Часть 1

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

Шифр: **21201777**

ID профиля: **256630**

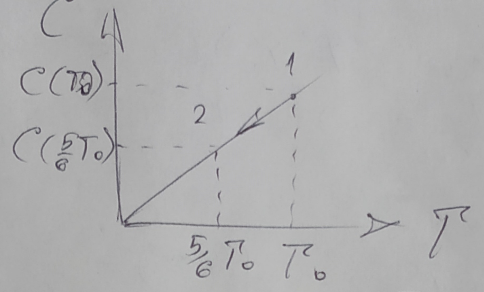
Вариант 1

Маджар Иван   Чистовик   Вариант 11-01 Часть I   1

Не
$i = 3$
ϑ
T_0 – нач. темп.
$C(T) = 2R \frac{T}{T_0}$
1) Q_1 (~~отдаёт~~)
$T_0 \to \frac{5}{6} T_0$
2) $A' = A'_{min}$
$T^* - ?$
3) $A'_{min} - ?$

№2

1) Изобразим график зависимости молярной теплоёмкости от T:



$$C = \frac{Q}{\vartheta \cdot \Delta T}$$

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

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

$$C\left(\frac{5}{6}T_0\right) = 2R \cdot \frac{\frac{5}{6}T_0}{T_0} = \frac{5}{\cancel{6}_3} \cdot \cancel{2} R = \frac{5}{3} R$$

Если домножить молярную теплоёмкость на ϑ ($\vartheta = const$), то получится теплоёмкость гелия C_{He}

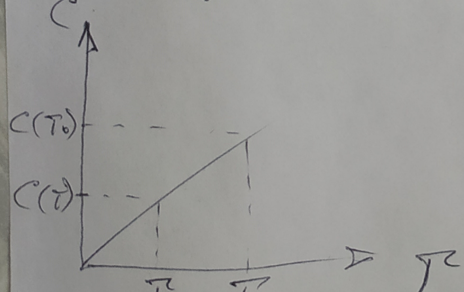
Кол-во теплоты отданное гелием численно равно площади под графиком $C(T)$, домноженной на ϑ. $\Rightarrow$

$$Q_1 = \frac{1}{2}\left(C(T_0) + C\left(\frac{5}{6}T_0\right)\right) \cdot \vartheta \cdot (-\Delta T) =$$

$$= \frac{1}{2}\left(2R + \frac{5}{3}R\right) \cdot \vartheta \left(T_0 - \frac{5}{6}T_0\right) = \frac{1}{6}T_0 \cdot \vartheta \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{11}{3} R =$$

$$= \frac{11}{36} \vartheta R T_0 \qquad \underline{Q_1 = \frac{11}{36} \vartheta R T_0}$$

2) Газ охлаждается $\Rightarrow T \downarrow$



Введём понятие средней молярной теплоёмкости

$$\langle C \rangle = \frac{1}{2}\left(C(T) + C(T_0)\right)$$

Q – полученная газом теплота

$$Q = \langle C \rangle \cdot \vartheta (T - T_0)$$

По I началу термодинамики

$$Q = A' + \Delta U \qquad \Delta U = \frac{3}{2}\vartheta R T - \frac{3}{2}\vartheta R T_0 = \frac{3}{2}\vartheta R (T - T_0)$$

$$\langle C \rangle \cdot \vartheta (T - T_0) = A' + \frac{3}{2}\vartheta R (T - T_0)$$

$$A' = \langle C \rangle \cdot \vartheta (T - T_0) - \frac{3}{2}\vartheta R (T - T_0) = \vartheta (T - T_0)\left(\langle C \rangle - \frac{3}{2} R\right)$$

$$A' = \vartheta (T - T_0) \cdot \left(\frac{1}{2}\left(C(T) + C(T_0)\right) - \frac{3}{2} R\right) =$$

$$= \vartheta (T - T_0) \cdot \frac{1}{2}\left(C(T) + C(T_0) - 3R\right) \Rightarrow$$

(2)

