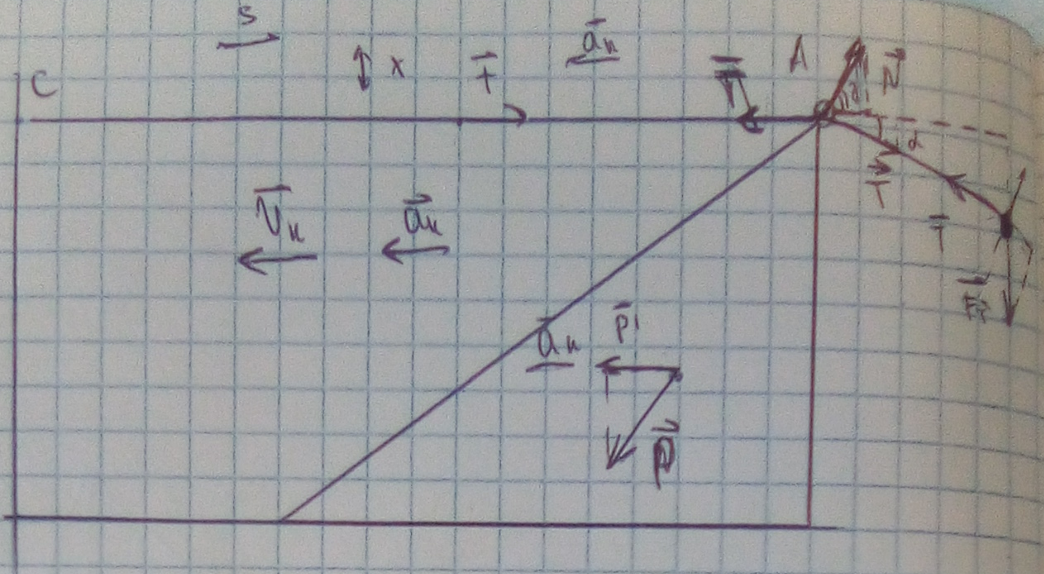
$$\frac{mg}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{a_{ш} \cancel{\cos} m}{\cos\alpha}$$

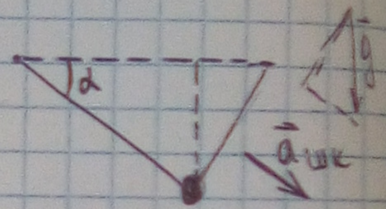
$$a_{ш} = g\,\frac{\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$$



$$a_{ш}(\sin\beta - \cos\beta \cdot tg\,\alpha) = a_{к}\, tg\,\alpha$$

21203519 (U285397 M1265137)

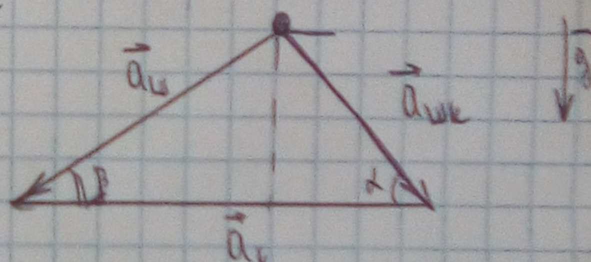




$\cancel{N \cdot \sin\alpha + T\cos\alpha = T}$

$\cancel{a_к \cdot M + N \cdot \cos\alpha = T}$

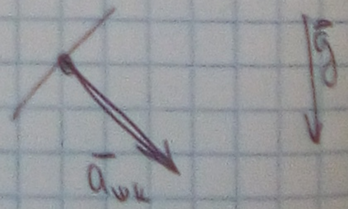
$$\frac{a_{шк}}{\sin\beta} = \frac{a_ш}{\sin\alpha} \to a_ш = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cdot a_{шк}$$



$a_ш \cdot \sin\beta = a_к$

$a_к = a_{шк} \cdot \sin\alpha \Rightarrow$

$a_ш \perp a_к \Rightarrow \beta = 90^\circ$



Часть 2

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

Шифр: **21203519**

ID профиля: **285397**

Вариант 1

Б3. Чистовик

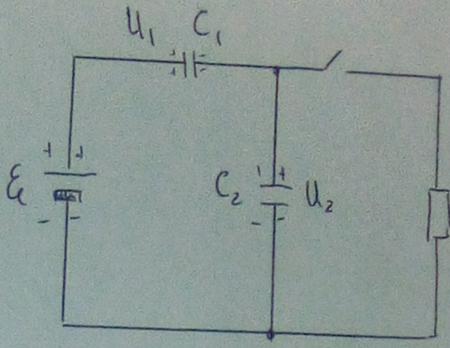
Дано:

$C_1 = 2C$

$C_2 = C$

1. I_1 - ?
2. Q - ?
3. I_R - ?

Решение:



1. До размыкания ключа на конденсаторах C_1 и C_2 установились напряжения U_1 и U_2 соответств., при этом заряд на обоих конденсаторах одинаковый:

$$\begin{cases} q = C_1U_1 \\ q = C_2U_2 \end{cases}$$

$$C_1U_1 = C_2U_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{C}{2C} = \frac{1}{2}$$

$$2U_1 = U_2;\ U_1 = 0{,}5U_2$$

2. $\mathcal{E} = U_1 + U_2 = 0{,}5U_2 + U_2 = 1{,}5U_2 \Rightarrow U_2 = \frac{\mathcal{E}}{1{,}5} = \frac{2}{3}\mathcal{E}$; $U_1 = \frac{1}{3}\mathcal{E}$

Сразу после замыкания ключа ~~ток~~ напряжение на резисторе будет равно начальному напряжению на конденсаторе C_2, то есть напр. U_2

$$I_1 = \frac{U_2}{R} = \frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}}{R}$$

3. После замыкания ключа будет происходить разрядка конденсатора C_2 и зарядка конд. C_1, в результате чего по цепи пройдёт ток, а на резисторе выделится теплота

по З.С.Э.:

$Q + W_1 + W_2 = W_3$, где W_1 и W_2 – начальные ~~энергии~~ энергии на конденсаторах C_1 и C_2; W_3 – энергия (конечная) на конденсаторе C_1

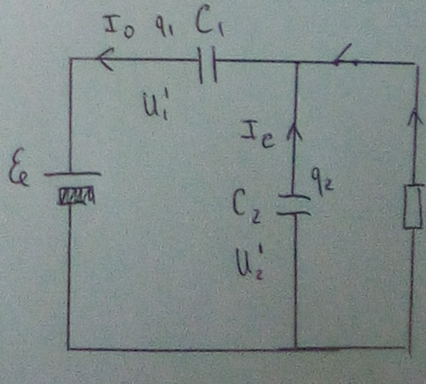
$$W_1 = \frac{C_1U_1^2}{2} = \frac{2C}{2}\cdot\frac{\mathcal{E}^2}{9} = \frac{C\mathcal{E}^2}{9}$$

$$W_2 = \frac{C_2U_2^2}{2} = \frac{C}{2}\cdot\frac{4}{9}\mathcal{E}^2 = \frac{2}{9}C\mathcal{E}^2$$

$$W_3 = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} = \frac{2C\mathcal{E}^2}{2} = C\mathcal{E}^2$$

$$Q = C\mathcal{E}^2 - \frac{C\mathcal{E}^2}{9} - \frac{2}{9}C\mathcal{E}^2 = C\mathcal{E}^2 - \frac{1}{3}C\mathcal{E}^2 = \frac{2}{3}C\mathcal{E}^2$$

4. $I_0 = I_C + I_R$



$$I_0 = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q'(t)$$

$$\left.\begin{array}{l} q_1 = U_1'\cdot C_1 = 2CU_1' \\ q_2 = CU_2' \end{array}\right| \Rightarrow \begin{cases} U_1' = \frac{q_1}{2C} \\ U_2' = \frac{q_2}{C} \end{cases}$$

$$U_1' + U_2' = \mathcal{E}$$

$$\frac{q_1}{2C} + \frac{q_2}{C} = \mathcal{E}$$

$$q_1 + 2q_2 = 2C\mathcal{E}$$

$q_1 + 2q_2 = \text{const} \Rightarrow$ при изменении заряда ~~q_2~~ на втором конденсаторе $\overbrace{\text{на } \Delta q}$, на первом конденсаторе заряд изменится на $2\Delta q \Rightarrow q_1'(t) = 2q_2'(t) \Leftrightarrow 2I_C = I_0$; $I_C = 0{,}5I_0$

$$I_0 = I_C + I_R = 0{,}5I_0 + I_R \Rightarrow I_R = 0{,}5I_0$$

Ответ: $I_1 = \frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}}{R}$; $Q = \frac{2}{3}C\mathcal{E}^2$; $I_R = 0{,}5I_0$.

Б4. Черновик

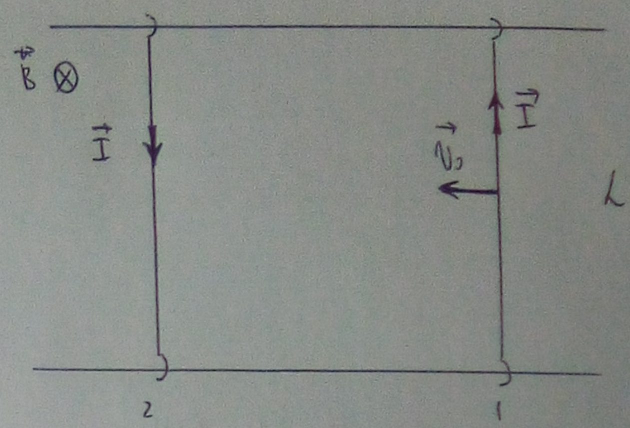
1. $a \cdot 2m = F_A$

$F_A = BlI \cdot \sin 90^\circ = BlI$

2. $I = \frac{\mathcal{E}_i}{R_0}$

$$\begin{cases} R_0 = R + 2R = 3R \\ \mathcal{E}_i = Blv_0 \cdot \sin 90^\circ = Blv_0 \end{cases}$$