$A' = \frac{1}{2}\nu(T-T_0)(C(T)+C(T_0)-3R) =$

$= \frac{1}{2}\nu(T-T_0)(2R\frac{T}{T_0}+2R-3R) = \frac{1}{2}\nu R(T-T_0)\cdot$

$\cdot(2\frac{T}{T_0}-1\cancel{R}) \Rightarrow$ $A'(T)$ — ф-ция работы течения

$$\underbrace{A'(T) = \frac{1}{2}\nu R(T-T_0)(2\frac{T}{T_0}-1)}$$

$A'(T^*) = \min$, если $(T^*-T_0)(2\frac{T^*}{T_0}-1) = \min$

$f(T) = (T-T_0)(2\frac{T}{T_0}-1) = (2\frac{T^2}{T_0}-2T-T+T_0) =$

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

$f(T) = \frac{2}{T_0}T^2-3T+T_0$ $\qquad f'(T) = \frac{2}{T_0}\cdot 2T-3 =$

$f'(T) = \frac{4}{T_0}T-3$ $\qquad = \frac{4}{T_0}T-3$

$f'(T^*) = 0 \Rightarrow \frac{4T^*}{T_0}-3=0 \qquad \frac{4T^*}{T_0}=3 \Rightarrow$

$4T^* = 3T_0 \qquad \underbrace{T^* = \frac{3}{4}T_0}$ — искомая температура

$T^* < T_0$

3) $A'_{min} = A'(T^*) = \frac{1}{2}\nu R(\frac{3}{4}T_0-T_0)(2\cdot\frac{3/4\cancel{T_0}}{\cancel{T_0}}-1) =$

$= \frac{1}{2}\nu R\cdot(-\frac{1}{4}T_0)\cdot(\frac{6}{4}-1) = \frac{1}{2}\cdot\nu R\cdot(-\frac{1}{4}T_0)\cdot\frac{1}{2}$

$A'_{min} = -\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{4}\nu RT_0 \qquad \underbrace{A'_{min} = -\frac{1}{16}\nu RT_0} < 0$

Ответ: 1) $Q_1 = \frac{11}{36}\nu RT_0$ 2) $T^* = \frac{3}{4}T_0$

3) $A'_{min} = -\frac{1}{16}\nu RT_0$

Чистовик

Клин + малый шар

$\cos\alpha = 3/5$

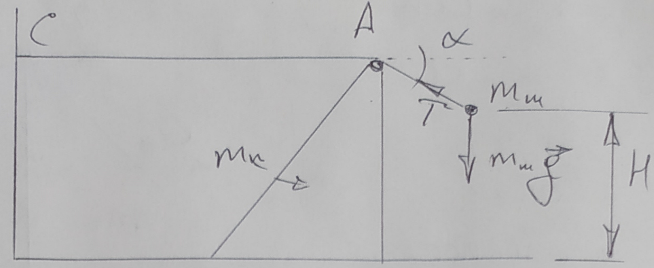
H

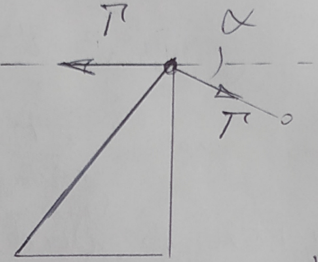
1) β - ?
2) $a_к$ - ?
3) $\frac{m_ш}{m_к}$
4) T - ?

$\sin\alpha = 4/5$

$\frac{16}{25} + \frac{9}{25} = 1$

№1



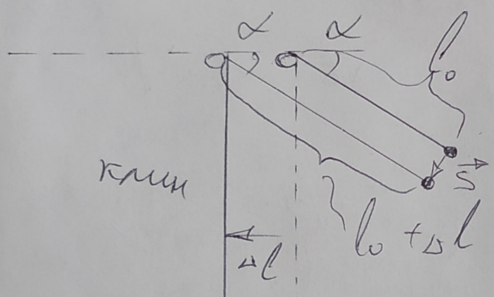


1) Клин движется влево горизонтально

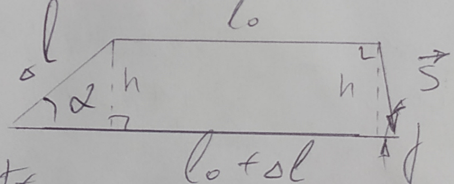
Рассмотрим первое мгновенье от начала движения

Можно считать, что за малый промежуток времени тела движутся равноускоренно из состояния покоя => перемещения тел сонаправлены с их ускорениями

$\Rightarrow \vec S \uparrow\uparrow \vec a_ш$



(Δl мало)