$I = \frac{Blv_0}{3R}$



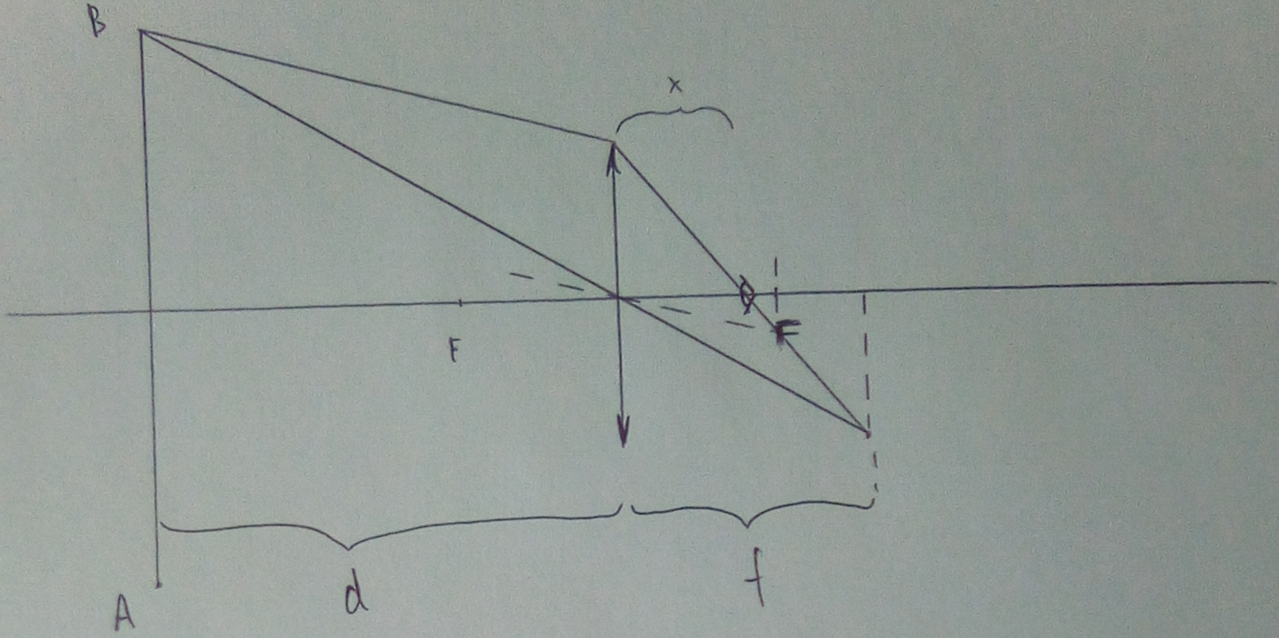
3. $F_A = \frac{(Bl)^2 v_0}{3R}$

$a \cdot 2m = \frac{(Bl)^2 v_0}{3R}$

$a = \frac{(Bl)^2 v_0}{6mR}$

Ответ: $a = \frac{(Bl)^2 v_0}{6mR}$

№5. Черновик



Дано:
$F = 9$ см
$H = 9$ см
$d = 36$ см
$S = 24$ см
x - ?
$D_н$ - ?

Решение:

$\frac{x}{S} = const = \cancel{\sin\alpha}\ tg\,\alpha$

$$\begin{cases} x = a_ш \cdot \frac{\cancel{\cos\beta}\ \sin\beta}{2} \cdot t^2 \\ S = \left(\frac{a_ш \cdot \cos\beta}{2}\cancel{t^2} + a_к\right) t^2 \end{cases}$$

$$\frac{a_ш \sin\beta}{a_ш \cdot \cos\beta + a_к} = tg\,\alpha$$

$$a_ш \cdot \sin\beta = a_ш \cdot \cos\beta \cdot tg\,\alpha + a_к\, tg\,\alpha$$

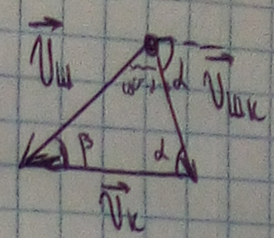
$\frac{a_ш}{a_к}$ — ?

$$\frac{F_T}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{R}{\sin(90^\circ-\alpha)} = \frac{R}{\cos\alpha}$$

$$\frac{mg}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{a_ш \cancel{tg}\, m}{\cos\alpha}$$

$$a_ш = g\,\frac{\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$a_ш(\sin\beta - \cos\beta \cdot tg\,\alpha) = a_к\, tg\,\alpha$$



ш