$\sin\gamma = \frac{h}{S} \Leftrightarrow$

$h = S \cdot \sin\gamma$

$\sin\alpha = \frac{h}{\Delta l} \Rightarrow$

$h = \Delta l \sin\alpha$

(1) $S \cdot \sin\gamma = \Delta l \cdot \sin\alpha$

$\Delta l = S \cdot \frac{\sin\gamma}{\sin\alpha}$

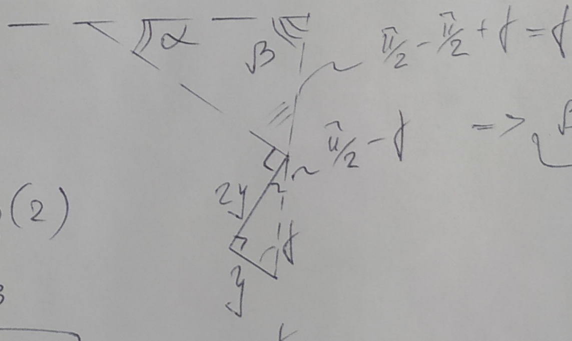
(2) $\cancel{l_0} + \Delta l = \Delta l \cos\alpha + S \cdot \cos\gamma + \cancel{l_0}$

$\Delta l(1 - \cos\alpha) = S \cdot \cos\gamma$ (2)

$\cancel{S} \cdot \frac{\sin\gamma}{\sin\alpha}(1 - \cos\alpha) = \cancel{S} \cdot \cos\gamma$

$\frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{1}{tg\,\gamma}$ $\Rightarrow tg\,\gamma = \frac{\sin\alpha}{1 - \cos\alpha} = \frac{4/5}{1 - 3/5} = \frac{4/5}{2/5} = 2$

$\underbrace{tg\,\gamma = 2}$



$\Rightarrow \underbrace{\beta = \pi - \alpha - \gamma}$ (3)

Из (3):

$\beta = \pi - \arccos(\frac{3}{5}) - arctg(2)$

$\beta \approx 180° - 53{,}13° - 63{,}43$

$\Rightarrow \boxed{tg\,\beta = 2}$

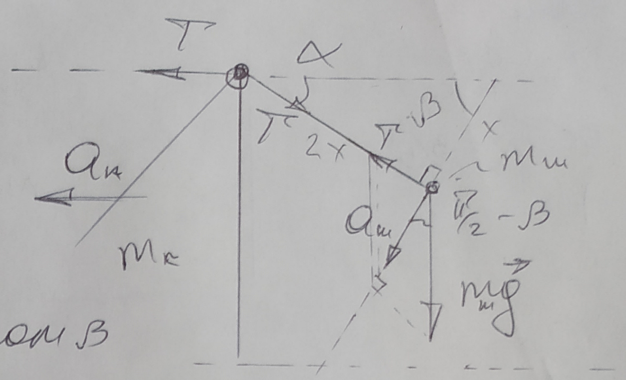
$\beta = \gamma$

4 б) (Найдем ускорение клина $a_к$)
По II з-ну Ньютона:

$T - T\cos\alpha = m_к a_к$

$\cancel{m_ш} g \cdot \cos(\frac{\pi}{2} - \beta) = \cancel{m_ш} a_ш$

$a_ш = g \cdot \sin\beta = const$



т.е. шарик движется равноускоренно под углом β к горизонту

$$H = \frac{a_ш \cdot \cos(\frac{\pi}{2} - \beta) \cdot t^2}{2} = \frac{g \cdot \sin^2\beta \cdot t^2}{2} \Rightarrow$$

$$2H = g\sin^2\beta \, t^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2H}{g\sin^2\beta} \Rightarrow$$

$$\boxed{t = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\beta}}}$$ а угол β был найден в пункте 1)

Далее:

2) (*) $T \cdot \cos\alpha = m_ш \cdot a_ш \cdot \sin(\frac{\pi}{2} - \beta)$

$\frac{a_к}{a_ш} = \frac{\Delta l}{S} = \frac{\sin\gamma}{\sin\alpha} \Rightarrow$ ($\gamma = \beta$)

(**) $T(1 - \cos\alpha) = m_к \cdot a_к$

$$\boxed{a_к = g\frac{\sin^2\beta}{\sin\alpha}} \Leftarrow a_к = g \cdot \sin\beta \cdot \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$$

3) $$\frac{(*)}{(**)} = \frac{\cos\alpha}{1 - \cos\alpha} = \frac{m_ш \cdot a_ш \cdot \cos\beta}{m_к a_к} = \frac{m_ш}{m_к} \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \cdot \cos\beta \Rightarrow$$

$$\frac{\cos\alpha}{1 - \cos\alpha} = \frac{m_ш}{m_к} \cdot \frac{\sin\alpha}{tg\beta} \Rightarrow \boxed{\frac{m_ш}{m_к} = \frac{\cos\alpha}{1 - \cos\alpha} \cdot \frac{tg\beta}{\sin\alpha}} =$$

$$= \frac{\cancel{4} \cdot \frac{3}{\cancel{5}}}{\frac{8}{\cancel{5}} \cdot \frac{4}{5}} = 3{,}75$$

Ответ: 1) $tg\beta = 2$; 2) $a_к = g \cdot \frac{\sin^2\beta}{\sin\alpha}$

3) $\frac{m_ш}{m_к} = \frac{15}{4} = 3{,}75$ 4) $t = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\beta}}$

21201777 (U256630 M1266568)

Часть 2

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

Шифр: **21201777**

ID профиля: **256630**

Вариант 1

Мафисар Чистовик Вариант 11-01

Иван Часть II

(1)

№3

$C_2 = C$

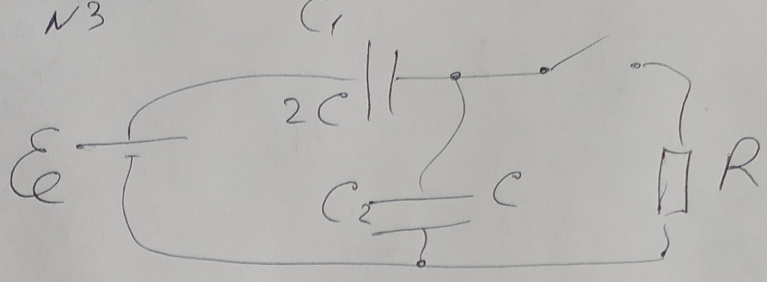
$C_1 = 2C$

1) $I_R(0)$ - ?

2) Q - ?

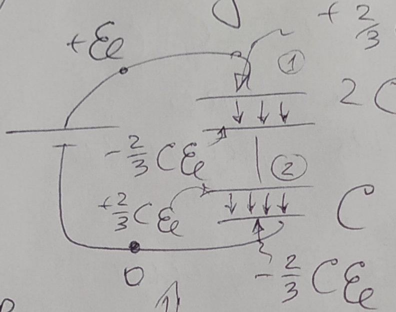
3) $I_R(\tau)$ - ?

$I_{C_1} = I_0$

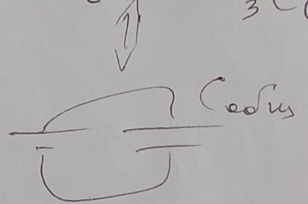


1) Рассмотрим цепь до замыкания ключа.

Конденсаторы заряжены.



используем метод потенциалов



$C_{общ} = \frac{2C \cdot C}{3C} = \frac{2}{3}C$

$C_{общ} = \frac{2}{3}C$

$q_{общ} = C_{общ} \cdot \mathcal{E}$

$q_{общ} = \frac{2}{3}C\mathcal{E}$

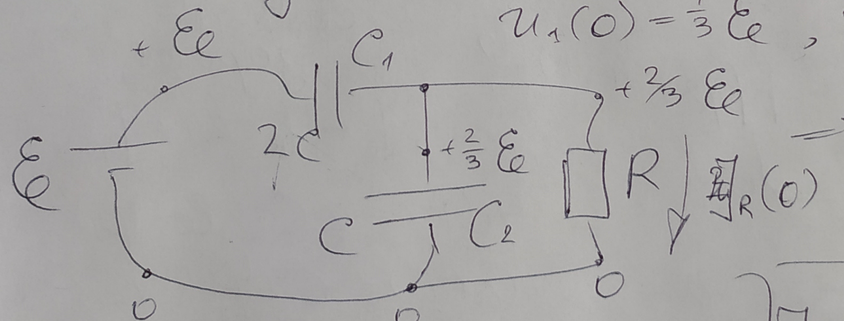
$U_1 = \frac{\frac{2}{3}C\mathcal{E}}{2C}$ — заряд / ёмкость

$U_1 = \frac{1}{3}\mathcal{E}$

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

2) Сразу после замыкания ключа напряжение на конд-рах не изменится $\Rightarrow$

$U_1(0) = \frac{1}{3}\mathcal{E}$, $U_2(0) = \frac{2}{3}\mathcal{E}$



$\Rightarrow$ по з-ну Ома для однородного уч-ка цепи:

$I_R(0) = \frac{2/3\,\mathcal{E}}{R}$

$$\boxed{I_R(0) = \frac{2\mathcal{E}}{3R}}$$

$W(0) = W_{эл1}(0) + W_{эл2}(0)$

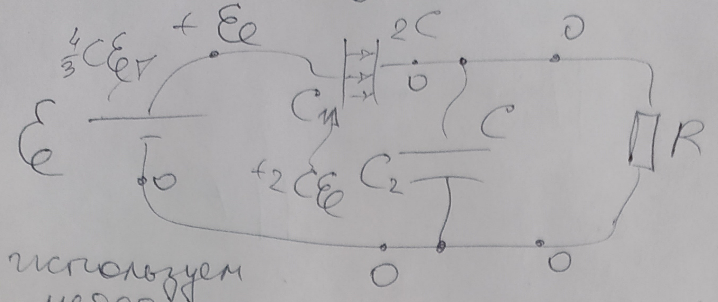
$W(0) = \frac{C_1 U_1^2(0)}{2} + \frac{C_2 \cdot U_2^2(0)}{2} = \frac{1}{2}\left(2C \cdot \frac{1}{9}\mathcal{E}^2 + C \cdot \frac{4}{9}\mathcal{E}^2\right) =$

$= \frac{1}{2}\left(\frac{2}{9} + \frac{4}{9}\right)C\mathcal{E}^2 \Rightarrow W(0) = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3}C\mathcal{E}^2$

$$W(0) = \frac{1}{3}C\mathcal{E}^2$$

(2)

3) Рассмотрим цепь в установившемся режиме с замкнутым ключом:



В этом режим токов через конд-ры нет => в цепи нет тока => C_2 не заряжен

$U_1(t_{уст}) = \mathcal{E} =>$

$W(C_1\ t_{уст}) = \frac{1}{2}\cdot 2C\cdot \mathcal{E}^2$

$W(t_{уст}) = C\mathcal{E}^2$

используем метод узловых потенциалов

Заряд конд-ра C_1:

$q_1(t_{уст}) = 2C\cdot U_1(t_{уст}) = 2C\cdot\mathcal{E} =>$

На левую обкладку конд-ра C_1 натёк заряд через источник ЭДС, равный $+2C\mathcal{E} - \frac{2}{3}C\mathcal{E} = \frac{6}{3}C\mathcal{E} - \frac{2}{3}C\mathcal{E} = \frac{4}{3}C\mathcal{E}$

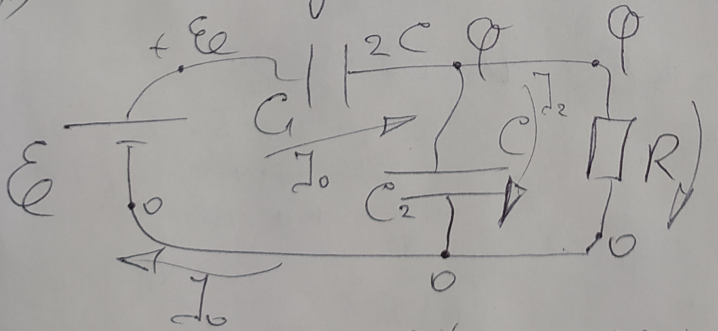
По з-ну сохранения энергии:

$A_{ист} = W(t_{уст}) - W(0) + Q$

$\mathcal{E}\cdot\frac{4}{3}C\mathcal{E} = Q + C\mathcal{E}^2 - \frac{1}{3}C\mathcal{E}^2 \rightarrow$

$\frac{4}{3}C\mathcal{E}^2 = Q + \frac{2}{3}C\mathcal{E}^2 => \boxed{Q = \frac{2}{3}C\mathcal{E}^2}$

4) Рассмотрим цепь в некоторый момент t:



$I_R(t) - ?$

По з-ну сохр-ия заряда:

$I_0 = I_R(t) + I_2$

$q_1(t) = 2C\cdot(\mathcal{E} - \varphi)$

$q_2(t) = C\cdot\varphi$

$I_R(t) = \frac{\varphi}{R}$

$q_1' = 2C(\mathcal{E} - \varphi)' = -2C\varphi' = I_0 => \varphi' = \frac{I_0}{-2C}$

$q_2' = C\varphi' => q_2' = C\cdot\left(-\frac{I_0}{2C}\right) \quad q_2' = -\frac{I_0}{2} = I_2 \rightarrow$

$I_0 = I_R(t) - \frac{I_0}{2} => \boxed{I_R(t) = \frac{3}{2}I_0}$

Овеѕ: 1) $\frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}}{R} = I_R(0)$ 2) $Q = \frac{2}{3}C\mathcal{E}^2$ 3) $I_R(t) = \frac{3}{2}I_0$

№4 Чистовик

B, L

$1: m, R$

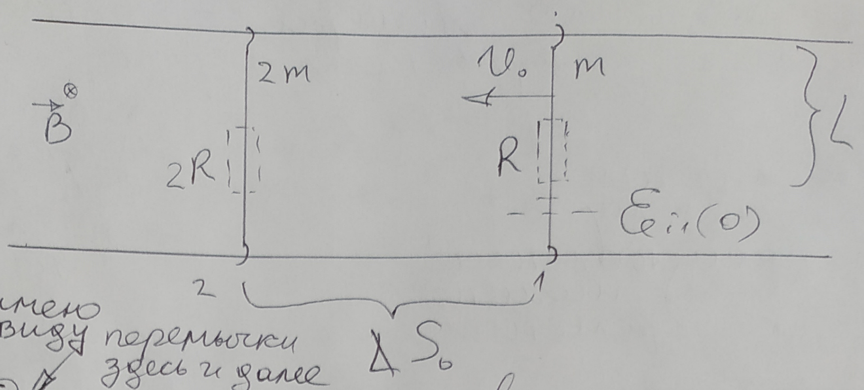
$2: 2m, 2R$

υ_0

1) $a_2(0)$ - ?

2) υ_1', υ_2' - ?

3) S - ?



я имею ввиду перемычки здесь и далее

Рельсы находятся в магнитном поле. Они проводящие => в них есть подвижные носители заряда

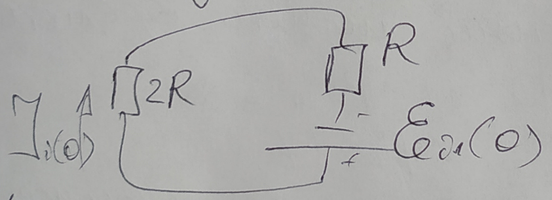
1) Рассмотрим систему в начальный момент.

В проводнике 1 движущемся в магнитном поле на заряды действует сила Лоренца => в проводнике 1 возникнет ЭДС индукции:

$$\mathcal{E}_i = l_{эф} \cdot \upsilon_0 \cdot B \cdot \sin\frac{\pi}{2} = L\upsilon_0 B$$

$$\mathcal{E}_{i1}(0) = L\upsilon_0 B$$

Теперь рассмотрим эквивалентную цепь:



По з-ну Ома для полной цепи:

$$I_i(0) = \frac{\mathcal{E}_{i1}(0)}{3R} \Rightarrow$$

$$\boxed{I_i(0) = \frac{L\upsilon_0 B}{3R}}$$

На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера. По з-ну Ампера: $F_{A2}(0) = B \cdot I_i(0) L \cdot \sin\frac{\pi}{2}$

$$F_{A2}(0) = B \cdot L \cdot \frac{L\upsilon_0 B}{3R} = \frac{(BL)^2\upsilon_0}{3R}$$

По II з-ну Ньютона:

$$F_{A2}(0) = 2m\,a_2(0) \Rightarrow \frac{(BL)^2\upsilon_0}{3R} = 2m\,a_2(0) \Rightarrow$$

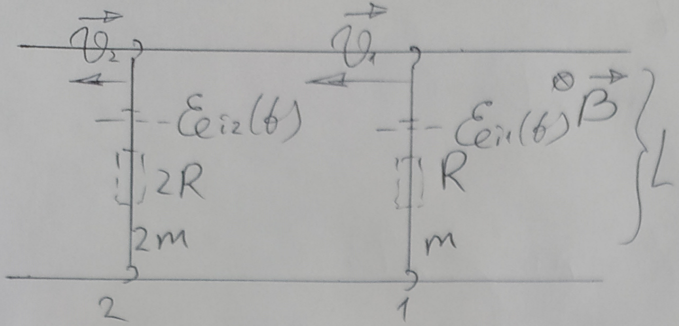
$$\boxed{a_2(0) = \frac{(BL)^2\upsilon_0}{6mR}}$$

2) Заметим, что в каждый момент времени рельсы связаны общим

индукционным током.

Рассмотрим систему в произвольный момент времени t:

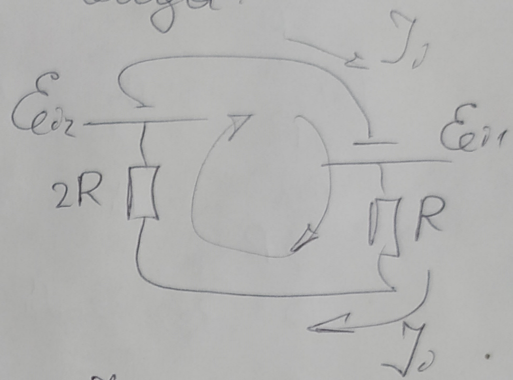
4



$\mathcal{E}_{i1}(t) = L\cdot v_1 B\cdot \sin\frac{\pi}{2} = L v_1 B$

$\mathcal{E}_{i2}(t) = L v_2 B$

Рассмотрим цепь вида:



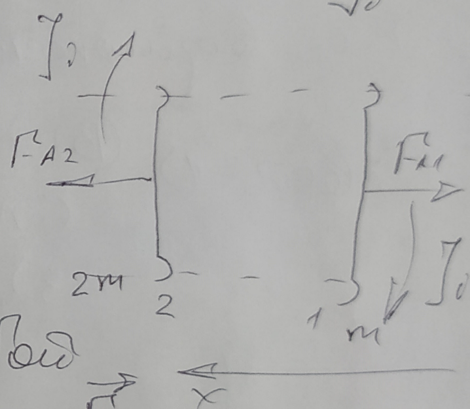
Считаем для простоты, что $v_1 > v_2 \Rightarrow$
$\mathcal{E}_{i1} > \mathcal{E}_{i2}$

По правилу контуров:

$$\mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_{i2} = I_i R + 2 I_i R$$

$$L(v_1 - v_2)B = 3 I_i R \Rightarrow$$

$$I_i = \frac{L(v_1 - v_2)B}{3R}$$



По з-ну Ампера:

$$F_{A1} = B\cdot I_i\cdot L\cdot \sin\frac{\pi}{2} = F_{A2} = B I_i L$$

Можно видеть, что в любой момент времени $\vec{F}_{A1} = -\vec{F}_{A2}$

Через продолжительный промежуток времени скорости тел установятся $\Rightarrow$ прекратят действовать силы Ампера $\Rightarrow$ тока в перемычках не будет $\Rightarrow v_1' - v_2' = 0 \to v_1' = v_2' = v'$

По теореме о движении центра масс: центр масс системы будет двигаться с самого начала равномерно и прямолинейно $\Rightarrow v' = v_{ц.м} = \frac{2m\cdot 0 + m v_0}{3m} = \frac{1}{3} v_0 \Rightarrow$

$$\boxed{v' = \frac{1}{3} v_0}$$

3) По II з-ну Ньютона: $\vec{F}_{A1} = m\vec{a}_1$ $\vec{F}_{A2} = m\cdot 2\vec{a}_2$

$OX: -F_{A1} = m a_{1x}$ $F_{A2} = 2m a_{2x}$

$$-BL\cdot\frac{LB(v_1 - v_2)}{3R} = m\frac{\Delta v_1}{\Delta t} \Leftrightarrow BL\frac{LB(v_1 - v_2)}{3R} = 2m a_{2x}$$

$v_1 - v_2$ – мгновенная скорость сближения перемычек

(5)

$$-\frac{(BL)^2}{3R}(v_1 - v_2) = m\frac{\Delta v_1}{\Delta t} \Big| \cdot (\Delta t)$$

$$-\frac{(BL)^2}{3R}(v_1 - v_2)\cdot \Delta t = m \Delta v_1 \quad (*)$$

Просуммируем (*):

$$-\frac{(BL)^2}{3R}\cdot \sum (v_1 - v_2)\cdot \Delta t = m\sum \Delta v_1$$

$$-\frac{(BL)^2}{3R}\cdot S_{сбл} = m\cdot\left(\frac{1}{3}v_0 - v_0\right) = -\frac{2}{3}m v_0$$

$$\frac{(BL)^2}{\cancel{3}R}\cdot S_{сбл} = \frac{2}{\cancel{3}}m v_0 \qquad S_{сбл} = \frac{2 m v_0}{(BL)^2}\cdot R$$

$$\Rightarrow S = S_0 - S_{сбл} \qquad \boxed{S = S_0 - \frac{2 m v_0}{(BL)^2}R}$$

т.е. возможен случай столкновение перемычек

Ответ: 1) $\frac{(BL)^2 v_0}{6 m R} = a_2(0)$ 2) $v_1' = v_2' = \frac{1}{3}v_0$

3) $S = S_0 - \frac{2 m v_0}{(BL)^2}R$

$$\left[\frac{(BL)^2 v_0}{6 m R}\right] =$$

21201777 (U256630 M1266569)

Черновик

№ 3

$C_2 = C$

$C_1 = 2C$

1) $I_R(0)$ - ?

2) Q - ?

3)

$q_1' = 2C(\mathcal{E} - \varphi)' = 2C\cdot(-\varphi') = I_0$

$q_2' = C\varphi' = I_2 \cdot \varphi$

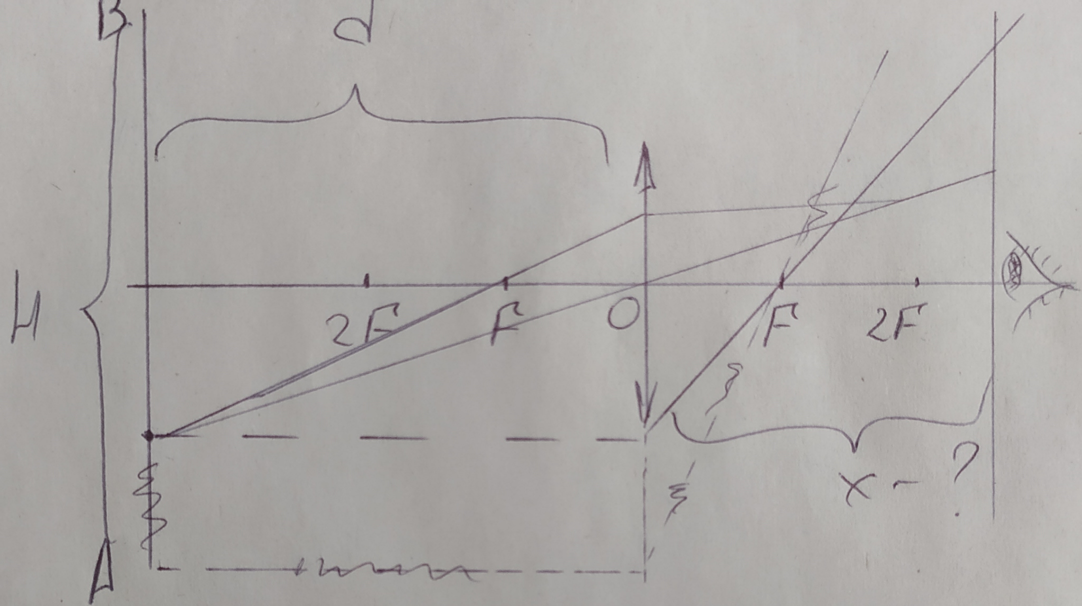
№ 4

№5

~~Чистовик~~ Черновик

$d > 2F$

$F = 9$ см
$H = 9$ см
$d = 36$ см
$S = 24$ см
1) $x - ?$
2) $D_м - ?$



$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ $\quad \frac{1}{36} + \frac{1}{f} = \frac{1}{9}$ $\quad \frac{1}{f} = \frac{1}{12} \Rightarrow f = 12$ см

$$\frac{\frac{H}{A^2 м}^2 \cdot м \cdot \frac{м}{c^2}}{6 кг \cdot Ом}$$